# ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR

## L'AVANCEMENT DES SCIENCES

FUSIONNÉE AVEC

## L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

(Fondée par Le Verrier en 1864)

**Reconnues d'utilité publique**

---

## COMPTE RENDU DE LA 31ME SESSION

---

# MONTAUBAN

— 1902 —

---

## SECONDE PARTIE

NOTES ET MÉMOIRES

---

PARIS

AU SECRÉTARIAT DE L'ASSOCIATION

**28, rue Serpente (Hôtel des Sociétés savantes)**

ET CHEZ MM. MASSON et Cie, LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

**120, boulevard Saint-Germain.**

—

1903

ASSOCIATION FRANÇAISE
POUR
L'AVANCEMENT DES SCIENCES

# NOTES ET MÉMOIRES

M. Éd. COLLIGNON
Inspecteur général des Ponts et Chaussées, à Paris.

## PROBLÈME DE GÉOMÉTRIE [K 4]

*— Séance du 8 août —*

PROBLÈME. — *Construire un triangle, connaissant les trois bissectrices intérieures.*

Soit ABC le triangle demandé ; $BC = a$, $CA = b$, $AB = c$, les côtés inconnus. Les bissectrices AD, BE, CF de ses trois angles seront représentées par les lettres $f$, $g$, $h$; $f$ étant la bissectrice qui aboutit au côté $a$, $g$ la bissectrice qui aboutit à $b$, $h$ la bissectrice qui aboutit au côté $c$.

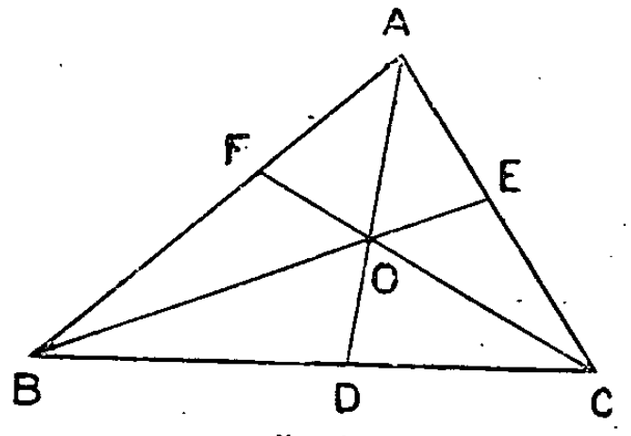


FIG. 1.

Il est aisé d'obtenir les équations suivantes, qui expriment les bissectrices en fonction des côtés,

$$f^2 = bc\left(1 - \frac{a^2}{(b+c)^2}\right), \tag{1}$$

$$g^2 = ac\left(1 - \frac{b^2}{(a+c)^2}\right), \tag{2}$$

$$h^2 = ab\left(1 - \frac{c^2}{(a+b)^2}\right). \tag{3}$$

Les rapports $\frac{a}{b+c}$, $\frac{b}{a+c}$, $\frac{c}{a+b}$, sont représentés sur la figure par les rapports $\frac{OD}{OA}$, $\frac{OE}{OB}$, $\frac{OF}{OC}$, des segments dans lesquels le point commun O partage les trois bissectrices.

On peut observer aussi que, pour chaque bissectrice, on a

$$\overline{AD}^2 = bc - BD \times DC,$$

ce qui revient à dire que le carré de la bissectrice AD est égal au produit des côtés qui comprennent l'angle partagé, diminué de la *puissance*, prise en valeur absolue, du pied D de la bissectrice dans le cercle circonscrit au triangle.

Supposons que les côtés $a$, $b$, $c$ soient rangés par ordre de grandeur croissante. Les bissectrices $f$, $g$, $h$ seront rangées par ordre de grandeur décroissante. En effet les trois rapports $\frac{a}{b+c}$, $\frac{b}{a+c}$, $\frac{c}{a+b}$, sont rangés par ordre croissant, puisque les numérateurs croissent de l'un à l'autre, et que les dénominateurs diminuent. Il en résulte que le carré $f^2$ de la bissectrice qui aboutit au côté $a$, le plus petit, sera le plus grand des trois carrés $f^2$, $g^2$, $h^2$; car il est le produit de $bc$, produit des deux plus grands côtés, par le facteur $1 - \frac{a^2}{(b+c)^2}$ qui représente la plus grande des différences.

De même $h^2$, produit des deux plus petits côtés, multiplié par la plus petite $1 - \frac{c^2}{(a+b)^2}$ des différences, sera le plus petit carré, et par suite $f$ est la plus grande bissectrice, opposée au plus petit côté $a$, et $h$ la plus petite, opposée au plus grand côté $c$. La bissectrice $g$, opposée au côté moyen $b$, est intermédiaire entre $f$ et $h$.

De là résulte que, si deux côtés sont égaux, $b = c$, par exemple, les bissectrices opposées sont égales, $g = h$. Réciproquement, l'égalité des bissectrices entraîne l'égalité des côtés. Car si l'on a $g = h$, on en déduit

$$ac\left(1 - \frac{b^2}{(a+c)^2}\right) = ab\left(1 - \frac{c^2}{(a+b)^2}\right),$$

et si l'on avait $b < c$, le premier membre serait nécessairement plus grand que le second.

Ces préliminaires posés, venons à la question, et proposons-nous de trouver les valeurs de $a$, $b$, $c$, correspondantes aux valeurs données de $f$, $g$, $h$.

Pour simplifier les opérations nous rapporterons d'abord les côtés $a$, $b$

au plus grand côté $c$ du triangle. Nous supposons que les données satisfont aux inégalités

$$f > g > h,$$

ce qui suppose

$$a < b < c,$$

les signes d'inégalité n'excluant pas l'égalité, à la limite.

Posons donc $x = \frac{a}{c}, \qquad y = \frac{b}{c}.$

Les nombres $x$ et $y$ seront positifs et moindres que l'unité. De plus $x$ est moindre que $y$, Si nous introduisons dans les équations (1), (2) et (3) les valeurs de $a = cx$, $b = cy$, il vient

$$(4) \qquad f^2 = c^2 y\left(1 - \frac{x^2}{(y+1)^2}\right) = c^2 \times \frac{y(y+1-x)(y+1+x)}{(y+1)^2},$$

$$(5) \qquad g^2 = c^2 x\left(1 - \frac{y^2}{(x+1)^2}\right) = c^2 \times \frac{x(x+1-y)(x+1+y)}{(x+1)^2},$$

$$(6) \qquad h^2 = c^2 xy\left(1 - \frac{1}{(x+y)^2}\right) = c^2 \times \frac{xy(x+y-1)(x+y+1)}{(x+y^2)}.$$

Le facteur $c^2$ s'élimine ainsi que la somme $x + y + 1$, quand on divise l'une par l'autre deux quelconques de ces trois équations. Divisons l'équation (6) par l'équation (5), puis la même équation (6) par l'équation (4) ; on obtient au premier membre les rapports $\frac{h^2}{g^2}$, $\frac{h^2}{f^2}$, rapports connus et moindres que l'unité, puisque $h$ est la plus petite bissectrice. Il vient donc

$$(7) \qquad \frac{y(x+y-1)(x+1)^2}{(x+1-y)(x+y)^2} = \frac{h^2}{g^2} = \mathrm{B},$$

$$(8) \qquad \frac{x(x+y-1)(y+1)^2}{(y+1-x)(x+y)^2} = \frac{h^2}{f^2} = \mathrm{C},$$

B et C désignant les rapports connus $\frac{h^2}{g^2}$, $\frac{h^2}{f^2}$, moindres que l'unité, B étant plus grand que C, puisque l'on admet les inégalités $h < g < f$.

Chacune des équations (7) et (8) représente en coordonnées rectangles une ligne, que l'on peut construire dès que les nombres B et C sont donnés. Les points communs à ces deux lignes feront connaître les valeurs de $x$ et de $y$ qui satisfont aux deux équations, c'est-à-dire les rapports $\frac{a}{c}$, $\frac{b}{c}$.

On pourra d'après ces rapports construire un triangle semblable au triangle cherché. Il suffira d'amplifier les côtés de ce triangle dans un rapport convenable, pour amener les bissectrices aux valeurs réellement données, $f$, $g$, $h$.

Considérons à part la première des deux fonctions,

$$z = \frac{y(x+y-1)(x+1)^2}{(x-y+1)(x+y)^2}, \tag{9}$$

qui représente une surface. L'ordonnée $z$ s'annule :
pour $y = 0$, c'est-à-dire pour l'axe OX,
pour $x + y - 1 = 0$, c'est-à-dire pour la droite DF,
diagonale du carré ODEF dont les côtés OD, OF, égaux à l'unité, sont pris sur les axes OX, OY, à partir de l'origine ;
enfin pour $x = -1$, c'est-à dire pour la droite HK, menée parallèlement à OY, à la distance OH = OD de l'origine.

Elle devient infinie pour $x - y + 1 = 0$, c'est-à-dire pour la droite HF ; et pour la droite $x + y = 0$, c'est-à-dire pour la droite OM, bissectrice de l'angle YOX′ formé par les axes.

Mais nos hypothèses restreignent la région où nous devons chercher les solutions du problème. Les coordonnées $x$ et $y$ doivent être positives, et

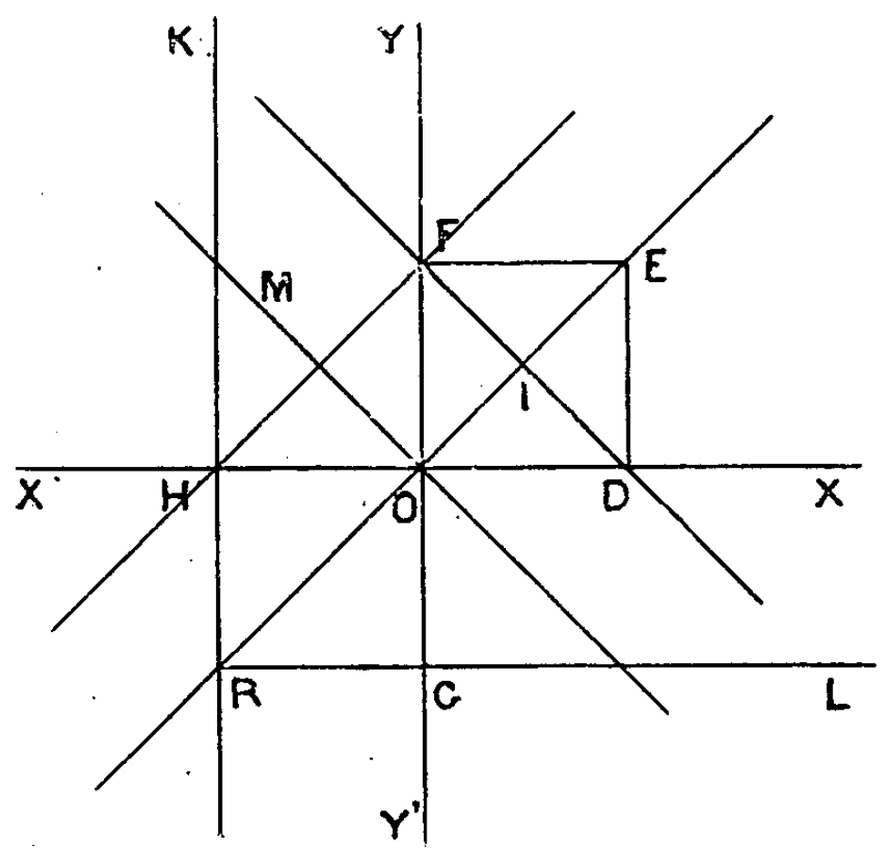



FIG. 2.

moindres que l'unité ; les points correspondants sont situés dans le carré ODEF. Il faut en outre que $z$ soit positif, ce qui exige que le point $(x, y)$

soit pris dans la moitié DEF de ce carré; car $z$ est positif au-dessus de la diagonale DF, et devient négatif au-dessous. Enfin nous avons reconnu que $x$ doit être $< y$, ce qui place le point cherché au-dessus de la droite OE, c'est-à-dire dans le triangle EIF.

La fonction

$$z' = \frac{x(x+y-1)(y+1)^2}{(y+1-x)(x+y)^2} \tag{10}$$

se déduit de la fonction $z$ en changeant dans l'équation (9) $z$ en $z'$, $x$ en $y$ et $y$ en $x$. Les deux surfaces (9) et (10) sont donc symétriques l'une de l'autre par rapport au plan $y = x$, qui partage en deux parties égales l'angle des plans ZOX, ZOY.

Le long de la droite EF, on a partout $y = 1$, et $z$ se réduit en tout point à l'unité. De même $z' = 1$ tout le long de DE, pour $x = 1$. Le long de la diagonale DF, définis par l'équation $x + y = 1$, $z$ et $z'$ sont nuls partout. Enfin le long de la diagonale OE, $y = x$, et les ordonnées $z$ et $z'$ des deux surfaces sont les mêmes ; elles sont données par l'équation

$$z = z' = \frac{(2x-1)(x+1)^2}{4x}.$$

Si l'on joint par une droite le point I, dans le plan des $xy$, au point E, défini par les coordonnées $x = 1$, $y = 1$, $z = 1$, l'équation de cette droite projetée sur le plan ZOX sera

$$z_1 = 2x - 1$$

et par suite

$$z - z_1 = (2x-1)\left(1 - \frac{(x+1)^2}{4x}\right) = -\frac{(2x-1)(1-x)^2}{4x};$$

de sorte que la substitution de la droite IE à la courbe, dans le plan $y = x$, entraîne une erreur relative égale à la fraction

$$\frac{z - z_1}{z} = -\left(\frac{1-x}{1+x}\right)^2;$$

elle est égale à $\frac{1}{9}$ pour $x = \frac{1}{2}$, au point I, et elle s'annule pour $x = 1$ au point E.

Il est facile de réduire en table les formules (9) et (10); la décomposition en facteurs simplifie le calcul logarithmique des valeurs successives de $z$

et de $z'$. On pourra ensuite transformer la table en abaque, en traçant dans le triangle EIF (fig. 2 et 3) les courbes de niveau des deux surfaces, correspondantes à des valeurs arbitraires de $z$ et de $z'$. La symétrie des deux surfaces par rapport au plan OE, permet de construire d'abord l'une des surfaces, (9) par exemple, pour toute l'étendue du triangle DEF; on fera les coupes de cette surface par des plans de front, parallèles au plan vertical projeté en EF; puis coupant ces courbes de front par des plans parallèles au plan horizontal YOX, menés à des hauteurs arbitraires, on obtiendra les projections des courbes de niveau cherchées. Il n'y aura plus qu'à replier le triangle EID sur le triangle EIF, avec les courbes de niveau qui y sont tracées, pour avoir sur le triangle EIF les deux systèmes de lignes qui déterminent par leurs intersections les valeurs des inconnues $x$ et $y$.

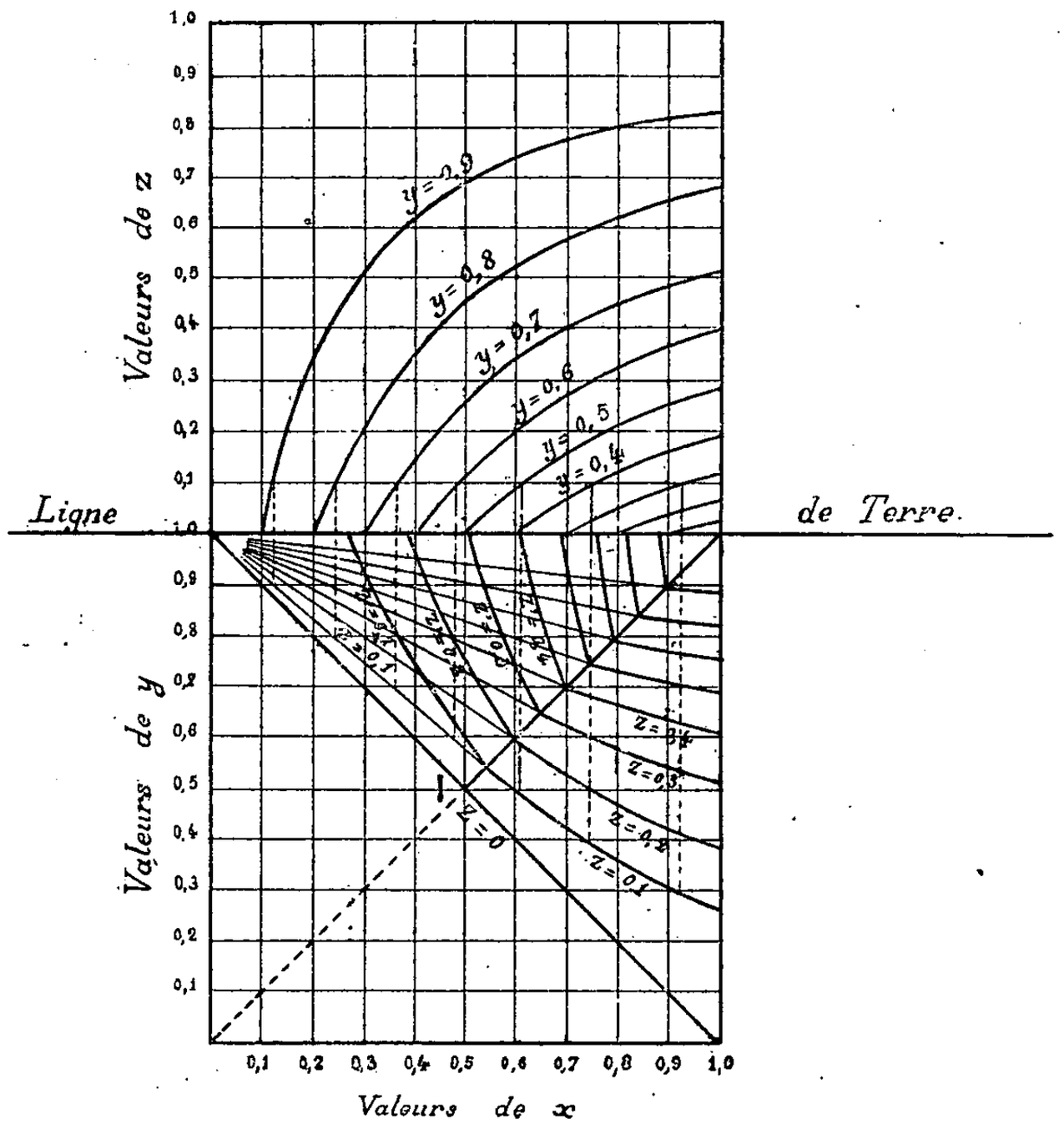



FIG. 3.

| ORD. $y$ | ABSCISSE $x$ 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0,9 | » | 0 | 0,357 | 0,528 | 0,627 | 0,689 | 0,731 | 0,761 | 0,735 | 0,802 | 0,816 |
| 0,8 | » | » | 0 | 0,223 | 0,361 | 0,456 | 0,522 | 0,571 | 0,607 | 0,636 | 0,658 |
| 0,7 | » | » | » | 0 | 0,162 | 0,201 | 0,314 | 0,413 | 0,458 | 0,494 | 0,522 |
| 0,6 | » | » | » | » | 0 | 0,124 | 0,213 | 0,280 | 0,331 | 0,370 | 0,401 |
| 0,5 | » | » | » | » | » | 0 | 0,096 | 0,167 | 0,221 | 0,263 | 0,296 |
| 0,4 | » | » | » | » | » | » | 0 | 0,073 | 0,129 | 0,171 | 0,204 |
| 0,3 | » | » | » | » | » | » | » | 0 | 0,053 | 0,094 | 0,125 |
| 0,2 | » | » | » | » | » | » | » | » | 0 | 0,035 | 0,062 |
| 0,1 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 0 | 0,018 |
| 0,0 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 0 |

Valeurs de la fonction $z = \frac{y(x+y-1)(x+1)^2}{(x+1-y)(x+y)^2}$.

La seconde fonction $z' = \frac{x(x+y-1)(y+1)^2}{(y+1-x)(x+y)^2}$

ne diffère de la première $z$ que par le changement de $x$ en $y$ et de $y$ en $x$. Le même tableau sert donc pour les deux fonctions, et sur l'épure, il n'y aura qu'à répéter le tracé qui se rapporte à la première, symétriquement par rapport à la diagonale OE ($y = x$), pour avoir le tracé relatif à la seconde.

La droite IE, qui correspond à $x = y$, c'est-à-dire à $a = b$, et à $z = z'$, correspond aux triangles isoscèles dans lesquels la base $c$ est le plus grand des trois côtés.

La droite IF, $x + y = 1$, correspond à $a + b = c$, c'est-à-dire au cas-limite des triangles aplatis, où un côté est égal à la somme des deux autres.

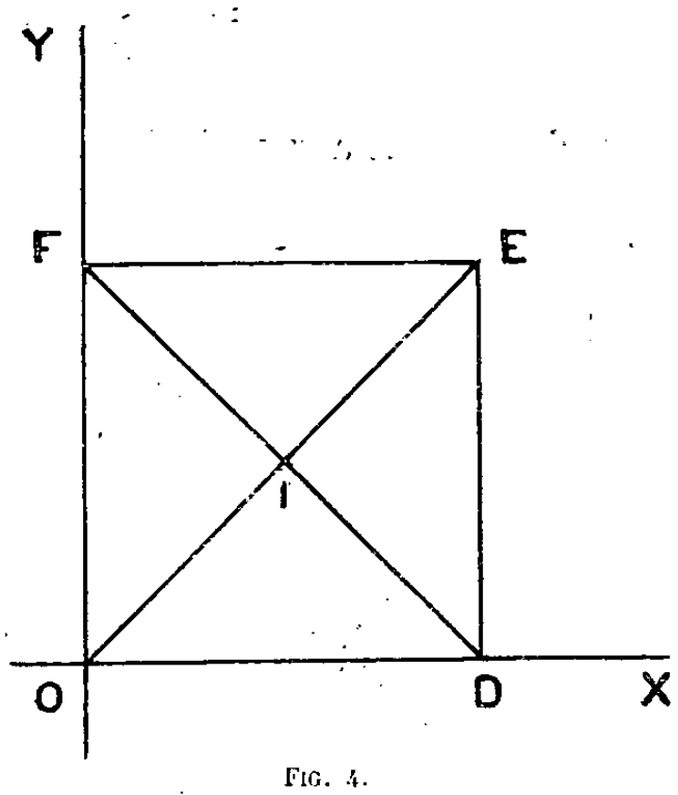



FIG. 4.

La droite FE, $y = 1$, $z = 1$, correspond comme IE, à des triangles isoscèles, mais dans lesquels la base est le plus petit côté $a$, et où les deux plus grands côtés sont égaux, $b = c$.

Le point E, intersection de IE, FE, correspond au triangle équilatéral $z = 1$, $z' = 1$, $a = b = c$.

*Recherche de formules approximatives.*

La solution du problème revient à la résolution des deux équations numériques

$$\frac{y(x+y-1)(x+1)^2}{(x+1-y)(x+y)^2} = \mathrm{B}, \tag{7}$$

$$\frac{x(x+y-1)(y+1)^2}{(y+1-x)(x+y)^2} = \mathrm{C}, \tag{8}$$

qui sont du quatrième degré. La solution ne peut être obtenue algébriquement, et tout ce que l'on peut faire, c'est de procéder par essais et par substitutions, de manière à serrer de plus en plus les valeurs des inconnues.

L'emploi de l'abaque conduit immédiatement à des valeurs approchées ; mais il reste à y appliquer la méthode des approximations successives, pour trouver les racines cherchées avec une approximation déterminée.

L'examen des équations (7) et (8) conduit à déterminer des simplifications qui sont applicables dans la plupart des cas. Étudions pour cela les valeurs des facteurs

$$u = \frac{y(x+1)^2}{(x+y)^2} \text{ et } u' = \frac{x(y+1)^2}{(x+y)^2},$$

quand on donne aux variables $x$ et $y$ les valeurs admissibles pour elles, c'est-à-dire des valeurs positives et moindres que l'unité, et telles que $x$ soit $< y$, et $x + y > 1$.

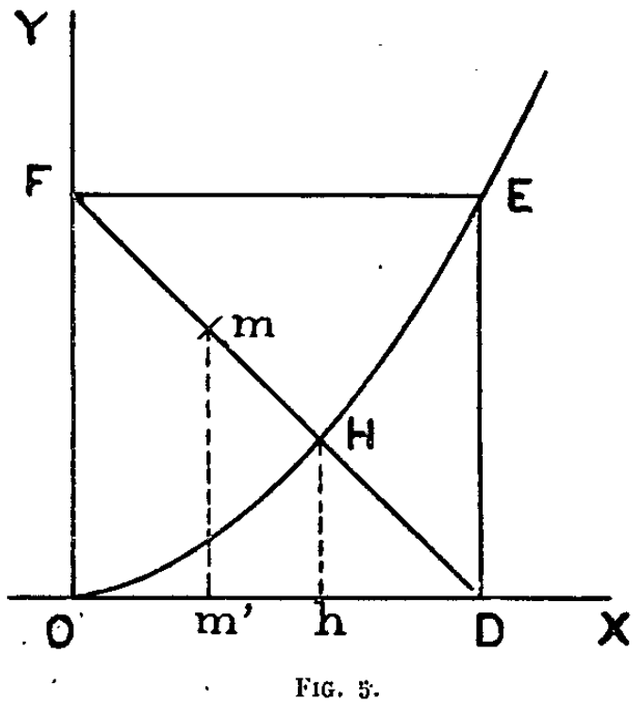


Fig. 5.

La fonction

$$u = \frac{y(x+1)^2}{(x+y)^2}$$

est égale à l'unité pour $y = 1$, c'est-à-dire tout le long du côté FE, et de plus pour tous les points de la parabole OE, représentée par l'équation $y = x^2$ ; elle coupe la diagonale DF en un point H qui la partage en moyenne et extrême raison ; elle atteint sa valeur maximum $u = 1{,}185$ au point $m$, situé au tiers de la

diagonale FD; elle est minimum au point D, pour lequel elle a la valeur 0; elle croît de 0 à l'unité le long du côté DE, suivant la loi

$$u = \frac{4y}{(1+y)^2}.$$

Il en est de même de la fonction $u' = \frac{x(y+1)^2}{(x+y)^2}$, en permutant $x$ et $y$.

On voit qu'en écartant les points voisins des côtés DE, EF, FD du triangle dans lequel est renfermé l'abaque, et qui correspondent à des triangles isoscèles ou infiniment aplatis, on aura des valeurs de $u$ qui ne seront jamais très différentes de l'unité, soit en plus, soit en moins, et que par conséquent, on pourra, *à titre de première approximation*, réduire les équations (7) et (8) à la forme

$$\frac{x+y-1}{x+1-y} = \mathrm{B}, \tag{7'}$$

$$\frac{x+y-1}{y+1-x} = \mathrm{C}, \tag{8'}$$

Cette simplification revient à remplacer les surfaces

$$z = \frac{y(x+y-1)(x+1)^2}{(x+1-y)(x+y)^2}, \qquad z' = \frac{x(x+y-1)(y+1)^2}{(y+1-x)(x+y)^2}$$

par les paraboloïdes hyperboliques représentés par les équations

$$z = \frac{x+y-1}{x+1-y},$$

$$z' = \frac{x+y-1}{y+1-x},$$

et à substituer aux courbes rigoureuses de l'abaque, des droites menées par les points D et F du carré construit dans l'angle des axes.

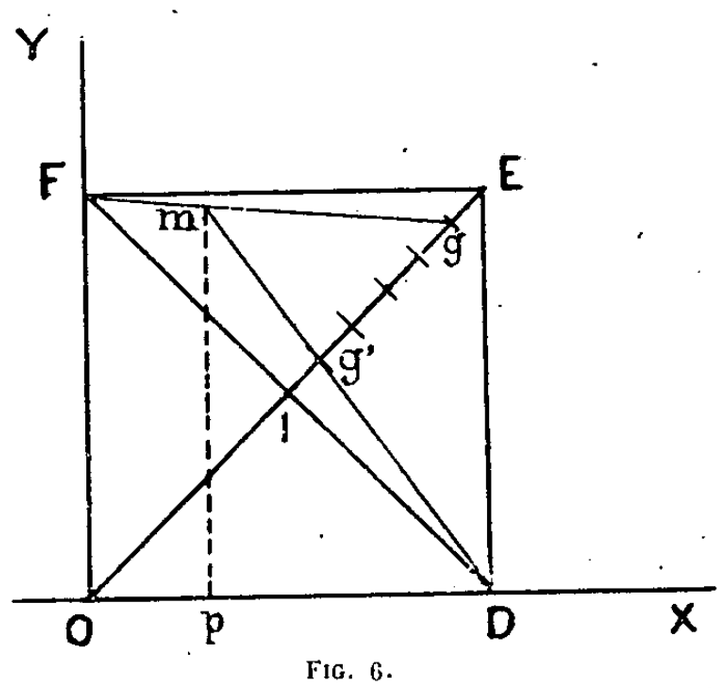


FIG. 6.

Prenons sur la droite IE deux points $g$ et $g'$ définis par les coordonnées

$$g)\ x = y = \frac{\mathrm{B}+1}{2}$$

$$g')\ x = y = \frac{\mathrm{C}+1}{2}.$$

Joignons F$g$, D$g'$. Les droites F$g$, D$g'$ se coupent en un point $m$ qui est le point cherché. On aura

$$x_1 = 0p, \qquad y_1 = pm;$$

et $x_1$, $y_1$ seront les valeurs approximatives des coordonnées $x$, $y$, correspondantes aux valeurs données B et C.

Cette solution graphique revient à la résolution des équations du premier degré

$$\frac{x+y-1}{x+1-y} = \mathrm{B}, \qquad \frac{x+y-1}{y+1-x} = \mathrm{C},$$

qui conduit aux valeurs

$$x_1 = \frac{\mathrm{C}(1+\mathrm{B})}{\mathrm{B}+\mathrm{C}}, \qquad y_1 = \frac{\mathrm{B}(1+\mathrm{C})}{\mathrm{B}+\mathrm{C}},$$

l'indice montrant ici qu'il s'agit de valeurs approximatives.

Nous pouvons remplacer dans ces équations $x_1$ et $y_1$ par les rapports $\frac{a_1}{c_1}$, $\frac{b_1}{c_1}$ que ces lettres représentent, et de même B par $\frac{h^2}{g^2}$, C par $\frac{h^2}{f^2}$; il viendra

$$x_1 = \frac{a_1}{c_1} = \frac{g^2+h^2}{g^2+f^2},$$

$$y_1 = \frac{b_1}{c_1} = \frac{f^2+h^2}{f^2+g^2},$$

et le triangle ($a_1$, $b_1$, $c_1$) dont la similitude est maintenant connue, différera peu, en général du triangle ($a$, $b$, $c$) cherché. Il en donnera une première idée.

Pour s'assurer de l'exactitude du résultat, ou plutôt pour constater l'erreur commise, on substituera $x_1$, $y_1$ à $x$, $y$, dans les équations (7) et (8), et on emploiera telle méthode d'approximation qu'on voudra pour corriger les valeurs admises et les rapprocher des valeurs exactes.

Quelques exemples nous montreront le degré d'approximation que présente la méthode simplificative. Nous prenons dans notre tableau de calculs, page 7, une valeur de B, à laquelle correspondent des valeurs connues de $x$ et de $y$; la valeur de C qui correspond à ces coordonnées permutées est donnée par la case du tableau symétrique par rapport à la droite IE. Connaissant B et C, nous pouvons calculer $x_1$ et $y_1$ par les formules approximatives, puis former les différences $x - x_1$, $y - y_1$, qui sont les erreurs dues à l'emploi de la méthode.

*Exemple de l'emploi des formules approximatives.*

| B | C | VALEURS EXACTES | | VALEURS APPROXIMAT. | | ÉCARTS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $x$ | $y$ | $x_1$ | $y_1$ | $x - x_1$ | $y - y_1$ |
| 0,361 | 0,129 | 0,4 | 0,8 | 0,358 | 0,832 | 0,042 | — 0,032 |
| 0,571 | 0,458 | 0,7 | 0,8 | 0,705 | 0,816 | 0,005 | — 0,016 |
| 0,124 | 0,096 | 0,5 | 0,6 | 0,490 | 0,618 | — 0,01 | 0,018 |
| 0,314 | 0,280 | 0,6 | 0,7 | 0,619 | 0,673 | 0,019 | — 0,027 |
| 0,528 | 0,094 | 0,3 | 0,9 | 0,231 | 0,929 | — 0,069 | 0,029 |
| 0,162 | 0,073 | 0,4 | 0,7 | 0,361 | 0,754 | — 0,039 | 0,054 |

Pour l'avant-dernière approximation, l'erreur est un peu plus forte sur la valeur de $x_1$ parce que le point $(x, y)$ pris sur l'épure serait assez voisin du point F; en ce point le facteur $u$ est égal à 1,08, nombre voisin de l'unité, mais le facteur $u'$ est égal à 0,752, ce qui s'écarte notablement de 1.

Ces erreurs peu considérables sont sans inconvénient, car il ne s'agit ici que du point de départ d'une série d'approximations successives, et l'écart se trouvera corrigé par l'application même de la méthode, quelle que soit celle que l'on adopte.

*Méthode mixte.*

Lorsque le point $m$ cherché est voisin de l'un des côtés de l'angle IEF, le facteur $u$ est peu différent de l'unité en plus, et le facteur $u'$ peut différer beaucoup de l'unité en moins. Dans ce cas, l'équation simplifiée (7′) peut encore être admise, mais l'équation (8) se prête moins à la simplification, et il convient de la conserver. Tirons $y$ en fonction de $x$ de l'équation (7′); il vient

$$y = 1 - \frac{1 - B}{1 + B} x,$$

fonction linéaire de $x$, qui substituée à $y$ dans l'équation (8), donnera une équation du quatrième degré en $x$ pour équation finale; et la résolution de cette équation sera facile en observant que la valeur cherchée de $x$ doit être comprise entre 0 et $\frac{1}{2}$.

Le problème de la construction du triangle donné par ses trois bissectrices, se présente d'abord comme dépendant de trois équations du quatrième degré, à trois inconnues $a$, $b$, $c$; l'équation finale peut monter au soixante-quatrième degré. Nous avons ramené le problème à deux équations du quatrième degré à deux inconnues $x = \frac{a}{c}$, $y = \frac{b}{c}$; l'équation finale ressort au seizième degré. Ensuite nous avons cherché une solution approximative, qui ramène le problème, en général, à deux équations du premier degré, qu'on peut résoudre par le tracé de deux droites; et comme cas particulier, si l'erreur était trop grande, nous avons réduit l'une des équations au premier degré, l'autre restant du quatrième.

*Triangle isoscèle.*

Le cas du triangle isoscèle se traite à part. On a alors $h = g$ si $b = c$, et l'équation (1) donne immédiatement une relation entre le côté $b$ et la base $a$ du triangle. Elle devient en effet

$$f^2 = b^2\left(1 - \frac{a^2}{4b^2}\right) = b^2 - \frac{a^2}{4},$$

comme l'indique le triangle rectangle ABD, dans lequel BD est la moitié du côté BC $= a$.

On a de plus B $= \frac{h^2}{g^2} = 1$, et par suite $y = 1$.

Substituons l'unité à $y$ dans l'équation (8), il viendra

$$\frac{4x^2}{(2 - x)(x + 1)^2} = \mathrm{C},$$

équation du troisième degré, qui fait connaître le rapport $x$ égal à $\frac{a}{b}$. Ce rapport peut être moindre que l'unité, ou égal, ou plus grand. Mais il ne peut atteindre deux unités, car alors un côté serait plus grand que la somme $2b$ des deux autres. Il doit d'ailleurs être positif. La construction de la courbe

$$z = \frac{4x^2}{(2 - x)(x + 1)^2}$$

entre les valeurs 0 et 2 de $x$, fera connaître la solution cherchée; il suffit de la couper par l'ordonnée $z = \mathrm{C} = \frac{h^2}{f^2}$.

Connaissant le rapport $\frac{a}{b}$, et une relation entre $a$ et $b$, on en déduira facilement $a$ et $b$.

Voici une table des valeurs de la fonction $\frac{4x^2}{(2-x)(x+1)^2} = z$.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $x = 0$ | $z = 0$ | $x = 0,7$ | $z = 0,522$ |
| $x = 0,1$ | $z = 0,018$ | $x = 0,8$ | $z = 0,558$ |
| $x = 0,2$ | $z = 0,062$ | $x = 0,9$ | $z = 0,859$ |
| $x = 0,3$ | $z = 0,125$ | $x = 1,0$ | $z = 1,000$ |
| $x = 0.4$ | $z = 0,204$ | $x = 1,5$ | $z = 2,880$ |
| $x = 0,5$ | $z = 0,296$ | $x = 1,9$ | $z = 17;22$ |
| $x = 0,6$ | $z = 0,402$ | $x = 2,0$ | $z$ infini. |

---


# M. Éd. COLLIGNON

Inspecteur général des Ponts et Chaussées, à Paris.


## COURBES DIVISANT EN PARTIES ÉGALES UNE SÉRIE D'ARCS DE CERCLE (COURBES ISOCYCLOTOMES) [128]

*— Séance du 8 août —*

Considérons *(fig. 1)* un triangle isoscèle OBA, dans lequel OB et AB sont les côtés égaux. Menons les bissectrices OC, AD des angles à la base. Elles se couperont sur la troisième bissectrice AI, qui, dans ce cas particulier, est aussi la hauteur du triangle.

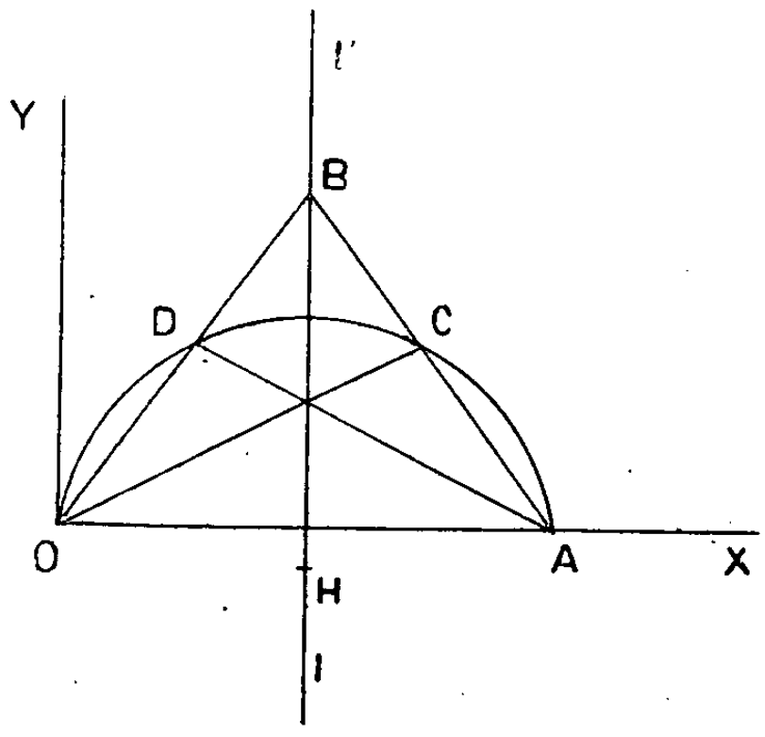


Fig. 1.

Les quatre points A, C, D, O sont situés sur une même circonférence. La figure est en effet symétrique par rapport à la droite BI, et les angles ODA, OCA sont égaux par conséquent. Si donc on fait passer une circonférence par les quatre points O, D, C, A, circonférence qui aura son centre en un

point H de la hauteur BI prolongée indéfiniment, on reconnaît sur-le-champ que les arcs AC, CD sont égaux, comme correspondants aux angles égaux COA, COD, inscrits dans le cercle; que de même les arcs DC, DO sont égaux comme correspondants aux angles égaux DAC, DAO; que par suite les points D et C, pieds des bissectrices AD, OC, partagent l'arc total ODCA en trois parties égales.

Plus généralement, si nous menons *(fig. 2)* par le point O une droite OM faisant avec OA un angle MOA égal à la $p^{ième}$ partie de l'angle BOA, et que nous répétions la construction dans l'angle égal BAO, en menant la droite AN, les droites OM, AN seront symétriques par rapport à la hauteur BI, et se couperont en un de ses points; les quatre points O, N, M, A seront sur une circonférence; l'arc AM sera la $p^{ième}$ partie de l'arc AMN; l'arc ON sera de même la $p^{ième}$ partie de l'arc égal ONM, et enfin les arcs égaux ON, AM seront chacun la $(p+1)^{ième}$ partie de l'arc total ONMA.

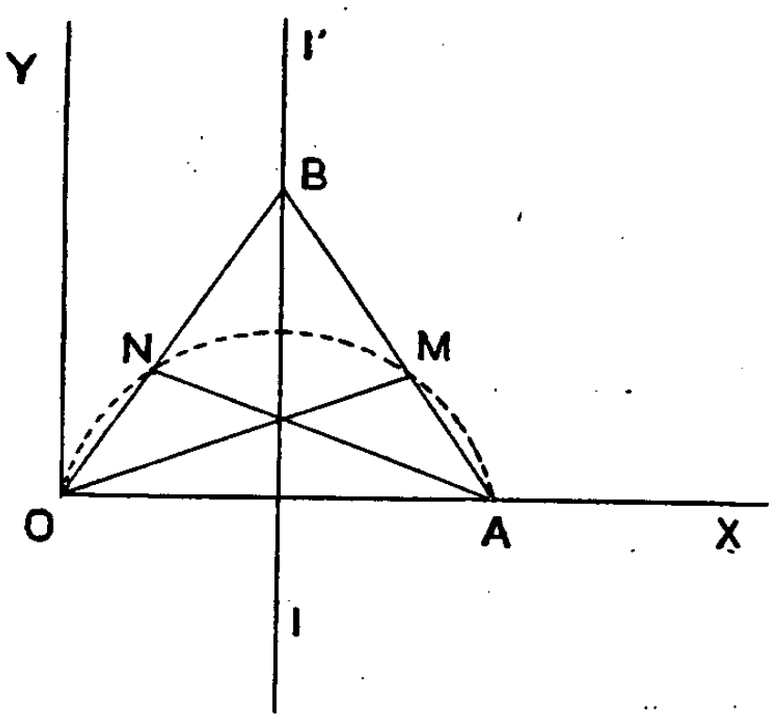


FIG. 2.

Imaginons que sur une base donnée $OA = a$ (fig. 3), on construise un triangle OAM, dans lequel l'angle $O = \theta$ ait une valeur arbitraire, et l'angle A soit égal à $p$ fois l'angle O, ou à $p\theta$; le lieu du point M, troisième sommet du triangle, sera une ligne qui aura la propriété de couper tout arc de cercle joignant le point A au point O de telle manière, que l'arc AM soit la $(p+1)^{ième}$ partie de l'arc total AMO.

*Recherche de l'équation de la ligne lieu du point* M.

Sur la base, donnée ou prise arbitrairement, $OA = a$ *(fig. 3)*, faisons les angles $MOA = \theta$, $MAO = p\theta$, et rapportons le point M à des axes rectangulaires, l'un OX coïncidant avec la base OA. Les coordonnées du point M seront

$$x = OP, \qquad y = PM.$$

On aura de plus

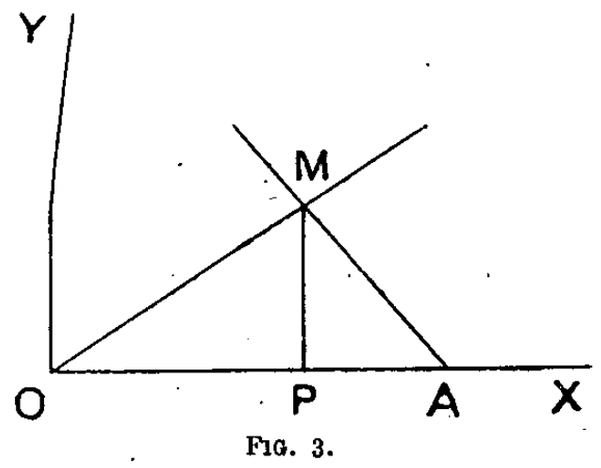


FIG. 3.

$$\text{tang}\,\theta = \frac{y}{x}, \qquad \text{tang}\,p\theta = \frac{y}{a-x}.$$

Si entre ces deux équations on élimine l'angle variable $\theta$, on aura l'équation cartésienne du lieu.

On a entre les tangentes la relation trigonométrique

$$(1)\qquad \operatorname{tang} p\theta = \frac{p\operatorname{tang}\theta - \frac{p(p-1)(p-2)}{1\times 2\times 3}\operatorname{tang}^3\theta + \dots}{1 - \frac{p(p-1)}{1\times 2}\operatorname{tang}^2\theta + \dots}.$$

La fraction du second membre a un nombre fini de termes au numérateur ainsi qu'au dénominateur pour toute valeur entière et positive du nombre $p$, ce que nous supposerons ici. Remplaçons tang $\theta$ par $\frac{y}{x}$, et tang $p\theta$ par $\frac{y}{a-x}$ ; nous aurons d'abord l'équation

$$(2)\qquad \frac{y}{a-x} = \frac{\frac{py}{x} - \frac{p(p-1)(p-2)}{1\times 2\times 3}\frac{y^3}{x^3} + \frac{p(p-1)\dots(p-4)}{1\times 2\times 3\times 4\times 5}\frac{y^5}{x^5}\dots}{1 - \frac{p(p-1)}{1\times 2}\frac{y^2}{x^2} + \frac{p(p-1)(p-2)(p-3)}{1\times 2\times 3\times 4}\frac{y^4}{x^4}\dots}.$$

Elle devient en multipliant les deux termes de la fraction par $x^p$, la puissance la plus élevée de $x$, et en mettant $y$ en facteur au numérateur

$$\frac{y}{a-x} = \frac{y\left(px^{p-1} - \frac{p(p-1)(p-2)}{1\times 2\times 3}x^{p-3}y^2 + \frac{p(p-1)\dots(p-4)}{1\times 2\times 3\times 4\times 5}x^{p-5}y^4\dots\right)}{x^p - \frac{p(p-1)}{1\times 2}x^{p-2}y^2 + \frac{p(p-1)(p-2)(p-3)}{1\times 2\times 3\times 4}x^{p-4}y^4\dots}.$$

Le facteur $y$, commun aux deux membres, définit l'arc OX quand on l'égale à zéro. C'est une solution de l'équation, qu'on peut écarter provisoirement. Il vient pour l'équation finale, après suppression du facteur $y$, et transposition de tous les termes dans un même membre,

$$(3)\qquad \begin{cases} x^p - \frac{p(p-1)}{1\times 2}x^{p-2}y^2 + \frac{p(p-1)(p-2)(p-3)}{1\times 2\times 3\times 4}x^{p-4}y^4\dots \\ -(a-x)\left(px^{p-1} - \frac{p(p-1)(p-2)}{1\times 2\times 3}x^{p-3}y^2 + \frac{p\dots(p-4)}{1\times 2\times 3\times 4\times 5}x^{p-5}y^4\dots\right) = 0. \end{cases}$$

Cette équation est du $p^{\text{ième}}$ degré; elle n'a qu'un paramètre linéaire $a$. Pour une valeur donnée de $p$, on peut donc construire la courbe une fois pour toutes, en prenant $a$ pour unité de longueur, et l'on aura réalisé une ligne qui pourra servir à trouver la $(p+1)^{\text{ième}}$ partie de tout arc de cercle ayant la quantité $a$ pour corde.

L'équation (3) sera du $p^{\text{ième}}$ degré en $y$ si $p$ est pair, et du $(p-1)^{\text{ième}}$ degré dans le cas contraire. Observons que $y$ ne figure dans l'équation qu'avec des exposants pairs; ce qui montre que la courbe est symétrique par rapport à l'axe OX.

Si $p$ est pair, le terme du degré le plus élevé dans l'équation (2), $\left(\frac{y}{x}\right)^p$, est au dénominateur; $y^p$ reste au dénominateur quand on multiplie par $x^p$, et ne subit aucune réduction ultérieure. Si $p$ est impair, le terme $\left(\frac{y}{x}\right)^p$ est au numérateur, et $y^p$ se réduit à $y^{p-1}$ lorsqu'on supprime le facteur $y$ dans les deux membres.

Si l'on donne à $p$ les valeurs entières 1, 2, 3, 4 et 5 on obtient les équations successives

$p=1$ $\qquad x = a - x, \qquad$ ou $\qquad x = \frac{a}{2}$;

$p=2$ $\qquad x^2 - y^2 = (a-x)\times 2x$ ou bien $y^2 = 3x^2 - 2ax$;

$p=3$ $\qquad x^3 - 3xy^2 = (a-x)(3x^2 - y^2)$,

ce qui équivaut à $y = \pm x\sqrt{\frac{3a-4x}{a-4x}}$;

$p=4$ $\qquad x^4 - 6x^2y^2 + y^4 = (a-x)(4x^3 - 4xy^4)$;

$p=5$ $\qquad x^5 - 10x^3y^2 + 5xy^4 = (a-x)(5x^4 - 10x^2y^2 + y^4)$.

Ces deux dernières équations, bicarrées en $y$, peuvent être résolues algébriquement.

La première équation définit la perpendiculaire élevée au milieu de OA, qui divise en deux parties égales tous les arcs de cercle joignant le point O au point A.

La seconde, $p = 2$, représente une hyperbole, qui a pour foyer le point A, pour directrice la droite II'; le rapport des distances d'un point M à la directrice et au foyer est égal à $\frac{1}{2}$. Le centre de la courbe est au tiers de la droite OA, à partir du point O; et l'angle des asymptotes avec OX a pour tangente trigonométrique $\sqrt{3}$.

*Propriété des courbes.*

Cherchons d'abord les points où les courbes coupent l'axe OX, en faisant $y = 0$ dans l'équation (3). Elle se réduit à la forme simple

$$x^p - p(a-x)x^{p-1} = 0;$$

elle admet par conséquent $p - 1$ racines égales à zéro ; le point O appartient donc à la courbe, dès que $p$ est supérieur à l'unité, et il constitue un point multiple de l'ordre $p - 1$ dès que $p$ est supérieur à deux unités. En supprimant le facteur $x^{p-1}$, il vient

$$x = p(a - x),$$

c'est-à-dire

$$x = \frac{pa}{p+1},$$

relation qui définit (*fig. 4*) un point B, entre O et A, à la distance

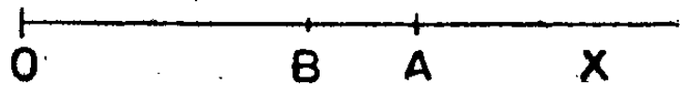



FIG. 4.

$AB = \frac{a}{p+1}$ du point A. C'est pour la courbe un point simple, où la courbe coupe l'axe OX à angle droit à cause de la symétrie.

Ce point B serait le point de contact de deux circonférences primitives qui, engrenant l'une avec l'autre, réaliseraient la transmission de rotation de l'arbre projeté en O à l'arbre projeté en A, avec un rapport $p$ entre les vitesses angulaires.

*Partage du cercle entier en parties égales.*

La courbe du degré $p$ se compose de plusieurs branches distinctes, qui rencontrent en plusieurs points la circonférence à laquelle appartient l'arc OA dont nous nous sommes seulement occupés jusqu'à présent. Soit (*fig. 5*) $Am$ la fraction $\frac{1}{p+1}$ de l'arc AO déterminée par la rencontre de la courbe. La même branche recoupera le cercle en un second point $m'$, et l'arc $Am'$ sera de même la fraction $\frac{1}{p+1}$ de l'arc AIO, qui, réuni à $AmO$, complète la circonférence entière. Donc l'arc $mAm'$ est la $(p+1)^{\text{ième}}$ partie de cette circonférence, et la corde $mm'$ est le côté du polygone régulier inscrit dans le cercle considéré.

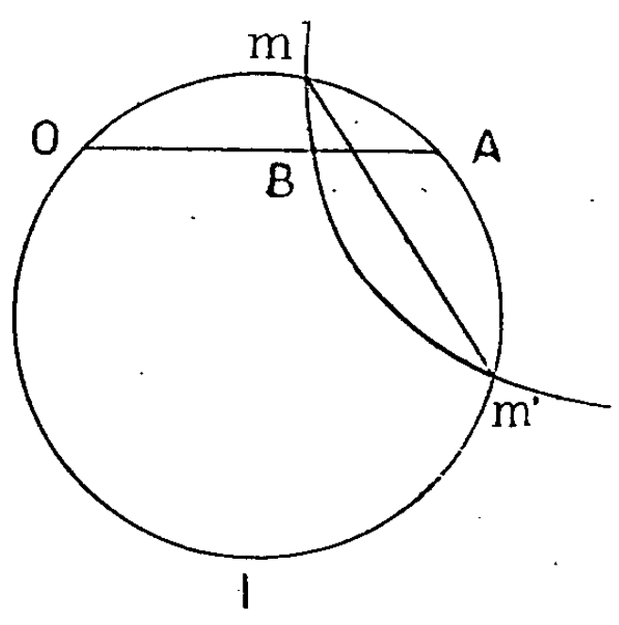



FIG. 5.

Les autres branches de la courbe couperont la circonférence aux autres sommets de ce polygone régulier. Il est facile de vérifier que l'on retrouve

le nombre des intersections que demandent les degrés des deux courbes qui se rencontrent. La courbe est du degré $p$, le cercle du second degré. L'équation finale qui ferait connaître les intersections sera du degré $2p$; or nous avons reconnu que le point O appartient à la fois à la courbe et à la circonférence, et qu'il compte pour $p - 1$ points simples. Il en reste donc $p + 1$ à trouver; ce sont les $p + 1$ points qui partagent dans le rapport voulu les arcs A$m$O, AFO, et tous ceux qu'on obtient en ajoutant à chacun un nombre entier de circonférences, c'est-à-dire les sommets du polygone régulier de $p + 1$ côtés, inscrit dans le cercle; car si deux intersections consécutives, $m$, $m_1$ correspondent à la fraction $\frac{1}{p+1}$ des arcs AO; AO $+ 2\pi$R, R étant le rayon du cercle, l'arc $mm_1$ sera la fraction $\frac{1}{p+1} \times 2\pi$R de la circonférence ajoutée au premier arc AO. On le reconnaît aisément en employant les coordonnées polaires.

*Coordonnées polaires.*

L'équation de la courbe ($p$), exprimée par une relation entre les deux angles $\theta$ et $\theta'$, décrits par les rayons OM, AM, autour des points fixes O et A, est $\theta' = p\theta$; elle peut servir à déterminer la tangente au point M par l'application de la méthode de Roberval. Mais l'emploi des *coordonnées polaires* conduit à une solution plus intéressante, et fait connître d'ailleurs d'autres propriétés du lieu.

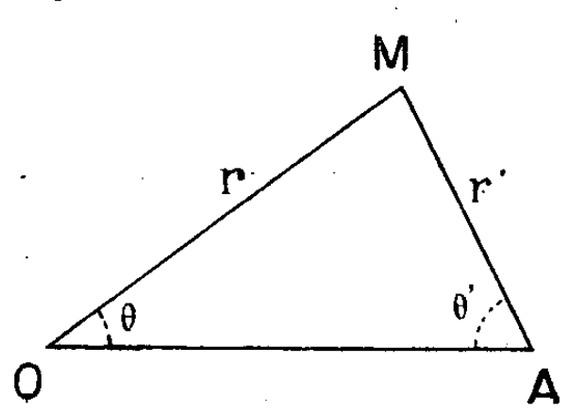


FIG. 6.

Prenons *(fig. 6)* le point O pour pôle, l'axe OA pour axe polaire; désignons par $r$ le rayon vecteur OM, et par $\theta$ l'angle MOA. Nous aurons dans le triangle OAM, où OA $= a$, angle MOA $= \theta$, angle MAO $= \theta' = p\theta$, angle OMA $= \pi - (p + 1)\theta$,

$$\frac{\text{OM}}{\text{OA}} = \frac{r}{a} = \frac{\sin \text{MAO}}{\sin \text{OMA}} = \frac{\sin p\theta}{\sin (p+1)\theta};$$

et par suite

$$r = a \frac{\sin p\theta}{\sin (p+1)\theta} \tag{4}$$

est l'équation du lieu.

Si l'on prend pour pôle le point A, $\theta'$ pour angle polaire, et $r'$ pour rayon vecteur, on aura de même

$$\frac{AM}{OA} = \frac{r'}{a} = \frac{\sin\theta}{\sin(p+1)\theta} = \frac{\sin\dfrac{\theta'}{p}}{\sin.\dfrac{(p+1)\theta'}{p}},$$

ce qui conduit à l'équation

$$r' = a\,\frac{\sin\dfrac{\theta'}{p}}{\sin\dfrac{(p+1)\theta'}{p}}. \tag{5}$$

On peut aussi associer le rayon $r'$ à l'angle $\theta$, ce qui donne la relation

$$r' = a\,\frac{\sin\theta}{\sin(p+1)\theta}. \tag{6}$$

Si l'on élimine $\theta$ entre les équations (4) et (6), on aura une relation entre les distances $r$, $r'$ du point M aux deux pôles O et A, c'est-à-dire l'équation bipolaire du lieu.

Si l'on fait croître $\theta$ à partir de 0, l'équation (4) montre que $r$, d'abord positif, change de signe, en passant par l'infini, lorsque l'angle $(p+1)\theta$ atteint et dépasse la demi-circonférence $\pi$; alors commence pour la courbe une nouvelle branche, laquelle passe par l'origine O lorsque $p\theta$ est égal à $\pi$; le rayon $r$ change de signe au passage, et redevient positif, tant que $(p+1)\theta$ reste plus petit que $2\pi$. Au delà de $\theta = \dfrac{2\pi}{p+1}$, $r$ est négatif jusqu'à $\theta = \dfrac{2\pi}{p}$, valeur pour laquelle la courbe traverse de nouveau l'origine, et le rayon $r$ redevient positif en passant par zéro; et ainsi de suite. On retrouve les $p-1$ branches qui traversent l'origine, lorsque le rayon OM accomplit la moitié du tour entier du point O. On reconnaît du même coup que le rayon $r$ devient infini pour $p$ valeurs équidistantes de $\theta$,

$$\theta = \frac{\pi}{p+1},\quad \frac{2\pi}{p+1},\quad \frac{3\pi}{p+1},\quad \cdots\quad \frac{\pi\times p}{p+1},$$

et devient nul pour $p-1$ valeurs équidistantes,

$$\theta = \frac{\pi}{p};\qquad \frac{2\pi}{p},\qquad \cdots\qquad \frac{\pi\times(p-1)}{p}.$$

Ces derniers angles définissent les directions des tangentes à l'origine.

*Directions dans lesquelles ont lieu des rencontres de la courbe* (p) *avec le cercle* r = a.

Faisons dans l'équation (4) $r = a$. Il viendra

$$\sin (p + 1)\theta = \sin p\theta,$$

pour définir les angles correspondants au rayon vecteur indiqué. Pour que les sinus soient égaux, il faut et il suffit, ou que la différence des arcs soit un nombre entier de circonférences, ou que la somme des arcs donne un nombre impair de demi-circonférences. Mais la différence $(p + 1)\theta - p\theta$ étant égale à $\theta$, il faut qu'on ait $\theta = 2k\pi$, ce qui correspond à l'axe polaire OX. Cette solution, en coordonnées rectangles, était indiqué par $y = 0$; nous avons reconnu que l'axe OX fait partie du lieu.

La somme $$(p + 1)\theta + p\theta = (2p + 1)\theta$$

doit être égale à $$(2k + 1)\pi,$$

ce qui conduit à poser $$\theta = \frac{(2k + 1)\pi}{2p + 1}.$$

Donnons à $k$ les valeurs entières de 0 à $2p$.

On trouvera d'abord $p$ directions définies par les arcs moindres que la demi-circonférence,

$$\theta_1 = \frac{\pi}{2p + 1}, \quad \theta_2 = \frac{3\pi}{2p + 1}, \quad \theta_3 = \frac{5\pi}{2p + 1} \cdots \quad \theta_p = \frac{(2p - 1)\pi}{2p + 1};$$

puis pour $k = p$ la direction $\theta_{p+1} = \pi$, qui ramène à l'axe polaire pris dans le sens des abscisses négatives.

enfin

$$\theta_{p+2} = \frac{(2p + 3)\pi}{2p + 1}, \quad \theta_{p+3} = \frac{(2p + 5)\pi}{2p + 1} \cdots \quad \theta_{2p+1} = \frac{(4p - 1)\pi}{2p + 1},$$

arcs compris entre $\pi$ et $2\pi$. Au delà on retomberait sur les directions déjà obtenues, par exemple

$$\theta_{2p+2} = \frac{(4p + 3)\pi}{2p + 1} = 2\pi + \frac{\pi}{2p + 1},$$

ce qui, comme direction, ramène à $\theta_1$. La seconde ligne est formée de

termes respectivement symétriques des termes de la première. On a par exemple

$$\theta_p + \theta_{p+2} = 2\pi,$$

et généralement $\theta_{p-i} + \theta_{p+i+2} = 2\pi.$

Les $2p + 1$ angles au centre, $\theta_1, \theta_2 \ldots, \theta_{p+12}$, définissent sur le cercle de rayon OA les sommets du polygone régulier de $2p+1$ côtés, car la différence de deux angles consécutifs donne l'angle au centre, $\frac{2\pi}{2p+1}$, d'un tel polygone; un des sommets est au point A′, sur l'axe OX, symétrique de A par rapport au point O. Les deux angles $\theta_1$ et $\theta_{2p+1}$ fixent deux points situés symétriquement par rapport à l'axe OX; et l'angle $\theta_1$ est la moitié de l'angle au centre du polygone régulier, c'est-à-dire l'angle au centre du polygone de $4p + 2$ côtés.

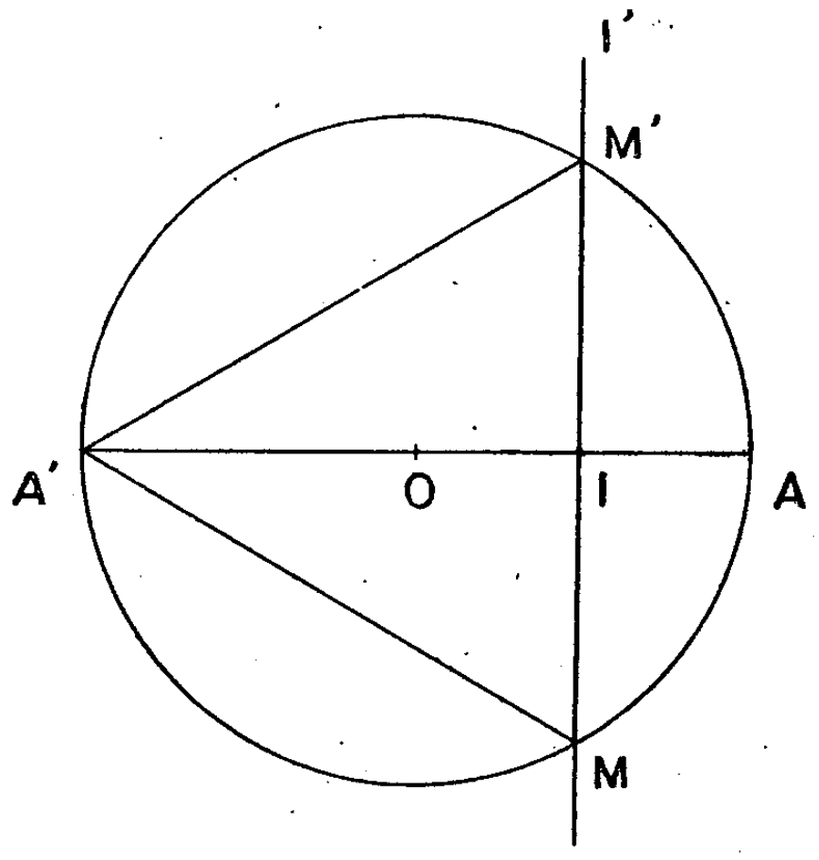



FIG. 7.

*Exemples.* — Prenons la droite, $p = 1$.

Le cercle de rayon OA *(fig. 7)* donne par sa rencontre avec la droite H et avec l'axe OX′, le triangle équilatéral MAM′, polygone régulier de $2p + 1$ côtés.

De même pour $p = 2$, on a une hyperbole, et les rencontres avec le cercle OA donnent le pentagone régulier *(fig. 8)*; en même temps que l'hyperbole fait connaître les trois sommets d'un triangle équilatéral inscrit dans tout cercle mené par les points A et O. Il est

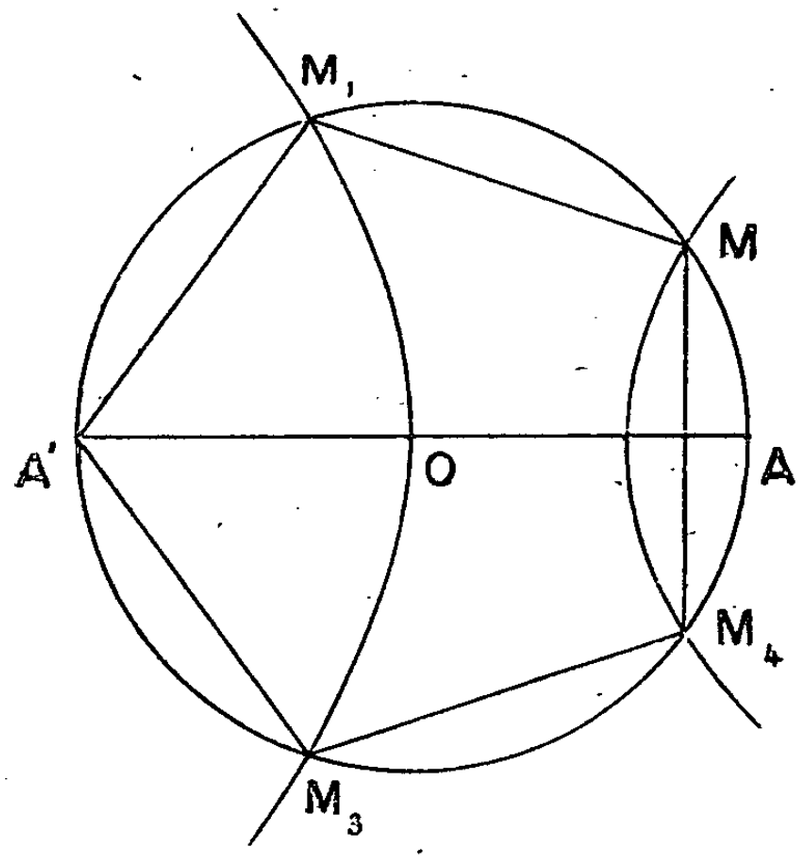



FIG. 8.

aisé de le vérifier à l'aide des équations $y^2 = 3x^2 - 2ax$ et $x^2 + y^2 = a^2$, qui permettent de calculer OK, OL, KM, $LM_1$. (Voir planche I, fig. 1 et 2.)

A part le point A′ situé sur l'axe OX, les points M, M′, ..., au nombre de $2p$, sont les intersections des diverses branches de la courbe. Chaque branche coupe le cercle en deux points; ce qui réduit à $p$ le nombre des branches distinctes. L'une d'elles est celle qui passe au point B, entre O et A. Il en reste $p - 1$ qui passent toutes au point O, et qui en font le point multiple d'ordre $p - 1$ que nous avons signalé plus haut.

*Rencontres de la courbe* (p) *avec la circonférence* r′ = a.

Faisons dans l'équation $r' = a$ (6); elle devient

$$\sin \theta = \sin (p + 1)\theta,$$

relation qui entraîne l'une des deux suivantes

$$(p + 1)\theta - \theta = p\theta = 2k\pi,$$

$$(p + 1)\theta + \theta = (p + 2)\theta = (2k + 1)\pi.$$

La première donne $\theta = \frac{2k\pi}{p}$, et par suite $\theta' = p\theta = 2k\pi$; elle définit l'axe OX, sur lequel se trouve toujours le point O, commun à la fois aux courbes et à la circonférence.

Le seconde conduit aux valeurs

$$\theta = \frac{(2k + 1)\pi}{p + 2} \qquad \text{et par suite} \qquad \theta' = \frac{(2k + 1)\pi}{p + 2} \times p.$$

Nous ferons usage de cette dernière formule, pour avoir des angles comptés autour du centre A du cercle considéré.

Si l'on donne à $k$ deux valeurs entières consécutives, la différence des valeurs de $\theta'$ sera égale à $\frac{2\pi}{p + 2} \times p$, c'est-à-dire à $p$ fois l'angle au centre du polygone régulier inscrit de $p + 2$ côtés. En donnant à $k$ les valeurs successives 1, 2, 3..., les sommets successifs que l'on obtiendra pour ce polygone seront ceux qu'on trouve en joignant les points de division de $p$ en $p$, ce qui revient à les joindre de 2 en 2; on obtiendra donc un polygone étoilé si $p$ est impair et $> 3$; tandis qu'on obtiendra deux polygones qui se fermeront chacun avec un nombre de $\frac{p + 2}{2}$ côtés, si $p$ est pair.

On obtiendra en définitive

Les sommets d'un triangle équilatéral pour $p = 1$;

Les extrémités d'un diamètre pour $p = 2$;

Le polygone étoilé de 5 côtés pour $p = 3$ ;
Deux triangles équilatéraux pour $p = 4$ ;
Le polygone étoilé de 7 côtés pour $p = 5$ ;
Deux carrés inscrits pour $p = 6$ ;
Le polygone étoilé de 9 côtés pour $p = 7$ ;
Deux polygones réguliers de 5 côtés pour $p = 8$.
Etc.... (Voir planche I, fig. 1 et 2.)

*Rencontres avec le cercle de centre* A, *de rayon* AO.

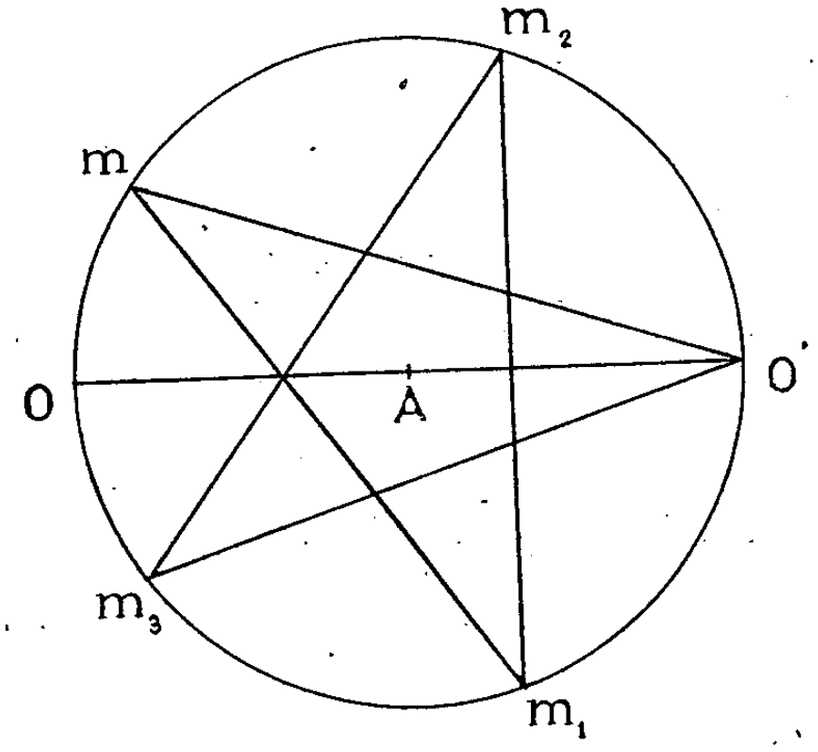



FIG. 9.

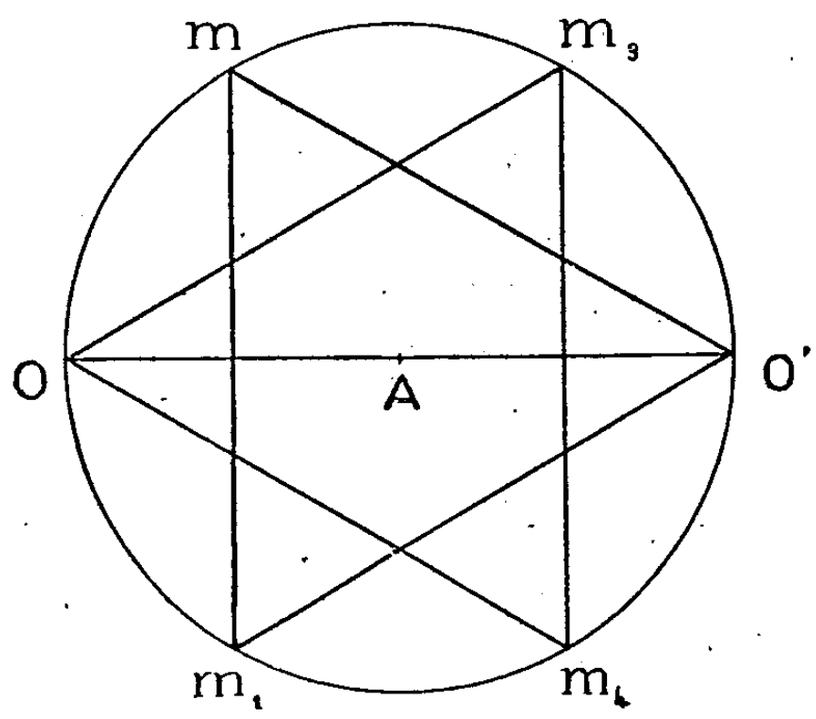



FIG. 10.

En rapprochant les diverses propriétés que nous venons d'établir, on reconnaît que la courbe $(p)$ détermine les sommets

D'un polygone régulier de $p + 1$ côtés inscrit dans toute circonférence passant par les points O et A;

D'un polygone régulier de $2p + 1$ côtés inscrit dans la circonférence qui a le point O pour centre et OA pour rayon;

D'un polygone régulier de $p + 2$ côtés, inscrit dans le cercle qui a le point A pour centre et AO pour rayon si $p$ est impair et de deux polygones réguliers de $\frac{p+2}{2}$ côtés si $p$ est pair.

*Construction des courbes. — Rencontres avec certaines droites.*

On déduit de l'équation ($h$), en la multipliant successivement par cos $\theta$ et sin $\theta$,

$$r \cos \theta = x = \frac{a \sin p\theta \cos \theta}{\sin (p+1)\theta},$$

$$r \sin \theta = y = \frac{a \sin p\theta \sin \theta}{\sin (p+1)\theta} = x \operatorname{tang} \theta;$$

équations qui peuvent servir à calculer par logarithmes les coordonnées cartésiennes, $x$ et $y$, de tout point du lieu.

Faisons successivement $x = a$, $x = \frac{a}{2}$ dans la première.

1° Pour $x = a$, on aura

$$\sin p\theta \cos \theta = \sin (p+1)\theta = \sin p\theta \cos \theta + \sin \theta \cos p\theta,$$

ce qui entraîne la condition

$$\sin \theta \cos p\theta = 0,$$

à laquelle on satisfera en posant $\sin \theta = 0$ ou $\cos p\theta = 0$.

La première relation donne $\theta = k\pi$, et correspond à l'axe OX.

La seconde donne $\theta = \frac{(2k+1)\pi}{2p}$, ce qui définit les $p$ directions distinctes

$$\theta = \frac{\pi}{2p},\ \theta = \frac{3\pi}{2p},\ \theta = \frac{5\pi}{2p},\ \ldots\ \theta = \frac{2p-1}{2p}\pi.$$

Lorsque $p$ est impair, on trouve parmi ces directions celle de l'arc OY; le point de rencontre correspondant sur la droite $x = a$ s'éloigne alors à l'infini.

Ces $p$ droites, prolongées au delà du pôle O, partagent toute circonférenee ayant ce pôle pour centre, en $2p$ parties égales. Elles ne donnent sur la

droite $x = a$ que $p$ points de rencontre, en comptant le point à l'infini, s'il y a lieu.

2° Pour $x = \frac{a}{2}$, on a

$$\sin p\theta \cos\theta = \frac{1}{2}\sin(p+1)\theta = \frac{1}{2}\sin p\theta\cos\theta + \frac{1}{2}\sin\theta\cos p\theta,$$

c'est-à-dire, en réduisant,

$$\operatorname{tang} p\theta = \operatorname{tang}\theta.$$

Cette équation est satisfaite indépendamment de toute valeur de $\theta$ lorsque $p = 1$ ; dans ce cas en effet la droite II′, élevée perpendiculairement au milieu de OA, constitue le lieu cherché. Si $p$ n'est pas égal à l'unité, les arcs $p\theta$ et $\theta$, ayant même tangente, diffèrent d'un nombre entier de demi-circonférences, et l'on a

$$p\theta - \theta = (p-1)\theta = k\pi,$$

ou bien

$$\theta = \frac{k\pi}{p-1};$$

ce qui donne les $p - 1$ directions distinctes

$$\theta = 0, \frac{\pi}{p-1}, \frac{2\pi}{p-1}, \frac{3\pi}{p-1}, \ldots \frac{(p-2)\pi}{p-1},$$

qui, prolongées, partagent la circonférence décrite du point O comme centre en $2p - 2$ parties égales.

Les angles O′, correspondants à ces valeurs de $\theta$, sont égaux à $\frac{k\pi}{p-1} \times p$; ils sont tous plus grands que $\pi$, et ils donnent avec la droite II′ des points dont les ordonnées, $y = \frac{a}{2}\operatorname{tang}\frac{k\pi \times p}{p-1}$, sont positives ou négatives suivant que l'extrémité de l'arc $\frac{kp}{p-1}\pi$ tombe soit dans le premier ou le troisième quadrant, soit dans le second ou le quatrième. Une des rencontres se perd à l'infini lorsque $p$ est pair.

Nous pouvons résumer comme il suit les résultats déjà obtenus :

Les tangentes aux $p - 1$ branches de la courbe $(p)$ qui passent au point O, partagent toute circonférence décrite du point O comme centre en $2p$ parties égales (en adjoignant l'axe OX à ces $p - 1$ droites);

Les $p - 1$ branches passant au point O coupent la circonférence de

rayon OA en $2p + 1$ parties égales, en adjoignant à ces $p - 1$ branches le rayon AO prolongé ;

Les $p$ droites menées du point O aux intersections de la courbe $(p)$ avec la droite AH, perpendiculaire à OA, partagent la circonférence OA en $2p$ parties égales ;

Les p — 1 droites menées du point O aux intersections de la courbe $(p)$ avec la droite II′ menée perpendiculairement au milieu de la droite OA, partagent la circonférence OA en $2p - 2$ parties égales.

Les *asymptotes* de la courbe, au nombre de $p$, déterminent autour d'un même point C de la droite OA des directions formant des angles $\frac{\pi}{p+1}$, égaux à l'angle au centre du polygone régulier inscrit de $2p + 2$ côtés ;

La courbe $(p)$ coupe toute circonférence passant par les points O et A en $p + 1$ points, qui sont les sommets d'un polygone régulier de $p + 1$ côtés.

La courbe $(p)$ rencontre la circonférence décrite du point A comme centre avec AO pour rayon aux sommets du polygone régulier inscrit de $p + 2$ côtés si $p$ est impair, et de deux polygones de $\frac{p+2}{2}$ côtés si $p$ est pair.

*Construction de la tangente à la courbe.*

L'équation polaire du lieu, quand on prend le point O pour pôle, est

$$r = a \frac{\sin p\theta}{\sin (p+1)\theta},$$

ou bien, en prenant les logarithmes,

$$\mathrm{l}(r) = \mathrm{l}(a) + \mathrm{l}\sin p\theta - \mathrm{l}\sin (p+1)\theta.$$

Différentions cette équation ; il vient

$$\frac{dr}{r} = \left(\frac{p\cos p\theta}{\sin p\theta} - \frac{(p+1)\cos (p+1)\theta}{\sin (p+1)\theta}\right) d\theta,$$

et par suite

$$\frac{r\,d\theta}{dr} = \operatorname{tang} \mu = \frac{1}{p\cot p\theta - (p+1)\cot (p+1)\theta},$$

équation qu'on peut écrire, en renversant les deux membres,

(a) $$\cot \mu = p\cot p\theta - (p+1)\cot (p+1)\theta ;$$

relation entre les cotangentes des trois angles $\mu$, $\theta$, $(p+1)\theta$; $\mu$ est l'angle TMO que fait la tangente à la courbe MT avec le rayon vecteur MO $= r$ *(fig. 11)*.

On obtiendra une équation analogue, donnant la cotangente de l'angle $\mu' =$ TMA, en opérant sur l'équation (5), ou ce qui est préférable ici, sur l'équation (6), où $r'$ est rapporté à l'angle $\theta$, comme le rayon $r$ dans l'équation (4).

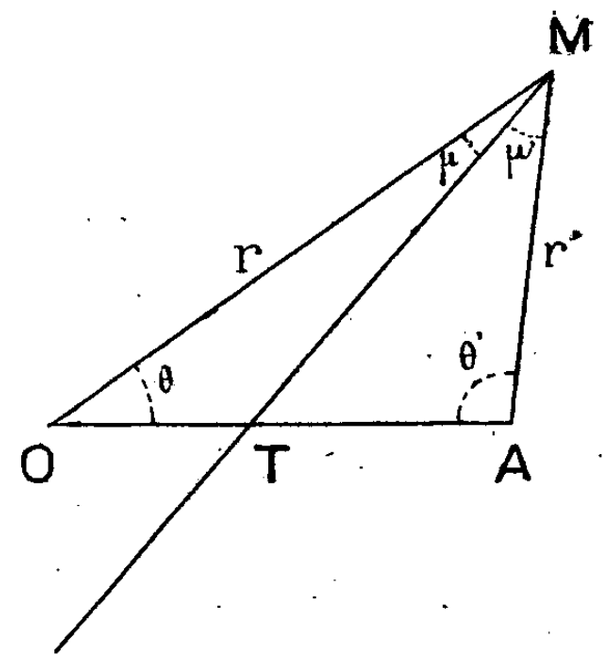



Fig. 11.

On a $\theta' = p\theta$,

et tang $\mu' = \dfrac{r'd\theta'}{dr'} = \dfrac{r' \times pd\theta}{dr'}$,

ce qui permet de calculer tang $\mu'$ au moyen de l'équation (6).

De l'équation

$$r = a\frac{\sin\theta}{\sin(p+1)\theta},$$

on tirera d'abord, en remplaçant $r$ par $r'$ dans le premier membre de l'équation qui donne $\dfrac{dr}{r}$, et $p$ par l'unité dans le premier terme du second membre,

$$\frac{dr'}{r'} = \big(\cot\theta - (p+1)\cot(p+1)\theta\big)\,d\theta,$$

et ensuite, puisque l'on a

$$\cot\mu' = \frac{dr'}{r' \times pd\theta},$$

$$\text{(b)} \qquad \cot\mu' = \frac{1}{p}\cot\theta - \frac{p+1}{p}\cot(p+1)\theta.$$

Entre les deux relations (a) et (b), éliminons le second terme des seconds membres; il vient

$$\cot\mu - p\cot\mu' = p\cot p\theta - \cot\theta,$$

ou bien

$$\text{(c)} \qquad \cot\mu + \cot\theta = p(\cot\mu' + \cot p\theta).$$

Mais on a identiquement

$$\cot \mu + \cot \theta = \frac{\cos \mu}{\sin \mu} + \frac{\cos \theta}{\sin \theta} = \frac{\sin (\theta + \mu)}{\sin \mu \sin \theta};$$

de même $$\cot \mu' + \cot p\theta = \frac{\sin(p\,\theta + \mu')}{\sin \mu' \sin p\theta}.$$

Or la figure montre que $\theta + \mu$ est l'angle MTA formé par la tangente avec la base; $p\theta + \mu'$ est de même l'angle MTO; ces deux angles, étant supplémentaires, ont le même sinus, et par suite sin $(\theta + \mu)$ et sin $(p\theta + \mu')$ disparaissent comme facteurs communs dans l'équation (c), qui se réduit à la forme simple

$$\frac{1}{\sin \mu \sin \theta} = p \frac{1}{\sin \mu' \sin p\theta},$$

ou mieux à la forme

$$\frac{\sin \mu'}{\sin \mu} = p \frac{\sin \theta}{\sin p'\theta} = p \frac{r'}{r},$$

en substituant le rapport $\frac{r'}{r}$ des côtés, au rapport $\frac{\sin \theta}{\sin p\theta}$ des sinus des angles opposés dans le triangle OMA.

La construction géométrique de la tangente MT résulte immédiatement de l'équation

$$(d) \quad \frac{r \sin \mu'}{r' \sin \mu} = p.$$

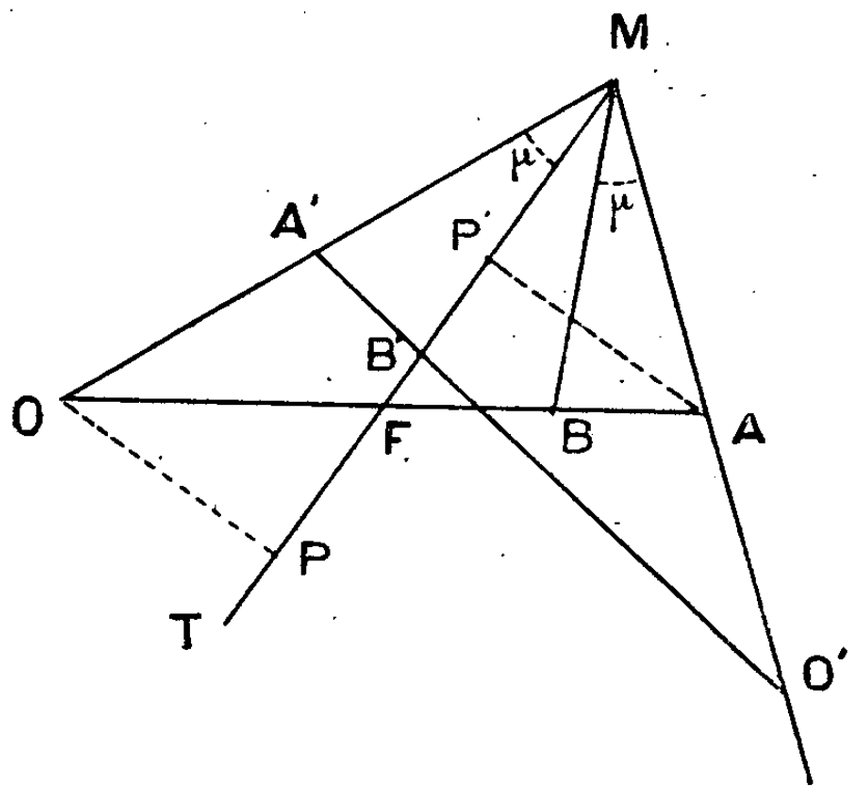



Fig. 12.

Retournons sur lui-même *(fig. 12)* le triangle OMA, en plaçant le côté $MA = r'$ en MA′ sur la direction MO, et le côté $MO = r$ en MO′, sur la direction de MA ; la base OA prendra la position antiparallèle A′O′; et le point B′ où la tangente MT coupe A′O′, devra partager la droite A′O′ dans le rapport $\frac{O'B'}{B'A'} = p$, c'est-à-dire de manière que $\frac{O'B'}{O'A'} = \frac{p}{p+1}$. Le point B′

est donc, dans le retournement du triangle, le transformé du point B pour lequel on a $\frac{OB}{OA} = \frac{p}{p+1}$, c'est-à-dire du point où la courbe coupe la base OA, point qu'on peut appeler le sommet de la courbe. La tangente MT est donc ce que devient la corde MB menée du point M au sommet, quand on renverse le triangle dans l'angle OMA ; ou ce qui revient au même, *la tangente* MT *est symétrique de la corde* MB *par rapport à la bissectrice de l'angle* OMA *des deux rayons* r *et* r'.

Soit F le point où la tangente MT coupe le segment OA ; abaissons les perpendiculaires OP, AP', des points O et A sur la tangente ; nous aurons $OP = r \sin \mu$, $AP' = r' \sin \mu'$ ; et par suite $\frac{OP}{AP'} = \frac{r \sin \mu}{r' \sin \mu'} = \frac{OF}{FA}$. Multiplions membre à membre cette équation et l'équation (d) ; il viendra

$$(f) \qquad \frac{r^2}{r'^2} = p \frac{OF}{FA} \text{ et par suite } \frac{OF}{FA} = \frac{1}{p} \frac{r^2}{r'^2} = \frac{1}{p} \frac{\sin^3 p\theta}{\sin^2 \theta}.$$

Cette formule peut être simplifiée.

Nous démontrerons plus loin que, si $r_p$ et $r'_p$ sont les valeurs de $r$ et de $r'$ correspondantes à une valeur donnée de $p$, et $r_{p-1}$ la valeur de $r$ qui correspond au même angle $\theta$ quand on remplace $p$ par $p-1$, on a entre ces trois quantités la relation

$$r'^2_p = (r_p - r_{p-1}) r_p.$$

La démonstration de cette équation est aisée à donner géométriquement ; elle peut se faire aussi analytiquement, en remplaçant

$r'_p$ par $\frac{\sin \theta}{\sin (p+1)\theta}$, $r_p$ par $\frac{\sin p\theta}{\sin (p+1)\theta}$, et $r_{p-1}$ par $\frac{\sin (p-1)\theta}{\sin p\theta}$.

On aura, en employant la relation posée,

$$\frac{OF}{FA} = \frac{1}{p} \frac{r_p^2}{(r_p - r_{p-1}) r_p} = \frac{1}{p} \frac{r_p}{(r_p - r_{p-1})},$$

Soit $OM = r_p$ *(fig. 13)*; on aura $OM' = r_{p-1}$, en faisant en A l'angle $MAM = \theta$.

Nous aurons donc $$\frac{OF}{FA} = \frac{OM}{p \times MM'},$$

c'est-à-dire

$$\frac{OF}{OA} = \frac{OM}{OM + p \times MM'}.$$

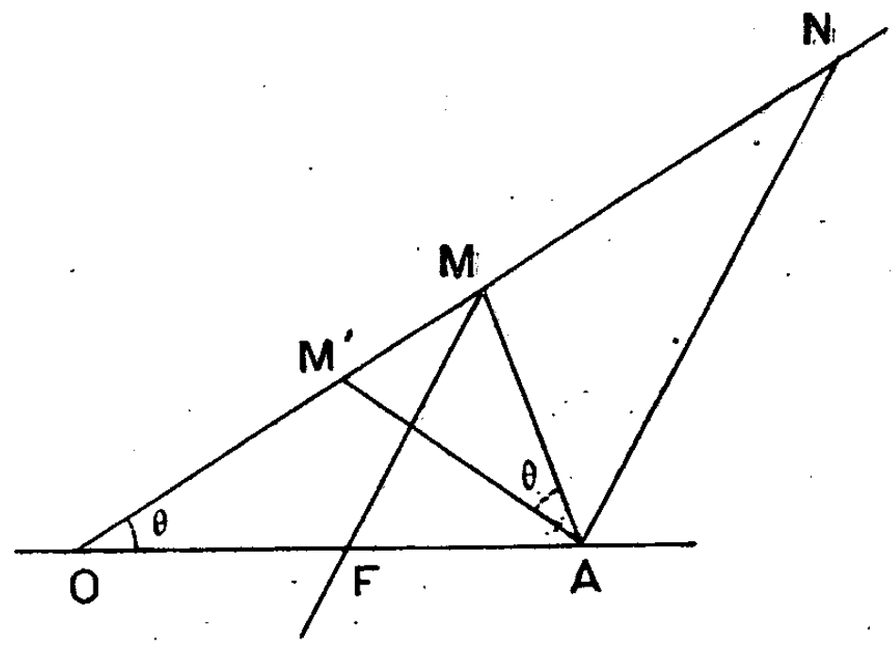



FIG. 13.

Ayant donc pris $MN = p \times MM'$ sur le prolongement de OM, il suffira de joindre AN, et de mener par le point M une parallèle ME à AN ; elle sera la tangente à la courbe $(p)$ qui passe en M.

*Branches infinies et asymptotes.*

Le point de rencontre M des deux rayons $r$ et $r'$ se perd à l'infini lorsque ces deux rayons deviennent parallèles, ou lorsque la somme $\theta + \theta'$ est égale à $\pi$ ou à un nombre quelconque de demi-circonférences. Les directions asymptotiques sont donc données par l'équation

$$\theta = \frac{k\pi}{p+1}$$

$k$ étant un entier, auquel on pourra attribuer des valeurs entières de l'unité à $p$, ce qui définit $p$ directions distinctes.

Pour déterminer la position de l'asymptote, il faut encore trouver la limite vers laquelle tend la distance de cette droite au rayon $r$ qui lui est parallèle. Soit OL *(fig. 14)* la direction définie par un angle $\theta_1$, correspondant à une valeur particulière du nombre $k$ ; soit M un point de la courbe, $OM = r$, angle $MOP = \theta$, les coordonnées particulières de ce point. Nous appellerons $\varepsilon$ l'angle MOL que fait le rayon OM avec le rayon OL, parallèle à l'asymptote. Nous aurons

$$\theta + \varepsilon = \theta_1 = \frac{k\pi}{p+1}.$$

Nous mènerons MN parallèle à l'axe polaire, jusqu'à la rencontre du rayon OL; le triangle OMN nous donnera la proportion

$$\frac{\text{MN}}{\text{OM}} = \frac{\sin \varepsilon}{\sin \text{ONM}} = \frac{\varepsilon}{\sin \theta_1};$$

car l'angle ONM est le supplément de NOP $= \theta_1$. Il vient donc

$$\text{MN} = \frac{\text{OM} + \varepsilon}{\sin \theta_1} = \frac{r\varepsilon}{\sin \theta_1}.$$

Dans cette équation, remplaçons $r$ par sa valeur $\frac{a \sin p\theta}{\sin (p+1)\theta}$, où nous remplacerons $\theta$ par la valeur $\theta_1 - \varepsilon$ en fonction de l'angle infiniment petit $\varepsilon$. Les produits $p\varepsilon$, $(p+1)\varepsilon$ étant en même temps infiniment petits, nous aurons

$$\sin p\theta = \sin p\theta_1 - p\varepsilon \cos p\theta_1 = \sin p\theta_1,$$

$$\sin (p+1)\theta = \sin (p+1)\theta_1 - (p+1)\varepsilon \cos (p+1)\theta_1 = (-1)^{k+1}(p+1)\varepsilon.$$

Dans la première équation on efface le second terme du second membre, comme infiniment petit par rapport au premier, le seul que l'on conserve. Dans la seconde, on remplace $\sin (p+1)\theta_1 = \sin k\pi$ par 0, et le cosinus du même arc $-\cos k\pi$ par $(-1)^{k+1}$, c'est-à-dire par $+1$ si $k$ est impair, $-1$ s'il est pair.

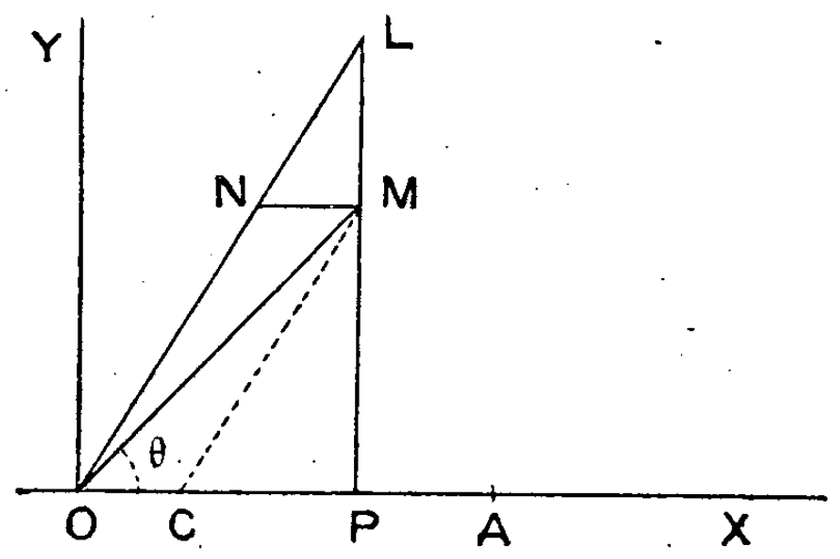



FIG. 14.

Faisons les substitutions; il viendra

$$\text{MN} = (-1)^{k+1} \frac{a \sin p\theta_1 \times \varepsilon}{\sin \theta_1 \times (p+1)\varepsilon} = (-1)^{k+1} \frac{\sin p\theta_1}{\sin \theta_1} \times \frac{a}{p+1}.$$

La somme des arcs $p\theta_1$ et $\theta_1$ est égale à $(p+1)\theta_1 = k\pi$; ces deux arcs ont donc le même sinus si $k$ est impair, et des sinus égaux en valeur absolue, mais de signes contraires, si $k$ est pair; on a donc aussi

$$\frac{\sin p\theta_1}{\sin \theta_1} = (-1)^{k+1},$$

et en définitive

$$MM' = \frac{a}{p+1}$$

Le point C où l'asymptote parallèle à OL coupe l'axe OX, est donc à la distance $\frac{a}{p+1}$ du point O. Telle est *l'abscisse à l'origine* de l'asymptote cherchée.

On voit que l'asymptote s'obtiendra, comme toute autre tangente, en *retournant* le triangle OMA dans son angle au sommet; ce triangle se change en la bande indéfiniment prolongée MOAM *(fig. 15)*, lorsque les rayons $r$ et $r'$ deviennent infinis; la parallèle M'B représente la *corde* menée du point M au sommet B, et le retournement de la bande sur elle-même fait passer cette corde dans la position CM'' de l'asymptote.

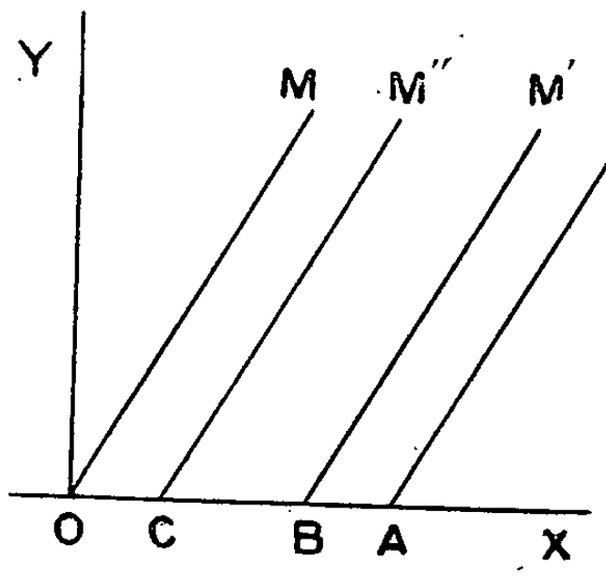


Fig. 15.

Remarquons que toutes les asymptotes des diverses branches composant la courbe passent par le même point C. (Voir planche I, fig. 1 et 2.)

*Enveloppe des asymptotes des diverses courbes.*

Une asymptote, CL, correspond à une valeur de l'angle $\theta_1 = \frac{k\pi}{p+1}$, et à un point C de départ, définis par la distance $OC = \frac{a}{p+1}$ à l'origine. Occupons-nous en particulier de l'asymptote qui correspond à $k = 1$ ; si, pour la facilité de l'écriture, nous remplaçons $p+1$ par une lettre unique $n$, l'asymptote CH sera représentée par l'équation

$$y = \left(x - \frac{a}{n}\right) \operatorname{tang} \frac{\pi}{n},$$

et l'on peut chercher l'enveloppe de ces droites lorsque l'on fait varier $n$ d'une manière continue ; ce qui revient à faire varier le nombre $p$.

La dérivée du second membre par rapport à $n$, égalée à zéro, donne l'équation

$$\frac{a}{n^2} \operatorname{tang} \frac{\pi}{n} - \left(x - \frac{a}{n}\right) \frac{\frac{\pi}{n^2}}{\cos^2 \frac{\pi}{n}} = 0,$$

dans laquelle le facteur $\frac{1}{n^2}$ peut être supprimé. Il vient, en chassant le dénominateur,

$$a\cos^2\frac{\pi}{n}\operatorname{tang}\frac{\pi}{n} = a\sin\frac{\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n} = \pi\left(x-\frac{a}{n}\right);$$

et par conséquent on aura pour les coordonnées du point où la droite CL touche son enveloppe

$$x-\frac{a}{n} = \frac{a}{\pi}\sin\frac{\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n},$$

$$y = \frac{a}{\pi}\sin^2\frac{\pi}{n}.$$

La moindre valeur qu'on puisse attribuer à $n$ est le nombre 2, correspondant à $p = 1$; cette hypothèse donne

$$x-\frac{a}{2} = \frac{a}{\pi}\cos\frac{\pi}{2}\sin\frac{\pi}{2} = 0, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad x = \frac{a}{2},$$

$$y = \frac{a}{\pi}.$$

La plus grande valeur est infinie, et les coordonnées $x$ et $y$ sont nulles à la fois.

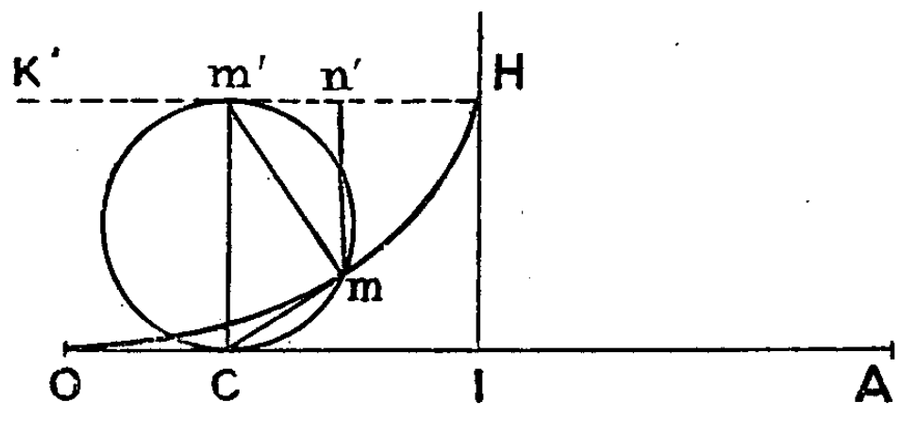



FIG 16.

Soit $m$ *(fig. 16)* le point de contact de l'enveloppe et de la droite; on aura

$$\overline{Cm}^2 = \left(x-\frac{a}{n}\right)^2 + y^2 = \frac{a^2}{\pi^2}\sin^2\frac{\pi}{n},$$

et par suite

$$Cm = \frac{a}{\pi}\sin\frac{\pi}{n}.$$

L'angle $\frac{\pi}{n}$ est représenté sur la figure par l'angle $m$CA. Élevons au point $m$ une perpendiculaire sur C$m$, et soit $m'$ le point où cette perpendiculaire coupe l'ordonnée C$m'$ élevée au point C. On aura

$$Cm' = \frac{Cm}{\cos m'Cm} = \frac{\frac{a}{\pi}\sin\frac{\pi}{n}}{\sin\frac{\pi}{n}} = \frac{a}{\pi}, \text{ quantité constante, indépendante de } n.$$

Le lieu du point $m'$ est donc une parallèle HK′ à OX, menée à la distance $\frac{a}{\pi}$ de l'axe.

La droite $mm'$ est la normale à la courbe enveloppe. Le point $m'$ est donc le point de contact de la droite HK avec la courbe qu'il faudrait faire rouler sur cette droite, pour que le point $m$, attaché à la courbe, décrive l'enveloppe demandée. Or ce point $m$ est situé sur le cercle qui a pour diamètre $Cm' = \frac{a}{\pi}$, et par conséquent l'enveloppe est la cycloïde décrite par un point $m$ de sa circonférence, roulant sur la droite finie HK.

Posons les équations connues de la cycloïde en plaçant l'origine en H, et en prenant pour axe des abscisses la droite HK′, pour axe des ordonnées, la droite HI. On aura pour les coordonnées $x'$ et $y'$ du point $m$ de la cycloïde, en appelant $0$ l'angle $mm'C = m$CA, et R le rayon $\frac{a}{2\pi}$ du cercle roulant,

$$x' = Hn' = R \times \text{angle } mO'm' - R \sin mO'm'$$

$$= R(\pi - 2\theta - \sin 2\theta)$$

$$y' = n'm = R(1 + \cos 2\theta).$$

Or $x$ et $y$ se déduisent de $x'$ et $y'$ en observant que l'on a

$$x' + x = \frac{a}{2} \qquad \text{et} \qquad y + y' = 2R.$$

Donc enfin

$$x = \frac{a}{2} - R(\pi - 2\theta - \sin^2\theta),$$

$$y = R(1 - \cos 2\theta) = 2R\sin^2\theta.$$

Remplaçons dans ces équations $\theta$ par $\frac{\pi}{n}$, R par $\frac{a}{2\pi}$; il vient

$$x = \frac{a}{n} + \frac{a}{2\pi} \times \sin \frac{2\pi}{n} = \frac{a}{n} + \frac{a}{\pi} \sin \frac{\pi}{n} \cos \frac{\pi}{n},$$

$$y = \frac{a}{n} \sin^2 \theta,$$

équations de la courbe enveloppe.

Nous avons opéré sur les asymptotes qui correspondent à $k = 1$. Si l'on considérait celles qui correspondent à une autre valeur de $k$, par exemple $k = 2$, ce qui suppose que $p$ est au moins égal à 3, on aurait à chercher l'enveloppe des droites

$$y = \left(x - \frac{a}{n}\right) \operatorname{tang} \frac{2\pi}{n};$$

car le point de départ sur l'axe OX reste toujours le même; et en faisant les calculs, on serait conduit aux équations

$$x - \frac{a}{n} = \frac{a}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{n} \cos \frac{2\pi}{n},$$

$$y = \frac{a}{2\pi} \sin^2 \frac{2\pi}{n},$$

qui définissent le point $m$ de contact.

La distance C$m$ serait égale à

$$Cm = \frac{a}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{n},$$

et la distance C$m'$ serait égale à $\frac{a}{2\pi}$, c'est-à-dire à la moitié de celle que nous avons trouvée tout à l'heure.

La limite de $x$ est atteinte lorsqu'on fait $n = 4$, ce qui annule le cosinus; la limite de $y$ est réduite à moitié.

L'enveloppe est encore une cycloïde, mais en réduisant à moitié l'ordonnée de la base K'H de cette courbe et le diamètre du cercle roulant.

On trouverait des résultats analogues pour les autres valeurs de $k$; en laissant le facteur en évidence, on arriverait aux relations

$$y = \left(x - \frac{a}{n}\right) \operatorname{tang} \frac{k\pi}{n}$$

pour l'équation de la droite mobile;

et aux relations

$$x - \frac{a}{n} = \frac{a}{k\pi} \sin \frac{k\pi}{n} \cos \frac{k\pi}{n},$$

$$y = \frac{a}{k\pi} \sin^2 \frac{k\pi}{n},$$

pour définir les coordonnées d'un point de l'enveloppe. La courbe s'arrête à la valeur de $n$ égale à $2k$, limite inférieure ; la quantité $\frac{a}{k\pi}$ est le diamètre du cercle générateur de la cycloïde qui constitue l'enveloppe. La moindre valeur de $p$ qui corresponde à cette courbe est $p = 2k - 1$.

*Passage de la courbe* (p) *à la courbe* (p + 1).

Considérons *(fig. 17)* un rayon OP, correspondant à une valeur donnée de l'angle POX $= \theta$ ; et soit M le point où ce rayon rencontre la courbe $(p)$ ; M′ le point où il rencontre la courbe suivante $(p + 1)$.

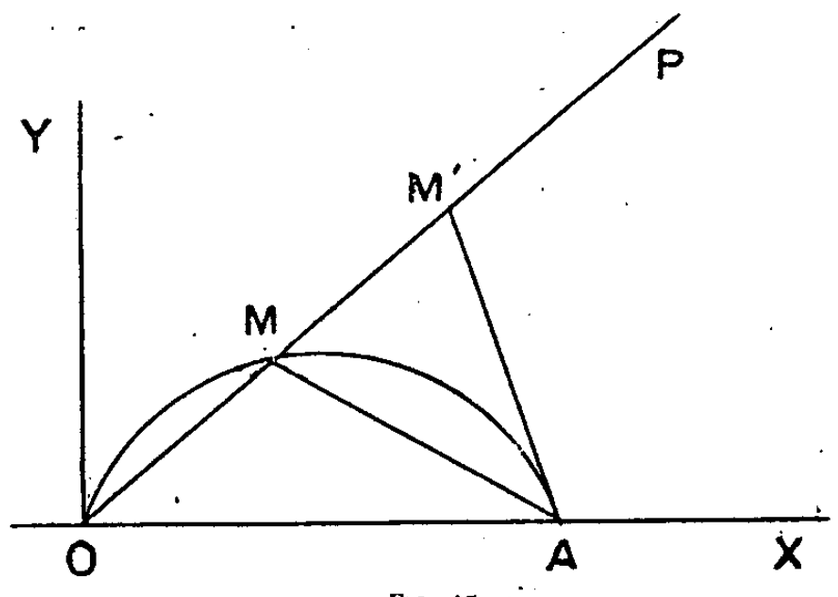


Fig. 17.

L'angle MAO sera égal à $p\theta$, et l'angle M′AO sera égal à $(p + 1)\theta$. Il suffit donc pour passer de la courbe $(p)$ à la courbe $(p + 1)$, sur le même rayon vecteur OM, de faire au point A l'angle MAM′ = MOA.

De même pour passer, sur le même rayon vecteur, de la courbe $(p)$ à la courbe $(p + p')$, il suffit de faire en MAM′ un angle à $p'\theta$.

Faisons passer une circonférence par les trois points O, M, A ; la droite AM′, qui aboutit à un point de la courbe $(p + 1)$, sera tangente à cette circonférence au point A. L'angle MAM′ formé par la tangente AM′, et la corde AM, est en effet égal à l'angle inscrit MOA, qui s'appuie sur le même arc AM.

On a donc la relation $\overline{M'A}^2 = M'M \times M'O$

ou, en employant nos notations habituelles,

$$r'^2_{p+1} = (r_{p+1} - r_p) \times r_{p+1}.$$

Ces remarques serviront à déduire géométriquement les courbes $(p)$ de l'une d'elles, supposée connue préalablement.

Partons de la ligne $p = 1$, c'est-à-dire de la droite II′, perpendiculaire au milieu de OA *(fig. 18)*. Prenons sur cette droite un point arbitraire $m_1$, et menons la droite $Om_1P$. Soit $\theta$ l'angle $m_1OA$, que l'on retrouve en $m_1AO$.

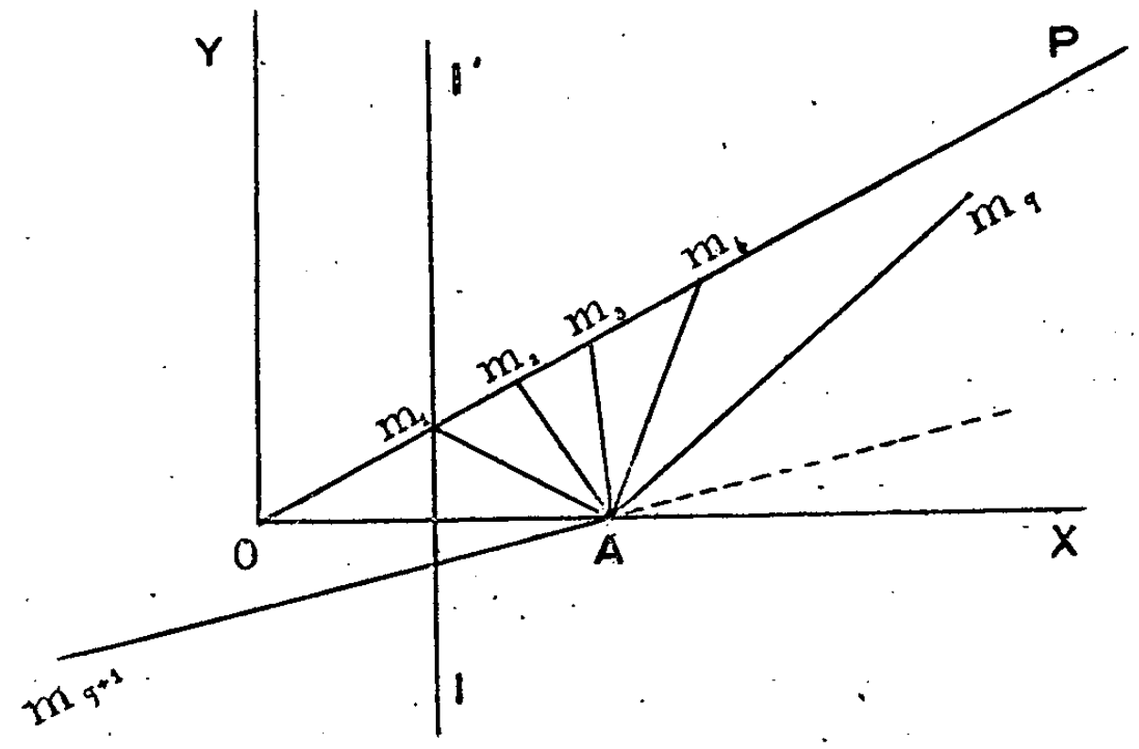



FIG. 18.

Pour avoir un point de la courbe $p = 2$ sur la droite OP, il suffit de faire l'angle $m_1Am_2$ égal à $\theta$ ; car alors, dans le triangle $Om_2A$, l'angle $m_2AO$ sera double de l'angle $m_1OA$. Ajoutant encore l'angle $\theta$ en $m_2Am_3$, on aura encore en $m_3$ un point de la courbe $p = 3$, et en continuant ainsi, on trouvera sur le rayon OP un dernier point $m_q$, qui peut passer à l'infini si $Am_q$ est parallèle à OP, mais qui peut aussi être situé à distance finie du point O, et être le dernier qu'on puisse obtenir sur OP, si la droite suivante $Am_{q+1}$ rencontre le rayon OP de l'autre côté du point O. Le point $m_{q+1}$ appartiendra alors à une autre branche de la courbe $p = q + 1$. Le nombre $q$ de rayons qu'on pourra mener par le point A, au dessus de l'arc OX, et de manière à remontrer OP au-dessus du point O, est donné par les inégalités

$$\theta + q\theta = (q+1)\theta < \pi,$$
$$(q+2)\theta > \pi;$$

$q + 1$ est donc la valeur entière de la fraction $\frac{\pi}{\theta}$. Ce nombre comprend le point $m_q$ infiniment éloigné sur OP, lorsque $(q + 1)\theta$ est égal à $\pi$. Si l'on veut exclure ce point, il faudra le réduire d'une unité.

Par exemple soit $\theta = \frac{\pi}{4}$, ce qui correspond à l'angle de 45°.

On aura $q + 1 = 4$, et $q = 3$. Il n'y aura donc que trois points $m_1$, $m_2$, $m_3$ ; mais le troisième sera infiniment éloigné, ce qui réduit à deux les

points que l'on peut construire. Si $\theta$ est un peu moindre que $\frac{\pi}{4}$, on retrouvera les trois points $m_1$, $m_2$, $m_3$, à distance finie tous les trois.

*Recherche du rayon de courbure de la courbe au sommet* B.

Si nous supposons toujours $OA = a = 1$, le point B a pour abscisse $OB = \frac{p}{p+1}$.

Soit M *(fig. 19)* un point de la courbe infiniment voisin du point B ; $OP = x$, $PM = y$ les coordonnées du point. Pour déterminer ces coordonnées, nous nous servirons de l'équation

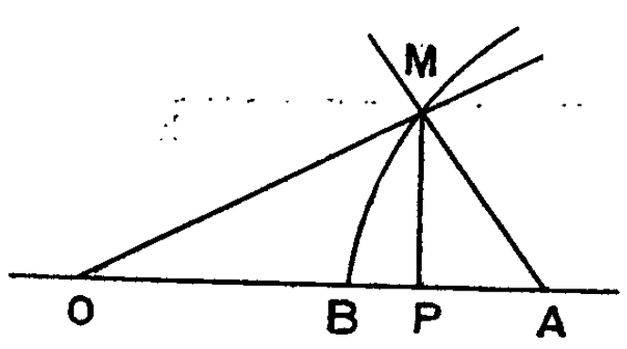


FIG. 19.

$$r = \frac{\sin p\theta}{\sin (p+1)\theta},$$

et des relations $x = r\cos\theta$, $y = r\sin\theta$ ; nous supposerons infiniment petit l'angle $\theta$, ce qui permet de développer les sinus qui entrent dans l'expression du rayon $r$ ; il vient, en s'arrêtant aux termes qui contiennent le cube de $\theta$,

$$r = \frac{p\theta - \frac{1}{6}p^3\theta^3}{(p+1)\theta - \frac{1}{6}(p+1)^3\theta^3} = \frac{p}{p+1}\left(\frac{1 - \frac{p^2\theta^2}{6}}{1 - \frac{(p+1)^2\theta^2}{6}}\right),$$

ce qui donne, en multipliant haut et bas par $1 + \frac{(p+1)^2\theta^2}{6}$,

$$r = \frac{r}{p+1}\left[\frac{\left(1 - \frac{p^2\theta^2}{6}\right)\left(\frac{1 + (p+1)^2\theta^2}{6}\right)}{1 - \frac{(p+1)^4\theta^4}{36}}\right] = \frac{p}{p+1}\left[1 + \frac{[(p+1)^2 - p^2]\theta^2}{6}\right]$$

en supprimant les termes qui contiennent le facteur $\theta^4$. Il vient, toute réduction faite, $r = \frac{p}{p+1}\left(1 + \frac{(2p+1)}{6}\theta^2\right)$.

Pour former $x$, il faut multiplier par $\cos\theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$, en se bornant

aux termes de même degré, ce qui donne

$$x = \frac{p}{p+1}\left(1 + \frac{(2p+1)}{6}\theta^2 - \frac{1}{2}\theta^2\right) = \frac{p}{p+1}\left(1 + \frac{1}{3}(p-1)\theta^2\right),$$

en effaçant les termes en $\theta^4$.

La flèche $f =$ PB de l'arc MB est la différence OP — DB $= x - \frac{p}{p+1}$.

Elle est donc égale à $$f = \frac{1}{3}\frac{p(p-1)}{p+1}\theta^2.$$

L'ordonnée $y =$ PM est égale au produit $r \sin \theta$ ; c'est-à-dire au produit

$$y = \frac{p}{p+1}\left(1 + \frac{2p+1}{6}\theta^2\right) \times \left(\theta - \frac{\theta^3}{6}\right)$$
$$= \frac{p}{p+1}\theta,$$

en effaçant tous les termes contenant en facteur $\theta^3$ ou des puissances supérieures de $\theta$.

Si l'on appelle $\rho$ le rayon de courbure au point B, on aura pour déterminer $\rho$ la relation

$$y^2 = f \times 2\rho$$

en négligeant dans le second membre le terme $-f^2$, infiniment petit par rapport à ceux que l'on conserve. Donc

$$\rho = \frac{y^2}{2f} = \frac{\frac{p^2\theta^2}{(p+1)^2}}{\frac{2}{3}\frac{p(p-1)}{p+1}\theta^2} = \frac{3}{2}\frac{p}{p^2-1}.$$

Le centre de courbure H se trouve situé à la distance $\rho$ du point B (fig. 20) ; c'est à dire à la distance

$$\text{OB} + \text{BH} = \frac{p}{p+1} + \frac{3p}{2(p^2-1)} = \frac{p(2p+1)}{2(p^2-1)}$$

de l'origine O ; et à la distance

$$\text{BH} - \text{BA} = \frac{3p}{2(p^2-1)} - \frac{1}{p+1} = \frac{p+2}{2(p^2-1)}$$ du point A.

On peut facilement construire le centre de courbure H au sommet ;

commençons par exprimer les divers segments de la droite OA en fonction d'un angle $\varphi$ pris dans le cercle dont OA est le diamètre *(fig. 20)*. Le

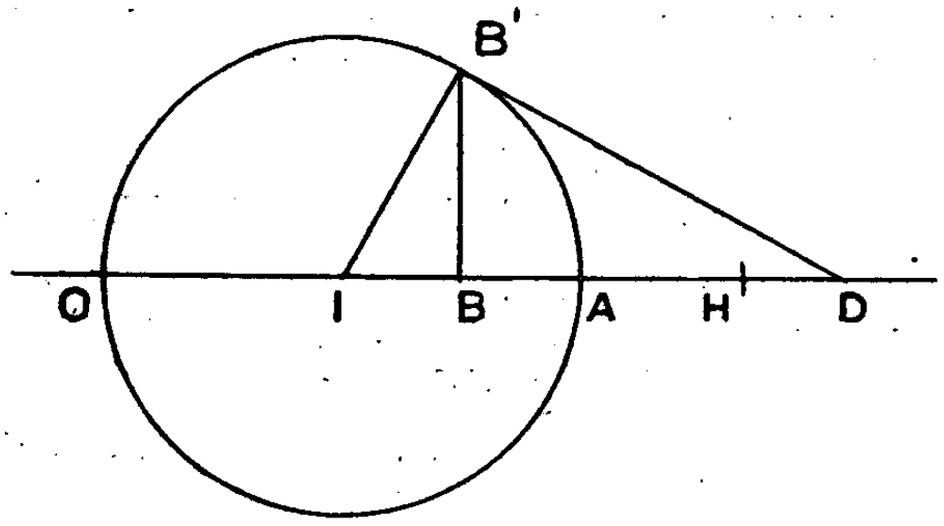



FIG. 20.

milieu I de OA sera le centre du cercle, et son rayon sera $\frac{1}{2}$, en prenant toujours OA pour unité. Élevons en B la perpendiculaire BB', et menons la tangente B'D jusqu'à la rencontre de l'axe OX. Nous aurons

$$IB = \frac{1}{2}\cos\varphi = IA - AB = \frac{1}{2} - \frac{1}{p+1}$$
$$= \frac{1}{2}\frac{p-1}{(p+1)}$$

$$BB' = \frac{1}{2}\sin\varphi = \frac{\sqrt{p}}{p+1}$$

et
$$BD = \frac{\overline{BB'}^2}{IB} = \frac{\frac{p}{(p+1)^2}}{\frac{1}{2}\frac{p-1}{p+1}} = \frac{2p}{(p-1)(p+1)}$$
$$= \frac{2p}{p^2-1}$$

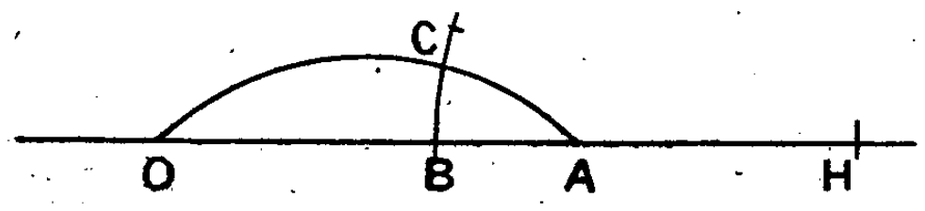



FIG. 21.

et comme le rayon de courbure $BH = \frac{3p}{2(p^2-1)}$, on a simplement

$$BH = \frac{3}{4}BD.$$

*Il suffira donc de réduire la sous-tangente du cercle* BD, *du quart* DH *de sa longueur, pour avoir le centre de courbure* H *de la courbe en son sommet* B.

Pour $p = 2$, B est au tiers de AO, et au tiers de IA le plus voisin du point I ; on a $IB = \frac{1}{6}$, $BB' = \frac{\sqrt{2}}{3}$, et $BD = \frac{4}{3}$,

$$BH = \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{3} = 1 = OA, \qquad \rho = a.$$

*Méthode pratique approximative.*

Le point B *(fig. 22)* est le sommet de la courbe $(p)$ ; le cercle osculateur en ce point a donc avec la courbe un contact de troisième ordre, et il

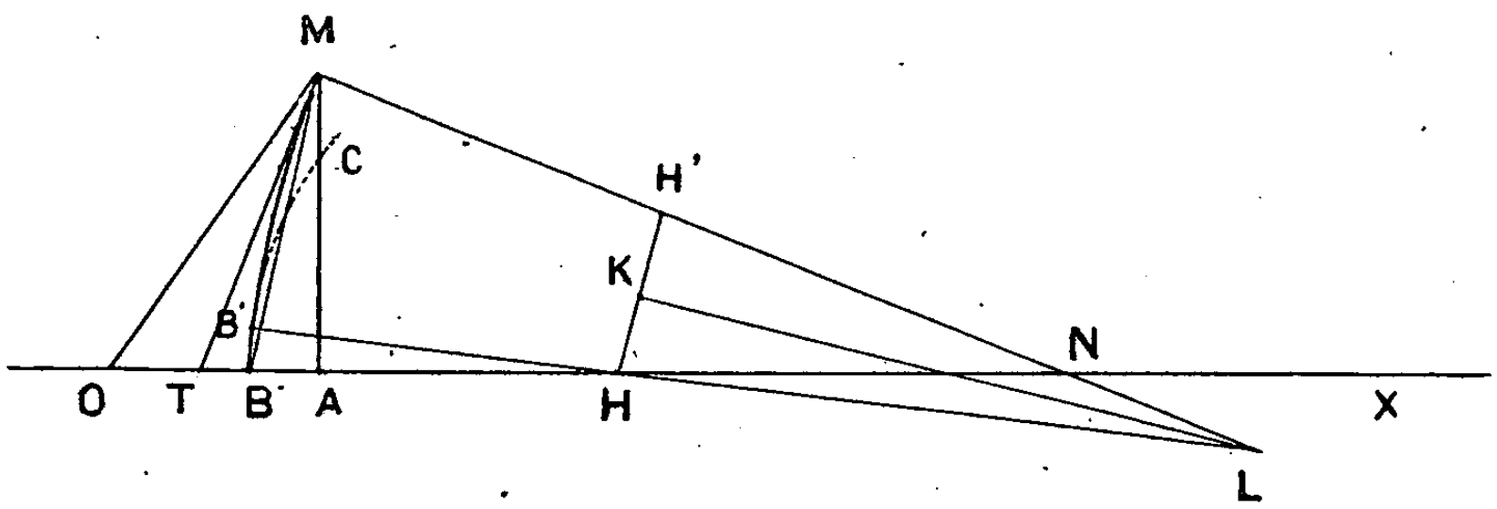



FIG. 22.

remplace la courbe sans erreur sensible sur une certaine longueur de part et d'autre du point B. Au delà l'écart entre les deux courbes s'accentue ; la courbe $(p)$ se sépare du cercle, et va passer en un point M, situé sur l'ordonnée du point A, à la hauteur $AM = \text{tang}\frac{\pi}{2p}$. En ce point la courbe a pour tangente la droite MT, qui fait avec MO l'angle OMT = angle BMA. La courbe se raccorde donc avec le cercle osculateur BB′ et avec la droite MT au point M ; le point de contact avec le cercle BB′ n'est pas connu d'avance. Comme l'intervalle à remplir entre l'arc MM′ et le point M est très petit, on peut sans erreur sensible assimiler l'arc cherché à un arc de cercle, tangent à la circonférence BB′ et à la droite MT au point M. Prenons sur la normale MN un segment MH′ = BH, et élevons KL perpendiculaire au milieu de HH′. La droite KL coupe la droite MN en un point L, qui sera le centre du cercle M*m* de raccordement ; et l'on obtiendra une imitation de la courbe cherchée, suffisante pour les besoins de la pratique, dans le

tracé B*m*M, comprenant deux arcs de cercle tangents en *m*. Nous avons tracé approximativement la courbe en y substituant une véritable *anse de panier*.

L'angle BMA est l'angle $\mu$ que fait la tangente à la courbe en M avec le rayon MO. On a, d'après la figure 22, $\operatorname{tang}\mu = \frac{AB}{AM} = \frac{1}{(p+1)\operatorname{tang}\frac{\pi}{2p}}$.

Si l'on fait varier $p$ de 2 unités à l'infini, la tangente trigonométrique de $p$ varie entre les limites $\frac{1}{3} = 0{,}333\ldots$ pour $p = 2$, et $\frac{2}{\pi} = 0{,}63662$ ; l'angle $\mu$ varie entre 18° 16′ et 32° 13′. L'écart angulaire est donc de 13° 57′ pour une variation infiniment grande de $p$.

Dès que l'on donne un arc de cercle OMA *(fig. 23)*, joignant les extrémités de la corde OA, l'angle OMA est déterminé, quel que soit le point M pris sur cet arc ; son supplément OMA′ est la moitié de l'angle au centre OGA. Or OMA′ est égal à $(p+1)\theta$ ; de sorte que l'angle $\theta$ dépend du nombre $p$ ; et l'on a

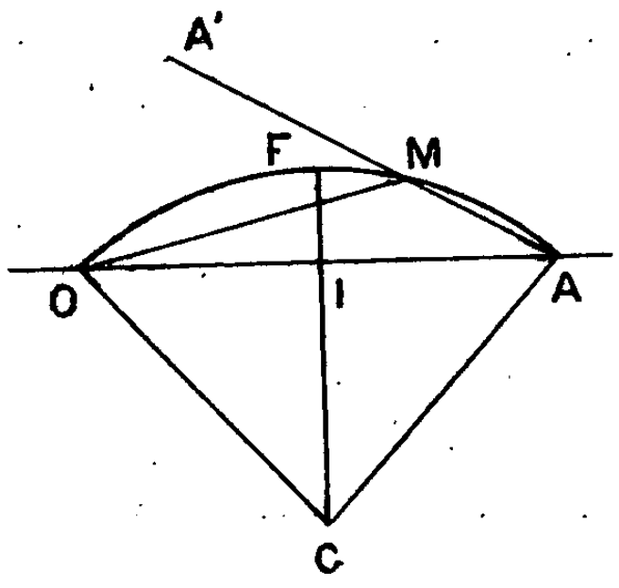


FIG. 23.

$$\theta = \frac{\pi - B}{p+1},$$

en appelant B l'angle inscrit dans le segment OMA.

La méthode approximative sera d'autant plus satisfaisante que l'angle A′MO sera petit, et que le nombre $p$ sera grand ; car ces deux conditions assurent une petite valeur à l'angle $\theta = MOA$, et concentrent le tracé de la courbe $(p)$ dans le voisinage du point A. On peut admettre que la limite pratique de l'angle OMA′ doit être fixée à un demi angle droit au maximum, ce qui entraîne l'angle droit pour la valeur minimum de l'angle au centre OGA ; ou en d'autres termes, on doit opérer sur des arcs de cercle OMA dans lesquels le rayon GO soit au moins égal à

$$\frac{a}{\sqrt{2}} = a \times 0{,}707,$$

et la flèche IF soit au plus égale à

$$\frac{1}{2}a(\sqrt{2}-1) = a \times 0{,}207,$$

soit au cinquième de la corde donnée OA.

Étant donné l'arc OFA, suffisamment surbaissé *(fig. 24)*, si l'on se donne en outre le point B sur la corde OA, le nombre $p$ se trouve déterminé, car on a $p = \frac{AB}{OB}$, et AB est la $(p+1)^{ième}$ partie de la corde. Si au point B

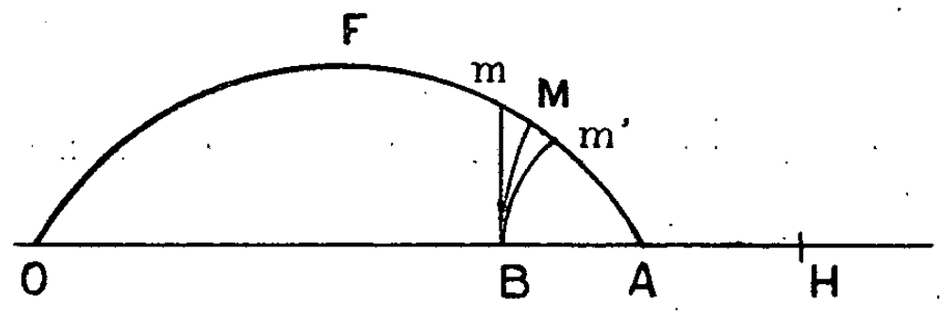



FIG. 24.

nous élevons B$m$ perpendiculaire à OA, l'arc A$m$ sera plus grand que la $(p+1)^{ième}$ partie de l'arc total; et si du point A comme centre on décrit un arc de cercle B$m'$ avec AB pour rayon, l'arc A$m'$ sera plus petit que la $(p+1)^{ième}$ partie de l'arc AFO. L'arc cherché AM est donc compris entre les deux limites A$m'$, A$m$; si l'on prend BH égal à OA $\times \frac{3p}{2(p^2-1)}$, et qu'on décrive un arc de cercle du point H comme centre avec HB pour rayon, on obtiendra, entre $m$ et $m'$, un point M qui sera très sensiblement l'extrémité de l'arc cherché, $(p+1)^{ième}$ partie de l'arc total. A mesure que $p$ augmente, les points B et H se rapprochent de plus en plus du point A.

Au fond, le problème que nous venons de traiter est identique à celui des intersections de deux aiguilles, montées sur deux axes parallèles, qui engrènent l'une avec l'autre à la façon des aiguilles d'une montre à secondes, Si l'on suppose que la distance $a$ des deux axes se réduise de plus en plus, on arrivera, à la limite, à faire tourner les deux aiguilles autour d'un même centre de rotation, avec des vitesses différentes. Les coïncidences des aiguilles remplacent alors les passages dans les directions asymptotiques où les aiguilles sont parallèles ; et l'on retrouve la propriété des aiguilles de déterminer par leurs rencontres sur le cercle qu'elles parcourent les sommets d'un polygone régulier (*). Ainsi l'aiguille des heures et celle des minutes, qui sont ensemble sur midi, se rencontrent une première fois à $1^h \frac{1}{11}$, puis à $2^h \frac{2}{11}$, à $3^h \frac{3}{11}$, ... et enfin à $11^h \frac{11}{11}$, c'est-à-dire à minuit; ce qui fait 11 rencontres également réparties dans le tour du cadran. Les aiguilles d'une pendule, dont le cadran est divisé en 12 parties égales par les heures, donnent par leurs rencontres successives les sommets du polygone régulier de 11 côtés. L'analogie serait plus complète entre les deux problèmes, si les deux rotations autour de nos axes O et A étaient de même sens, comme cela arrive pour les aiguilles

(*) V. notre *Traité de Mécanique*, t. V, p. 16 (Paris, Hachette, 1886).

d'une horloge, et non en sens contraires, comme nous l'avons admis. Si l'on faisait tourner en sens contraire l'aiguille des minutes, en conservant le mouvement de l'aiguille des heures, les rencontres auraient lieu 13 fois en 12 heures, et représenteraient sur le cadran les sommets du polygone régulier de 13 côtés.

*Note sur la détermination géométrique du rayon de courbure des courbes en un point quelconque.*

Soit M *(fig. 25)* au point de la courbe ($p$) et MH la tangente en ce point, que l'on sait construire. Du point O abaissons sur MH la perpendiculaire

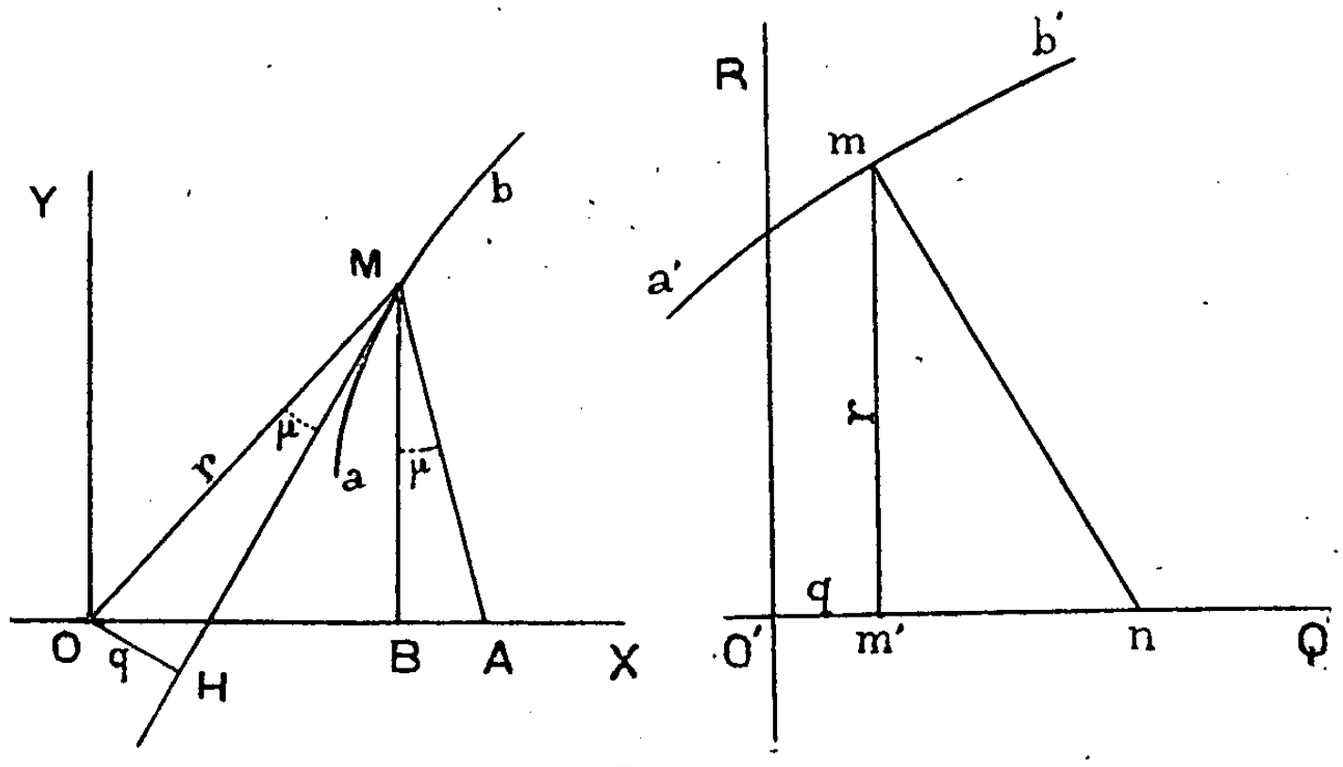



FIG. 25.

OH, et soit $q$ = OH. O a d'ailleurs $r$ = OM. On sait que le rayon de courbure au point M est donné par la formule

$$\rho = \frac{rdr}{dq};$$

Pour trouver géométriquement le rayon $r$, construisons, en coordonnées rectangles, une courbe auxiliaire qui aura $q = O'm'$ pour abscisse et la valeur correspondante $m'm$ de $r$ pour ordonnée. La sous-normale $m'n$ de cette courbure sera égale en valeur absolue au rayon de courbure $\rho$ au point M ($q$, $r$) considéré.

Cette règle est tout à fait générale. Dans le cas particulier qui nous occupe, la tangente MH est obtenue en faisant l'angle OMH égale à l'angle BMA ; ce qui rend très aisée la construction de la courbe auxiliaire.

M. Éléonor FONTANEAU

Ancien Officier de marine, à Limoges.

## PRÉLIMINAIRES D'HYDRAULIQUE [S 2]

*— Séance du 8 août —*

1. — L'Hydraulique emploie encore aujourd'hui différentes méthodes dues aux savants des XVII^e^ et XVIII^e^ siècles et fondées sur des hypothèses plus ou moins exactes et l'application sans esprit de préordination générale, mais pour ainsi dire au hasard des circonstances éventuelles du mouvement des liquides, des principes généraux de la mécanique, tels que celui de D'Alembert, le théorème de la conservation des forces vives et le théorème de la quantité des mouvements projetés (Éd. Collignon : *Traité de Mécanique*, livre V, chap. II, n° 135). Lagrange, à qui l'on doit d'avoir établi sur la base commune à toutes les parties de la mécanique les formules générales du mouvement des liquides, Lagrange n'a cessé d'affirmer qu'il était indispensable pour constituer l'Hydraulique, de procéder à l'intégration générale des équations aux dérivées partielles de l'Hydrodynamique. « Par leur découverte, dit-il, toute la mécanique des fluides fut réduite à un seul point d'analyse et si elles étaient intégrables, on pourrait dans tous les cas, déterminer complètement les circonstances du mouvement et de l'action d'un fluide mû par des forces quelconques. » (*Mécanique analytique*, seconde partie, dixième section.) C'est aussi la méthode qu'il appliqua lui-même dès l'année 1781, dans le Mémoire sur la théorie du mouvement des fluides (OEuvres complètes, tome IV), où après avoir cité avec éloges l'Hydrodynamique de Daniel Bernoulli, l'Hydraulique de Jean Bernoulli et le traité des fluides de D'Alembert, il ajoute : « Notre théorie fait voir que la supposition du parallélisme des tranches n'est exacte que lorsque la largeur du vase est infiniment petite, mais qu'elle peut être employée dans tous les cas pour une première approximation. On peut d'ailleurs par son moyen, approcher de plus en plus du vrai mouvement des fluides dans des vases de figure quelconque. » Dans ce même Mémoire se trouve également la démonstration du célèbre théorème, ainsi formulé par son auteur : « Si la quantité :

$$pdx + qdy + rdz$$

est une différentielle exacte dans un instant quelconque, elle devra l'être

pour tous les autres instants. Par conséquent, s'il y a un seul instant dans lequel elle ne soit pas une différentielle exacte, elle ne pourra jamais l'être pendant tout le mouvement. »

Cette proposition fut ensuite démontrée avec plus de rigueur et généralisée par Cauchy et Helmholtz, mais sa véritable importance ne paraît pas avoir été, je ne dirai pas reconnue, mais formulée en termes précis. En somme, elle s'applique à tous les genres de mouvements ; si l'un quelconque d'entre eux est parfaitement défini par la nature de ses vélocites et de ses vorticites, c'est-à-dire des surfaces de Lagrange qui lui sont propres, on peut être assuré qu'il conservera son individualité, jusqu'au moment précis où des causes nouvelles viendraient, en s'accusant dans le domaine de l'étendue, modifier son essence et l'animer d'une personnalité nouvelle.

Le mouvement irrotationnel des liquides, dont la propriété essentielle fut mise en évidence par Cauchy et Helmholtz après que Lagrange en eut formulé l'expression analytique, a pour caractère principal d'avoir des trajectrices orthogonales à une même série de surfaces isothermes à un paramètre (*Congrès de Paris*, 1900). Cette condition suffit à déterminer ses vélocites et sous ce rapport le théorème de Lagrange ressort de l'énoncé précédent. Si d'ailleurs ce grand géomètre a cru devoir le signaler et insister sur son importance, c'est qu'à défaut de l'intégration générale des équations de l'Hydrodynamique, il se proposa d'y suppléer, en le prenant pour base ou tout au moins pour assise provisoire de l'Hydraulique.

L'insuffisance notoire, en son temps, de l'analyse mathématique ne permettait d'intégrer les équations aux dérivées partielles de l'Hydrodynamique que dans le cas où il y a un potentiel de vitesse ; c'est ce qu'il fit, inaugurant ainsi une méthode particulière dont l'esprit nettement accusé consiste à négliger l'influence de la rotation élémentaire, par analogie avec l'usage établi de faire abstraction des pertes de force vive qu'occasionne la viscosité des liquides. C'est cette méthode qu'ont employée successivement Cauchy, Navier, Dirichlet, Kirchhoff, lord Kelvin et cette illustre pléiade d'ingénieurs français, parmi lesquels je me borne à nommer Coriolis, Bresse et H. Gérardin. Obligés d'ailleurs de satisfaire aux obligations spéciales que leur imposait la nature de leurs travaux, ces derniers devaient encore, comme ils l'ont fait, s'écarter parfois des voies propres à l'Hydraulique et pour le calcul de l'effet des machines, sinon revenir aux méthodes vieillies des hydrauliciens, du moins faire comme eux un fréquent usage des grands théorèmes de la mécanique.

De cet exposé succinct, il est permis de conclure dans quel esprit a été conçue cette communication ; elle a pour but de faire suite à mes travaux antérieurs, d'en présenter les résultats avec plus de précision et d'entrer plus avant, s'il est possible, dans la voie ouverte par Lagrange.

2. — Le théorème de Daniel Bernoulli résulte très simplement des équations aux dérivées partielles d'Euler et Navier, ainsi présentées :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{dp}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 p + 2\mathrm{M}r - 2\mathrm{N}q = \dfrac{dk}{dr}, \quad \dfrac{dq}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 q + 2\mathrm{N}p = 2\mathrm{L}r = \dfrac{dk}{dy}; \\ \dfrac{dr}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 r + 2\mathrm{L}q - 2\mathrm{M}p = \dfrac{dk}{dz}; \qquad k = \mathrm{W} - \dfrac{\mathrm{V}^2}{2} - \dfrac{\varpi}{\rho}; \end{cases}$$

car si l'on y fait $\mathrm{L} = 0$, $\mathrm{M} = 0$, $\mathrm{N} = 0$, ce qui correspond à l'existence d'un potentiel des vitesses et $\frac{dp}{dt} = 0$, $\frac{dq}{dt} = 0$, $\frac{dr}{dt} = 0$, c'est-à-dire si le mouvement est permanent, il en résulte $\frac{dk}{dx} = 0$, $\frac{dk}{dy} = 0$, $\frac{dk}{dz} = 0$, et par conséquent :

$$(2)\qquad k = \mathrm{W} - \frac{\mathrm{V}^2}{2} - \frac{\varpi}{\rho} = \text{const},$$

formule dont se déduit comme cas particulier le théorème de Daniel Bernoulli. On a dans des circonstances analogues, mais si le mouvement n'est pas permanent :

$$k = \mathrm{W} - \frac{\mathrm{V}^2}{2} - \frac{\varpi}{\rho} = \int \frac{dp}{dt}\,dx + \frac{dq}{dt}\,dy + \frac{dr}{dt}\,dz,$$

et en effectuant l'intégration du second membre qui est alors intégrable :

$$(3)\qquad \mathrm{W} - \frac{\mathrm{V}^2}{2} - \frac{\varpi}{\rho} = \frac{d\Phi}{dt} + \Theta,$$

en désignant par $\Phi$ le potentiel de vitesse et par $\Theta$ une fonction arbitraire de $t$.

On voit qu'en opérant ainsi, la détermination de $k$ ou si l'on veut de la pression spécifique $\frac{\varpi}{\rho}$ se fait sans qu'il y ait lieu de suivre la molécule liquide sur sa trajectrice. Mais s'il s'agit d'un mouvement quelconque, on peut souvent utiliser la connaissance *a priori* de la direction suivie par les filets liquides pour déterminer sur chacun d'eux la pression spécifique.

On a pour cela l'équation :

$$(4)\qquad \mathrm{W} - \frac{\mathrm{V}^2}{2} - \frac{\varpi}{\rho} + \frac{h}{\rho}\int \Delta^2 p\,dx + \Delta^2 q\,dy + \Delta^2 r\,dz = \text{const}$$

(Congrès de Paris, 1900) qui n'est autre chose que l'équation de la trans-

mission du travail, telle que Bresse l'a présentée, en ayant égard aux pertes de force vive dues à la viscosité, dans son cours d'Hydraulique où elle sert de base à la plupart de ses démonstrations. Si, en effet, on fait usage des notations employées par cet auteur et qu'on accepte comme légitimes les modifications introduites par Navier dans les équations générales du mouvement des fluides pour avoir égard à l'influence de la viscosité, on doit avoir

$$(5) \qquad \int \varphi \cos \gamma ds = \frac{h}{\rho} \int \Delta^2 p dx + \Delta^2 q dy + \Delta^2 r dz,$$

où $\varphi$ désigne l'accélération que la force exercée sur chaque molécule liquide par suite de la viscosité serait capable d'imprimer à l'une d'elles et $\gamma$ l'angle de cette force avec l'élément *ds* parcouru sur la trajectrice.

Ce procédé est notamment d'un emploi commode dans le cas, analogue à celui des mouvements irrotationnels mais plus général, où l'axe de la rotation élémentaire est perpendiculaire à la vitesse en chaque point du liquide en mouvement, dont les trajectrices coïncident avec les trajectoires orthogonales d'une même série de surfaces non isothermes à un paramètre. Soient par exemple les équations déjà considérées :

$$\alpha = \frac{2z^2 - x^2 - y^2}{z}, \qquad \beta = \frac{y}{x}, \qquad \gamma = (4z^2 + x^2 + y^2)x^2,$$

auxquelles correspond un mouvement de liquide pour lequel on a :

$$p = 8zx, \qquad q = 8yz, \qquad r = 4(2z^2 + x^2 + y^2).$$

Il en résulte $\Delta^2 p = 0$, $\Delta^2 q = 0$, $\Delta^2 r = -32$ et en vertu de l'équation (4) :

$$\left[W - \frac{V^2}{2} - \frac{\varpi}{\rho}\right]_0^1 = 32 \frac{h}{\rho} (z_1 - z_0).$$

En appliquant la méthode de Lagrange, on obtient (Congrès de Paris, 1900) :

$$W - \frac{V^2}{2} - \frac{\varpi}{\rho} = 32 \frac{h}{\rho} z - 8(\beta^2 + 1)\gamma + \text{const},$$

et les deux procédés donnent en définitive le même résultat lorsqu'on les applique au mouvement d'une molécule liquide sur sa trajectrice, à raison du terme $8(\beta^2 + 1)\gamma$ qui reste constant et que la soustraction fait disparaître.

3. — Dans le cas général où les molécules liquides du mouvement considéré ne sont pas affranchies de la rotation élémentaire, on peut substituer à la relation (2) une formule plus générale et que l'on obtient en procédant comme il suit, soit :

$$(6)\qquad p = \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\mathrm{E}, \qquad q = \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\mathrm{E}, \qquad r = \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\mathrm{E},$$

d'où si l'on pose :

$$(7)\quad 2\Lambda_1 = 2\mathrm{L}\frac{d\beta}{dx} + 2\mathrm{M}\frac{d\beta}{dy} + 2\mathrm{N}\frac{d\beta}{dz} \quad 2\Lambda_2 = 2\mathrm{L}\frac{d\gamma}{dx} + 2\mathrm{M}\frac{d\gamma}{dy} + 2\mathrm{N}\frac{d\gamma}{dz};$$

il résulte :

$$(8)\quad \left\{\begin{aligned}
2\Lambda_1\mathrm{E} &= \left(\frac{d\mathrm{D}_2}{d\alpha_1} + \frac{d\mathrm{D}_2}{d\alpha_2} + \frac{d\mathrm{D}_2}{d\alpha_3}\right)\mathrm{E}\,\frac{d\mathrm{E}}{d\gamma} \\
&+ \left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\frac{d}{d\gamma}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1} + \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\frac{d}{d\gamma}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2} + \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\frac{d}{d\gamma}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\right)\mathrm{E}^2 \\
&- \left(\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1} + \frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_2}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2} + \frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\right)\mathrm{E}^2, \\
2\Lambda_2\mathrm{E} &= -\left(\frac{d\mathrm{D}_2}{d\alpha_1} + \frac{d\mathrm{D}_2}{d\alpha_2} + \frac{d\mathrm{D}_2}{d\alpha_3}\right)\mathrm{E}\,\frac{d\mathrm{E}}{d\beta} \\
&- \left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\frac{d}{d\beta}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1} + \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\frac{d}{d\beta}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2} + \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\frac{d}{d\beta}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\right)\mathrm{E}^2 \\
&+ \left(\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1} + \frac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2} + \frac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\right)\mathrm{E}^2.
\end{aligned}\right.$$

On déduit de ces formules :

$$(9)\quad \left\{\begin{aligned}
2\mathrm{M}r - 2\mathrm{N}q &= 2\left(\Lambda_2\frac{d\beta}{dx} - \Lambda_1\frac{d\gamma}{dx}\right)\mathrm{E} = -\mathrm{V}\frac{d\mathrm{V}}{dx} + \mathrm{D}\mathrm{E}^2\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}, \\
2\mathrm{N}p - 2\mathrm{L}r &= 2\left(\Lambda_2\frac{d\beta}{dy} - \Lambda_1\frac{d\gamma}{dy}\right)\mathrm{E} = -\mathrm{V}\frac{d\mathrm{V}}{dy} + \mathrm{D}\mathrm{E}^2\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}, \\
&\left(\frac{d\mathrm{D}_2}{d\alpha_1} + \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2^2} + \frac{d\mathrm{D}_2}{d\alpha_3}\right)\mathrm{E}^2 = \mathrm{V}^2, \\
2\mathrm{L}q - 2\mathrm{M}p &= 2\left(\Lambda_2\frac{d\beta}{dz} - \Lambda_1\frac{d\gamma}{dz}\right)\mathrm{E} = -\mathrm{V}\frac{d\mathrm{V}}{dz} + \mathrm{D}\mathrm{E}^2\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3},
\end{aligned}\right.$$

en faisant usage des relations :

$$\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\alpha_1 + \frac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\beta_1 + \frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\gamma_1 = \mathrm{D}, \qquad \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\alpha_1 + \frac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\beta_1 + \frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_2}\gamma_1 = 0,$$
$$\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\alpha_1 + \frac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\beta_1 + \frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\gamma_1 = 0.$$

D'après cela on peut présenter sous cette double forme les équations d'Euler et Navier :

$$(10)\quad \begin{cases} \dfrac{dp}{dt} - \dfrac{k}{\rho}\Delta^2 p - \mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{dx} + \mathrm{DE}\dfrac{dp}{d\alpha} = \dfrac{dk}{dx}, \\ \dfrac{dq}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 q - \mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{dy} + \mathrm{DE}\dfrac{dq}{d\alpha} = \dfrac{dk}{dy}, \qquad k = \mathrm{W} - \dfrac{\mathrm{V}^2}{2} - \dfrac{\varpi}{\rho}, \\ \dfrac{dr}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 r - \mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{dz} + \mathrm{DE}\dfrac{dr}{d\alpha} = \dfrac{dk}{dz}. \end{cases}$$

et

$$(11)\quad \begin{cases} \dfrac{dp}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 p + \mathrm{DE}\dfrac{dp}{d\alpha} = \dfrac{d\mathrm{K}}{dx}, \qquad \dfrac{dq}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 q + \mathrm{DE}\dfrac{dq}{d\alpha} = \dfrac{d\mathrm{K}}{dy}, \\ \dfrac{dr}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 r + \mathrm{DE}\dfrac{dr}{d\alpha} = \dfrac{d\mathrm{K}}{dz}, \qquad \mathrm{K} = \mathrm{W} - \dfrac{\varpi}{\rho}. \end{cases}$$

Les équations (11) résultant d'ailleurs très aisément des équations aux dérivées partielles de l'Hydrodynamique considérées sous leur forme habituelle. Car il suffit d'y substituer aux coordonnées cartésiennes les coordonnées curvilignes $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ et d'observer que l'on a :

$$(12)\quad \begin{cases} p\dfrac{dp}{dx} + q\dfrac{dp}{dy} + r\dfrac{dp}{dz} = \mathrm{ED}\dfrac{dp}{d\alpha}, \quad p\dfrac{dq}{dx} + q\dfrac{dq}{dy} + r\dfrac{dq}{dz} = \mathrm{ED}\dfrac{dq}{d\alpha}, \\ p\dfrac{dr}{dx} + q\dfrac{dr}{dy} + r\dfrac{dr}{dz} = \mathrm{ED}\dfrac{dr}{d\alpha}, \end{cases}$$

en vertu des relations

$$p\frac{d\alpha}{dx} + q\frac{d\alpha}{dy} + r\frac{d\alpha}{dz} = \mathrm{DE}, \qquad p\frac{d\beta}{dx} + q\frac{d\beta}{dy} + r\frac{d\beta}{dz} = 0,$$
$$p\frac{d\gamma}{dx} + q\frac{d\gamma}{dy} + r\frac{d\gamma}{dz} = 0.$$

Il semble donc que l'on pourrait sans inconvénient se restreindre à la considération de ces dernières équations. Mais bien qu'identiques, en quelque sorte, les équations (10) et (11) ont néanmoins des propriétés distinctes; car ainsi que je l'ai démontré (Congrès de Paris, 1900), si l'on a :

$$(13)\quad \frac{d\mathrm{L}}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2\mathrm{L} = 0, \qquad \frac{d\mathrm{M}}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2\mathrm{M} = 0, \qquad \frac{d\mathrm{N}}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2\mathrm{N} = 0,$$

les seconds membres des égalités (9) doivent être les quotients différentiels par rapport à $x$, $y$, $z$ d'une même fonction de $\beta$, $\gamma$; tandis que dans le même cas les seconds membres des égalités (12) seront par rapport à

$x, y, z$ les quotients différentiels d'une même fonction de $\alpha, \beta, \gamma$. C'est ainsi que dans l'exemple du numéro précédent, on obtient :

$$\mathrm{D}\frac{dp}{d\alpha} = -32(x^2+y^2)x, \qquad \mathrm{D}\frac{dq}{d\alpha} = -32(x^2+y^2)y, \qquad \mathrm{D}\frac{dr}{d\alpha} = 128z^3,$$

d'où il résulte en vertu des équations (11) l'intégrale :

$$\mathrm{W} - \frac{\varpi}{\rho} + 16(x^2+y^2)^2 = \int\left(\frac{dp}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 p\right)dx + \left(\frac{dq}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 q\right)dy$$

$$+ \left(\frac{dr}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 r\right)dz = 32\frac{h}{\rho}z + \text{const},$$

qu'il est aisé d'identifier à celle du numéro précédent.

En général, il vient par les équations (10) :

$$(14)\quad \left\{\begin{array}{l} k = \mathrm{W} - \dfrac{\mathrm{V}^2}{2} - \dfrac{\varpi}{\rho} = \displaystyle\int\left(\frac{dp}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 p\right)dx + \frac{dq}{dt}\frac{h}{\rho}\Delta^2 q\Big)dy \\ \qquad + \left(\dfrac{dr}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 r\right)dz + \varphi(\beta\gamma), \end{array}\right.$$

où le dernier terme du second membre a pour expression :

$$(15)\quad \left\{\begin{array}{l} \varphi(\beta,\gamma) = \displaystyle\int\left(\mathrm{DE}\frac{dp}{d\alpha} - \mathrm{V}\frac{d\mathrm{V}}{dx}\right)dx + \left(\mathrm{DE}\frac{dq}{dx} - \mathrm{V}\frac{d\mathrm{V}}{dy}\right)dy \\ \qquad + \left(\mathrm{DE}\dfrac{dz}{dx} - \mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{dz}\right)dz. \end{array}\right.$$

Si par une hypothèse plus restreinte, on a au lieu des équations (13) les équations aux dérivées partielles du second ordre et linéaires :

$$(16)\qquad \frac{dp}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 p = 0, \qquad \frac{dq}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 q = 0, \qquad \frac{dr}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 r = 0,$$

la formule (14) se réduit à celle-ci :

$$(17)\qquad \mathrm{W} - \frac{\mathrm{V}^2}{2} - \frac{\varpi}{\rho} = \varphi(\beta,\gamma),$$

et peut être considérée comme une généralisation aisément applicable du théorème de Daniel Bernoulli.

4. — Il convient ici d'insister sur un genre de mouvement auquel appartient celui dont il est question aux nos 2 et 3 et qu'on peut, pour simplifier,

désigner sous le nom de mouvement *orthogonié* des liquides, soit parce que l'axe de la rotation élémentaire y est en tous les points de leur masse, perpendiculaire à la vitesse, soit aussi à raison de ce que les filets liquides y coïncident avec les trajectoires orthogonales d'une série de surfaces à un paramètre. On a, dans ce cas :

$$(18)\qquad p = e\frac{d\alpha}{dx},\qquad q = e\frac{d\alpha}{dy},\qquad r = e\frac{d\alpha}{dz},$$

en posant pour simplifier (Congrès de Nantes, 1898) :

$$(19)\qquad e = \frac{\mathrm{BC}\sin\theta}{\mathrm{A}}\,\mathrm{E},$$

où E désigne une fonction de $\beta$, $\gamma$. D'après cela il vient :

$$(20)\quad \begin{cases} 2\mathrm{L}\dfrac{d\beta}{dx} + 2\mathrm{M}\dfrac{d\beta}{dy} + 2\mathrm{N}\dfrac{d\beta}{dz} = 2\Lambda_1 = \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\dfrac{de}{dx} + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_2}\dfrac{de}{dy} + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\dfrac{de}{dz} \\ \qquad\qquad = +\,\mathrm{D}\dfrac{de}{d\gamma}, \\ 2\mathrm{L}\dfrac{d\gamma}{dx} + 2\mathrm{M}\dfrac{d\gamma}{dy} + 2\mathrm{N}\dfrac{d\gamma}{dz} = 2\Lambda_1 = \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\dfrac{de}{dx} - \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\dfrac{de}{dy} - \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\dfrac{de}{dz} \\ \qquad\qquad = -\,\mathrm{D}\dfrac{de}{d\beta}, \end{cases}$$

et on en conclut à raison des formules (9) :

$$(21)\quad \begin{cases} 2\mathrm{M}r - 2\mathrm{N}q = -\,\mathrm{DE}\left(\dfrac{de}{d\beta}\dfrac{d\beta}{dx} + \dfrac{de}{d\gamma}\dfrac{d\gamma}{dx}\right) = -\,\mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{dx} + \mathrm{DE}\dfrac{d}{d\alpha}\left(e\dfrac{d\alpha}{dx}\right), \\ 2\mathrm{N}p - 2\mathrm{L}r = -\,\mathrm{DE}\left(\dfrac{de}{d\beta}\dfrac{d\beta}{dy} + \dfrac{de}{d\gamma}\dfrac{d\gamma}{dy}\right) = -\,\mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{dy} + \mathrm{DE}\dfrac{d}{d\alpha}\left(e\dfrac{d\alpha}{dy}\right), \\ 2\mathrm{L}q - 2\mathrm{M}p = -\,\mathrm{DE}\left(\dfrac{de}{d\beta}\dfrac{d\beta}{dz} + \dfrac{de}{d\gamma}\dfrac{d\gamma}{dz}\right) = -\,\mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{dz} + \mathrm{DE}\dfrac{d}{d\alpha}\left(e\dfrac{d\alpha}{dz}\right), \end{cases}$$

où l'on a :

$$(22)\qquad \mathrm{V} = \mathrm{BC}\sin\theta\,\mathrm{E} = \mathrm{A}e,\quad \mathrm{D} = \begin{vmatrix}\alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3\\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3\\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3\end{vmatrix} = \mathrm{ABC}\sin\zeta \qquad \mathrm{DE} = \mathrm{AV},$$

V désignant, comme plus haut, la vitesse du liquide.

D'après cela les équations d'Euler et Navier deviennent :

$$\frac{dp}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 p - \mathrm{DE}\left(\frac{de}{d\beta}\frac{d\beta}{dx} + \frac{de}{d\gamma}\frac{d\gamma}{dx}\right) = \frac{dk}{dx},$$

$$\frac{dq}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 q - \mathrm{DE}\left(\frac{de}{d\beta}\frac{d\beta}{dy} + \frac{de}{d\gamma}\frac{d\gamma}{dy}\right) = \frac{dk}{dy}, \qquad k = \mathrm{W} - \frac{\mathrm{V}^2}{2} - \frac{\varpi}{\rho},$$

$$\frac{dr}{dt} - \frac{h}{\rho}\Delta^2 r - \mathrm{DE}\left(\frac{de}{d\beta}\frac{d\beta}{dz} + \frac{de}{d\gamma}\frac{d\gamma}{dz}\right) = \frac{dk}{dz},$$

et on en déduit :

$$(23)\begin{cases} \dfrac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\left(\dfrac{dp}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 p\right) + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\left(\dfrac{dq}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 q\right) + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\left(\dfrac{dr}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 r\right) = \mathrm{D}\dfrac{dk}{d\alpha}, \\ \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\left(\dfrac{dp}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 p\right) + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\left(\dfrac{dq}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 q\right) + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\left(\dfrac{dr}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 r\right) - \mathrm{D}^2\mathrm{E}\dfrac{de}{d\beta} = \mathrm{D}\dfrac{dk}{d\beta}, \\ \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\left(\dfrac{dp}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 p\right) + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_2}\left(\dfrac{dq}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 q\right) + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\left(\dfrac{dr}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2 r\right) - \mathrm{D}^2\mathrm{E}\dfrac{de}{d\gamma} = \mathrm{D}\dfrac{dk}{d\gamma}. \end{cases}$$

Lorsque le mouvement est stationnaire, c'est-à-dire quand le temps $t$ n'entre explicitement que dans la fonction E, ces dernières équations deviennent :

$$(24)\begin{cases} \mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\left(p\Delta^2 p + q\Delta^2 q + r\Delta^2 r\right) = \mathrm{DE}\dfrac{dk}{d\alpha} \\ -\dfrac{h}{\rho}\left(\dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\Delta^2 p + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\Delta^2 q + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\Delta^2 r\right)\mathrm{E} - \mathrm{D}^2\mathrm{E}^2\dfrac{de}{d\beta} = \mathrm{DE}\dfrac{d\beta}{dk} \\ -\dfrac{h}{\rho}\left(\dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\Delta^2 p + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_2}\Delta^2 q + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\Delta^2 r\right)\mathrm{E} - \mathrm{D}^2\mathrm{E}^2\dfrac{de}{d\gamma} = \mathrm{DE}\dfrac{dk}{d\gamma} \end{cases}$$

et s'il s'agit du mouvement permanent d'un liquide dont on peut négliger la viscosité, il vient :

$$(25)\qquad \frac{dk}{d\alpha} = 0, \qquad \frac{dk}{d\beta} + \mathrm{DE}\frac{de}{d\beta} = 0, \qquad \frac{dk}{d\gamma} + \mathrm{DE}\frac{de}{d\gamma} = 0,$$

d'où l'on conclut en ayant égard aux relations (22) :

$$(26)\qquad k = \mathrm{W} - \frac{\mathrm{V}^2}{2} - \frac{\varpi}{5} = -\int \mathrm{AV}\,\frac{d}{d\beta}\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}\,d\beta + \mathrm{AV}\,\frac{d}{d\gamma}\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}\,d\gamma.$$

Pour que le dernier membre de cette équation soit intégrable il faut qu'on ait :

$$(27)\quad \frac{dV}{d\beta}\frac{dA}{d\gamma}-\frac{dV}{d\gamma}\frac{dA}{d\beta}=0,\qquad AV\frac{d}{d\beta}\frac{V}{A}=\frac{d\chi}{d\beta},\qquad AV\frac{d}{d\gamma}\frac{V}{A}=\frac{d\chi}{d\gamma},$$

en désignant par $\chi$ une fonction de $\beta$, $\gamma$. Il résulte de la première de ces relations, $V=f(A,\alpha)$ et par suite les deux autres deviennent :

$$(28)\quad \left(V\frac{dV}{dA}-\frac{V^2}{A}\right)\frac{dA}{d\beta}=\frac{d\chi}{d\beta},\qquad \left(V\frac{dV}{dA}-\frac{V^2}{A}\right)\frac{dA}{d\gamma}=\frac{d\chi}{d\gamma}.$$

On en déduit :

$$(29)\quad \frac{\frac{d^2A}{d\beta d\alpha}}{\frac{dA}{d\beta}}=\frac{\frac{d^2A}{d\gamma d\alpha}}{\frac{dA}{d\gamma}}=-\frac{\frac{d}{d\alpha}\left(V\frac{dV}{dA}-\frac{V^2}{A}\right)}{V\frac{dV}{dA}-\frac{V^2}{A}},\qquad \text{d'où}\qquad \frac{d}{d\alpha}\log\frac{\frac{dA}{d\beta}}{\frac{dA}{d\gamma}}=0.$$

Dans l'exemple du numéro 2, on a :

$$A^2=\frac{4z^4+8(x^2+y^2)z^2+(x^2+y^2)^2}{z^4};\quad V^2=16[4z^4+8(x^2+y^2)z^2+(x^2+y^2)^2]$$

$$\text{d'où}\qquad \frac{V}{A}=4z^2\qquad AV=4\,\frac{4z^4+8(x^2+y^2)z^2+(x^2+y^2)^2}{z^2}$$

et il faut qu'on ait :

$$32\,\frac{4z^4+8(x^2+y^2)z^2+(x^2+y^2)^2}{z}\frac{dz}{d\beta}=\frac{d\chi}{d\beta},$$

$$32\,\frac{4z^4+8(x^2+y^2)z^2+(x^2+y^2)^2}{z}\frac{dz}{d\gamma}=\frac{d\chi}{d\gamma}.$$

Or on a (Congrès de Boulogne-sur-Mer, 1899) :

$$D\frac{dz}{d\beta}=\frac{d\gamma}{dx}\frac{d\alpha}{dy}-\frac{d\gamma}{dy}\frac{d\alpha}{dx}=-4\,\frac{xy}{z}(4z^2+x^2+y^2)=-4\,\frac{\beta\gamma}{z},$$

et à cause de $D=AV$,

$$\frac{4z^4+8(x^2+y^2)z^2+(x^2+y^2)^2}{z}\frac{dz}{d\beta}=-\beta\gamma.$$

De même il vient :

$$\mathrm{D}\frac{dz}{d\gamma} = \frac{d\alpha}{dx}\frac{d\beta}{dy} - \frac{d\alpha}{dy}\frac{d\beta}{dx} = -2\frac{x^2+y^2}{zx^2} = -2\frac{\beta^2+1}{z},$$

d'où
$$\frac{4z^4 + 8(x^2+y^2)z^2 + (x^2+y^2)^2}{z}\frac{dz}{d\gamma} = -\frac{\beta^2+1}{2}$$

et on a définitivement :

$$\chi(\beta, \gamma) = -16(\beta^2+1)\gamma.$$

5. — On peut opérer sur les équations (10) comme on l'a fait sur les équations moins générales (23) et il en résulte des formules qui, dans le cas du mouvement stationnaire des liquides, se présentent ainsi :

$$(30)\quad \begin{cases} \mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{dt} - \dfrac{h}{\rho}(p\Delta^2 p + q\Delta^2 q + r\Delta^2 r) = \mathrm{DE}\dfrac{dk}{d\alpha}, \\ \left(\mathrm{DE}^2 + \dfrac{d\mathrm{E}}{dt}\right)\sum \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\dfrac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1} - \dfrac{h}{\rho}\left(\dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\Delta^2 p + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\Delta^2 q + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\Delta^2 r\right) \\ \qquad = \mathrm{D}\dfrac{dk}{d\beta} + \mathrm{DV}\dfrac{d\mathrm{V}}{d\beta}, \\ \left(\mathrm{DE}^2 + \dfrac{d\mathrm{E}}{dt}\right)\sum \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\dfrac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1} - \dfrac{h}{\rho}\left(\dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\Delta^2 p + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\gamma_2}\Delta^2 q + \dfrac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\Delta^2 r\right) \\ \qquad = \mathrm{D}\dfrac{dk}{d\gamma} + d\mathrm{V}\dfrac{d\mathrm{V}}{d\gamma}. \end{cases}$$

La première de ces équations est identique à la première des équations (24); elle donne l'expression générale de son second membre en fonction de l'accélération de vitesse et de la force retardatrice due à la viscosité.

Pour faire usage des équations (11), il convient d'abord d'observer que la fonction $\alpha$ est généralement arbitraire et qu'on peut, sauf dans des circonstances particulières, profiter de son indétermination pour poser :

$$(31)\qquad \mathrm{D} = \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\frac{d\alpha}{dx} + \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\frac{d\alpha}{dy} + \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\frac{d\alpha}{dz} = \mathrm{F}(\beta, \gamma).$$

D'après cela et si on emploie les formules générales de transformation des coordonnées

$$\mathrm{D}\frac{dx}{d\alpha} = \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}, \qquad \mathrm{D}\frac{dy}{d\alpha} = \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}, \qquad \mathrm{D}\frac{dz}{d\alpha} = \frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3},$$

il vient :

$$(32)\qquad p = \mathrm{EF}\frac{dx}{d\alpha},\qquad q = \mathrm{EF}\frac{dy}{d\alpha},\qquad r = \mathrm{EF}\frac{dz}{d\alpha},$$

où on peut supposer $\mathrm{E} = 1$, $\mathrm{F} = 1$, et simplement :

$$(33)\qquad \mathrm{EF} = 1,$$

relation de laquelle on peut rapprocher l'identité

$$(34)\qquad \mathrm{D}.\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \frac{dx}{d\alpha} & \frac{dy}{d\alpha} & \frac{dz}{d\alpha} \\ \frac{dx}{d\beta} & \frac{dy}{d\beta} & \frac{dz}{d\beta} \\ \frac{dx}{d\gamma} & \frac{dy}{d\gamma} & \frac{dz}{d\gamma} \end{vmatrix}$$

démontrée au début de ces recherches (Congrès de Boulogne-sur-Mer, 1899) et dont la vérification se fait aisément par la règle de multiplication des déterminants.

Dans ces conditions on peut substituer aux équations (11) les suivantes :

$$(35)\quad \begin{cases} \dfrac{d}{dt}\dfrac{dx}{d\alpha} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2\dfrac{dx}{d\alpha} + \dfrac{d^2x}{d\alpha^2} = \dfrac{d\mathrm{K}}{dx}, \quad \dfrac{d}{dt}\dfrac{dy}{d\alpha} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2\dfrac{dy}{d\alpha} + \dfrac{d^2y}{d\alpha^2} = \dfrac{d\mathrm{K}}{dy}, \\ \dfrac{d}{dt}\dfrac{dz}{d\alpha} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2\dfrac{dz}{d\alpha}\dfrac{d^2z}{d\alpha^2} = \dfrac{d\mathrm{K}}{dz}. \qquad \mathrm{K} = \mathrm{W} - \dfrac{\varpi}{\rho}. \end{cases}$$

Dans le cas où après avoir supposé $\mathrm{E} = 1$ on admet encore que le déterminant D est lui-même égal à l'unité, on peut assimiler les quantités indéterminées $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ aux coordonnées initiales $a$, $b$, $c$ de la molécule liquide dont les coordonnées variables sont $x$, $y$, $z$. Si donc on observe qu'en désignant par $\mathrm{J}_x$, $\mathrm{J}_y$, $\mathrm{J}_z$ les composantes par rapport aux axes des $x$, $y$, $z$, de l'accélération, on a :

$$(36)\quad \begin{cases} \mathrm{J}_x = \dfrac{d^2x}{dt^2} = \dfrac{d}{dt}\dfrac{dx}{da} + \dfrac{d^2x}{da^2}, \qquad \mathrm{J}_y = \dfrac{d^2y}{dt^2} = \dfrac{d}{dt}\dfrac{dy}{da} + \dfrac{d^2y}{da^2}, \\ \mathrm{J}_z = \dfrac{d^2z}{dt^2} = \dfrac{d}{dt}\dfrac{dz}{da} + \dfrac{d^2z}{da^2}, \end{cases}$$

et qu'on fasse abstraction de la viscosité du liquide, on obtient les équations de Lagrange (*Mécanique analytique*, seconde partie, onzième section, n° 5) modifiées seulement de manière à donner le signe contraire à l'accélération, comme on le fait généralement aujourd'hui.

Ce mode de transformation s'applique d'ailleurs sans difficulté au cas général et il en résulte que pour avoir égard à la viscosité des liquides, d'après la théorie de Navier et dans le système des équations de Lagrange, il suffit d'écrire :

$$(37)\quad \begin{cases} \dfrac{d^2x}{dt^2} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2\dfrac{dx}{dt} = \dfrac{d\mathrm{K}}{dx}, \qquad \dfrac{d^2y}{dt^2} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2\dfrac{dy}{dt} = \dfrac{d\mathrm{K}}{dy}, \\ \dfrac{d^2z}{dt^2} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2\dfrac{dz}{dt} = \dfrac{d\mathrm{K}}{dz}, \qquad \mathrm{K} = \mathrm{W} - \dfrac{\varpi}{\rho}. \end{cases}$$

Ces équations elles-mêmes peuvent être mises sous la forme généralement employée :

$$(38)\quad \begin{cases} \rho\left[\left(\dfrac{d^2x}{dt^2} - \dfrac{d\mathrm{W}}{dx}\right)\dfrac{dx}{da} + \left(\dfrac{d^2y}{dt^2} - \dfrac{d\mathrm{W}}{dy}\right)\dfrac{dy}{da} + \left(\dfrac{d^2z}{dt^2} - \dfrac{d\mathrm{W}}{dz}\right)\dfrac{dz}{da}\right. \\ \left. - \dfrac{h}{\rho}\left(\dfrac{dx}{da}\Delta^2\dfrac{dx}{dt} + \dfrac{dy}{da}\Delta^2\dfrac{dy}{dt} + \dfrac{dz}{da}\Delta^2\dfrac{dz}{dt}\right)\right] + \dfrac{d\varpi}{da} = 0. \\ \rho\left[\left(\dfrac{d^2x}{dt^2} - \dfrac{d\mathrm{W}}{dx}\right)\dfrac{dx}{db} + \left(\dfrac{d^2y}{dt^2} - \dfrac{d\mathrm{W}}{dy}\right)\dfrac{dy}{db} + \left(\dfrac{d^2z}{dt^2} - \dfrac{d\mathrm{W}}{dz}\right)\dfrac{dz}{db}\right. \\ \left. - \dfrac{h}{\rho}\left(\dfrac{dx}{db}\Delta^2\dfrac{dx}{dt} + \dfrac{dy}{db}\Delta^2\dfrac{dy}{dt} + \dfrac{dz}{db}\Delta^2\dfrac{dz}{dt}\right)\right] + \dfrac{d\varpi}{db} = 0. \\ \rho\left[\left(\dfrac{d^2x}{dt^2} - \dfrac{d\mathrm{W}}{dx}\right)\dfrac{dx}{dc} + \left(\dfrac{d^2y}{dt^2} - \dfrac{d\mathrm{W}}{dy}\right)\dfrac{dy}{dc} + \left(\dfrac{d^2z}{dt^2} - \dfrac{d\mathrm{W}}{dz}\right)\dfrac{dz}{dc}\right. \\ \left. - \dfrac{h}{\rho}\left(\dfrac{dx}{dc}\Delta^2\dfrac{dx}{dt} + \dfrac{dy}{dc}\Delta^2\dfrac{dy}{dt} + \dfrac{dz}{dc}\Delta^2\dfrac{dz}{dt}\right)\right] + \dfrac{d\varpi}{dc} = 0. \end{cases}$$

6. — Comme je l'ai fait observer à différentes reprises, on peut généralement remplacer E par l'unité dans les expressions (6) des composantes de la vitesse et il y a parfois avantage à le faire. Si l'emploi de cette fonction de $\beta$, $\gamma$ est utile dans certaines circonstances, il rend aussi les calculs plus pénibles et peut induire en erreur sur leur but final qui est de déterminer les arguments des vélocites $\beta$, $\gamma$ seules variables indispensables. J'en ferai abstraction dans ce qui va suivre. Il vient alors pour les composantes de la rotation élémentaire :

$$2\mathrm{L} = \frac{dz}{dy} - \frac{dq}{dz} = \frac{d\beta}{dx}\Delta^2\gamma - \frac{d\gamma}{dx}\Delta^2\beta + \frac{d\gamma}{dx}\frac{d^2\beta}{dx^2} + \frac{d\gamma}{dy}\frac{d^2\beta}{dxdy} + \frac{d\gamma}{dz}\frac{d^2\beta}{dzdx}$$
$$- \frac{d\beta}{dx}\frac{d^2\gamma}{dx^2} - \frac{d\beta}{dy}\frac{d^2\gamma}{dxdy} - \frac{d\beta}{dz}\frac{d^2\gamma}{dzdx},$$

et les expressions analogues qui se déduisent de celle-ci, en y effectuant les

permutations circulaires de L, M, N et des coordonnées $x$, $y$, $z$. Or on a par le calcul direct :

$$\Delta^2\left(\beta\frac{d\gamma}{dx}-\gamma\frac{d\beta}{dx}\right)=\frac{d\gamma}{dx}\Delta^2\beta-\frac{d\beta}{dx}\Delta^2\gamma+\beta\Delta^2\frac{d\gamma}{dx}-\gamma\Delta^2\frac{d\beta}{dx}$$

$$+2\left[\frac{d\beta}{dx}\frac{d^2\gamma}{dx^2}+\frac{d\beta}{dy}\frac{d^2\gamma}{dxdy}+\frac{d\beta}{dz}\frac{d^2\gamma}{dzdx}-\frac{d\gamma}{dx}\frac{d^2\beta}{dx^2}-\frac{d\gamma}{dy}\frac{d^2\beta}{dxdy}-\frac{d\gamma}{dz}\frac{d^2\beta}{dzdx}\right],$$

et en ajoutant cette égalité à la précédente multipliée par 2, on obtient la première des formules suivantes dont les deux autres s'obtiennent par un calcul analogue ou en effectuant sur la première des permutations circulaires :

$$(39)\quad\begin{cases}4\mathrm{L}-2\left(\dfrac{dz}{dy}-\dfrac{dq}{dz}\right)=\dfrac{d}{dx}(\beta\Delta^2\gamma-\gamma\Delta^2\beta)-\Delta^2\left(\beta\dfrac{d\gamma}{dx}-\gamma\dfrac{d\beta}{dx}\right),\\ 4\mathrm{M}=2\left(\dfrac{dp}{dz}-\dfrac{dz}{dx}\right)=\dfrac{d}{dy}(\beta\Delta^2\gamma-\gamma\Delta^2\beta)-\Delta^2\left(\beta\dfrac{d\gamma}{dy}-\gamma\dfrac{d\beta}{dy}\right),\\ 4\mathrm{N}=2\left(\dfrac{dq}{dx}-\dfrac{dp}{dy}\right)=\dfrac{d}{dz}(\beta\Delta^2\gamma-\gamma\Delta^2\beta)-\Delta^2\left(\beta\dfrac{d\gamma}{dz}-\gamma\dfrac{d\beta}{dz}\right).\end{cases}$$

Pour faire usage de ces relations, soit :

$$(40)\quad\begin{cases}\beta\dfrac{d\gamma}{dx}-\gamma\dfrac{d\beta}{dx}=u+\dfrac{dn}{dx}, & \beta\dfrac{d\gamma}{dy}-\gamma\dfrac{d\beta}{dy}=v+\dfrac{dn}{dy},\\ \beta\dfrac{d\gamma}{dz}-\gamma\dfrac{d\beta}{dz}=w+\dfrac{dn}{dz},\end{cases}$$

où $u$, $v$, $w$ et $n$ désignent comme $\beta$ et $\gamma$ des fonctions de $x$, $y$, $z$ et $t$. Il en résulte :

$$\beta\Delta^2\gamma-\gamma\Delta^2\beta=\theta+\Delta^2 n,$$

en posant pour abréger

$$\frac{du}{dx}+\frac{dv}{dy}+\frac{dw}{dz}=\theta,$$

et

$$2\left(\frac{d\beta}{dy}\frac{d\gamma}{dz}-\frac{d\beta}{dz}\frac{d\gamma}{dy}\right)=2\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}=\frac{dw}{dy}-\frac{dv}{dz},$$

$$2\left(\frac{d\beta}{dz}\frac{d\gamma}{dx}-\frac{d\beta}{dx}\frac{d\gamma}{dz}\right)=2\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}=\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx},$$

$$2\left(\frac{d\beta}{dx}\frac{d\gamma}{dy}-\frac{d\beta}{dy}\frac{d\gamma}{dx}\right)=2\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}=\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy},$$

puis

$$(41)\quad \begin{cases} p = \frac{1}{2}\left(\frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz}\right), \quad q = \frac{1}{2}\left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx}\right), \quad r = \frac{1}{2}\left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right), \\ 4\mathrm{L} = \frac{d\theta}{dx} - \Delta^2 u, \qquad 4\mathrm{M} = \frac{d\theta}{dy} - \Delta^2 v, \qquad 4\mathrm{N} = \frac{d\theta}{dz} - \Delta^2 w. \end{cases}$$

D'ailleurs on déduit des égalités (40)

$$\frac{1}{\gamma}\frac{d\gamma}{dx} - \frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dx} = \frac{u + \frac{dn}{dx}}{\beta\gamma}, \qquad \frac{1}{\gamma}\frac{d\gamma}{dy} - \frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dy} = \frac{v + \frac{dn}{dy}}{\beta\gamma},$$

$$\frac{1}{\gamma}\frac{d\gamma}{dz} - \frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dz} = \frac{w + \frac{dn}{dz}}{\beta\gamma},$$

et par suite la relation :

$$(42)\qquad \left(u + \frac{dn}{dx}\right)dx + \left(v + \frac{dn}{dy}\right)dy + \left(w + \frac{dn}{dz}\right)dz = 0,$$

doit être une équation différentielle à trois variables intégrable, ce qui exige que l'on ait :

$$(43)\quad \begin{cases} \left(u + \frac{dn}{dx}\right)\left(\frac{dw}{dy} - \frac{dy}{dz}\right) + \left(v + \frac{dn}{dy}\right)\left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx}\right) \\ \qquad + \left(w + \frac{dn}{dz}\right)\left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right) = 0. \end{cases}$$

C'est par rapport à $n$ une équation aux dérivées partielles du premier ordre et linéaire qui permettra de déterminer cette fonction lorsque les quantités $u$, $v$, $w$ seront connues. Il faut encore que l'expression :

$$(44)\qquad \frac{1}{\beta\gamma} = \frac{1}{\mu}$$

soit un facteur d'intégration de l'équation différentielle (42) et si l'on pose :

$$(45)\qquad \frac{u + \frac{dn}{dx}}{\mu}dx + \frac{v + \frac{dn}{dy}}{\mu}dy + \frac{w + \frac{dn}{dz}}{\mu}dz = d\varepsilon,$$

on devra joindre à l'égalité (44), celle-ci :

$$(46)\qquad \mathrm{T}^2\frac{\gamma}{\beta} = e^{\varepsilon}.$$

Les deux équations (44) et (46) suffisent à déterminer $\beta$, $\gamma$ et il en résulte :

$$(47) \qquad \beta = T\sqrt{\mu}e^{-\frac{\epsilon}{2}} \qquad \gamma = \frac{1}{T}\sqrt{\mu}e^{\frac{\epsilon}{2}}.$$

On peut observer qu'il n'y aurait pas lieu de mettre en évidence la fonction $n$ si les quantités $u$, $v$, $w$ étaient telles que l'équation :

$$(48) \qquad udx + vdy + wdz = 0$$

fût intégrable d'elle-même ; de là résulte cette proposition.

THÉORÈME. — Si l'équation aux différentielles totales (43) est intégrable et qu'on ait :

$$(49) \qquad \frac{u}{\mu}dx + \frac{v}{\mu}dy + \frac{w}{\mu}dz = d\epsilon,$$

puis qu'avec les expressions (41) des composantes de la vitesse d'un liquide en mouvement et de sa rotation élémentaire on puisse vérifier les équations aux dérivées partielles d'intégrabilité de l'Hydrodynamique, les vélocites génératrices du mouvement en question seront données par les formules (47). J'appelle ici vélocites génératrices du mouvement, celles dont les arguments substitués dans les égalités (6) donnent les expressions des composantes de la vitesse et par équation aux dérivées partielles d'intégrabilité de l'Hydrodynamique, celles dont certains auteurs, à mon avis sans motifs suffisants, ont fait honneur à Helmholtz ou Stockes, d'ailleurs savants illustres, auxquels je ne conteste ni le mérite ni les qualités d'un caractère sympathique qui les a fait universellement apprécier.

On peut aussi observer qu'en vertu des relations (44) et (46), $\epsilon$ et $\mu$ se déterminent elles-mêmes en fonctions de $\beta$, $\gamma$, et qu'on pourrait les employer comme vélocites, en faisant usage des formules :

$$(50) \begin{cases} p = \left(\dfrac{d\mu}{dy}\dfrac{d\epsilon}{dz} - \dfrac{d\mu}{dz}\dfrac{d\epsilon}{dy}\right)E, \qquad q = \left(\dfrac{d\mu}{dz}\dfrac{d\epsilon}{dx} - \dfrac{d\mu}{dx}\dfrac{d\epsilon}{dz}\right)E, \\ r = \left(\dfrac{d\mu}{dx}\dfrac{d\epsilon}{dy} - \dfrac{d\mu}{dy}\dfrac{d\epsilon}{dx}\right)E, \end{cases}$$

où E désigne une fonction à déterminer de $\mu$ et de $\epsilon$.

Soit par exemple l'équation aux différentielles totales :

$$(y^2 + yz + z^2)dx + (z^2 + zx + x^2)dy + (x^2 + xy + y^2)dz = 0,$$

qui a pour facteur d'intégration et pour intégrale, respectivement :

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{(x + y + z)^2} \qquad \epsilon = \frac{xy + yz + zx}{x + y + z},$$

si, conformément à ce qui précède, on pose :

$$u = y^2 + yz + z^2, \qquad v = z^2 + zx + x^2, \qquad w = x^2 + yx + y^2,$$

$$p = \frac{1}{2}\left(\frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz}\right) = y - z, \qquad q = \frac{1}{2}\left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx}\right) = z - x,$$

$$r = \frac{1}{2}\left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right) = x - y,$$

$$2\mathrm{L} = \frac{dr}{dy} - \frac{dq}{dz} = -2, \quad 2\mathrm{M} = \frac{dp}{dz} - \frac{dr}{dx} = -2, \quad 2\mathrm{N} = \frac{dq}{dx} - \frac{dp}{dy} = -2,$$

d'où il résulte :

$$2\mathrm{L}p + 2\mathrm{M}q + 2\mathrm{N}r = 2\Pi = 0\,;$$

on peut évidemment satisfaire avec ces valeurs aux équations d'intégrabilité de l'Hydrodynamique :

$$(51)\quad \begin{cases} \dfrac{d\mathrm{L}}{dx} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2\mathrm{L} + 2\dfrac{d\mathrm{L}}{dx}p + \left(\dfrac{d\mathrm{M}}{dx} + \dfrac{d\mathrm{L}}{dy}\right)q + \left(\dfrac{d\mathrm{L}}{dz} + \dfrac{d\mathrm{N}}{dx}\right)r = \dfrac{d\Pi}{dx} \\ \dfrac{d\mathrm{M}}{dx} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2\mathrm{M} + \left(\dfrac{d\mathrm{M}}{dx} + \dfrac{d\mathrm{L}}{dy}\right)p + 2\dfrac{d\mathrm{M}}{dy}q + \left(\dfrac{d\mathrm{N}}{dy} + \dfrac{d\mathrm{M}}{dz}\right)r = \dfrac{d\Pi}{dy} \\ \dfrac{d\mathrm{N}}{dt} - \dfrac{h}{\rho}\Delta^2\mathrm{N} + \left(\dfrac{d\mathrm{L}}{dz} + \dfrac{d\mathrm{M}}{dx}\right)p + \left(\dfrac{d\mathrm{N}}{dy} + \dfrac{d\mathrm{M}}{dz}\right)q + 2\dfrac{d\mathrm{N}}{dz}r = \dfrac{d\Pi}{dz}. \end{cases}$$

Il vient donc d'après le théorème annoncé :

$$(52)\quad \beta = \mathrm{A}(x + y + y)e^{-\frac{xy + yz + zx}{2(x + y + z)}}, \qquad \gamma = \frac{1}{\mathrm{A}}x + y + z)e^{\frac{xy + yz + zx}{2(x + y + z)}}$$

et ces expressions peuvent être employées pour la détermination du vase où doit se faire l'écoulement du liquide.

Je ferai observer à ce sujet que de ces dernières formules résulte le système de vélocites beaucoup plus simple :

$$2\beta = x^2 + y^2 + z^2, \qquad \gamma = x + y + z,$$

d'où l'on déduit comme plus haut :

$$(53)\quad \begin{cases} p = \dfrac{d\beta}{dy}\dfrac{d\gamma}{dz} - \dfrac{d\beta}{dz}\dfrac{d\gamma}{dy} = y - z, \qquad q = \dfrac{d\beta}{dz}\dfrac{d\gamma}{dx} - \dfrac{d\beta}{dx}\dfrac{d\gamma}{dz} = z - x, \\ r = \dfrac{d\beta}{dx}\dfrac{d\gamma}{dy} - \dfrac{d\beta}{dy}\dfrac{d\gamma}{dx} = x - y. \end{cases}$$

Par suite, le mouvement en question peut être considéré comme s'effectuant sur des sphères concentriques au vase sphérique qui contient le liquide, parallèlement à un même plan. Les expressions (52) vérifient aussi les égalités (53) parce qu'il en résulte :

$$\beta\gamma = (x+y+z)^2, \qquad \frac{\gamma}{\beta} = \frac{1}{A^2} e^{\frac{xy+yz+zx}{x+yz}}$$

puis :

$$\frac{1}{\gamma}\frac{d\gamma}{dx} - \frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dx} = \frac{y^2+yz+z^2}{(x+y+z)^2}, \qquad \frac{1}{\gamma}\frac{d\gamma}{dy} - \frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dy} = \frac{z^2+zx+x^2}{(x+y+z)^2},$$

$$\frac{1}{\gamma}\frac{d\gamma}{dz} - \frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dz} = \frac{x^2+yz+y^2}{(x+y+z)^2},$$

d'où l'on conclut pour $p$, $q$, $r$ les expressions (53). Mais ce système de vélocites correspond à un dispositif différent et le théorème, dont ce calcul très simple donne l'application, a pour but de montrer que tous les dispositifs de ce genre peuvent être obtenus par un procédé commun.

7. — Lorsque les quantités $u$, $v$, $w$ satisfont d'elles-mêmes aux relations (48) et (49), l'équation aux dérivées partielles du premier ordre et linéaire (43) se simplifie et devient :

$$\left(\frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz}\right)\frac{dn}{dx} + \left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dv}\right)\frac{dn}{dy} + \left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right)\frac{dn}{dz} = 0, \tag{54}$$

puisqu'alors on a identiquement :

$$u\left(\frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz}\right) + v\left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx}\right) + w\left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right) = 0.$$

Il s'ensuit qu'en continuant à désigner par $\varepsilon$ et par $\frac{1}{\mu}$ l'intégrale et un facteur d'intégration de l'équation aux différentielles totales (48), il faut qu'on ait :

$$n = \varphi(\mu, \varepsilon); \tag{55}$$

c'est ce qui résulte immédiatement des formules (41) et (50).

Soit ensuite $\alpha$ la fonction déterminée par l'équation intégrable :

$$\left(u + \frac{dn}{dx}\right)dx + \left(v + \frac{dn}{dy}\right)dy + \left(w + \frac{dn}{dz}\right)dz = 0, \tag{56}$$

et $\frac{1}{\mu_1}$ un facteur d'intégration de cette dernière; on aura :

$$(57)\quad \begin{cases} dx = \dfrac{\left(u+\dfrac{dn}{d\mu}\dfrac{d\mu}{dx}+\dfrac{dn}{d\varepsilon}\dfrac{d\varepsilon}{dx}\right)dx+\left(v+\dfrac{dn}{d\mu}\dfrac{d\mu}{dy}+\dfrac{dn}{d\varepsilon}\dfrac{d\varepsilon}{dy}\right)dy+\left(w+\dfrac{dn}{d\mu}\dfrac{d\mu}{dz}+\dfrac{dn}{d\varepsilon}\dfrac{d\varepsilon}{dz}\right)dz}{\mu_1} \\ = \dfrac{\mu d\varepsilon+\dfrac{dn}{d\mu}d\mu+\dfrac{dn}{d\varepsilon}d\varepsilon}{\mu_1} = \dfrac{\left(\mu+\dfrac{dn}{d\varepsilon}\right)d\varepsilon+\dfrac{dn}{d\mu}d\mu}{\mu_1}. \end{cases}$$

Or le dernier membre de cette égalité ne peut pas être intégrable à moins que $\mu_1$ ne soit fonction de $\varepsilon$ et de $\mu$ et il faut en outre que $\mu_1$ satisfasse à l'équation aux dérivées partielles du premier ordre :

$$\frac{d}{d\varepsilon}\frac{\dfrac{dn}{d\mu}}{\mu_1}-\frac{d}{d\mu}\frac{\mu+\dfrac{dn}{d\varepsilon}}{\mu_1}=\frac{\left(\mu+\dfrac{dn}{d\varepsilon}\right)\dfrac{d\mu_1}{d\mu}-\dfrac{dn}{d\mu}\dfrac{d\mu_1}{d\varepsilon}-\mu_1}{\mu_1^2}=0,$$

c'est-à-dire

$$(58)\qquad \left(\mu+\frac{dn}{d\varepsilon}\right)\frac{d\mu_1}{d\mu}-\frac{dn}{d\mu}\frac{d\mu_1}{d\varepsilon}-\mu_1=0.$$

On a une solution particulière de cette équation en posant :

$$\frac{dn}{d\varepsilon}=0,\qquad \mu_1=\mu,$$

et pour l'intégrer généralement, on a les équations différentielles simultanées :

$$(59)\qquad \frac{d\mu}{\mu+\dfrac{dn}{d\varepsilon}}=-\frac{d\varepsilon}{\dfrac{dn}{d\mu}}=\frac{d\mu_1}{\mu_1}.$$

En résumé $\alpha$ ne peut être qu'une fonction de $\mu$ et de $\varepsilon$ et par cette addition des quotients différentiels de $n$, on ne peut arriver qu'à substituer à la fonction primitive $\varepsilon$ qu'une autre caractéristique de la série des vélocités du mouvement dont il s'agit. Ces observations supposent d'ailleurs que ce mouvement existe, c'est-à-dire qu'on ait pu vérifier les équations aux dérivées partielles de l'Hydrodynamique, en faisant l'usage indiqué des fonctions $u$, $v$, $w$, comme aussi des quantités $\varepsilon$ et $\mu$.

Je crois devoir faire observer encore que l'on arriverait à d'autres

résultats si l'on ne se maintenait dans le cercle exact des idées émises. Si par exemple, on avait l'équation différentielle exacte :

$$\frac{d\varepsilon}{dx}\,dx + \frac{d\varepsilon}{dy}\,dy + \frac{d\varepsilon}{dz}\,dz = d\varepsilon,$$

si on multipliait chacun des termes de son premier membre par un facteur arbitraire $\mu$, et qu'on l'égalât ensuite à zéro, on aurait ainsi une équation différentielle à trois variables, intégrable, et comme on peut écrire :

$$\frac{\mu\frac{d\varepsilon}{dx}\,dx + \mu\frac{d\varepsilon}{dy}\,dy + \mu\frac{d\varepsilon}{dz}\,dz}{\mu} = d\varepsilon,$$

on voit que $\frac{1}{\mu}$ serait un facteur d'intégration de cette équation différentielle. On pourrait donc poser comme plus haut :

$$u = \mu\frac{d\varepsilon}{dx}, \qquad v = \mu\frac{d\varepsilon}{dy}, \qquad w = \mu\frac{d\varepsilon}{dz},$$

et

$$(60)\quad \begin{cases} p = \frac{1}{2}\left(\frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{d\mu}{dy}\frac{d\varepsilon}{dz} - \frac{d\mu}{dz}\frac{d\varepsilon}{dx}\right), \\ q = \frac{1}{2}\left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{d\mu}{dz}\frac{d\varepsilon}{dx} - \frac{d\mu}{dx}\frac{d\varepsilon}{dz}\right), \\ r = \frac{1}{2}\left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{d\mu}{dx}\frac{d\varepsilon}{dy} - \frac{d\mu}{dy}\frac{d\varepsilon}{dx}\right). \end{cases}$$

De là il résulte qu'étant donnée à priori une fonction $\varepsilon$ de $x$, $y$, $z$, $t$, le choix des facteurs d'intégration qu'on peut lui associer n'en dépend nullement et n'est limité que par l'obligation où l'on est d'obtenir pour $p$, $q$, $r$ des expressions propres à vérifier les équations aux dérivées partielles de l'Hydrodynamique. On pourrait même dans ce but compléter les expressions (60) de $p$, $q$, $r$ en les multipliant par un facteur arbitraire E fonction de $\mu$ et de $\varepsilon$, parce qu'ensuite il serait toujours facile de modifier ces expressions de manière à pouvoir mettre à profit le théorème fondamental du numéro 6.

Enfin je ferai observer que si l'équation (48) n'est pas intégrable d'elle-même, il est impossible d'obtenir ce résultat par l'emploi d'un facteur

commun $\mu$ de son premier membre. Car pour qu'il en fût autrement il faudrait qu'on eût :

$$(61)\left\{\begin{aligned}&\mu u\left[\mu\left(\frac{dw}{dy}-\frac{dv}{dz}\right)+w\frac{d\mu}{dy}-v\frac{d\mu}{dz}\right]+\mu v\left[\mu\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right)+u\frac{d\mu}{dz}-w\frac{d\mu}{dx}\right]\\&\qquad+\mu w\left[\mu\left(\frac{dv}{dx}\frac{du}{dy}\right)+v\frac{d\mu}{dx}-u\frac{d\mu}{dy}\right]=0,\end{aligned}\right.$$

relation qui se réduit par la suppression des parties qui se détruisent, à celle-ci :

$$\mu^2\left[u\left(\frac{dw}{dy}-\frac{dv}{dz}\right)+v\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right)+w\left(\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy}\right)\right]=0,$$

qui, par hypothèse, n'a pas lieu. Cette démonstration que ne donnent pas les traités élémentaires de calcul intégral, me paraît indispensable ici, pour établir la différence qui existe entre l'emploi d'un facteur d'intégration et l'addition à chacun des termes d'une équation différentielle à trois variables, des quotients différentiels par rapport à $x$, $y$, $z$ d'une fonction $n$ multipliés respectivement par $dx$, $dy$, $dz$.

8. — La manière la plus commode d'appliquer à l'intégration des équations aux dérivées partielles de l'Hydrodynamique les formules et les calculs des deux numéros précédents est de ne faire sur les quantités $u$, $v$, $w$ aucune hypothèse tendant à obtenir avec elles une équation différentielle à trois variables. La première opération à effectuer consiste à satisfaire aux équations différentielles d'intégrabilité en faisant usage des expressions (41) des composantes de la vitesse et de celles de la rotation élémentaire. Il en résulte :

$$\Pi=\mathrm{L}p+\mathrm{M}q+\mathrm{N}r=\frac{1}{8}\left[\left(\frac{d\theta}{dx}-\Delta^2u\right)\left(\frac{dw}{dy}\frac{dv}{dz}\right)\right.$$

$$\left.+\left(\frac{d\theta}{dy}-\Delta^2v\right)\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right)+\left(\frac{d\theta}{dz}-\Delta^2x\right)\left(\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy}\right),\right.$$

$$2\frac{d\mathrm{L}}{dx}=\frac{1}{2}\left(\frac{d^2\theta}{dx^2}-\Delta^2\frac{du}{dx}\right),\qquad 2\frac{d\mathrm{M}}{dy}=\frac{1}{2}\left(\frac{d^2\theta}{dy^2}-\Delta^2\frac{dv}{dy}\right),$$

$$2\frac{d\mathrm{N}}{dz}=\frac{1}{2}\left(\frac{d^2\theta}{dz^2}-\Delta^2\frac{dw}{dz}\right),$$

$$\frac{d\mathrm{N}}{dy}+\frac{d\mathrm{M}}{dz}=\frac{1}{2}\left[\frac{d^2\theta}{dydz}-\frac{1}{2}\Delta^2\left(\frac{dw}{dy}+\frac{dv}{dz}\right)\right],$$

$$\frac{d\mathrm{L}}{dz}+\frac{d\mathrm{N}}{dx}=\frac{1}{2}\left[\frac{d^2\theta}{dzdx}-\frac{1}{2}\Delta^2\left(\frac{du}{dz}+\frac{dw}{dx}\right)\right],$$

$$\frac{d\mathrm{M}}{dx}+\frac{d\mathrm{L}}{dy}=\frac{1}{2}\left[\frac{d^2\theta}{dxdy}-\frac{1}{2}\Delta^2\left(\frac{dv}{dx}+\frac{du}{dy}\right)\right];$$

et pour les équations à vérifier :

$$
\left\{
\begin{aligned}
&2\frac{d^2\theta}{dxdt}-2\frac{h}{\rho}\Delta^2\frac{d\theta}{dx}+\frac{d^2\theta}{dx^2}\left(\frac{dw}{dy}-\frac{dv}{dz}\right)+\frac{d^2\theta}{dxdy}\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right)\\
&+\frac{d^2\theta}{dzdx}\left(\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy}\right)-\frac{d\theta}{dx}\left(\frac{d^2w}{dxdy}-\frac{d^2v}{dzdx}\right)-\frac{d\theta}{dy}\left(\frac{d^2u}{dzdx}-\frac{d^2w}{dx^2}\right)\\
&-\frac{d\theta}{dz}\left(\frac{d^2v}{dx^2}-\frac{d^2u}{dxdy}\right)-2\Delta^2\frac{du}{dt}+2\frac{h}{\rho}\Delta^2\Delta^2u-\left(\frac{dw}{dy}\frac{dv}{dz}\right)\Delta^2\frac{du}{dx}\\
&-\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right)\Delta^2\frac{du}{dy}-\left(\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy}\right)\Delta^2\frac{du}{dz}+\left(\frac{d^2w}{dxdy}-\frac{d^2v}{dzdx}\right)\Delta^2u\\
&+\left(\frac{d^2u}{dzdx}-\frac{d^2w}{dx^2}\right)\Delta^2v+\left(\frac{d^2v}{dx^2}-\frac{d^2u}{dxdy}\right)\Delta^2w=0,\\
&2\frac{d^2\theta}{dydt}-2\frac{h}{\rho}\Delta^2\frac{d\theta}{dy}+\frac{d^2\theta}{dxdy}\left(\frac{dw}{dy}-\frac{dv}{dz}\right)+\frac{d^2\theta}{dy^2}\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right)\\
&+\frac{d^2\theta}{dydz}\left(\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy}\right)-\frac{d\theta}{dx}\left(\frac{d^2w}{dy^2}-\frac{d^2v}{dydz}\right)-\frac{d_0}{dy}\left(\frac{d^2u}{dydz}-\frac{d^2w}{dxdy}\right)\\
&-\frac{d\theta}{dz}\left(\frac{d^2v}{dxdy}-\frac{d^2u}{dy^2}\right)-2\Delta^2\frac{dv}{dt}+2\frac{h}{\rho}\Delta^2\Delta^2v-\left(\frac{dw}{dy}-\frac{dv}{dz}\right)\Delta^2\frac{dv}{dx}\\
&-\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right)\Delta^2\frac{dv}{dy}-\left(\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy}\right)\Delta^2\frac{dv}{dz}+\left(\frac{d^2w}{dy^2}-\frac{d^2v}{dydz}\right)\Delta^2u\\
&+\left(\frac{d^2u}{dydz}-\frac{d^2w}{dxdy}\right)\Delta^2v+\left(\frac{d^2v}{dxdy}-\frac{d^2u}{dy^2}\right)\Delta^2w=0,\\
&2\frac{d^2\theta}{dzdt}-2\frac{h}{\rho}\Delta^2\frac{d\theta}{dz}+\frac{d^2\theta}{dzdx}\left(\frac{dw}{dy}-\frac{dv}{dz}\right)+\frac{d^2\theta}{dydz}\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right)\\
&+\frac{d^2\theta}{dz^2}\left(\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy}\right)-\frac{d\theta}{dx}\left(\frac{d^2w}{dydz}-\frac{d^2v}{dz^2}\right)-\frac{d\theta}{dy}\left(\frac{d^2u}{dz^2}-\frac{d^2w}{dzdx}\right)\\
&-\frac{d\theta}{dz}\left(\frac{d^2v}{dzdx}-\frac{d^2u}{dydz}\right)-2\Delta^2\frac{dw}{dt}+2\frac{h}{\rho}\Delta^2\Delta^2w-\left(\frac{dw}{dy}-\frac{dv}{dz}\right)\Delta^2\frac{dw}{dx}\\
&-\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right)\Delta^2\frac{dw}{dy}-\left(\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy}\right)\Delta^2\frac{dw}{dz}+\left(\frac{d^2w}{dydz}-\frac{d^2v}{dz^2}\right)\Delta^2u\\
&+\left(\frac{d^2u}{dz^2}-\frac{d^2w}{dzdx}\right)\Delta^2v+\left(\frac{d^2v}{dzdx}-\frac{d^2u}{dydz}\right)\Delta^2w=0.
\end{aligned}
\right. \tag{62}
$$

Si on parvient à trouver des expressions de $u$, $v$, $w$, qui satisfassent à ces trois équations aux dérivées partielles du troisième ordre, il faudra ensuite obtenir la fonction $n$ qui rendra intégrable l'équation (42) et le facteur d'intégration $\frac{1}{\mu}$ au moyen duquel le premier membre de l'équation (45) deviendra exactement intégrable et par son intégration donnera $\varepsilon$. On pourra alors faire usage des expressions (47) de $\beta$, $\gamma$ qui permettront de définir en coordonnées cartésiennes les parois intérieures du vase destiné à l'écoulement du liquide. Enfin, on devra satisfaire (Congrès de Boulogne-

sur-Mer, 1899) aux conditions à la surface données par Navier, si l'on veut avoir égard à la viscosité du liquide, ou si l'on veut en faire abstraction, à celles de Cauchy. Tel est en termes succincts, néanmoins précis et, si je ne m'abuse, pour la première fois, posé d'une manière complète, le problème de l'intégration des équations aux dérivées partielles de l'Hydrodynamique.

Lagrange est le premier qui ait eu l'idée de substituer dans les équations aux dérivées partielles de l'Hydrodynamique pour les composantes de la vitesse des expressions analogues à celles des formules (41), car dans son Mémoire sur le mouvement des liquides *(OEuvres complètes*, tome IV), il pose :

$$p = \frac{d\alpha}{dz}, \qquad q = \frac{d\beta}{dz}, \qquad r = -\frac{d\alpha}{dx} - \frac{d\beta}{dy}.$$

Il attachait sans doute quelque importance à ce procédé, puisqu'il y est revenu dans la Mécanique analytique, où il fait observer que si la densité du liquide est constante, on n'aura ainsi à intégrer que deux équations entre les inconnues $\alpha$ et $\beta$. « Mais, dit-il, l'intégration de ces équations surpasse les forces de l'analyse connue. »

Helmholtz et après lui Kirchhoff, ont fait usage des expressions (41), dans le but de déterminer les composantes de la vitesse en fonction des composantes de la rotation élémentaire ; problème en général indéterminé, dit M. Poincaré *(Théorie des Tourbillons,* chap. II, n° 26), mais qui a servi de base à la théorie des Tourbillons, considérée aujourd'hui comme un des points principaux de l'Hydrodynamique.

Cette théorie semble avoir été conçue en vue de progrès à effectuer dans la Météorologie et pour compléter la méthode de Lagrange restreinte aux mouvements irrotationnels, en ajoutant à l'Hydraulique un procédé plus ou moins opportun, d'avoir égard aux phénomènes dus à la rotation élémentaire sans être obligé de recourir à l'intégration générale des équations de l'Hydrodynamique, mais plutôt en prévision du concours éventuel de l'expérience. Je n'aurais pas à parler ici de ces recherches qui sont en dehors du but que je poursuis, si elles ne dépendaient d'une analyse exacte et profonde, dont les principes s'appliquent à toutes les parties de la physique mathématique.

9. — Sans avoir besoin de recourir comme l'ont fait Helmholtz et Kirchhoff aux variables $u$, $v$, $w$, pour étudier les rapports qui existent entre les composantes de la vitesse d'un liquide et les composantes de sa rotation élémentaire, on peut observer que leur dépendance mutuelle est déjà

mise en évidence non seulement par les égalités de définition des composantes de la rotation élémentaire, mais par les formules connues.

$$(63)\quad \begin{cases} 2\left(\dfrac{dN}{dy}-\dfrac{dM}{dz}\right)+\Delta^2 p=0 \qquad 2\left(\dfrac{dL}{dz}-\dfrac{dN}{dx}\right)\Delta^2 q=0 \\ 2\left(\dfrac{dM}{dx}-\dfrac{dL}{dy}\right)+\Delta^2 r=0 \end{cases}$$

Il résulte de ces dernières que si dans les égalités (41) et les équations (62) on suppose : $\Delta^2 u=0 \quad \Delta^2 v=0 \quad \Delta^2 w=0$

d'où il résulte aussi $\Delta^2 p=0$, $\Delta^2 q=0$, $\Delta^2 r=0$, non seulement on a

$$(64)\qquad \frac{dN}{dy}-\frac{dM}{dz}=0 \qquad \frac{dL}{dz}-\frac{dN}{dx}=0 \qquad \frac{dM}{dx}-\frac{dL}{dy}=0$$

Mais encore la fonction $\theta$ doit être une fonction potentielle. C'est le cas, dont je me suis occupé déjà et sur lequel je me propose de revenir, où il y un potentiel de rotation (Congrès de Boulogne-sur-Mer, 1899). Si dans ce cas on remplace $u$, $v$, $w$, par les fonctions potentielles $\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_3$ et $\theta$ par la fonction potentielle $\Omega$, les équations (62) deviennent :

$$(65)\quad \begin{cases} 2\dfrac{d^2\Omega}{dxdt}+\dfrac{d}{dx}\left[\dfrac{d\Omega}{dx}\left(\dfrac{d\omega_3}{dy}-\dfrac{d\omega_2}{dz}\right)+\dfrac{d\Omega}{dy}\left(\dfrac{d\omega_1}{dz}-\dfrac{d\omega_3}{dx}\right)+\dfrac{d\Omega}{dz}\left(\dfrac{d\omega_2}{dx}-\dfrac{d\omega_1}{dy}\right)\right]=\Delta^2\left[\Omega\left(\dfrac{d\omega_3}{dy}-\dfrac{d\omega_2}{dy}\right)\right] \\ 2\dfrac{d^2\Omega}{dydt}+\dfrac{d}{dy}\left[\dfrac{d\Omega}{dx}\left(\dfrac{d\omega_3}{dy}-\dfrac{d\omega_2}{dz}\right)+\dfrac{d\Omega}{dy}\left(\dfrac{d\omega_1}{dz}-\dfrac{d\omega_3}{dx}\right)+\dfrac{d\Omega}{dz}\left(\dfrac{d\omega_2}{dx}-\dfrac{d\omega_1}{dy}\right)\right]=\Delta^2\left[\Omega\left(\dfrac{d\omega_1}{dz}-\dfrac{d\omega_3}{dx}\right)\right] \\ 2\dfrac{d^2\Omega}{dzdt}+\dfrac{d}{dz}\left[\dfrac{d\Omega}{dx}\left(\dfrac{d\omega_3}{dy}-\dfrac{d\omega_2}{dz}\right)+\dfrac{d\Omega}{dy}\left(\dfrac{d\omega_1}{dz}-\dfrac{d\omega_3}{dx}\right)+\dfrac{d\Omega}{dz}\left(\dfrac{d\omega_2}{dx}-\dfrac{d\omega_1}{dy}\right)\right]=\Delta^2\left[\Omega\left(\dfrac{d\omega_2}{dx}-\dfrac{d\omega_1}{dy}\right)\right] \end{cases}$$

De ces équations on déduit :

$$(66)\quad \begin{cases} \Delta^2\left[\dfrac{d\Omega}{dy}\left(\dfrac{d\omega_2}{dx}-\dfrac{d\omega_1}{dy}\right)-\dfrac{d\Omega}{dz}\left(\dfrac{d\omega_1}{dz}-\dfrac{d\omega_3}{dx}\right)+\Omega\dfrac{d\Omega}{dx}\right]=0 \\ \Delta^2\left[\dfrac{d\Omega}{dz}\left(\dfrac{d\omega_3}{dy}-\dfrac{d\omega_2}{dz}\right)-\dfrac{d\Omega}{dx}\left(\dfrac{d\omega_2}{dx}-\dfrac{d\omega_1}{dy}\right)+\Omega\dfrac{d\Omega}{dy}\right]=0 \\ \Delta^2\left[\dfrac{d\Omega}{dx}\left(\dfrac{d\omega_1}{dz}-\dfrac{d\omega_3}{dx}\right)-\dfrac{d\Omega}{dy}\left(\dfrac{d\omega_3}{dy}-\dfrac{d\omega_2}{dz}\right)+\Omega\dfrac{d\Omega}{dz}\right]=0 \end{cases}$$

relation d'intégrabilité des équations (65) qui par suite se réduisent à cette seule équation :

$$(67)\left\{\begin{aligned} &2\frac{d\Omega}{dt}+\frac{d\Omega}{dx}\left(\frac{d\omega_3}{dy}-\frac{d\omega_2}{dz}\right)+\frac{d\Omega}{dy}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)\\ &\qquad+\frac{d\Omega}{dz}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)=\Lambda+\mathrm{T}\end{aligned}\right.$$

en désignant par T une fonction de $t$, ou une constante et posant pour simplifier

$$\int \Delta^2\left[\Omega\left(\frac{d\omega_3}{dy}-\frac{d\omega_2}{dz}\right)\right]dx+\Delta^2\left[\Omega\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)\right]dy$$
$$+\Delta^2\left[\Omega\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)\right]dz=\Lambda$$

Telles sont les équations qu'il faudrait intégrer pour résoudre le problème en question qui n'est d'ailleurs comme je l'ai déjà fait observer (Congrès de Boulogne-sur-Mer, 1899), qu'un cas particulier du problème défini par la condition que les rotatrices (Wirbellinien) soient les trajectoires orthogonales d'une série de surfaces à un paramètre. On peut aussi considérer ce genre de mouvements, comme une généralisation des mouvements irrotationnels, car pour ces derniers on a les conditions (64), avec cette particularité que les composantes de la rotation sont nulles.

J'ai déjà fait observer que Lagrange a le premier effectué l'intégration des équations de l'Hydrodynamique, dans le cas des mouvements irrotationnels. C'est à cette occasion qu'il donna (*Mécanique analytique*, seconde partie, onzième section, n° 25), la formule générale des fonctions potentielles.

$$(68)\left\{\begin{aligned} \omega_1=\varphi+x\psi&-\frac{x^2}{2}\left(\frac{d^2\varphi}{dy^2}+\frac{d^2\varphi}{dz^2}\right)-\frac{x^3}{2\,.\,3}\left(\frac{d^2\psi}{dy^2}+\frac{d^2\psi}{dz^2}\right)\\ &+\frac{x^4}{2\,.\,3\,.\,4}\left(\frac{d^4\varphi}{dy^4}+2\frac{d^4\varphi}{dy^2dz^2}+\frac{d^4\varphi}{dz^4}\right)\\ &+\frac{x^5}{2\,.\,3\,.\,4\,.\,5}\left(\frac{d^4\psi}{dy^4}+2\frac{d^4\psi}{dy^2dz^2}+\frac{d^4\psi}{dz^4}\right)-\end{aligned}\right.$$

à laquelle on ne paraît pas avoir jusqu'ici attaché beaucoup d'importance, car je ne l'ai vue reproduite que dans le Traité des équations différentielles du célèbre analyste anglais George Boole qui en a donné une démonstration nouvelle.

On pourrait généraliser cette formule, en intégrant par son moyen les équations (65) dans le cas où les fonctions potentielles $\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_3$, sont des

fonctions entières de $x$, $y$, $z$. Pour donner un aperçu de ce calcul, je me bornerai au cas où ces fonctions sont de troisième degré, et je pose :

$$(69)\left\{\begin{array}{ll} \omega_1 = \varphi_1 + x\psi_1 - \frac{x^2}{2}\delta^2\varphi_1 - \frac{x^3}{2\,.\,3}\delta^2\psi_1 & \omega_2 = \varphi_2 + y\psi_2 \\ -\frac{y^2}{2}\,\delta^2\varphi^2 - \frac{y^3}{2\,.\,3}\delta^2\psi_3 & \omega_3 = \varphi_3 + z\psi_3 - \frac{z^2}{2}\delta^2\varphi_3 - \frac{z^3}{2\,.\,3}\delta^2\psi_3 \end{array}\right.$$

où $\varphi_1$, $\psi_1$ ; $\varphi_2$, $\psi_2$ ; $\varphi_3$, $\psi_3$ désignent trois couples de fonctions de $y$, $z$ ; $z$, $x$ ; $x$, $y$ du second degré. On pourra donc passer de l'une à l'autre des expressions (68) en effectuant des permutations circulaires, simultanément des indices 1, 2, 3 et des variables $x$, $y$, $z$. D'après cela il vient :

$$\frac{d\omega_1}{dx} = \psi_1 - x\delta^2\varphi_1 - \frac{x^2}{2}\,\delta^2\psi_1\,, \qquad \frac{d\omega_2}{dy} = \psi_2 - y\delta^2\varphi_2 - \frac{y^2}{2}\,\delta^2\psi_2\,,$$

$$\frac{d\omega_3}{dy} = \psi_3 - z\delta^2\varphi_3 - \frac{z^2}{2}\,\delta^2\psi_3\,,$$

$$\frac{d\omega_3}{dy} - \frac{d\omega_2}{dz} = \frac{d\varphi_3}{dy} - \frac{d\varphi_2}{dz} + z\frac{d\psi_3}{dy} - y\frac{d\psi_2}{dz}\,, \quad \frac{d\omega_1}{dz} - \frac{d\omega_3}{dx} = \frac{d\varphi_1}{dz} - \frac{d\varphi_3}{dx} + x\frac{d\psi_1}{dz} - z\frac{d\psi_3}{dx}\,,$$

$$\frac{d\omega_2}{dx} - \frac{d\omega_1}{dy} = \frac{d\varphi_2}{dx} - \frac{d\varphi_1}{dy} + y\frac{d\psi_2}{dx} - x\frac{d\psi_1}{dy}\,,$$

puis :

$$\Omega = \frac{d\omega_1}{dx} + \frac{d\omega_2}{dy} + \frac{d\omega_3}{dz} = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3 - x\delta^2\varphi_1 - y\delta^2\varphi_2 - z\delta^2\varphi_3 - \frac{x^2}{2}\,\delta^2\psi_1 - \frac{y^2}{2}\,\delta^2\psi_2 - \frac{z^2}{2}\,\delta^2\psi_3\,.$$

La première des équations (66) mise sous forme explicite, devient :

$$(70)\left\{\begin{array}{c} \frac{d^2\Omega}{dxdy}\frac{d}{dx}\left(\frac{d\omega_2}{dx} - \frac{d\omega_1}{dy}\right) + \frac{d^2\Omega}{dy^2}\frac{d}{dy}\left(\frac{d\omega_2}{dx} - \frac{d\omega_1}{dy}\right) \\ + \frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d}{dz}\left(\frac{d\omega_2}{dx}\,\frac{d\omega_1}{dy}\right) + \frac{d\Omega}{dx}\frac{d^2\Omega}{dx^2} + \frac{d\Omega}{dy}\frac{d^2\Omega}{dxdy} + \frac{d\Omega}{dz}\frac{d^2\Omega}{dzdx} \\ - \frac{d^2\Omega}{dzdx}\frac{d}{dx}\left(\frac{d\omega_1}{dz} - \frac{d\omega_3}{dx}\right) - \frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d}{dy}\left(\frac{d\omega_1}{dz} - \frac{d\omega_3}{dx}\right) \\ - \frac{d_2\Omega}{dz^2}\frac{d}{dz}\left(\frac{d\omega_1}{dz} - \frac{d\omega_3}{dx}\right) = 0 \end{array}\right.$$

et en prenant les dérivées partielles de son premier membre par rapport à $x$, $y$, $z$, il vient :

$$\frac{d^2\Omega}{dxdy}\frac{d^2}{dx^2}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)+\frac{d^2\Omega}{dy^2}\frac{d^2}{dxdy}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)+\frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d^2}{dzdx}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)$$
$$+\frac{d^2\Omega}{dx^2}\frac{d^2\Omega}{dx^2}+\frac{d^2\Omega}{dxdy}\frac{d^2\Omega}{dxdy}+\frac{d^2\Omega}{dzdx}\frac{d^2\Omega}{dzdx}-\frac{d^2\Omega}{dzdx}\frac{d^2}{dx^2}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)$$
$$-\frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d^2}{dxdy}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)-\frac{d^2\Omega}{dz^2}\frac{d^2}{dzdx}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)=0$$

$$\frac{d^2\Omega}{dxdy}\frac{d^2}{dxdy}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)+\frac{d^2\Omega}{dy^2}\frac{d^2}{dy^2}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)+\frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d^2}{dydz}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)$$
$$+\frac{d^2\Omega}{dxdy}\frac{d^2\Omega}{dx^2}+\frac{d^2\Omega}{xy^2}\frac{d^2\Omega}{dxdy}+\frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d^2\Omega}{dzdx}-\frac{d^2\Omega}{dzdx}\frac{d^2}{dxdy}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)$$
$$-\frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d^2}{dy^2}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)-\frac{d^2\Omega}{dz^2}\frac{d^2}{dydz}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)=0,$$

$$\frac{d^2\Omega}{dxdy}\frac{d^2}{dzdx}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)+\frac{d^2\Omega}{dy^2}\frac{d^2}{dydz}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)+\frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d^2}{dz^2}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)$$
$$+\frac{d^2\Omega}{dzdx}\frac{d^2\Omega}{dx^2}+\frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d^2\Omega}{dxdy}+\frac{d^2\Omega}{dz^2}\frac{d^2\Omega}{dzdx}-\frac{d^2\Omega}{dzdx}\frac{d^2}{dzdx}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)$$
$$-\frac{d^2\Omega}{dydz}\frac{d^2}{dydz}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)-\frac{d^2\Omega}{dz^2}\frac{d}{dz}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)=0,$$

relation où ne figurent que des constantes. Substituant les valeurs de ces constantes, on aura :

$$(71)\left\{\begin{array}{l}\left(\dfrac{d^2\psi_2}{dx^2}+\dfrac{d^2\psi_3}{dx^2}-\delta^2\psi_1\right)^2+\left(\dfrac{d^2\psi_2}{dx^2}-\dfrac{d^2\psi_1}{dy^2}\right)\left(\dfrac{d^2\psi_3}{dy^2}+\dfrac{d^2\psi_1}{dy^2}-\delta^2\psi_2\right)\\ \qquad+\left(\dfrac{d^2\psi_3}{dx^2}-\dfrac{d^2\psi_1}{dz^2}\right)\left(\dfrac{d^2\psi_1}{dz^2}+\dfrac{d^2\psi_2}{dz^2}-\delta^2\psi_3\right)\\ \qquad+\dfrac{d^2\psi_2}{dzdx}2+\dfrac{d^2\psi_3}{dxdy}2-2\dfrac{d^2\psi_1}{dydz}2=0,\\ \dfrac{d^2\psi_1}{dydz}\dfrac{d^2\psi_2}{dzdx}+\dfrac{d^2\psi_3}{dxdy}\left(\dfrac{d^2\psi_2}{dx^2}-\dfrac{d^2\psi_1}{dy^2}\right)=0,\\ \dfrac{d^2\psi_3}{dxdy}\dfrac{d^2\psi_1}{dydz}+\dfrac{d^2\psi_2}{dzdx}\left(\dfrac{d^2\psi_3}{dx^2}-\dfrac{d^2\psi_1}{dz^2}\right)=0,\end{array}\right.$$

On déduit des deux dernières égalités en effectuant les permutations circulaires

$$\frac{d^2\psi_2}{dzdx}\frac{d^2\psi_3}{dxdy}+\frac{d^2\psi_1}{dydz}\left(\frac{d^2\psi_3}{dy^2}-\frac{d^2\psi_2}{dz^2}\right)=0,\quad \frac{d^2\psi_1}{dydz}\frac{d^2\psi_2}{dzdx}+\frac{d^2\psi_3}{dxdy}\left(\frac{d^2\psi_1}{dy^2}-\frac{d^2\psi_2}{dx^2}\right)=0,$$

$$\frac{d^2\psi_3}{dxdy}\frac{d^2\psi_1}{dydz}+\frac{d^2\psi_2}{dzdx}\left(\frac{d^2\psi_1}{dz^2}-\frac{d^2\psi_3}{dx^2}\right)=0,\quad \frac{d^2\psi_2}{dzdx}\frac{d^2\psi_3}{dxdz}+\frac{d^2\psi_1}{dydz}\left(\frac{d^2\psi_2}{dz_2}-\frac{d^2\psi_3}{dy^2}\right)=0,$$

et en faisant la somme des six relations :

$$(72)\quad \left\{\begin{array}{lll} \dfrac{d^2\psi_1}{dydz}\dfrac{d^2\psi_2}{dzdx}=0, & \dfrac{d^2\psi_2}{dzdx}\dfrac{d^2\psi_3}{dxdy}=0, & \dfrac{d^2\psi_3}{dxdy}\dfrac{d^2\psi_1}{dydz}=0, \\ \dfrac{d^2\psi_1}{dydz}\left(\dfrac{d^2\psi_3}{dy^2}-\dfrac{d^2\psi_2}{dz^2}\right)=0, & \dfrac{d^2\psi_2}{dzdx}\left(\dfrac{d^2\psi_1}{dz^2}-\dfrac{d^2\psi_3}{dx^2}\right)=0, & \\ \dfrac{d^2\psi_3}{dxdy}\left(\dfrac{d^2\psi_2}{dx^2}-\dfrac{d^2\psi_1}{dy^2}\right)=0. & & \end{array}\right.$$

Effectuant ensuite la permutation circulaire des indices et des coordonnées $x$, $y$, $z$ dans la première des relations (71), il vient :

$$(73)\quad \left\{\begin{array}{l} \left(\dfrac{d^2\psi_3}{dy^2}+\dfrac{d^2\psi_1}{dy^2}-\delta^2\psi_2\right)^2+\left(\dfrac{d^2\psi_3}{dy^2}-\dfrac{d^2\psi_2}{dz^2}\right)\left(\dfrac{d^2\psi_1}{dz^2}+\dfrac{d^2\psi_2}{dz^2}-\delta^2\psi_3\right) \\ \qquad+\left(\dfrac{d^2\psi_1}{dy^2}-\dfrac{d^2\psi_2}{dx^2}\right)\left(\dfrac{d^2\psi_2}{dx^2}+\dfrac{d^2\psi_3}{dx^2}-\delta^2\psi_1\right) \\ \qquad+\dfrac{d^2\psi_3}{dxdy}2+\dfrac{d_2\psi_1}{dydz}2-2\dfrac{d^2\psi_2}{dzdx}=0, \\ \left(\dfrac{d^2\psi_1}{dz^2}+\dfrac{d^2\psi_2}{dz^2}-\delta^2\psi_3\right)^2+\left(\dfrac{d^2\psi_1}{dz^2}-\dfrac{d^2\psi_3}{dy^2}\right)\left(\dfrac{d^2\psi_2}{dx^2}+\dfrac{d^2\psi_3}{dx^2}-\delta^2\psi_1\right) \\ \qquad+\left(\dfrac{d^2\psi_2}{dz^2}-\dfrac{d^2\psi_3}{dy^2}\right)\left(\dfrac{d^2\psi_3}{dy^2}+\dfrac{d^2\psi_1}{dy^2}-\delta^2\psi_2\right) \\ \qquad+\dfrac{d^2\psi_1}{dydz}2+\dfrac{d^2\psi_2}{dzdx}2-2\dfrac{d^2\psi_3}{dxdy}=0. \end{array}\right.$$

Les trois relations ainsi obtenues ne sont pas distinctes, car si on en fait la somme on obtient une identité. Deux au moins des coefficients différentiels $\frac{d^2\psi_1}{dydz}$, $\frac{d^2\psi_2}{dzdx}$, $\frac{d^2\psi_3}{dxdy}$ doivent être nuls ; si ce sont les deux derniers, il faut qu'on ait

$$\frac{d^2\psi^3}{dy^2}-\frac{d^2\psi_2}{dz^2}=0$$

et les trois autres relations à vérifier deviennent :

$$\left(\frac{d^2\psi_2}{dx^2}+\frac{d^2\psi_3}{dx^2}-\delta^2\psi_1\right)^2+\left(\frac{d^2\psi_2}{dx^2}-\frac{d^2\psi_1}{dy^2}\right)\left(\frac{d^2\psi_1}{dy^2}-\frac{d^2\psi_2}{dx^2}\right)$$
$$+\left(\frac{d^2\psi_3}{dx^2}-\frac{d^2\psi_1}{dz^2}\right)\left(\frac{d^2\psi_1}{dz^2}-\frac{d^2\psi_3}{dx^2}\right)-2\,\frac{d^2\psi_1}{dydz}\,2=0,$$

$$\left(\frac{d^2\psi_1}{dy^2}-\frac{d^2\psi_2}{dx^2}\right)^2+\left(\frac{d^2\psi_1}{dy^2}-\frac{d^2\psi_2}{dx^2}\right)\left(\frac{d^2\psi_2}{dx^2}+\frac{d^2\psi_3}{dx^2}-\delta^2\psi_1\right)+\frac{d^2\psi_1}{dydz}\,2=0,$$

$$\left(\frac{d^2\psi_1}{dz^2}-\frac{d^2\psi_3}{dx^2}\right)^2+\left(\frac{d^2\psi_1}{dz^2}-\frac{d^2\psi_3}{dx^2}\right)\left(\frac{d^2\psi_2}{dx^2}+\frac{d^2\psi_3}{dx^2}-\delta^2\psi_1\right)+\frac{d^2\psi_1}{dydz}\,2=0.$$

Or en retranchant membre à membre la dernière égalité de la seconde le premier membre de l'égalité résultante est identiquement nul ; ainsi on n'aura en définitive qu'à vérifier l'une des trois dernières équations.

Il faut encore que le terme tout connu de l'équation (70) soit identiquement nul, pour le mettre en évidence je pose :

$$\psi_1=\frac{1}{2}\frac{d^2\psi_1}{dy^2}\,y^2+\frac{1}{2}\frac{d^2\psi_1}{dz^2}\,z^2+\frac{d^2\psi_1}{dydz}\,yz+\frac{d\psi_1^{(0)}}{dy}\,y+\frac{d\psi_1^{(0)}}{dz}\,z+\psi_1^{(0)}$$

$$\psi_2=\frac{1}{2}\frac{d^2\psi_2}{dz^2}\,z^2+\frac{1}{2}\frac{d^2\psi_2}{dx^2}\,x^2+\frac{d^2\psi_2}{dzdx}\,zx+\frac{d\psi_2^{(0)}}{dz}\,z+\frac{d\psi_2^{(0)}}{dx}\,x+\psi_2^{(0)}$$

$$\psi_3=\frac{1}{2}\frac{d^2\psi_3}{dx^2}\,x^2+\frac{1}{2}\frac{d^2\psi_3}{dy^2}\,y^2+\frac{d^2\psi^3}{dxdy}\,xy+\frac{d\psi_3^{(0)}}{dx}\,x+\frac{d\psi_3^{(0)}}{dy}\,y+\psi_3^{(0)}$$

où les termes tout connus et les coefficients de $x$, $y$, $z$ sont des constantes. Par suite le terme tout connu de l'équation (70) devient

$$(74)\quad\left\{\begin{aligned}&\frac{d^2\Omega}{dxdy}\left(\frac{d^2\varphi_2}{dx^2}-\frac{d\psi_1^{(0)}}{dy}\right)+\frac{d^2\Omega}{dy^2}\left(\frac{d\psi_2^{(0)}}{dx}-\frac{d^2\varphi_1}{dy^2}\right)+\frac{d^2\Omega}{dydz}\left(\frac{d^2\varphi_2}{dzdx}-\frac{d^2\varphi_1}{dydz}\right)\\&\quad-\frac{d^2\Omega}{dzdx}\left(\frac{d\psi_1^{(0)}}{dz}-\frac{d^2\varphi_3}{dx^2}\right)-\frac{d^2\Omega}{dydz}\left(\frac{d^2\varphi_1}{dydz}-\frac{d^2\varphi_3}{dxdy}\right)\\&\quad-\frac{d^2\Omega}{dz^2}\left(\frac{d^2\varphi_1}{dz^2}-\frac{d\psi_3^{(0)}}{dx}\right)+\frac{d^2\Omega}{dx^2}\left(\frac{d\psi_2^{(0)}}{dx}+\frac{d\psi_3^{(0)}}{dx}-\delta^2\varphi_1\right)\\&+\frac{d^2\Omega}{dxdy}\left(\frac{d\psi_3^{(0)}}{dy}+\frac{d\psi_1^{(0)}}{dy}-\delta^2\varphi_2\right)+\frac{d^2\Omega}{dzdx}\left(\frac{d\psi_1^{(0)}}{dz}+\frac{d\psi_2^{(0)}}{dz}-\delta^2\varphi_3\right)=0.\end{aligned}\right.$$

A ces équations on peut en joindre deux autres qu'on obtiendrait en opérant d'une manière analogue sur les deux dernières équations (66), ou simplement en effectuant des permutations circulaires sur cette dernière.

Après cela il reste encore à vérifier l'équation (67) ou plutôt pour éviter l'intégration d'où elle résulte, les équation (65). Celles-ci développées deviennent

$$
(75)\quad \left\{\begin{aligned}
&2\frac{d^2\Omega}{dxdt}+\frac{d^2\Omega}{dx^2}\left(\frac{d\omega_3}{dy}-\frac{d\omega_2}{dz}\right)+\frac{d^2\Omega}{dxdy}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dz}\right)\\
&\quad+\frac{d^2\Omega}{dzdx}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)-\frac{d\Omega}{dx}\frac{d}{dx}\left(\frac{d\omega_3}{dy}-\frac{d\omega_2}{dz}\right)\\
&-\frac{d\Omega}{dy}\frac{d}{dy}\left(\frac{d\omega_3}{dy}-\frac{d\omega_2}{dz}\right)-\frac{d\Omega}{dz}\frac{d}{dz}\left(\frac{d\omega_3}{dy}-\frac{d\omega_2}{dz}\right)=0,\\
&2\frac{d^2\Omega}{dydt}+\frac{d^2\Omega}{dxdy}\left(\frac{d\omega_3}{dy}-\frac{d\omega_2}{dz}\right)+\frac{d^2\Omega}{dy^2}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)\\
&\quad+\frac{d^2\Omega}{dydz}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dx}\right)-\frac{d\Omega}{dx}\frac{d}{dx}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)\\
&-\frac{d\Omega}{dy}\frac{d}{dy}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)-\frac{d\Omega}{dz}\frac{d}{dz}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)=0,\\
&2\frac{d^2\Omega}{dzdt}+\frac{d^2\Omega}{dzdx}\left(\frac{d\omega_3}{dy}-\frac{d\omega_2}{dz}\right)+\frac{d^2\Omega}{dydz}\left(\frac{d\omega_1}{dz}-\frac{d\omega_3}{dx}\right)\\
&\quad+\frac{d^2\Omega}{dz^2}\left(\frac{d\omega_2}{dx}+\frac{d\omega_1}{dy}\right)-\frac{d\Omega}{dx}\frac{d}{dx}\left(\frac{d\omega^2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)\\
&-\frac{d\Omega}{dy}\frac{d}{dy}\left(\frac{d\omega^2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)-\frac{d\Omega}{dz}\frac{d}{dz}\left(\frac{d\omega_2}{dx}-\frac{d\omega_1}{dy}\right)=0.
\end{aligned}\right.
$$

Ces équations sont du second degré par rapport à $x$, $y$, $z$ et par un calcul analogue, quoique plus long, aux précédents, il faudra y mettre en évidence les coefficients des différentes puissances de $x$, $y$, $z$ et les égaler successivement à zéro. On n'aura, d'ailleurs, comme précédemment, qu'à opérer sur l'une de ces équations à raison de leur symétrie qui permet l'emploi des permutations circulaires et on pourra profiter des résultats acquis pour simplifier les calculs à effectuer.

Je ne pousserai pas plus loin cette recherche dont la principale utilité paraît être d'indiquer, d'une manière précise, le procédé qu'on devra employer pour résoudre les cas particuliers du problème général dont il s'agit.

10. — Il y a un autre cas particulier des équations aux dérivées partielles de l'Hydrodynamique qu'il importe de signaler, c'est celui qui résulte de l'hypothèse.

$$
(76)\qquad \theta=\frac{du}{dx}+\frac{dv}{dx}+\frac{dw}{dz}=0\,;
$$

par suite ces équations se simplifient et deviennent :

$$
(77)\quad \left\{\begin{aligned}
&2\Delta^2\frac{du}{dt} - 2\frac{h}{\rho}\Delta^2\Delta^2 u + \left(\frac{dw}{dx} - \frac{dv}{dz}\right)\Delta^2\frac{du}{dx} + \left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx}\right)\Delta^2\frac{du}{dy}\\
&+ \left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right)\Delta^2\frac{du}{dz} - \left(\frac{d^2w}{dxdy} - \frac{d^2v}{dzdx}\right)\Delta^2 u - \left(\frac{d^2u}{dzdx} - \frac{d^2w}{dx^2}\right)\Delta^2 v\\
&\qquad - \left(\frac{d^2v}{dx^2} - \frac{d^2u}{dxdy}\right)\Delta^2 w = 0;\\
&2\Delta^2\frac{dv}{dt} - 2\frac{h}{\rho}\Delta^2\Delta^2 v + \left(\frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz}\right)\Delta^2\frac{dv}{dx} + \left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx}\right)\Delta^2\frac{dv}{dy}\\
&+ \left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right)\Delta^2\frac{dv}{dz} - \left(\frac{d^2w}{dy^2} - \frac{d^2v}{dydz}\right)\Delta^2 u - \left(\frac{d^2u}{dydz} - \frac{dw}{dxdy}\right)\Delta^2 v\\
&\qquad - \left(\frac{d^2x}{dxdy} - \frac{d^2u}{dy^2}\right)\Delta^2 w = 0;\\
&2\Delta^2\frac{dw}{dt} - 2\frac{h}{\rho}\Delta^2\Delta^2 w + \left(\frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz}\right)\Delta^2\frac{dw}{dx} + \left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx}\right)\Delta^2\frac{dw}{dy}\\
&+ \left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right)\Delta^2\frac{dw}{dz} - \left(\frac{d^2w}{dydz} - \frac{d^2v}{dz^2}\right)\Delta^2 u - \left(\frac{d^2u}{dz^2} - \frac{dw}{dzdx}\right)\Delta^2 v\\
&\qquad - \left(\frac{d^2v}{dzdx} - \frac{d^2u}{dydz}\right)\Delta^2 w = 0.
\end{aligned}\right.
$$

Cette hypothèse a été présentée par Helmholtz comme embrassant toute l'Hydraulique (*Ueber Wirbelbewegungen*, § 3) et on peut l'admettre avec Kirchhoff (*Physique mathématique*, 20e leçon), si la fonction potentielle $\theta$ est univoque, continue, s'annule à l'infini et que le vase où s'effectue le mouvement du liquide est à connexion simple. De ces suppositions diverses les premières résultent de la théorie des tourbillons, telle qu'elle a été présentée par Helmholtz et on ne peut être assuré de la dernière qu'après avoir fait usage du procédé indiqué au numéro 6 pour déterminer la forme du vase à l'intérieur duquel doit s'écouler le liquide en mouvement, pour lequel on connaît les fonctions $u$, $v$, $w$, et par suite la vitesse.

Les équations (77) sont par rapport à $x$, $y$, $z$ du quatrième ordre, si l'on a égard à la viscosité du liquide et du troisième ordre, si l'on en fait abstraction. Si l'on prend pour $u$, $v$, $w$ des fonctions du second degré en $x$, $y$, $z$ :

$$u = A_1x^2 + A'_1y^2 + A''_1z^2 + 2B'_1yz + 2B'_1zx + 2B''_1xy + u_0,$$

$$v = A_2x^2 + A'_2y_2 + A''_2z^2 + 2B_2yz + 2B'_2zx + 2B''_2xy + v_0,$$

$$w = A_3x^2 + A'_3y^2 + A''_3z^2 + 2B_3yz + 2B'_3zx + 2B''_3xy + w_0,$$

où $u_0$, $v_0$, $w_0$ désignent l'ensemble des termes de degré inférieur à 2, il vient :

$$\theta = \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} = 2(A_1 + B''_2 + B'_3)x + 2(B''_1 + A'_2 + B_3)y + 2(B'_1 + B_2 + A''_3)z + \frac{du_0}{dx} + \frac{dv_0}{dy} + \frac{dw_0}{dz},$$

et $$\Delta^2 u = 2(A_1 + A'_1 + A''_1), \qquad \Delta^2 v = 2(A_2 + A'_2 + A''_2),$$

$$\Delta^2 w = 2(A_3 + A'_3 + A''_3),$$

puis

$$\frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz} = 2\left[(B''_3 - B'_2)x + (A'_3 - B_2)y + (B_3 - A''_2)z\right] + \frac{dw_0}{dy} - \frac{dv_0}{dz},$$

$$\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx} = 2\left[(B'_1 - A_3)x + (B_1 - B''_3)y + (A''_1 - B'_3)z\right] + \frac{du_0}{dz} - \frac{dw_0}{dx},$$

$$\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy} = 2\left[(A_2 - B''_1)x + (B''_2 - A'_1)y + (B'_2 - B_1)z\right] + \frac{dv_0}{dx} - \frac{du_0}{dy}.$$

D'après cela on obtient pour les équations (77) :

$$(78)\quad \begin{cases} \dfrac{dA_1}{dt} + \dfrac{dA'_1}{dt} + \dfrac{dA''_1}{dt} = (B''_3 - B'_2)(A_1 + A'_1 + A''_1) \\ \quad + (B'_1 - A_3)(A_2 + A'_2 + A''_2) + (A_2 - B''_1)(A_3 + A'_3 + A''_3), \\ \dfrac{dA_2}{dt} + \dfrac{dA'_2}{dt} + \dfrac{dA''_2}{dt} = (A'_3 - B_2)(A_1 + A'_1 + A''_1) \\ \quad + (B'_1 - B''_3)(A_2 + A'_2 + A''_2) + (B''_2 - A'_1)(A_3 + A'_3 + A''_3), \\ \dfrac{dA_3}{dt} + \dfrac{dA'_3}{dt} + \dfrac{dA''_3}{dt} = (B_3 - A''_3)(A_1 + A'_1 + A''_1) \\ \quad + (A''_1 - B'_3)(A_2 + A'_2 + A''_2) + (B'_2 - B_1)(A_3 + A'_3 + A''_3), \end{cases}$$

et il faut y joindre les égalités :

$$(79)\quad A_1 + B''_2 + B'_3 = 0, \qquad B''_1 + A'_2 + B_3 = 0, \qquad B'_1 + B_2 + A''_3 = 0.$$

D'après ces équations on est libre de disposer des binômes $B''_3 - B'_2$, $B_1 - B''_3$, $B'_2 - B_1$, et de les considérer comme des constantes, ou comme

des fonctions du temps. On peut ensuite en éliminer $A_1$, $A'_2$, $A''_3$ au moyen des égalités (79). Par suite les équations (78) deviennent :

$$(80)\quad \begin{cases} \dfrac{dB''_2}{dt} + \dfrac{dB'_3}{dt} - \dfrac{dA'_1}{dt} - \dfrac{dA''_1}{dt} = (B''_3 - B'_2)(B''_2 + B'_3 - A'_1 - A''_1) \\ + (B'_1 - A_3)(B_3 + B''_1 - A''_2 - A_2) + (A_2 - B''_1)(B'_1 + B_2 + A_3 + A'_3); \\ \dfrac{dB_3}{dt} + \dfrac{dB''_1}{dt} - \dfrac{dA''_2}{dt} - \dfrac{dA_2}{dt} = (A'_3 - B_2)(B''_2 + B'_3 - A'_1 - A''_1) \\ + (B_1 - B''_3)(B_3 + B''_1 - A''_2 - A_2) + (B''_2 - A'_1)(B'_1 + B_2 - A_3 - A'_3); \\ \dfrac{dB'_1}{dt} + \dfrac{dB_2}{dt} - \dfrac{dA_3}{dt} - \dfrac{dA'_3}{dt} = (B_3 - A''_2)(B''_2 + B'_3 - A'_1 - A''_1) \\ + (A_1 - B'_3)(B_3 + B''_1 - A''_2 - A_2) + (B'_2 - B_1)(B'_1 + B_2 - A_3 - A'_3). \end{cases}$$

Si pour simplifier on pose :

$$B''_2 - A'_1 = y_1, \qquad B_3 - A''_2 = y_2, \qquad B'_1 - A_3 = y_3,$$
$$B'_3 - A''_1 = z_1, \qquad B''_1 - A_2 = z_2, \qquad B_2 - A'_3 = z_3,$$

les équations précédentes deviennent :

$$(81)\quad \begin{cases} \dfrac{dy_1}{dt} + \dfrac{dz_1}{dt} = (B''_3 - B'_2)(y_1 + z_1) + y_3(y_2 + z_2) - z_2(y_3 + z_3), \\ \dfrac{dy_2}{dt} + \dfrac{dz_2}{dt} = -z_3(y_1 - z_1) + (B_1 - B''_3)(y_2 + z_2) + y_1(y_3 + z_3), \\ \dfrac{dy_3}{dt} + \dfrac{dz_3}{dt} = -y_2(y_1 + z_1) - z_1(y_2 + z_2) + (B'_2 - B_1)(y_3 + z_3). \end{cases}$$

Comme il n'y en a que trois et qu'il y entre six inconnues, on peut s'en donner trois à volonté, par exemple les fonctions $y_1$, $y_2$, $y_3$ et on aura, pour déterminer les fonctions $z_1$, $z_2$, $z_3$, trois équations non linéaires. Il est à remarquer qu'on serait arrivé au même résultat, sans faire aucune hypothèse restrictive sur $\theta$; mais si l'on a égard aux égalités (79), il en résulte :

$$y_1 + z_1 = -\frac{\Delta^2 u}{2}, \qquad y_2 + z_2 = -\frac{\Delta^2 v}{2}, \qquad y_3 + z_3 = -\frac{\Delta^2 w}{2}.$$

Après avoir obtenu les expressions cherchées pour $u$, $v$, $w$ il y aura ensuite à déterminer la fonction $n$ et les quantités $\beta$, $\gamma$ d'après les indications données aux numéros 7 et 8.

11. — Quelque importance qu'on attribue au théorème de Lagrange, cette proposition célèbre ne fait cependant pas connaître les causes effectives de la production d'une rotation élémentaire dans le mouvement des

liquides. D'après les considérations que suggère la notion des surfaces de Lagrange, ce phénomène paraît dépendre de deux faits principaux, d'abord de la contrainte exercée sur un liquide par le vase où il se meut et plus généralement des pressions qu'il subit lorsque leur influence est assez grande pour se manifester dans le domaine de l'étendue, c'est-à-dire en modifiant ses vélocites; puis en second lieu de sa viscosité.

D'après cela, pour remédier aux pertes de force vive qu'occasionne la rotation élémentaire, comme on n'est pas libre en général d'influer sur la nature des liquides en mouvement, il y aurait avantage à donner aux vases qui les contiennent, ou tout au moins aux ajutages destinés à faciliter leur écoulement, des formes compatibles avec l'existence d'un potentiel des vitesses. Bossut proposait de modeler les ajutages sur les formes spontanées qu'affectent les veines liquides. Ce célèbre hydraulicien présumait donc qu'en vertu, pour ainsi dire, d'une certaine harmonie des choses, le liquide, délivré de la contrainte du vase d'où il jaillit, tend de lui-même à éliminer la rotation élémentaire pour prendre le plus simple des mouvements; de même qu'un mobile, par la suppression des forces qu'il subissait, revient de lui-même au mouvement rectiligne et uniforme. Cette opinion demanderait à être contrôlée par l'expérience, mais pour justifier le calcul qui va suivre, je m'appuierai seulement sur le théorème de Lagrange, d'où il résulte qu'en l'absence de causes contraires le mouvement d'un liquide est généralement irrotationnel. Je vais prouver que si l'on fait abstraction de la viscosité, le mouvement d'un liquide qui par toutes ses parties tend en ligne droite vers un point fixe, est irrotationnel.

Soient :

$$\alpha = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \qquad \operatorname{tang}\beta = \frac{x}{y}, \qquad \operatorname{tang}\gamma = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z},$$

ou ce qui revient au même :

$$x = \alpha \cos\beta \sin\gamma, \qquad y = \alpha \sin\beta \sin\gamma, \qquad z = \alpha \cos\gamma,$$

les équations ordinaires du système de coordonnées polaires. Il en résulte :

$$\frac{dD}{d\alpha_1} = -\frac{\cos\beta}{\alpha^2}, \quad \frac{dD}{d\alpha_2} = -\frac{\sin\beta}{\alpha^2}, \quad \frac{dD}{d\alpha_3} = -\frac{\cos\gamma}{\alpha^2 \sin\gamma}, \quad V = \frac{E}{\alpha^2 \sin\gamma},$$

$$\frac{dD}{d\beta_1} = -\frac{\sin\beta}{\alpha}, \qquad \frac{dD}{d\beta_2} = -\frac{\cos\beta}{\alpha}, \qquad \frac{dD}{d\beta_3} = 0,$$

$$\frac{dD}{d\gamma_1} = -\frac{\cos\beta\cos\gamma}{\alpha \sin\gamma}, \quad \frac{dD}{d\gamma_2} = -\frac{\sin\beta\cos\gamma}{\alpha \sin\gamma}, \quad \frac{dD}{d\gamma_3} = -\frac{1}{\alpha}, \quad D = -\frac{1}{\alpha^2 \sin\gamma},$$

et il faudrait avec ces expressions, vérifier généralement les équations :

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\mathrm{E}\right)-\frac{h}{\rho}\Delta^2\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\mathrm{E}\right)+\mathrm{DE}\frac{d}{d\alpha}\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\mathrm{E}\right)=\frac{d\mathrm{K}}{dx},$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\mathrm{E}\right)-\frac{h}{\rho}\Delta^2\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\mathrm{E}\right)+\mathrm{DE}\frac{d}{d\alpha}\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\mathrm{E}\right)=\frac{d\mathrm{K}}{dy},\qquad \mathrm{K}=\mathrm{W}-\frac{\varpi}{\rho},$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\mathrm{E}\right)-\frac{h}{\rho}\Delta^2\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\mathrm{E}\right)+\mathrm{DE}\frac{d}{d\alpha}\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\mathrm{E}\right)=\frac{d\mathrm{K}}{dz}.$$

Or, si l'on fait abstraction de la viscosité, elles deviennent :

$$\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\frac{dp}{dt}+\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\frac{dq}{dt}+\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\frac{dz}{dt}+\mathrm{DV}\frac{d\mathrm{V}}{d\alpha}=\mathrm{D}\frac{d\mathrm{K}}{d\alpha},$$

$$\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\frac{dp}{dt}+\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\frac{dq}{dt}+\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\frac{dr}{dt}+\mathrm{DE}^2\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}+\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}+\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\right)=\mathrm{D}\frac{d\mathrm{K}}{d\beta},$$

$$\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\frac{dp}{dt}+\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\frac{dq}{dt}+\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\frac{dr}{dt}+\mathrm{DE}^2\left(\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}+\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_2}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}+\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\right)=\mathrm{D}\frac{d\mathrm{K}}{d\gamma},$$

où l'on a, parce que les quantités $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ ne dépendent pas du temps $t$ :

$$\frac{dp}{dt}=\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}\frac{d\mathrm{E}}{dt},\qquad \frac{dq}{dt}=\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}\frac{d\mathrm{E}}{dt},\qquad \frac{dr}{dt}=\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}\frac{d\mathrm{E}}{dt},$$

$$\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}+\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}+\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}=0,\qquad \frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}+\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_2}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}+\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}=0,$$

$$\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_1}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}+\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_2}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}+\frac{d\mathrm{D}}{d\beta_3}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}=0$$

$$\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_1}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_1}+\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_2}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_2}+\frac{d\mathrm{D}}{d\gamma_3}\frac{d}{d\alpha}\frac{d\mathrm{D}}{d\alpha_3}=0.$$

Par suite les deux dernières équations se réduisent respectivement à :

$$\frac{d\mathrm{K}}{d\beta}=0,\qquad \frac{d\mathrm{K}}{d\gamma}=0,$$

et la première devient :

$$(82)\left\{\begin{array}{c}\left(\dfrac{dD_2}{d\alpha_1}+\dfrac{dD_2}{d\alpha_2}+\dfrac{dD_2}{d\alpha_3}\right)\dfrac{dE}{dt}+DV\dfrac{dV}{d\alpha}-D\dfrac{dK}{d\alpha}\\ =\dfrac{1}{\alpha^4\sin^2\gamma}\dfrac{dE}{dt}+\dfrac{2E^2}{\alpha^7\sin^4\gamma}+\dfrac{1}{\alpha_2\sin\gamma}\dfrac{dK}{d\alpha}=0;\end{array}\right.$$

d'où il résulte :

$$\frac{dK}{dt}=-\frac{1}{\alpha^2\sin\gamma}\frac{dE}{dt}-\frac{2E^2}{\alpha^5\sin\gamma}$$

et pour que K soit indépendant de $\gamma$, comme il résulte des relations précédentes, il faut qu'on ait $E = T\sin\gamma$ et par suite :

$$K=W-\frac{\varpi}{\rho}=\frac{T^2}{2\alpha^4}+\frac{1}{\alpha}\frac{dT}{dt}+\Theta$$

où T et $\Theta$ désignent deux fonctions de $t$.

D'ailleurs les composantes de vitesse ont pour expressions :

$$p=-\frac{T\cos\beta\sin\gamma}{\alpha^2}=-T\frac{\dfrac{d\alpha}{dx}}{\alpha^2},\qquad q=-\frac{T\sin\beta\sin\gamma}{\alpha^2}=-T\frac{\dfrac{d\alpha}{dy}}{\alpha^2},$$

$$r=-\frac{T\cos\gamma}{\alpha^2}=-T\frac{\dfrac{d\alpha}{dz}}{\alpha^2},$$

et il y a un potentiel de vitesse qui a pour expression $\omega=\dfrac{T}{\alpha}$.

On peut employer le même procédé dans tous les cas où $\alpha$ est la caractéristique d'une surface isotherme, mais pour pouvoir affirmer que le mouvement d'un liquide parfait, dont les trajectrices sont normales à une série de surfaces isothermes à un paramètre, est nécessairement irrotationnel, il faudrait une démonstration générale et rigoureuse. On peut aussi se demander si les liquides visqueux qui ont un mouvement irrotationnel, lorsqu'on fait abstraction de leur viscosité et le conservent sans cette restriction, comme dans le cas actuel, pourraient en avoir un autre dans des conditions différentes; ce qui paraît improbable, car de la condition $\Delta^2\omega$ résultent nécessairement celles-ci : $\Delta^2\dfrac{d\varpi}{dx}=0,\quad \Delta^2\dfrac{d\omega}{dy}=0,\quad \Delta^2\dfrac{d\omega}{dz}=0.$

M. Lucien LIBERT

Lauréat de la Société astronomique, à Paris.

# QUINZE ANNÉES D'OBSERVATIONS DE L'ÉTOILE MIRA CETI [523.84]

*— Séance du 8 août —*

## I

### SON HISTOIRE

La Commission des Étoiles variables de la Société astronomique a remis en honneur cette branche de l'astronomie où les amateurs doués de patience et de persévérance peuvent rendre encore de signalés services. Il est une étoile qu'ils devraient tous inscrire en tête de la liste des variables qu'ils se proposent d'observer : c'est l'étoile Mira Ceti. M. Camille Flammarion s'est longuement étendu dans *les Étoiles* (page 495) sur son histoire et je la résumerai brièvement ici.

Elle a été observée pour la première fois le 13 août 1596 par David Fabricius. L'étoile disparut en octobre de la même année.

Elle fut revue en 1603 par Bayer ; en 1637 par Holwarda ; en 1641 par Fullenius.

De 1648 à 1662 Hevelius la suivit régulièrement et à cause de ses variations remarquables il l'appela « Mira » la Merveilleuse. Il crut pouvoir conclure d'après ses observations à une période de variation égale à 333 jours.

Ces observations furent reprises à la fin du XVIII^e^ siècle par W. Herschel qui trouva une période de 331 jours 10 heures 9 minutes.

En 1850 Argelander fit la période de 331 jours 15 heures 7 minutes ; mais il détermina une seconde variation embrassant 88 périodes, qui diminue ou augmente de 25 jours ses retours successifs.

D'après les dernières observations faites avant 1885 la période de variation semblait être de 331 jours 8 heures 4 minutes.

## II

### SA POSITION

L'étoile Mira Ceti est située dans la constellation de la Baleine ; sur les catalogues c'est l'étoile ο de cette constellation. On la trouve sur l'alignement du ruban boréal des Poissons au-dessous de α des Poissons.

On peut la trouver aussi en menant une ligne idéale allant d'Aldébaran à α Balance et en la prolongeant sur γ et δ. L'étoile Mira Ceti est une étoile double possédant une composante de 9 grandeurs 1/2.

Sa position sur la voûte céleste est pour 1902

$2^h\ 14^m\ 24^s$ d'ascension droite ;

$3°\ 25'\ 3''$ de déclinaison australe.

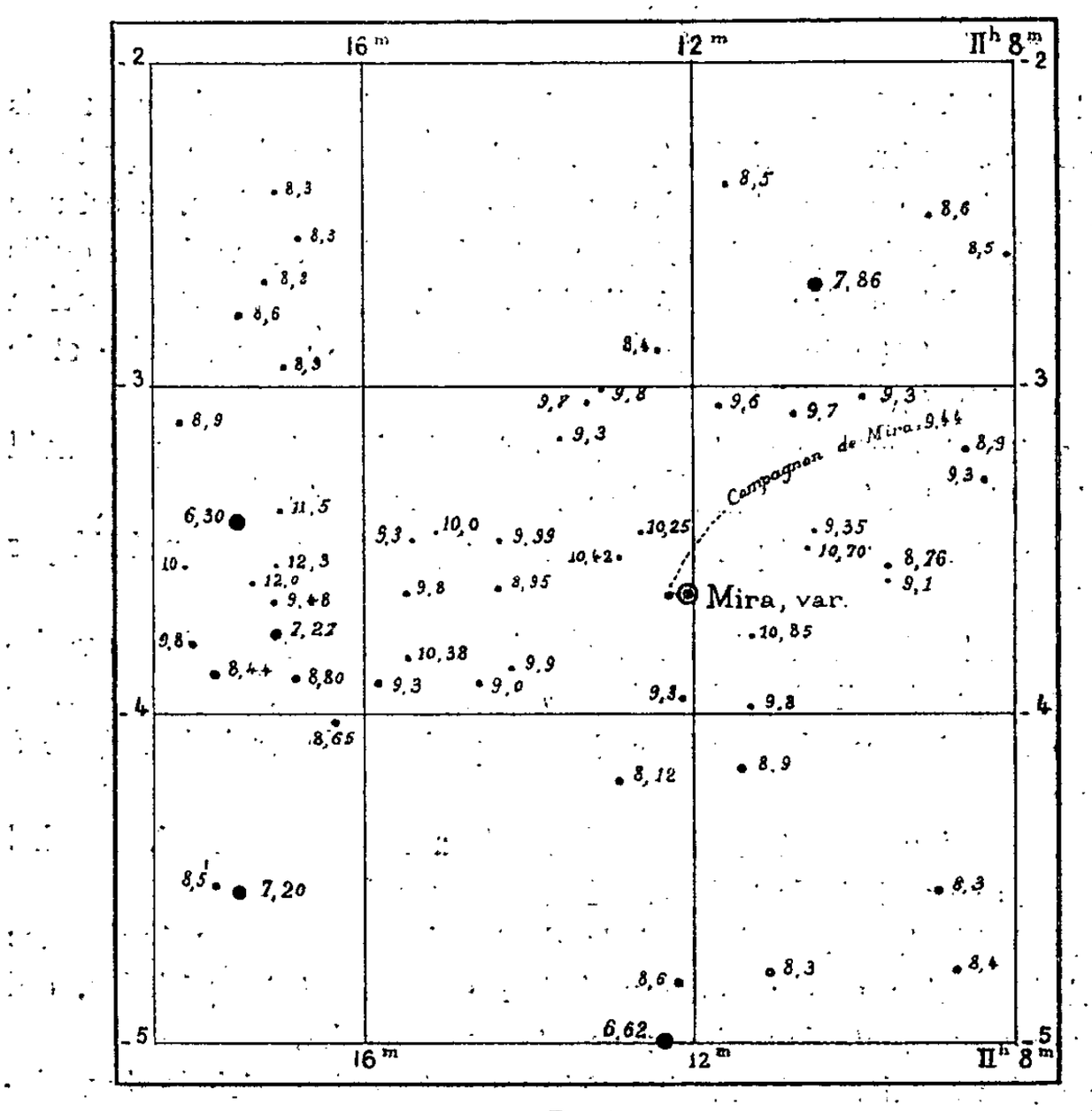



FIG. 1.

On peut commencer à la suivre dès le commencement de juillet, un peu avant l'aurore ; j'en ai fait de nombreuses observations au moment de la

pluie des Perséides; elle est bien visible dans le ciel du sud pendant les mois d'hiver et on peut la suivre jusqu'en mars, époque où elle se perd dans le rayonnement solaire.

La figure 1 est destinée à servir de guide lorsque l'étoile est descendue au-dessous de la 7e grandeur : je distingue bien toutes ces étoiles avec l'excellent 4 pouces qui m'a été fourni récemment par l'habile constructeur R. Mailhat. Les grandeurs avec deux décimales sont photométriques.

Mon collègue M. Joao de Moraes Pereira a bien voulu m'aider et me guider de ses précieux conseils dans mes travaux concernant cette belle étoile.

## III

### LES OBSERVATIONS DE MIRA

Cette variable est facilement accessible à tous les observateurs; l'annuaire du Bureau des longitudes indique que Mira Ceti est de grandeur 3,3 à son maximum et est de grandeur 8,8 à son minimum; en réalité ces chiffres n'ont rien d'absolu et le maximum semble osciller entre les grandeurs 2,2 et 4,4.

Les étoiles de comparaison qui m'ont servi pour les estimations d'éclat dans la période où l'étoile est visible à l'œil nu, étoiles qui ont été adoptées par mon collègue M. Duménil, à Yébleron, sont les suivantes. Elles sont toutes situées dans le voisinage de l'étoile, ce qui me semble indispensable pour avoir de bonnes observations.

| | Grandeurs photom. |
|---|---|
| α Taureau | 1,0 |
| β Taureau | 1,90 |
| α Bélier | 2,04 |
| β Baleine | 2,13 |
| α Baleine | 2,68 |
| β Bélier | 2,79 |
| γ Éridan | 3,05 |
| γ Pégase | 3,04 |
| β Triangle | 3,12 |
| η Baleine | 3,57 |
| γ Baleine | 3,59 |
| θ Baleine | 3,77 |
| α Poissons | 3,99 |
| δ Baleine | 4,08 |
| $\xi^1$ Baleine | 4,45 |
| $\xi^2$ Baleine | 4,41 |
| 10 Taureau | 4,35 |
| ξ Poissons | 4,74 |
| 32 Éridan | 4,79 |
| ν Baleine | 4,90 |
| 94 Baleine | 5,02 |
| λ Baleine | 4,60 |
| Éridan $3^h\ 52^m\ 7^s$ — 3°16 | 5,03 |
| μ Poissons | 5,24 |

| Éridan | Grandeurs photom. |
|---|---|
| $2^h\ 50^m\ 6$ — 4° 12 | 5,21 |
| $2^h\ 53^m\ 6$ — 2° 57 | 5,38 |

| Baleine | Grandeurs photom. |
|---|---|
| $2^h\ 4^m\ 0$ — 6° 59 | 5,68 |
| 63 Baleine | 6,08 |

L'étoile étant rouge, il faut autant que possible employer comme étoiles de comparaison des étoiles de cette couleur, les comparaisons entre étoiles de couleurs différentes étant excessivement délicates.

## IV

### VARIATIONS D'ÉCLAT DEPUIS QUINZE ANS

Les observations que je présente dans les tableaux ci-dessous ont été faites de 1886 à 1897 par mon laborieux collègue M. Duménil d'Yébleron. Mon regretté collègue m'a laissé après sa mort ses observations manuscrites. C'est dans cette mine précieuse que j'ai puisé les observations qui vont suivre ; de 1897 à 1902, les observations ont été faites à mon observatoire du Havre; mon collègue, terrassé par la maladie et ne pouvant plus s'occuper d'astronomie, m'avait instamment recommandé de poursuivre ses recherches sur la remarquable variable. Les observations sont au nombre de 911, dont 494 de M. Duménil et 417 de M. Libert.

## Observations de M. G.-A. Duménil.

| NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS |
|---|---|---|
| | **1886** | |
| 1 | 27 octobre | 6,5 |
| 2 | 16 novembre | 4,5 |
| 3 | 20 — | 4,0 |
| 4 | 21 — | 4,0 |
| 5 | 22 — | 4,0 |
| 6 | 23 — | 4,0 |
| 7 | 24 — | 4,0 |
| 8 | 25 — | 4,0 |
| 9 | 26 — | 4,0 |
| 10 | 27 — | 4,0 |
| 11 | 28 — | 4,0 |
| 12 | 29 — | 4,0 |
| 13 | 30 — | 4,0 |
| | **1887** | |
| 14 | 21 janvier | 6,0 |
| 15 | 23 février | 8,0 |
| 16 | 28 septembre | 6,5 |
| 17 | 29 — | 6,5 |
| 18 | 30 — | 6,5 |
| 19 | 14 octobre | 5,5 |
| 20 | 15 — | 5,5 |
| 21 | 16 — | 5,5 |
| 22 | 17 — | 5,5 |
| 23 | 18 — | 5,5 |
| 24 | 19 — | 5,5 |
| 25 | 21 — | 4,7 |
| 26 | 22 — | 4,7 |
| 27 | 23 — | 4,7 |
| 28 | 15 novembre | 5,0 |
| 29 | 16 — | 5,0 |
| 30 | 30 — | 5,5 |
| 31 | 31 décembre | 5,8 |
| | **1888** | |
| 32 | 7 janvier | 6,0 |
| 33 | 31 — | 6,2 |
| 34 | 1er février | 6,2 |
| 35 | 2 — | 6,2 |
| 36 | 3 — | 6,2 |
| 37 | 4 — | 6,2 |
| 38 | 5 — | 6,2 |
| 39 | 6 février | 6,2 |
| 40 | 7 — | 6,2 |
| 41 | 8 — | 6,2 |
| 42 | 9 — | 6,2 |
| 43 | 10 — | 6,2 |
| 44 | 11 — | 6,2 |
| 45 | 12 — | 6,2 |
| 46 | 12 août | 4,0 |
| 47 | 1er septembre | 3,5 |
| 48 | 12 — | 3,2 |
| 49 | 13 — | 2,5 |
| 50 | 1er octobre | 2,5 |
| 51 | 14 — | 2,8 |
| 52 | 15 — | 3,0 |
| 53 | 16 — | 3,0 |
| 54 | 17 — | 3,0 |
| 55 | 18 — | 3,0 |
| 56 | 19 — | 3,0 |
| 57 | 20 — | 3,0 |
| 58 | 21 — | 3,0 |
| 59 | 22 — | 3,0 |
| 60 | 23 — | 3,0 |
| 61 | 24 — | 3,0 |
| 62 | 25 — | 3,2 |
| 63 | 26 — | 3,2 |
| 64 | 27 — | 3,2 |
| 65 | 3 novembre | 3,8 |
| 66 | 9 — | 4,0 |
| 67 | 13 — | 4,2 |
| 68 | 26 — | 4,5 |
| 69 | 30 — | 5,0 |
| 70 | 2 décembre | 5,5 |
| 71 | 5 — | 6,0 |
| 72 | 6 — | 6,0 |
| 73 | 7 — | 6,0 |
| 74 | 8 — | 6,0 |
| 75 | 9 — | 6,0 |
| 76 | 27 — | 6,2 |
| | **1889** | |
| 77 | 2 janvier | 6,5 |
| 78 | 3 — | 6,5 |
| 79 | 4 — | 6,5 |
| 80 | 5 — | 6,5 |
| 81 | 6 — | 6,5 |
| 82 | 7 — | 6,5 |
| 83 | 8 janvier | 6,5 |
| 84 | 9 — | 6,5 |
| 85 | 10 — | 6,5 |
| 86 | 11 — | 6,5 |
| 87 | 12 — | 6,5 |
| 88 | 13 — | 6,5 |
| 89 | 14 — | 6,5 |
| 90 | 15 — | 6,5 |
| 91 | 16 — | 6,5 |
| 92 | 17 — | 6,5 |
| 93 | 18 — | 6,5 |
| 94 | 19 — | 6,5 |
| 95 | 20 — | 6,5 |
| 96 | 21 — | 6,5 |
| 97 | 22 — | 6,5 |
| 98 | 23 — | 6,5 |
| 99 | 24 — | 6,5 |
| 100 | 25 — | 6,5 |
| 101 | 26 — | 6,5 |
| 102 | 27 — | 6,5 |
| 103 | 31 juillet | 4,5 |
| 104 | 1er août | 4,5 |
| 105 | 8 — | 4,0 |
| 106 | 9 — | 4,0 |
| 107 | 10 — | 4,0 |
| 108 | 11 — | 4,0 |
| 109 | 12 — | 4,0 |
| 110 | 13 — | 4,0 |
| 111 | 14 — | 4,0 |
| 112 | 15 — | 4,0 |
| 113 | 16 — | 4,0 |
| 114 | 17 — | 4,0 |
| 115 | 18 — | 4,0 |
| 116 | 19 — | 4,0 |
| 117 | 20 — | 4,0 |
| 118 | 21 — | 4,0 |
| 119 | 22 — | 4,0 |
| 120 | 23 — | 4,0 |
| 121 | 24 — | 4,0 |
| 122 | 25 — | 4,0 |
| 123 | 26 — | 4,0 |
| 124 | 27 — | 4,0 |
| 125 | 28 — | 4,0 |
| 126 | 29 — | 4,0 |
| 127 | 30 — | 4,0 |
| 128 | 31 — | 4,0 |

| NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS |
|---|---|---|
| 129 | 17 septembre | 4,0 |
| 130 | 17 — | 4,3 |
| 131 | 24 — | 4,5 |
| 132 | 30 — | 5,0 |
| 133 | 3 octobre | 5,0 |
| 134 | 17 — | 5,2 |
| 135 | 24 — | 5,8 |
| 136 | 30 — | 6,0 |
| 137 | 12 novembre | 6,2 |
| 138 | 13 — | 6,2 |
| 139 | 14 — | 6,2 |
| 140 | 15 — | 6,2 |
| 141 | 16 — | 6,2 |
| 142 | 17 — | 6,2 |
| 143 | 18 — | 6,2 |
| 144 | 19 — | 6,2 |
| 145 | 20 — | 6,2 |
| 146 | 21 — | 6,2 |
| 147 | 22 — | 6,2 |
| 148 | 23 — | 6,2 |
| 149 | 24 — | 6,2 |
| 150 | 25 — | 6,2 |
| 151 | 26 — | 6,2 |
| | **1890** | |
| 152 | 17 juillet | 4,2 |
| 153 | 18 — | 4,2 |
| 154 | 19 — | 4,2 |
| 155 | 20 — | 4,2 |
| 156 | 21 — | 4,2 |
| 157 | 22 — | 4,2 |
| 158 | 23 — | 4,2 |
| 159 | 24 — | 4,2 |
| 160 | 25 — | 4,2 |
| 161 | 26 — | 4,2 |
| 162 | 27 — | 4,2 |
| 163 | 28 — | 4,2 |
| 164 | 29 — | 4,2 |
| 165 | 20 août | 4,2 |
| 166 | 21 — | 4,2 |
| 167 | 22 — | 4,2 |
| 168 | 23 — | 4,2 |
| 169 | 24 — | 4,2 |
| 170 | 8 septembre | 4,5 |
| 171 | 9 — | 4,8 |
| 172 | 10 — | 4,8 |
| 173 | 12 — | 5,0 |
| 174 | 13 — | 5,0 |
| 175 | 14 septembre | 5,0 |
| 176 | 15 — | 5,0 |
| 177 | 24 — | 5,2 |
| 178 | 9 octobre | 5,8 |
| 179 | 12 — | 6,0 |
| 180 | 13 — | 6,0 |
| | **1891** | |
| 181 | 6 août | 4,5 |
| 182 | 7 — | 4,5 |
| 183 | 15 — | 4,5 |
| 184 | 27 — | 5,0 |
| 185 | 28 — | 5,0 |
| 186 | 29 — | 5,0 |
| 187 | 30 — | 5,0 |
| 188 | 31 — | 5,0 |
| 189 | 4 septembre | 5,2 |
| 190 | 8 — | 5,5 |
| 191 | 9 — | 6,0 |
| 192 | 12 — | 6,0 |
| 193 | 13 — | 6,0 |
| 194 | 14 — | 6,0 |
| 195 | 15 — | 6,0 |
| 196 | 16 — | 6,0 |
| 197 | 17 — | 6,0 |
| 198 | 18 — | 6,0 |
| 199 | 19 — | 6,0 |
| 200 | 20 — | 6,0 |
| 201 | 21 — | 6,0 |
| 202 | 22 — | 6,0 |
| 203 | 23 — | 6,0 |
| 204 | 24 — | 6,0 |
| 205 | 25 — | 6,0 |
| 206 | 26 — | 6,0 |
| 207 | 27 — | 6,0 |
| | **1892** | |
| 208 | 6 août | 5,0 |
| 209 | 19 — | 6,0 |
| 210 | 21 — | 6,2 |
| 211 | 22 — | 6,2 |
| 212 | 23 — | 6,2 |
| 213 | 24 — | 6,2 |
| 214 | 25 — | 6,2 |
| 215 | 26 — | 6,2 |
| 216 | 27 — | 6,2 |
| 217 | 28 — | 6,2 |
| 218 | 20 août | 6,2 |
| 219 | 30 — | 6,2 |
| | **1893** | |
| 220 | 10 août | 8,0 |
| 221 | 10 septembre | 8,0 |
| 222 | 16 octobre | 8,0 |
| 223 | 6 novembre | 7,5 |
| 224 | 3 décembre | 7,0 |
| 225 | 4 — | 7,0 |
| 226 | 5 — | 7,0 |
| 227 | 6 — | 7,0 |
| 228 | 7 — | 7,0 |
| 229 | 8 — | 7,0 |
| 230 | 9 — | 7,0 |
| 231 | 10 — | 7,0 |
| 232 | 11 — | 7,0 |
| 233 | 12 — | 7,0 |
| 234 | 13 — | 7,0 |
| 235 | 14 — | 7,0 |
| 236 | 15 — | 7,0 |
| 237 | 16 — | 7,0 |
| 238 | 17 — | 7,0 |
| 239 | 18 — | 7,0 |
| 240 | 19 — | 7,0 |
| 241 | 20 — | 7,0 |
| 242 | 21 — | 7,0 |
| 243 | 22 — | 7,0 |
| 244 | 23 — | 7,0 |
| 245 | 24 — | 7,0 |
| 246 | 25 — | 7,0 |
| 247 | 26 — | 7,0 |
| 248 | 27 — | 7,0 |
| 249 | 28 — | 7,0 |
| 250 | 29 — | 7,0 |
| 251 | 30 — | 7,0 |
| 252 | 31 — | 7,0 |
| | **1894** | |
| 253 | 31 janvier | 6,5 |
| 254 | 3 février | 6,3 |
| 255 | 8 — | 6,3 |
| 256 | 21 — | 5,0 |
| 257 | 24 — | 4,0 |
| 258 | 25 — | 4,0 |
| 259 | 26 — | 4,0 |
| 260 | 27 — | 4,0 |

| NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS |
|---|---|---|
| 261 | 28 février | 4,0 |
| 262 | 2 mars | 3,2 |
| 263 | 3 — | 3,2 |
| 264 | 4 — | 3,2 |
| 265 | 5 — | 3,2 |
| 266 | 6 — | 3,2 |
| 267 | 7 — | 3,2 |
| 268 | 8 — | 3,2 |
| 269 | 9 — | 3,2 |
| 270 | 10 — | 3,2 |
| 271 | 11 — | 3,2 |
| 272 | 12 — | 3,2 |
| 273 | 13 — | 3,2 |
| 274 | 14 — | 3,2 |
| 275 | 15 — | 3,2 |
| 276 | 16 — | 3,2 |
| 277 | 17 — | 3,2 |
| 278 | 18 — | 3,2 |
| 279 | 19 — | 3,2 |
| 280 | 21 août | 8,0 |
| 281 | 1er septembre | 8,0 |
| 282 | 2 — | 8,0 |
| 283 | 3 — | 8,0 |
| 284 | 4 — | 8,0 |
| 285 | 5 — | 8,0 |
| 286 | 6 — | 8,0 |
| 287 | 7 — | 8,0 |
| 288 | 23 octobre | 8,0 |
| 289 | 24 — | 8,0 |
| 290 | 25 — | 8,0 |
| 291 | 26 — | 8,0 |
| 292 | 27 — | 8,0 |
| 293 | 28 — | 8,0 |
| 294 | 29 — | 8,0 |
| 295 | 16 novembre | 8,0 |
| 296 | 17 — | 8,0 |
| 297 | 18 — | 8,0 |
| 298 | 19 — | 8,0 |
| 299 | 20 — | 8,0 |
| 300 | 21 — | 8,0 |
| 301 | 22 — | 8,0 |
| 302 | 23 — | 8,0 |
| 303 | 24 — | 8,0 |
| 304 | 25 — | 8,0 |
| 305 | 3 décembre | 7,5 |
| 306 | 4 — | 7,5 |
| 307 | 5 — | 7,5 |
| 308 | 6 — | 7,5 |
| 309 | 7 — | 7,5 |
| 310 | 8 décembre | 7,5 |
| 311 | 9 — | 7,5 |
| 312 | 10 — | 7,5 |
| 313 | 11 — | 7,5 |
| 314 | 12 — | 7,5 |
| 315 | 13 — | 7,5 |
| 316 | 14 — | 7,5 |
| 317 | 15 — | 7,5 |
| 318 | 16 — | 7,5 |
| 319 | 17 — | 7,5 |
| 320 | 18 — | 7,5 |
| | **1895** | |
| 321 | 14 janvier | 6,0 |
| 322 | 15 — | 6,0 |
| 323 | 16 — | 6,0 |
| 324 | 17 — | 6,0 |
| 325 | 18 — | 6,0 |
| 326 | 19 — | 6,0 |
| 327 | 20 — | 6,0 |
| 328 | 21 — | 6,0 |
| 329 | 22 — | 6,0 |
| 330 | 23 — | 6,0 |
| 331 | 27 — | 5,5 |
| 332 | 11 février | 4,0 |
| 333 | 12 — | 4,0 |
| 334 | 13 — | 4,0 |
| 335 | 14 — | 4,0 |
| 336 | 15 — | 4,0 |
| 337 | 16 — | 4,0 |
| 338 | 17 — | 4,0 |
| 339 | 18 — | 4,0 |
| 340 | 19 — | 4,0 |
| 341 | 20 — | 4,0 |
| 342 | 21 — | 4,0 |
| 343 | 22 — | 4,0 |
| 344 | 23 — | 4,0 |
| 345 | 24 — | 4,0 |
| 346 | 25 — | 4,0 |
| 347 | 26 — | 4,0 |
| 348 | 27 — | 4,0 |
| 349 | 28 — | 4,0 |
| 350 | 13 mars | 4,0 |
| 351 | 14 — | 4,0 |
| 352 | 15 — | 4,0 |
| 353 | 16 — | 4,0 |
| 354 | 17 — | 4,0 |
| 355 | 18 — | 4,0 |
| 356 | 15 août | 8,0 |
| 357 | 16 — | 8,0 |
| 358 | 17 — | 8,0 |
| 359 | 18 — | 8,0 |
| 360 | 19 — | 8,0 |
| 361 | 18 septembre | 8,0 |
| 362 | 13 octobre | 7,5 |
| 363 | 14 — | 7,5 |
| 364 | 15 — | 7,5 |
| 365 | 16 — | 7,5 |
| 366 | 17 — | 7,5 |
| 367 | 18 — | 7,5 |
| 368 | 11 novembre | 7,0 |
| 369 | 12 — | 7,0 |
| 370 | 13 — | 7,0 |
| 371 | 14 — | 7,0 |
| 372 | 15 — | 7,0 |
| 373 | 16 — | 7,0 |
| 374 | 17 — | 7,0 |
| 375 | 18 — | 7,0 |
| 376 | 8 décembre | 6,8 |
| 377 | 9 — | 6,8 |
| 378 | 10 — | 6,8 |
| 379 | 11 — | 6,8 |
| 380 | 12 — | 6,8 |
| 381 | 13 — | 6,8 |
| 382 | 14 — | 6,8 |
| 383 | 15 — | 6,8 |
| 384 | 16 — | 6,8 |
| 385 | 17 — | 6,8 |
| | **1896** | |
| 386 | 4 janvier | 5,0 |
| 387 | 5 — | 5,0 |
| 388 | 6 — | 5,0 |
| 389 | 7 — | 5,0 |
| 390 | 8 — | 5,0 |
| 391 | 9 — | 5,0 |
| 392 | 10 — | 5,0 |
| 393 | 11 — | 5,0 |
| 394 | 12 — | 5,0 |
| 395 | 13 — | 5,0 |
| 396 | 14 — | 5,0 |
| 397 | 15 — | 3,8 |
| 398 | 16 — | 3,8 |
| 399 | 17 — | 3,8 |
| 400 | 18 — | 3,8 |
| 401 | 19 — | 3,8 |

| NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS |
|---|---|---|
| 402 | 29 janvier | 3,5 |
| 403 | 3 février | 3,8 |
| 404 | 4 — | 3,8 |
| 405 | 5 — | 3,8 |
| 406 | 6 — | 3,8 |
| 407 | 7 — | 3,8 |
| 408 | 8 — | 3,8 |
| 409 | 9 — | 3,8 |
| 410 | 10 — | 3,8 |
| 411 | 11 — | 3,8 |
| 412 | 12 — | 3,8 |
| 413 | 13 — | 3,8 |
| 414 | 14 — | 3,8 |
| 415 | 15 — | 3,8 |
| 416 | 16 — | 3,8 |
| 417 | 17 — | 3,8 |
| 418 | 18 — | 3,8 |
| 419 | 19 — | 3,8 |
| 420 | 20 — | 3,8 |
| 421 | 21 — | 3,8 |
| 422 | 22 — | 3,8 |
| 423 | 23 — | 3,8 |
| 424 | 24 — | 3,8 |
| 425 | 25 — | 3,8 |
| 426 | 10 mars | 4,0 |
| 427 | 11 — | 4,0 |
| 428 | 12 — | 4,0 |
| 429 | 13 — | 4,0 |
| 430 | 14 — | 4,0 |
| 431 | 16 août | 8,0 |
| 432 | 17 — | 8,0 |
| 433 | 30 septembre | 7,5 |
| 434 | 1er octobre | 7,5 |
| 435 | 2 — | 7,5 |
| 436 | 3 — | 7,5 |
| 437 | 4 — | 7,5 |
| 438 | 5 — | 7,5 |
| 439 | 6 — | 7,5 |
| 440 | 7 — | 7,5 |
| 441 | 8 — | 7,5 |
| 442 | 9 — | 7,5 |
| 443 | 10 — | 7,5 |
| 444 | 27 — | 7,0 |
| 445 | 29 — | 7,0 |
| 446 | 2 novembre | 6,5 |
| 447 | 4 — | 6,0 |
| 448 | 5 — | 6,0 |
| 449 | 6 — | 6,0 |
| 450 | 7 — | 6,0 |
| 451 | 8 — | 6,0 |
| 452 | 9 — | 6,0 |
| 453 | 10 — | 6,0 |
| 454 | 22 — | 5,8 |
| 455 | 10 décembre | 4,6 |
| 456 | 25 — | 4,0 |
| 457 | 26 — | 4,0 |
| 458 | 27 — | 4,0 |
| 459 | 28 — | 4,0 |
| 460 | 29 — | 4,0 |
| | **1897** | |
| 461 | 3 janvier | 4,0 |
| 462 | 4 — | 4,0 |
| 463 | 5 janvier | 4,0 |
| 464 | 6 — | 4,0 |
| 465 | 7 — | 4,0 |
| 466 | 8 — | 4,0 |
| 467 | 9 — | 4,0 |
| 468 | 10 — | 4,0 |
| 469 | 11 — | 4,0 |
| 470 | 12 — | 4,0 |
| 471 | 13 — | 4,0 |
| 472 | 14 — | 4,0 |
| 473 | 15 — | 4,0 |
| 474 | 16 — | 4,0 |
| 475 | 17 — | 4,0 |
| 476 | 18 — | 4,0 |
| 477 | 19 — | 4,0 |
| 478 | 20 — | 4,0 |
| 479 | 21 — | 4/0 |
| 480 | 22 — | 4,0 |
| 481 | 23 — | 4,0 |
| 482 | 24 — | 4,0 |
| 483 | 25 — | 4,0 |
| 484 | 26 — | 4,0 |
| 485 | 3 février | 4,3 |
| 486 | 17 — | 4,7 |
| 487 | 18 — | 5,0 |
| 488 | 23 — | 5,0 |
| 489 | 24 — | 5,0 |
| 490 | 25 — | 5,0 |
| 491 | 26 — | 5,0 |
| 492 | 27 — | 5,0 |
| 493 | 28 — | 5,0 |
| 494 | 4 mars | 5,3 |

## Observations de M. Lucien Libert.

| NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS | NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS | NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1897** | | | **1898** | | 89 | 12 septembre. . . . | 3,3 |
| | | | | | | 90 | 13 — . . . . | 3,2 |
| 1 | 25 septembre. . . . | 7,5 | 45 | 1er janvier . . . . | 4,2 | 91 | 14 — . . . . | 3,2 |
| 2 | 28 — . . . . | 7,4 | 46 | 2 — . . . . | 4,3 | 92 | 15 — . . . . | 3,1 |
| 3 | 30 — . . . . | 7,2 | 47 | 3 — . . . . | 4,4 | 93 | 19 — . . . . | 3,0 |
| 4 | 4 octobre . . . . | 6,9 | 48 | 7 — . . . . | 4,8 | 94 | 20 — . . . . | 2,9 |
| 5 | 5 — . . . . | 6,8 | 49 | 17 — . . . . | 5,5 | 95 | 21 — . . . . | 2,8 |
| 6 | 9 — . . . . | 6,5 | 50 | 20 — . . . . | 5,7 | 96 | 22 — . . . . | 2,7 |
| 7 | 10 — . . . . | 6,6 | 51 | 21 — . . . . | 5,8 | 97 | 23 — . . . . | 2,6 |
| 8 | 13 — . . . . | 6,2 | 52 | 22 — . . . . | 5,9 | 98 | 24 — . . . . | 2,6 |
| 9 | 15 — . . . . | 6,1 | 53 | 23 — . . . . | 6,0 | 99 | 25 — . . . . | 2,6 |
| 10 | 17 — . . . . | 6,1 | 54 | 24 — . . . . | 6,0 | 100 | 26 — . . . . | 2,6 |
| 11 | 19 — . . . . | 6,0 | 55 | 25 — . . . . | 6,1 | 101 | 27 — . . . . | 2,6 |
| 12 | 21 — . . . . | 5,7 | 56 | 1er février. . . . | 6,5 | 102 | 28 — . . . . | 2,5 |
| 13 | 24 — . . . . | 5,3 | 57 | 5 — . . . . | 6,7 | 103 | 29 — . . . . | 2,4 |
| 14 | 26 — . . . . | 4,8 | 58 | 7 — . . . . | 6,7 | 104 | 1er octobre . . . . | 2,4 |
| 15 | 28 — . . . . | 4,7 | 59 | 10 — . . . . | 7,0 | 105 | 2 — . . . . | 2,3 |
| 16 | 29-30 — . . . . | 4,5 | 60 | 12 — . . . . | 7,1 | 106 | 5 — . . . . | 2,3 |
| 17 | 1er novembre . . . | 4,0 | 61 | 14 — . . . . | 7,2 | 107 | 6 — . . . . | 2,2 |
| 18 | 2 — . . . | 4,0 | 62 | 21 — . . . . | 7,5 | 108 | 7 — . . . . | 2,1 |
| 19 | 5 — . . . | 3,8 | 63 | 26 — . . . . | 7,8 | 109 | 8 — . . . . | 2,2 |
| 20 | 8 — . . . | 3,8 | 64 | 1er mars . . . . | 7,8 | 110 | 9 — . . . . | 2,4 |
| 21 | 11 — . . . | 3,7 | 65 | 3 — . . . . | 7,8 | 111 | 11 — . . . . | 2,6 |
| 22 | 14 — . . . | 3,8 | 66 | 4 — . . . . | 7,8 | 112 | 12 — . . . . | 2,6 |
| 23 | 17 — . . . | 3,5 | 67 | 21 — . . . . | 7,9 | 113 | 13 — . . . . | 2,6 |
| 24 | 21 — . . . | 3,3 | 68 | 22 — . . . . | 7,9 | 114 | 15 — . . . . | 2,7 |
| 25 | 24 — . . . | 3,2 | 69 | 23 — . . . . | 8,0 | 115 | 17 — . . . . | 2,8 |
| 26 | 25 — . . . | 3,2 | 70 | 24 — . . . . | 8,0 | 116 | 18 — . . . . | 2,9 |
| 27 | 29 — . . . | 3,2 | 71 | 16 août . . . . | 6,4 | 117 | 19 — . . . . | 3,0 |
| 28 | 1er décembre . . . | 3,2 | 72 | 17 — . . . . | 6.2 | 118 | 23 — . . . . | 3,0 |
| 29 | 2 — . . . | 3,2 | 73 | 18 — . . . . | 6,1 | 119 | 24 — . . . . | 3,0 |
| 30 | 5 — . . . | 3,3 | 74 | 19 — . . . . | 6,0 | 120 | 1er novembre . . . | 3,0 |
| 31 | 7 — . . . | 3,3 | 75 | 22 — . . . . | 5,4 | 121 | 4 — . . . | 2,9 |
| 32 | 15 — . . . | 3,5 | 76 | 24 — . . . . | 5,2 | 122 | 5 — . . . | 3,0 |
| 33 | 16 — . . . | 3,5 | 77 | 25 — . . . . | 5,0 | 123 | 7 — . . . | 3,0 |
| 34 | 17 — . . . | 3,6 | 78 | 30 — . . . . | 4,5 | 124 | 9 — . . . | 3,2 |
| 35 | 18 — . . . | 3,6 | 79 | 31 — . . . . | 4,4 | 125 | 16 — . . . | 3,9 |
| 36 | 19 — . . . | 3,7 | 80 | 1er septembre . . . | 4,2 | 126 | 17 — . . . | 3,9 |
| 37 | 20 — . . . | 3,7 | 81 | 2 — . . . | 4,0 | 127 | 18 — . . . | 4,0 |
| 38 | 21 — . . . | 3,7 | 82 | 3 — . . . | 3,9 | 128 | 19 — . . . | 4,1 |
| 39 | 22 — . . . | 3,7 | 83 | 4 — . . . | 3,8 | 129 | 20 — . . . | 4,1 |
| 40 | 23 — . . . | 3,8 | 84 | 5 — . . . | 3,8 | 130 | 23 — . . . | 4,3 |
| 41 | 24 — . . . | 3,8 | 85 | 6 — . . . | 3,8 | 131 | 24 — . . . | 4,3 |
| 42 | 25 — . . . | 3,9 | 86 | 7 — . . . | 3,7 | 132 | 25 — . . . | 4,4 |
| 43 | 26 — . . . | 3,9 | 87 | 8 — . . . | 3,5 | 133 | 27 — . . . | 4,4 |
| 44 | 27 — . . . | 4,0 | 88 | 11 — . . . | 3,4 | 134 | 30 — . . . | 4,5 |

| NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS |
|---|---|---|
| 135 | 1er décembre | 4,6 |
| 136 | 2 — | 4,6 |
| 137 | 3 — | 4,6 |
| 138 | 5 — | 4,7 |
| 139 | 8 — | 4,9 |
| 140 | 9 — | 4,9 |
| 141 | 11 — | 5,0 |
| 142 | 13 — | 5,1 |
| 143 | 15 — | 5,2 |
| 144 | 20 — | 5,3 |
| 145 | 21 — | 5,3 |
| 146 | 22 — | 5,3 |
| 147 | 23 — | 5,3 |
| 148 | 24 — | 5,4 |
| 149 | 25 — | 5,4 |
| 150 | 26 — | 5,5 |
| 151 | 28 — | 5,6 |
| | **1899** | |
| 152 | 1er janvier | 5,8 |
| 153 | 2 — | 5,8 |
| 154 | 3 — | 5,9 |
| 155 | 4 — | 5,9 |
| 156 | 5 — | 6,0 |
| 157 | 7 — | 6,2 |
| 158 | 9 — | 6,3 |
| 159 | 12 — | 6,4 |
| 160 | 15 — | 6,5 |
| 161 | 19 — | 6,8 |
| 162 | 20 — | 6,8 |
| 163 | 21 — | 6,9 |
| 164 | 22 — | 6,9 |
| 165 | 23 — | 7,0 |
| 166 | 24 — | 7,0 |
| 167 | 25 — | 7,1 |
| 168 | 26 — | 7,1 |
| 169 | 27 — | 7,2 |
| 170 | 28 — | 7,2 |
| 171 | 1er février | 7,1 |
| 172 | 2 — | 7,1 |
| 173 | 3 — | 7,2 |
| 174 | 5 — | 7,3 |
| 175 | 7 — | 7,5 |
| 176 | 12 — | 7,8 |
| 177 | 15 — | 7,9 |
| 178 | 16 — | 7,9 |
| 179 | 17 — | 7,9 |
| 180 | 18 — | 8,0 |
| 181 | 19 février | 8,1 |
| 182 | 20 — | 8,1 |
| 183 | 21 — | 8,1 |
| 184 | 22 — | 8,2 |
| 185 | 23 — | 8,2 |
| 186 | 24 — | 8,3 |
| 187 | 16 août | 4,41 |
| 188 | 17 — | 4,40 |
| 189 | 18 — | 4,39 |
| 190 | 20 — | 4,35 |
| 191 | 22 — | 4,35 |
| 192 | 27 — | 4,36 |
| 193 | 28 — | 4,36 |
| 194 | 29 — | 4,36 |
| 195 | 30 — | 4,29 |
| 196 | 1er septembre | 4,25 |
| 197 | 2 — | 4,25 |
| 198 | 3 — | 4,25 |
| 199 | 4 — | 4,22 |
| 200 | 5 — | 4,22 |
| 201 | 6 — | 4,21 |
| 202 | 7 — | 4,21 |
| 203 | 8 — | 4,20 |
| 204 | 9 — | 4,20 |
| 205 | 10 — | 4,19 |
| 206 | 11 — | 4,19 |
| 207 | 12 — | 4,18 |
| 208 | 13 — | 4,18 |
| 209 | 26 — | 3,99 |
| 210 | 28 — | 3,99 |
| 211 | 30 — | 3,99 |
| 212 | 1er octobre | 3,99 |
| 213 | 2 — | 4,22 |
| 214 | 3 — | 4,34 |
| 215 | 9 — | 4,50 |
| 216 | 11 — | 4,60 |
| 217 | 12 — | 4,70 |
| 218 | 15 — | 5,02 |
| 219 | 19 — | 5,11 |
| 220 | 22 — | 5,23 |
| 221 | 23 — | 5,27 |
| 222 | 27 — | 5,30 |
| 223 | 29 — | 5,38 |
| 224 | 30 — | 5,38 |
| 225 | 1er novembre | 5,40 |
| 226 | 2 — | 5,40 |
| 227 | 3 — | 5,45 |
| 228 | 6 — | 5,40 |
| 229 | 7 — | 5,54 |
| 230 | 9 novembre | 5,68 |
| 231 | 12 — | 5,75 |
| 232 | 13 — | 5,80 |
| 233 | 14 — | 5,90 |
| 234 | 15 — | 6,08 |
| 235 | 16 — | 6,40 |
| 236 | 17 — | 6,40 |
| 237 | 18 — | 6,50 |
| 238 | 27 — | 6,8 |
| 239 | 30 — | 6,8 |
| 240 | 1er décembre | 6,9 |
| 241 | 2 — | 6,9 |
| 242 | 3 — | 7,0 |
| 243 | 4 — | 7,0 |
| 244 | 5 — | 7,0 |
| 245 | 12 — | 7,4 |
| 246 | 14 — | 7,5 |
| 247 | 16 — | 7,5 |
| 248 | 19 — | 7,8 |
| 249 | 27 — | 7,8 |
| 250 | 31 — | 8,0 |
| | **1900** | |
| 251 | 9 janvier | 8,5 |
| 252 | 10 — | 8,6 |
| 253 | 25 — | 9,0 |
| 254 | 25 juillet | 3,4 |
| 255 | 26 — | 3,5 |
| 256 | 27 — | 3,6 |
| 257 | 28 — | 3,6 |
| 258 | 29 — | 3,6 |
| 259 | 31 — | 3,7 |
| 260 | 1er août | 3,7 |
| 261 | 2 — | 3,8 |
| 262 | 3 — | 3,8 |
| 263 | 4 — | 3,8 |
| 264 | 5 — | 3,9 |
| 265 | 6 — | 4,0 |
| 266 | 7 — | 4,0 |
| 267 | 12 — | 4,2 |
| 268 | 13 — | 4,2 |
| 269 | 14 — | 4,2 |
| 270 | 15 — | 4,3 |
| 271 | 16 — | 4,3 |
| 272 | 17 — | 4,4 |
| 273 | 19 — | 4,4 |
| 274 | 20 — | 4,5 |
| 275 | 21 — | 4,5 |

| NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS | NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS | NUMÉROS D'ORDRE | DATES | GRANDEURS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 276 | 22 août . . . . . | 4,6 | 325 | 12 décembre . . . . | 8,2 | 371 | 24 septembre. . . . | 6,9 |
| 277 | 23 — . . . . . | 4,6 | 326 | 15 — . . . . | 8,3 | 372 | 25 — . . . . | 7,0 |
| 278 | 24 — . . . . . | 4,7 | 327 | 17 — . . . . | 8,3 | 373 | 26 — . . . . | 7,0 |
| 279 | 29 — . . . . . | 4,9 | 328 | 20 — . . . . | 8,4 | 374 | 27 — . . . . | 7,0 |
| 280 | 3 septembre. . . . | 5,0 | 329 | 25 — . . . . | 8,5 | 375 | 30 — . . . . | 7,1 |
| 281 | 7 — . . . . | 5,1 | 330 | 26 — . . . . | 8,6 | 376 | 1er octobre . . . . | 7,1 |
| 282 | 8 — . . . . | 5,1 | | | | 377 | 2 — . . . . | 7,1 |
| 283 | 9 — . . . . | 5,2 | | **1901** | | 378 | 3 — . . . . | 7,1 |
| 284 | 10 — . . . . | 5,2 | | | | 379 | 4 — . . . . | 7,1 |
| 285 | 11 — . . . . | 5,2 | 331 | 1er janvier . . . . | 8,7 | 380 | 5 — . . . . | 7,2 |
| 286 | 12 — . . . . | 5,3 | 332 | 3 — . . . . | 8,7 | 381 | 7 — . . . . | 7,2 |
| 287 | 13 — . . . . | 5,3 | 333 | 4 — . . . . | 8,8 | 382 | 9 — . . . . | 7,3 |
| 288 | 14 — . . . . | 5,3 | 334 | 12 — . . . . | 9,0 | 383 | 16 — . . . . | 7,4 |
| 289 | 15 — . . . . | 5,4 | 335 | 17 — . . . . | 9,1 | 384 | 29 — . . . . | 7,5 |
| 290 | 17 — . . . . | 5,2 | 336 | 25 — . . . . | 9,2 | 385 | 30 — . . . . | 7,8 |
| 291 | 19 — . . . . | 5,3 | 337 | 29 — . . . . | 9,3 | 386 | 31 — . . . . | 7,8 |
| 292 | 23 — . . . . | 5,5 | 338 | 7 février . . . . | 9,4 | 387 | 1er novembre . . . | 7,9 |
| 293 | 24 — . . . . | 5,6 | 339 | 9 — . . . . | 9,4 | 388 | 2 — . . . | 7,9 |
| 294 | 27 — . . . . | 5,7 | 340 | 13 — . . . . | 9,5 | 389 | 3 — . . . | 7,9 |
| 295 | 29 — . . . . | 5,7 | 341 | 15 — . . . . | 9,6 | 390 | 4 — . . . | 7,9 |
| 296 | 30 — . . . . | 5,7 | 342 | 21 juillet. . . . . | 4,0 | 391 | 5 — . . . | 8,0 |
| 297 | 1er octobre . . . . | 5,8 | 343 | 25 — . . . . . | 4,1 | 392 | 6 — . . . | 8,0 |
| 298 | 2 — . . . . | 5,8 | 344 | 27 — . . . . . | 4,1 | 393 | 14 — . . . | 8,1 |
| 299 | 3 — . . . . | 5,9 | 345 | 29 — . . . . . | 4,2 | 394 | 15 — . . . | 8,1 |
| 300 | 5 — . . . . | 6,0 | 346 | 30 — . . . . . | 4,2 | 395 | 16 — . . . | 8,1 |
| 301 | 7 — . . . . | 6,0 | 347 | 1er août . . . . . | 4,2 | 396 | 27 — . . . | 8,4 |
| 302 | 9 — . . . . | 6,1 | 348 | 2 — . . . . . | 4,3 | 397 | 1er décembre . . . | 8,5 |
| 303 | 12 — . . . . | 6,2 | 349 | 3 — . . . . . | 4,3 | 398 | 8 — . . . | 8,6 |
| 304 | 13 — . . . . | 6,3 | 350 | 4 — . . . . . | 4,5 | 399 | 13 — . . . | 8,7 |
| 305 | 15 — . . . . | 6,4 | 351 | 5 — . . . . . | 4,5 | 400 | 29 — . . . | 9,0 |
| 306 | 16 — . . . . | 6,4 | 352 | 6 — . . . . . | 4,5 | 401 | 31 — . . . | 9,0 |
| 307 | 17 — . . . . | 6,4 | 353 | 16 — . . . . . | 5,8 | | | |
| 308 | 19 — . . . . | 6,5 | 354 | 21 — . . . . . | 6,0 | | **1902** | |
| 309 | 21 — . . . . | 6,5 | 355 | 24 — . . . . . | 6,1 | 402 | 7 janvier . . . . . | 9,2 |
| 310 | 24 — . . . . | 6,6 | 356 | 25 — . . . . . | 6,1 | 403 | 8 — . . . . . | 9,2 |
| 311 | 27 — . . . . | 6,7 | 357 | 27 — . . . . . | 6,2 | 404 | 9 — . . . . . | 9,2 |
| 312 | 1er novembre . . . | 6,7 | 358 | 29 — . . . . . | 6,3 | 405 | 10 — . . . . . | 9,3 |
| 313 | 3 — . . . | 6,7 | 359 | 31 — . . . . . | 6,3 | 406 | 15 — . . . . . | 9,3 |
| 314 | 5 — . . . | 6,7 | 360 | 3 septembre. . . . | 6,4 | 407 | 16 — . . . . . | 9,3 |
| 315 | 7 — . . . | 6,8 | 361 | 4 — . . . . | 6,4 | 408 | 30 — . . . . . | 9,3 |
| 316 | 9 — . . . | 6,9 | 362 | 5 — . . . . | 6,5 | 409 | 31 — . . . . . | 9,3 |
| 317 | 11 — . . . | 6,9 | 363 | 6 — . . . . | 6,5 | 410 | 8 février . . . . . | 9,0 |
| 318 | 12 — . . . | 6,9 | 364 | 7 — . . . . | 6,5 | 411 | 9 — . . . . . | 8,9 |
| 319 | 15 — . . . | 7,0 | 365 | 8 — . . . . | 6,5 | 412 | 10 — . . . . . | 8,9 |
| 320 | 17 — . . . | 7,1 | 366 | 9 — . . . . | 6,6 | 413 | 11 — . . . . . | 8,8 |
| 321 | 23 — . . . | 7,4 | 367 | 19 — . . . . | 6,7 | 414 | 12 — . . . . . | 8,7 |
| 322 | 25 — . . . | 7,5 | 368 | 20 — . . . . | 6,8 | 415 | 13 — . . . . . | 8,7 |
| 323 | 8 décembre . . . . | 8,0 | 369 | 21 — . . . . | 6,8 | 416 | 27 — . . . . . | 8,0 |
| 324 | 11 — . . . . | 8,2 | 370 | 23 — . . . . | 6,9 | 417 | 28 — . . . . . | 8,0 |

Les chiffres soulignés indiquent les plus grands éclats observés.

## V

### LES MAXIMA DE MIRA CETI

Ce qui saute tout d'abord aux yeux lorsque l'on considère les courbes d'éclat de cette étoile c'est la grande différence qui existe entre les grandeurs atteintes au moment des maxima successifs. Ces grandeurs varient entre 2 et 4,5. Le minimum paraît être plus régulier et osciller entre les grandeurs 8,0 et 9,5.

Il y a aussi parfois d'assez grands écarts entre les dates où aurait dû se produire le maximum d'après le calcul et celles où il s'est produit d'après l'observation.

On trouvera dans le tableau ci-dessous tous les renseignements concernant les maxima et tous les résultats déduits de l'observation de l'étoile.

| MAXIMA | NOMBRE D'OBSERVATIONS | DATES DU MAXIMUM prévu | DATES DU MAXIMUM observé | RETARD | AVANCE | GRANDEUR ATTEINTE | DURÉE DU MAXIMUM | DURÉE DE VISIBILITÉ à l'œil nu quand on a pu observer tout le maximum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | jours | jours | | jours | jours |
| Maximum 1886-87. | 15 | 10 décembre | 20-30 novembre | » | 21 | 4,0 | 11 | 77 environ |
| — 1887-88. | 29 | 10 novembre | 20-23 octobre | » | 20 | 4,7 | 3 | 91 — |
| — 1888-89. | 56 | 12 octobre | 15 sept. — 1er octobre | » | 27 | 2,5 | 16 | » |
| — 1889-90. | 48 | 6 août | 8 août — 7 septembre | 2 | » | 4,0 | 30 | » |
| — 1890-91. | 28 | 30 juin 1890 | 17 juillet — 24 août | 17 | » | 4,2 | 38 | » |
| — 1891-92. | 26 | 25 mai 1891 — 17 avril 1892 | » | » | » | » | » | » |
| — 1892-93. | 11 | 11 mars | » | » | » | » | » | » |
| — 1893-94. | 59 | 5 février 1894 | 2-19 mars | 25 | » | 3,2 | 17 | » |
| — 1894 95. | 75 | 12 janvier 1895 | 11 février — 18 mars | 30 | » | 4,0 | 35 | » |
| — 1895-96. | 74 | 9 décembre 1895 | 29 janvier 1896 | 51 | » | 3,5 | 1 | » |
| — 1896-97. | 63 | 3 novembre 1896 | 25 déc. — 26 janvier | 52 | » | 4,0 | 32 | » |
| — 1897-98. | 70 | 30 septembre 1897 | 24 nov. — 2 déc. 1897 | 24 | » | 3,2 | 8 | 97 environ |
| — 1898-99. | 116 | 30 octobre 1898 | 7 octobre 1898 | 4 | » | 2,1 | 1 | 139 — |
| — 1899-1900. | 66 | 31 août 1899 | 26 sept. — 1er oct. 1899 | 26 | » | 3,99 | 5 | » |
| — 1900-01. | 87 | 1er août 1900 | 25 juillet 1900 | » | 6 | 3,4 | 1 | » |
| — 1901-02. | 76 | 25 juin 1901 | » | » | » | » | » | » |

Il ne faut pas toutefois ajouter une trop grande confiance au tableau ci-dessus. Pour certains maxima nous avons indiqué, faute d'observations suffisantes, le jour du plus grand éclat. Il est probable qui si on avait pu observer l'étoile avant le 25 juillet 1900, le maximum ne serait pas fixé à cette date avec la grandeur 4,5.

Si nous considérons maintenant les intervalles séparant les divers maxima nous trouvons les chiffres suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre de jours séparant les maxima | | 1886-87. . | 335 |
| — | — | 1887-88. . | 329 |
| — | — | 1888-89. . | 327 |
| — | — | 1889-90. . | 343 |
| — | — | 1890-91. . | inobservé. |
| — | — | 1891-92. . | — |
| — | — | 1892-93. . | — |
| — | — | 1893-94. . | — |
| — | — | 1894-95. . | 346 |
| — | — | 1895-96. . | 352 |
| — | — | 1896-97. . | 330 |
| — | — | 1897-98. . | 334 |
| — | — | 1898-99. . | 317 |
| — | — | 1899-1900. | 354 |
| — | — | 1900-01. . | 302 |
| — | — | 1901-02. . | inobservé. |

Les résultats que j'ai indiqués sont dus à une longue série d'observations; elles montrent l'immense intérêt qui s'attache à l'étude des variables.

Mon travail n'a eu d'ailleurs d'autre but que de contribuer à l'étude de l'étoile Merveilleuse de la Baleine et de servir de base à une nouvelle discussion lorsqu'on aura réuni de nouveaux documents. Il n'a nullement la prétention de renfermer des résultats définitifs; sa seule ambition est d'aider, dans une faible mesure, à l'acquisition de ces résultats.

# M. L. F.-J. GARDÈS

Ancien élève de l'École Nationale des Mines, Notaire honoraire à Montauban.


## LA DATE DE PAQUES [529.5]

*— Séance du 8 août —*

J'ai eu l'honneur de donner, en 1896, au Congrès de Carthage (page 115 de la 2e partie du compte rendu de la session), une note sur le Calendrier considéré au point de vue de la recherche ou de la vérification des dates. Dans ce travail j'ai établi des formules, faciles à appliquer, pour le calcul de tous les éléments du calendrier, formules à tort qualifiées d'empiriques alors qu'elles sont toutes obtenues par le raisonnement mathématique.

Depuis lors, j'ai vu plusieurs formules données notamment pour la recherche de la date de Pâques ; j'en ai établi moi-même une pour cette recherche et je la crois plus simple, plus pratique et en même temps plus exacte que toutes les autres ; la voici :

$$P = 21 + \left[\frac{54 - E}{30}\right] + \left[\frac{L + 4 - \left[\frac{54 - E}{30}\right]}{7}\right] \text{ mars ou } (P - 31) \text{ avril.}$$

Le mérite de Gauss et celui plus récent de M. Casevitz consiste, dit-on, en ce que leurs formules permettent d'obtenir la date de Pâques sans parler d'aucun des termes du Comput et en partant seulement du millésime considéré. Est-ce bien là un mérite ? Gauss, par exemple, fait calculer le nombre d'or diminué de 1, l'épacte et la lettre dominicale, ou du moins des nombres $d$ et $e$ qui sont en rapport constant avec elles ; de plus, il faut accepter comme exacts les nombres $\mu$ et $\nu$ qu'il donne pour certains siècles et qu'il ne donne pas pour d'autres (ce nombre $\mu$ est l'excès de 23 sur le nombre que je nomme $\mathcal{E}$ et qui contient toutes les modifications apportées au calcul des épactes par la réforme grégorienne ; quant au nombre $\nu$, c'est, diminué de 1, le nombre de jours dont diffèrent les deux calendriers julien et grégorien). Il en est à peu près de même des calculs préparatoires exigés par la formule de M. Casevitz. Que signifie donc leur silence sur les termes du Comput, quand ils en prennent les

éléments ? N'est-il pas plus simple de dire : Ce sont l'épacte et la lettre dominicale qui, par leurs changements, déterminent les variations de la date de Pâques ; faisons donc une formule au moyen de ces éléments. Si nous les avons sous la main tout calculés, nous trouvons P de suite en remplaçant dans notre formule E et L par leurs valeurs. Que si nous ne les connaissons point, nous n'aurons qu'à les calculer au moyen des formules spéciales qui les donnent ; ce ne sera pas plus long que de nous livrer aux calculs préparatoires exigés par Gauss et par ses imitateurs pour nous faire trouver des éléments dont nous ignorons le nom, le sens et l'exactitude.

Avec le système que je préconise, il n'y a jamais d'erreur, tandis que la formule de Gauss est incomplète (il n'a donné les valeurs de ses nombres $\mu$ et $\nu$ que jusqu'en 2499), et que celle de M. Casevitz n'a point la généralité à laquelle son auteur croit avoir atteint, puisqu'elle est fausse pour toutes les années à partir de 4300. On me répondra que nous sommes loin de cette date, mais en mathématiques on doit viser à l'exactitude absolue.

Au surplus pour ceux qui ne voudraient pas savoir ce que sont une épacte, une lettre dominicale, etc., rien ne m'empêche de prétendre comme les autres que ma formule a le mérite de n'exiger aucune connaissance spéciale et qu'il suffit de prendre le millésime d'une année pour trouver la date de Pâques qui y correspond.

Je leur dirai : étant donné le millésime $M = 100\,s + m$, calculez (*) :

1° Sans savoir que c'est le Nombre d'or :

$$N = \left[\frac{M+1}{19}\right];$$

2° Sans savoir que c'est le nombre de jours dont diffèrent les deux calendriers :

$$G = s - \frac{s}{4} - 2\ ;$$

3° Sans savoir que c'est la Lettre Dominicale :

$$L = \left[\frac{G + 3 + s - \left(m + \frac{m}{4}\right)}{7}\right];$$

* Dans les formules suivantes, les expressions $\left[\frac{X}{Z}\right]$ et $\frac{X}{Z}$ indiquent, la première, le reste positif ou nul, et la seconde le quotient entier, à une unité près, de la division de X par Z. Toutefois, pour N, qui est un cycle, le reste 0 correspondant à la 19e année du cycle, on comptera $N = 19$.

Pour eviter les restes négatifs, on ajoutera une ou plusieurs fois le diviseur au dividende, lorsque ce sera nécessaire.

4° Sans savoir que c'est la quantité dont les épactes grégoriennes diffèrent des épactes juliennes, le nombre :

$$\mathcal{E} = 6 - G + \frac{s + 2\,\frac{s-17}{25}}{3} - \frac{s-17}{25},$$

ou plus simplement jusqu'en 4199 inclus, $\mathcal{E} = 6 - G + \frac{s}{3}$.

(Dans le compte rendu de Carthage, le nombre $\mathcal{E}$ est donné avec une faute d'impression : $\frac{s - 2\,\frac{s-17}{25}}{3}$ au lieu de : $\frac{s + 2\,\frac{s-17}{25}}{3}$).

5° Sans savoir enfin que c'est l'Épacte : $E = \left[\frac{11\,(N-1) + \mathcal{E}}{30}\right]$

Et vous aurez la date de Pâques par la formule sus-indiquée :

$$P = 21 + \left[\frac{54 - E}{30}\right] + \left[\frac{L + 4 - \left[\frac{54-E}{30}\right]}{7}\right] \text{mars ou } (P - 31) \text{ avril.}$$

Toutes les exceptions prévues par la réforme grégorienne sont contenues dans la règle suivante :

Si vous trouvez $E = 24$, calculez comme si c'était 25 ; et lorsque dans un même siècle vous pouvez rencontrer $E = 25$ et $E = 24$, comptez l'épacte 25 comme si c'était 26.

Pour s'assurer une fois pour toutes dans un siècle donné de la possibilité ou de l'impossibilité de rencontrer les deux épactes 24 et 25, comme les quantités G et $\mathcal{E}$ sont invariables pendant toute la durée d'un siècle, il suffit de faire le calcul de E pour 19 années consécutives, puisque dans un même siècle on ne peut avoir que 19 épactes différentes.

Mes formules ont sur toutes celles que j'ai pu voir l'avantage de donner L, E et par suite P pour les deux calendriers, car pour le calendrier Julien il suffit d'y faire $G = 0$ et $\mathcal{E} = 8$.

# M. A. CADENAT

Professeur de mathématiques au Collège de Saint-Claude (Jura).


## SUR LE PARADOXE DE MÉCANIQUE DE HERTZ [R.7b]

*— Séance du 8 août —*

M. Schröder a exposé au Congrès international de philosophie de 1900 (*Revue de Métaphysique et de Morale*, septembre 1900, pages 542 et 543) un paradoxe de mécanique que lui avait signalé l'illustre physicien Hertz.

« Soit, dit-il, une sphère fixe S et un point matériel M, qui s'attirent suivant la loi newtonienne. Si le point M est lancé du point A avec une faible vitesse initiale, il décrira une ellipse très allongée ayant pour foyer le centre de S ; si, d'une part, on concentre la masse de S en son centre,

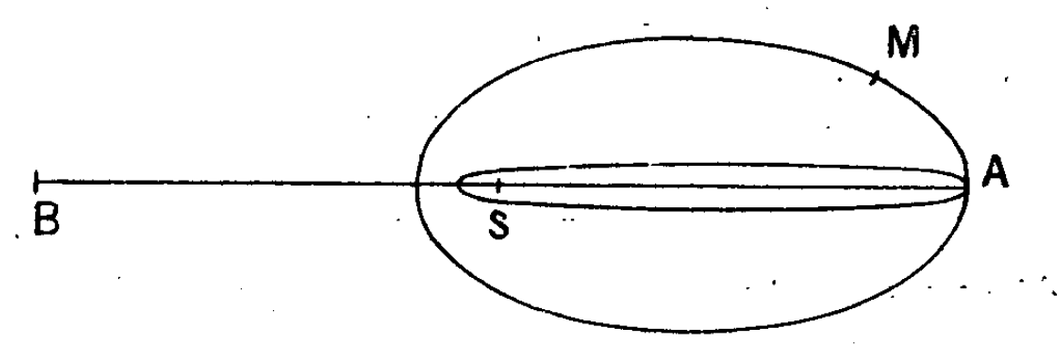



FIG. 1.

et que, d'autre part, on fasse tendre vers zéro la vitesse initiale de M, l'ellipse tendra vers la droite SA (*fig. 1*). D'un autre côté, supposons que la sphère S soit percée d'un trou très petit qui laisse passer M et que celui-ci soit abandonné en A sans vitesse initiale : il traversera la sphère S et s'en éloignera d'autant de l'autre côté en B ; de sorte que, même en passant à la limite, il décrira la droite AB double de AS. Ainsi, le mouvement du point M paraît indéterminé ; oscillera-t-il suivant AS ou suivant AB? »

Nous nous proposons de résoudre cette question.

Considérons donc le mobile dans une de ses positions M ; la force qui le sollicite est dirigée suivant MS et a pour expression $F = -\frac{mf}{r^2}$, en appelant $m$ la masse du mobile, $r$ la distance MS, et $f$ l'attraction du centre S (exprimée en kilogrammes ou en dynes) sur l'unité de masse à l'unité de

distance. Le mouvement du point M est régi à la fois par la loi des aires et par la loi des forces vives, dont l'expression mathématique est :

Loi des aires $$r^2 d\theta = v_0 r_0 \sin \alpha . dt.$$

Principe des forces vives : $$d\left(\frac{1}{2} mv^2\right) = -\frac{fm}{r^2} dr,$$

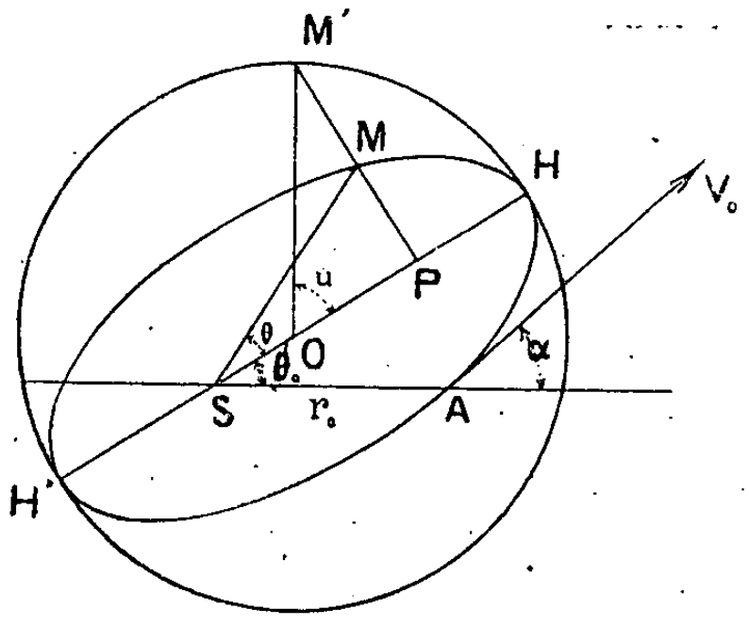



FIG. 2.

$v_0$ désigne la vitesse initiale, $\alpha$ l'angle qu'elle fait avec le rayon vecteur initial SA (*fig.* 2) et $r_0$ la longueur AS.

Si on élimine le temps $dt$ au moyen de l'expression bien connue de la vitesse et si on élimine ensuite la vitesse $v$ entre les deux équations ci-dessus, on obtient l'équation de la trajectoire (*).

Cette équation, qui est celle d'une conique dont le foyer est S, peut s'écrire :

$$r = \frac{\frac{v_0^2 r_0^2 \sin^2 \alpha}{f}}{1 + \sqrt{\frac{v_0^4 r_0^2 \sin^2 \alpha}{f^2} - 2\frac{v_0^2 r_0 \sin^2 \alpha}{f} + 1} \times \cos(\theta - \theta_0)}$$

$\theta_0$ est une constante ; elle représente l'angle HSA que le grand axe HH' de la conique trajectoire fait avec le rayon vecteur initial SA.

Or, l'équation générale d'une conique rapportée à un de ses foyers s'écrit en coordonnées polaires :

$$r = \frac{\frac{b^2}{a}}{1 + e \cos(\theta - \theta_0)}$$

$e$ est l'excentricité, c'est-à-dire le rapport $\frac{c}{a}$ de la demi-distance focale au demi-grand axe. Si $e$ est plus grand, égal ou plus petit que l'unité, la

(*) On trouve ce calcul dans tous les traités de mécanique rationnelle et nous ne l'exposons pas ici. Voir notamment Appell pages 180 et suivantes (édition Hermann; 1888).

conique est une hyperbole, une parabole ou une ellipse. On trouve facilement que, pour que l'excentricité de la conique dont nous venons d'établir l'équation, soit plus petite que l'unité, il faut que :

$$v_0^2 < \frac{2f}{r_0}$$

expression indépendante de $\alpha$ ; tous ces résultats sont bien connus. Si nous voulons calculer les constantes de notre conique, demi-grand axe $a$, demi-petit axe $b$, demi-distance focale $c$, excentricité $e$, il nous suffira d'identifier les deux équations ci-dessus, c'est-à-dire l'équation particulière et l'équation générale. On trouve ainsi :

$$a = \frac{\frac{r_0}{2}}{1 - \frac{v_0^2 r_0}{2f}}$$

$$b = \frac{v_0 r_0 \sin \alpha}{\sqrt{\frac{2f}{r_0}} \sqrt{1 - \frac{v_0^2 r_0}{2f}}}$$

$$c = ae.$$

$$e = \sqrt{\frac{v_0^4 r_0^2 \sin^2 \alpha}{f^2} - 2\frac{v_0^2 r_0 \sin^2 \alpha}{f} + 1}.$$

Pour $v_0 = 0$ et quel que soit $\alpha$, on obtient comme conique limite :

$$a = \frac{r_0}{2},$$

$$b = 0,$$

$$c = \frac{r_0}{2},$$

$$e = 1.$$

La première expression et l'une quelconque des trois autres nous montrent que, dans ce cas-limite, la trajectoire du mobile se compose du seul segment de droite AS et cela quel que soit l'angle initial $\alpha$. La question est donc tranchée en faveur de la première hypothèse ; le mobile oscille suivant AS.

Mais nous ne considérons pas la question comme terminée ; si nous désirons être complet, il nous faut déterminer la vitesse du mobile suivant AS, ainsi que la force d'attraction qui produit cette vitesse.

Pour traiter simplement ces deux questions, sur le grand axe HH′ décrivons une demi-circonférence (cercle homographique). Nous savons que, d'après la loi des aires, la vitesse aréolaire (mouvement du rayon vecteur autour du foyer) est constante. Or, la vitesse du point M′ du cercle homographique, correspondant à M sur la même perpendiculaire PM, est donnée par l'équation de Képler, qui s'exprime ainsi :

$$u + e \sin u = \frac{2}{r_0}\sqrt{\frac{2f}{r_0}}\left(1 - \frac{v_0^2 r_0}{2f}\right)^{\frac{3}{2}} t,$$

$u = \widehat{M'OH}$ (anomalie excentrique) (*).

Or, si la vitesse initiale $v_0$ devient évanouissante, l'angle HSA tend vers 0, le grand axe HH′ se confond avec AS, l'ellipse se transforme suivant le segment de droite AS, l'excentricité devient égale à 1, et le point M de la conique correspondant au point M′ du cercle homographique se confond avec le pied P de la perpendiculaire sur HH′, ce point P se plaçant d'ailleurs, dans ce cas-limite, entre S et A.

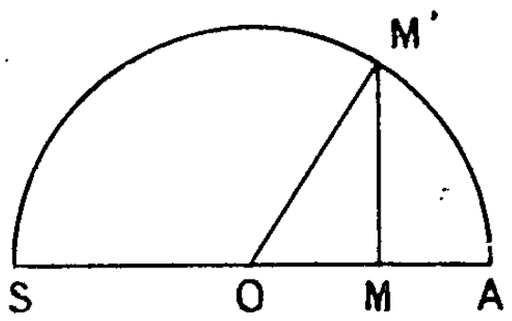


FIG. 3.

Donc, pour trouver la vitesse de M sur AS, nous n'avons qu'à décrire sur AS $= r_0$ une demi-circonférence et lancer sur cette courbe un mobile M′ dont le mouvement sera réglé par l'équation de Képler (vue plus haut), mais en y posant $e = 1$ et $v_0 = 0$ *(fig. 3)*. Cette équation devient ainsi :

$$u + \sin u = \frac{2}{r_0}\sqrt{\frac{2f}{r_0}}\, t.$$

Ces conditions étant posées, le pied M de la perpendiculaire M′M, c'est-à-dire le mobile considéré, aura pour vitesse dans ce cas-limite (les calculs sont faciles à faire) :

$$v = \frac{dr}{dt} = \mp\sqrt{\frac{2f}{r_0}}\sqrt{\frac{r_0 - r}{r}}.$$

Si M se déplace de A en S, la vitesse (négative) décroît de 0 à $-\infty$ ; de S en A, la vitesse (positive) croît de $+\infty$ à 0. Le mouvement est oscillatoire ; la particularité la plus intéressante et difficile à expliquer à première vue, est le passage subit de $-\infty$ à $+\infty$ au point S. Tout se passe comme si le mobile subissait un *choc*. Mais il y a lieu de distinguer ici, ce n'est

(*) Pour la démonstration géométrique de cette formule, voir Appell, ouvrage précité, page 185.

pas un choc matériel que le mobile reçoit, c'est par le seul jeu de la loi d'attraction que le mobile se réfléchit et revient brusquement en arrière. Pour avoir une idée nette de cette réflexion, examinons ce qui se passe quand l'ellipse est très aplatie (la figure 4 représente la portion de trajectoire qui avoisine le foyer S). En S, la force qui sollicite le mobile projection est nulle, car elle est la projection d'une vitesse dont la direction est perpendiculaire, en cet instant, sur SA ; sa vitesse, négative, est donc maximum en valeur absolue ; désignons-la par — V. De S en A′ la vitesse varie de — V à 0, et de A′ en S elle devient positive et varie de 0 à V. Donc, aux trois points S (aller), A′ et S (retour),

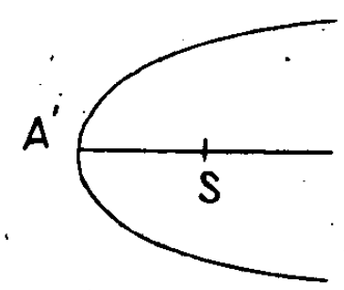


FIG. 4.

les vitesses sont — V 0 + V.

Si l'ellipse s'aplatit en faisant diminuer $v_0$, la portion de droite SA′ se rétrécit et V tend à devenir infini. Et enfin, à la limite, quand $v_0$ est nul, SA′ devient nul et V infini. On a donc, dans un espace nul et pendant une durée nulle, une vitesse qui passe de $-\infty$ à 0 et de 0 à $+\infty$, c'est-à-dire brusquement de $-\infty$ à $+\infty$. Le mouvement des comètes, dans leur voisinage du soleil, se rapproche passablement de ce cas-limite.

Nous arrivons ainsi à ce résultat, digne de remarque, que la mécanique purement théorique peut présenter des chocs, même en l'absence de rencontre de corps matériels. Il est possible, et ceci serait digne d'étude, que plusieurs chocs matériels fussent susceptibles d'être interprétés de cette manière.

La force d'attraction de S sur A s'obtient au moyen de l'expression de la vitesse obtenue plus haut. En faisant les calculs, on trouve simplement, en posant $SM = x$ :

$$F = -\frac{mf}{x^2}.$$

C'est l'expression bien connue de l'attraction newtonienne.

Réciproquement, si nous partons de $F = -\frac{mf}{x^2}$ et si nous remontons à la vitesse, nous retrouvons l'expression déjà obtenue par des considérations géométriques :

$$v = \mp\sqrt{\frac{2f}{r_0}}\sqrt{\frac{r_0 - r}{r}}.$$

Et enfin, si nous cherchons quel est le mobile dont le mouvement projeté produise cette vitesse, on trouve qu'il doit décrire un cercle ayant AS comme diamètre et tel que sa vitesse aréolaire soit constante.

Ainsi, les deux procédés, considérations géométriques et calcul, nous

démontrent que le mouvement du mobile se produit uniquement suivant AS.

Mais supposons maintenant que nous considérions un second mobile placé en B *(fig. 1)*. Son mouvement se produira suivant BS. Si les deux partent ensemble, l'un de A, l'autre de B, avec des vitesses initiales nulles, ils arriveront ensemble en S et se réfléchiront en ce point l'un sur l'autre, la vitesse du premier passant brusquement de $-\infty$ à $+\infty$, et celle du second de $+\infty$ à $-\infty$. Or, les considérations géométriques précédentes, ainsi que l'analyse, permettent de différencier ces deux mobiles. Mais il n'en est pas de même du pur raisonnement qui n'emploierait pas le calcul ; le simple bon sens trouvant le mobile M en S et ayant une vitesse infinie dirigée suivant SB, le fera aller en B. De même, trouvant le second mobile en S et ayant une vitesse infinie dirigée suivant SA, le fera aller en A. En résumé, les deux mobiles se confondront dans l'esprit de celui qui ne fera pas emploi de l'analyse, et il lui semblera qu'il y aura un mobile unique oscillant de A en B avec une vitesse négative $0, -\infty, 0$ et de B en A avec une vitesse positive $0, +\infty, 0$. Or tout le raisonnement précédent permet de distinguer clairement ces deux mobiles.

Nous pouvons donc conclure que le mouvement du mobile M aura lieu uniquement de A vers S avec une vitesse $0, -\infty$ et $+\infty, 0$. Le paradoxe de Hertz nous semble donc expliqué.

---

M. A. CADENAT

Professeur de Mathématiques au Collège de Saint-Claude.

## ESSAI D'EXPLICATION DES MOUVEMENTS DE ROTATION RÉTROGRADES DES PLANÈTES URANUS ET NEPTUNE [523.47:521.5]

*— Séance du 8 août —*

Peu de chose manqua au système cosmogonique de Laplace pour être resté parfait. Sans les découvertes ultérieures de la planète Uranus par Herschell et plus tard de Neptune par Le Verrier, qui possèdent des mouvements de rotation rétrogrades, sa sublime synthèse de la formation des mondes, n'aurait pas été ébranlée. Si ce célèbre astronome avait doté sa nébuleuse, non d'un mouvement de rotation à vitesse angulaire uni-

forme, analogue à une roue de voiture tournant autour de son centre, mais d'un mouvement initial gyratoire, tel que le présentent les nombreux tourbillons qui prennent naissance dans les airs et dans les eaux, sa théorie aurait atteint du premier coup son maximum de probabilité.

Nous nous proposons d'étudier sommairement le système engendré par une nébuleuse à mouvement initial légèrement cyclonique et nous comptons en déduire l'explication logique des deux anomalies apparentes présentées par les deux planètes placées aux confins du monde solaire.

Remarquons tout d'abord qu'un corps solide est seul susceptible de tourner tout d'une pièce ; la cohésion entre ses molécules, qui assure la permanence de sa forme, c'est-à-dire l'invariabilité de la distance de deux points quelconques, impose un pareil mouvement. Dans un corps fluide, les filets extérieurs tournent, en général, moins vite que les filets intérieurs et la force vive du système, les cyclones en font foi, est concentrée principalement au centre.

Supposons donc une masse fluide, soumise uniquement à l'action mutuelle de toutes ses molécules et complètement isolée du reste de l'espace. Son mouvement d'ensemble sera régi par la loi du mouvement du centre de gravité et par la loi des aires. Comme conséquence de cette dernière, le mouvement angulaire croît si le rayon diminue, il diminue si le rayon augmente.

Pour simplifier la question, nous supposons la masse fluide plate, d'épaisseur constante et de densité uniforme. Toutes les molécules s'attirent en vertu de la loi newtonienne, mais la résultante de toutes ces actions en nombre infini se traduit par une force unique, émanant du centre, supposé vide ou plein, et est exprimée par une fonction de la distance que nous supposerons de la forme $F = K^2 r^n$, $K^2$ étant une constante, $r$ étant la distance du filet, considéré comme circulaire, au centre, et $n$ un nombre pouvant varier de $-\infty$ à $+1$. Pour $n = 1$, en effet, la masse est solide et il est difficile de supposer, à cause de la cohésion, que les couches extérieures tournent plus vite que les couches intérieures. Les différents éléments qui caractérisent le mouvement de chaque filet sont :

1° La force centrale, F ;

2° La vitesse angulaire, $\omega$ ;

3° La vitesse linéaire, V ;

4° La vitesse aréolaire, A (surface balayée par le rayon vecteur dans l'unité de temps). La somme de toutes ces surfaces peut prendre le nom de *moment d'inertie* du tourbillon : $\left(J = \int_o^r A dr\right)$, quoique ce mot ne s'emploie que pour les corps solides ; ce moment d'inertie, malgré les changements de forme du tourbillon, reste rigoureusement constant.

Les filets circulaires qui composent la masse exercent, en général, des

pressions les uns sur les autres. Mais nous n'allons calculer ces quatre constantes que pour le moment où l'ensemble de filets, formant l'anneau nébuleux, va se détacher ; cela arrive lorsque la force centrifuge $\omega^2 r$ fait équilibre à la force centrale: Ces éléments sont donc, pour $n$ quelconque :

$$F = K^2 r^n,$$

$$\omega = \sqrt{\frac{F}{r}} = K r^{\frac{n-1}{2}},$$

$$V = \omega r = K r^{\frac{n+1}{2}},$$

$$A = \frac{1}{2}\omega r^2 = \frac{1}{2} K r^{\frac{n+3}{2}}.$$

Les cas les plus particuliers, lorsque $n$ varie de $-\infty$ à $+1$, sont :

1°
$$n = -\infty,$$
$$F = 0, \qquad V = 0,$$
$$\omega = 0, \qquad A = 0.$$

Il n'y a ni force, ni mouvement. Le tourbillon n'a pas encore pris naissance ; il est à l'état amorphe.

2°
$$n = -3,$$
$$F = \frac{K^2}{r^3}, \qquad V = \frac{K}{r},$$
$$\omega = \frac{K}{r^2}, \qquad A = \frac{1}{2} K = \text{constante}.$$

La vitesse aréolaire est constante ; l'énergie est uniformément distribuée dans toute la masse.

3°
$$n = -2,$$
$$F = \frac{K^2}{r^2}, \qquad V = \frac{K}{\sqrt{r}},$$
$$\omega = \frac{K}{\sqrt{r^3}}, \qquad A = \frac{1}{2} K\sqrt{r}.$$

On pourrait l'appeler *tourbillon newtonien*. On peut remarquer que le produit VA est constant (*).

4° $$n = -1,$$

$$F = \frac{K^2}{r}, \qquad V = K = \text{constante},$$

$$\omega = \frac{K}{r}, \qquad A = \frac{1}{2} Kr.$$

La vitesse linéaire est ici constante pour tous les points du tourbillon.

5° $$n = 0,$$

$$F = K^2 = \text{constante},$$

$$\omega = \frac{K}{\sqrt{r}},$$

$$V = K\sqrt{r},$$

$$A = \frac{1}{2} K\sqrt{r^3}.$$

La pesanteur est constante dans toute la masse.

6° $$n = 1,$$

$$F = K^2 r,$$

$$\omega = K = \text{constante}.$$

$$V = Kr,$$

$$A = \frac{1}{2} Kr^2.$$

Nous reconnaissons ici le mouvement d'un corps solide; la vitesse angulaire conserve une valeur constante.

En conséquence, si un corps fluide, supposé tout d'abord extrêmement diffus, se concentre petit à petit, il passera successivement et progressivement par les six formes principales que nous venons sommairement d'étudier et par toutes les formes intermédiaires, l'exposant $n$ variant d'une

(*) Il est facile de s'assurer qu'il en est ainsi pour l'ensemble des planètes circulant autour du soleil, pour les systèmes de satellites, et en général pour tous les systèmes soumis à la loi de l'attraction newtonienne. En effet, la troisième loi de Képler s'écrit :

$$\frac{T^2}{r^3} = \text{constante}.$$

Mais $T = \frac{2\Pi}{\omega}$. Remplaçant, nous obtenons $\frac{4\Pi^2}{\omega^2 r^3} = \text{constante}$, ou encore $\omega^2 r^3 = \text{constante}$. Mais cette dernière expression peut s'écrire $\omega r \times \frac{1}{2} \omega r^2 = \text{constante}$ ou $VA = \text{constante}$. Ainsi, le produit de la vitesse linéaire par la vitesse aréolaire est constant pour l'ensemble des corps soumis à l'attraction newtonienne, dans l'intérieur d'un même système.

manière continue de $-\infty$ à $+1$. Mais le mouvement intérieur présentera deux phases bien différentes qui sont séparées par le quatrième cas. Avant le quatrième cas, la vitesse linéaire de chaque filet va en *décroissant* du centre à la périphérie *(fig. 1)*; après le quatrième cas, la vitesse linéaire va en *croissant* du centre à la périphérie *(fig. 2)*. Les figures 1 et 2 permettent

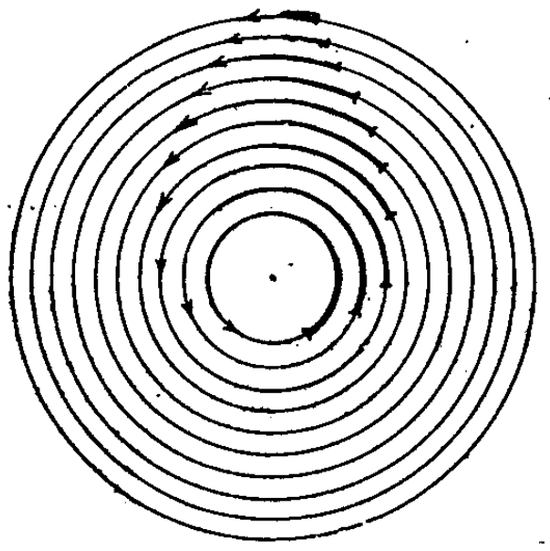


FIG. 1.

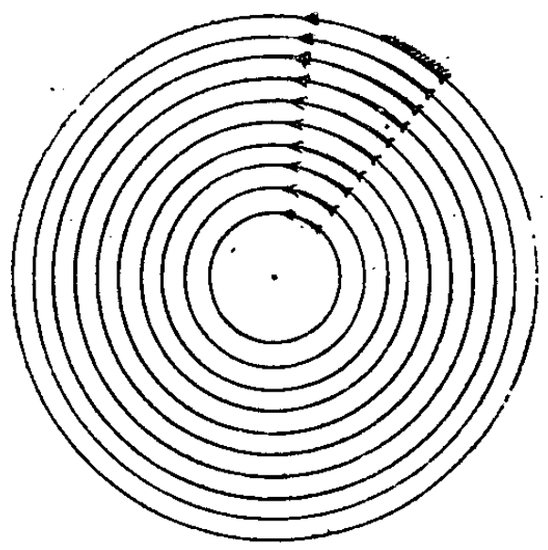


FIG. 2.

de se rendre compte de la différence fondamentale qui caractérise les mouvements intérieurs des deux espèces de tourbillons.

Les anneaux détachés par la nébuleuse dans sa première période donnent

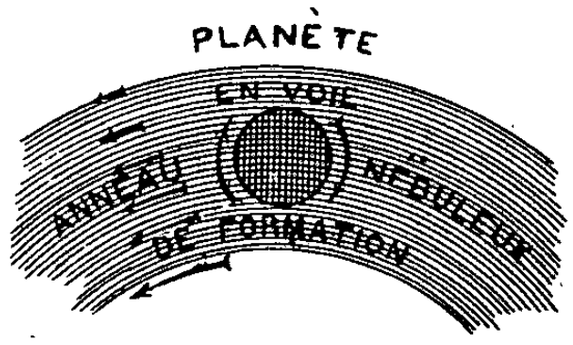



FIG. 3.

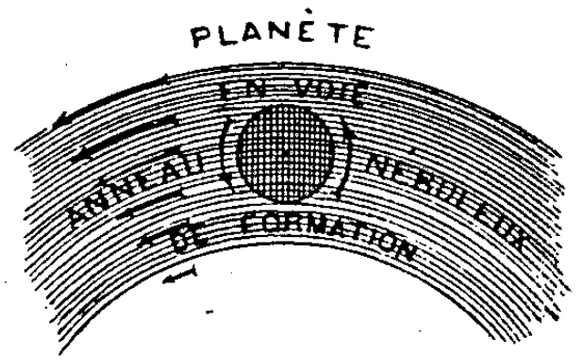



FIG. 4.

donc naissance à des planètes à mouvement de rotation rétrograde *(fig. 3)*, tandis que les planètes provenant des anneaux détachés par la nébuleuse dans sa seconde période possèdent un mouvement de rotation direct *(fig. 4)*.

# M. V. JAMET

Professeur au Lycée de Marseille.


## APPLICATION DE LA THÉORIE DES INVARIANTS A LA GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE [M 5 2]

*— Séance du 9 août —*

1. — Depuis que la théorie des invariants a permis d'établir l'équation qui fait connaître les rapports anharmoniques des racines d'une équation du quatrième degré, il n'y a plus de difficulté théorique à résoudre une question telle que celle-ci : « *Étant donnée une courbe S de la quatrième classe, trouver le lieu des points d'où l'on peut mener à une telle courbe quatre tangentes ayant un rapport anharmonique constant et donné.* » La seule difficulté d'un tel problème paraît résider uniquement dans la longueur des calculs, et c'est pourquoi il nous paraît qu'à l'heure actuelle, il y a encore quelque intérêt à examiner un cas particulier, relativement simple, de la question énoncée ci-dessus.

Nous étudierons spécialement le cas où la courbe S est une cubique à point double. A cet effet rappelons tout d'abord que l'équation d'une telle courbe, par suite d'une transformation homographique convenable, prend la forme

$$(1) \qquad (x+y+x)^3 - 27\,xyz = 0,$$

équivalente à celle-ci :

$$(2) \qquad x^{\frac{1}{3}} + y^{\frac{1}{3}} + z^{\frac{1}{3}} = 0.$$

Toute cubique unicursale est donc, dans le sens indiqué par de La Gournerie, une triangulaire d'exposant $\frac{1}{3}$. Son équation tangentielle représentera donc une triangulaire d'exposant $-\frac{1}{2}$, comme le montre d'ailleurs le calcul suivant. Soit

$$(3) \qquad u\mathrm{X} + v\mathrm{Y} + w\mathrm{Z} = 0$$

l'équation d'une droite tangente à cette courbe, au point dont les coordonnées sont $x$, $y$, $z$. Cette équation doit être identique à la suivante

$$x^{-\frac{2}{3}}X + y^{-\frac{2}{3}}Y + z^{-\frac{2}{3}}Z = 0$$

et l'on en déduit :

$$\frac{x^{-\frac{2}{3}}}{u} = \frac{y^{-\frac{2}{3}}}{v} = \frac{z^{-\frac{2}{3}}}{w}$$

puis, en vertu de l'équation (2)

$$\frac{1}{\sqrt{u}} + \frac{1}{\sqrt{v}} + \frac{1}{\sqrt{w}} \equiv 0.$$

En vue des applications qui vont suivre, il nous est utile d'écrire cette dernière équation sous la forme

$$(4) \qquad \frac{u^2v^2}{w^2} - \frac{2uv(u+v)}{w} + (u-v)^2 = 0.$$

En effet, on voit immédiatement que la condition pour que la droite représentée par l'équation, soit tangente à la cubique (1) et passe par un point donné $x$, $y$, $z$, se traduit par l'équation :

$$(5) \qquad \begin{aligned}(u-v)^2(ux+vy)^2 + 2uv(u+v)(ux+vy)z \\ + u^2v^2z^2 = 0\end{aligned}$$

obtenue en éliminant $w$ entre l'équation (4) et l'équation de condition

$$ux + vy + wz = 0.$$

L'équation (5) détermine alors les valeurs de $\frac{u}{v}$ correspondant aux quatre tangentes menées du point $x$, $y$, $z$, à la courbe donnée, et l'on conçoit que la solution du problème proposé dépend de la formation des invariants du premier membre de cette équation, considéré comme une forme binaire aux deux variables $u$, $v$. Or, étant donnée la forme biquadratique :

$$f(u, v) \equiv au^4 + 4bu^3v + 6cu^2v^2 + 4duv^3 + eu^4$$

nous désignerons par S et T ses deux invariants définis comme il suit

$$(6) \quad \begin{cases} S = ae - 4bd + 3c^2 \\ T = ace + 2bcd - ad^2 - eb^2 - c^3 \end{cases}$$

et nous rappellerons qu'entre ces deux invariants et le rapport anharmonique $\rho$ des quatre racines de l'équation $f = 0$, il y a la relation

$$\text{(a)} \qquad \frac{S^3}{T^2} = \frac{108(\rho^2 - \rho + 1)^2}{(\rho + 1)^2(2\rho - 1)^2(\rho - 2)^2}.$$

Si donc $\rho$ est donné, le second membre de cette équation aura une valeur connue K, et l'équation du lieu cherché sera

$$S^3 - KT^2 = 0$$

en supposant que dans les expressions de S et T résultant des formules (6), $a$, $4b$, $6c$, $4d$, $e$ soient les coefficients de $u^4$, $u^3v$, $u^2v^2$, etc., dans le développement du premier membre de l'équation (5). Or ce développement est le suivant :

$$u^4x^2 + 2x(-x + y + z)u^3v + (x^2 + y^2 + z^2 + 2zx + 2yz - 4xy)u^2v^2 + 2y(x - y + z)uv^3 + v^4y^2$$

et voici comment on peut calculer ses invariants.

2 — (a) Calcul de S. — L'application de la première formule (6) donne :

$$S = x^2y^2 - xy(-x + y + z)(x - y + z) + \frac{1}{12}(x^2 + y^2 + z^2 + 2zx + 2yz - 4xy)^2.$$

Posons :

$$\text{(7)} \qquad x + y + z = t$$

Nous trouvons

$$S = x^2y^2 - xy\,(t - 2y)(t - 2x) + \frac{1}{12}(t^2 - 6xy)^2$$

ou bien

$$S = \frac{t^4}{12} - 2xyt^3 + 2xy(x + y)t$$

et, à cause de la formule (7)

$$\text{(8)} \qquad S = t\left(\frac{t^3}{12} - 2xyz\right)$$

L'invariant S est donc une fonction des deux variables $x + y + z$ et $xyz$. Nous allons voir qu'il en est de même de l'invariant T.

b). Calcul de T. — Employant encore la notation

$$x + y + z = t,$$

nous trouvons, en vertu de la deuxième formule (6)

$$T = \frac{x^2y^2(t^2 - 6xy)}{6} + \frac{1}{12}xy(t - 2x)(t - 2y)(t^2 - 6xy) - \frac{x^2y^2(t^2 - 2y)^2}{4}$$
$$- \frac{x^2y^2(t - 2x)^2}{4} - \frac{(t^2 - 2xy)^3}{216}$$

ou bien :

$$216\,T = -t^6 + 36xyt^4 - 36xy(x + y)t^3 - 216x^2y^2t^2 + 432(x + y)x^2y^2t$$
$$- 432x^3y^3 - 216x^2y^2(x^2 + y^2),$$

et l'on aperçoit les réductions suivantes : le deuxième et le troisième terme du second membre peuvent être remplacés par

$$36xyzt^3,$$

les quatre derniers par

$$-216\,x^2y^2(t^2 - 2(x + y)t + 2\,xy + x^2 + y^2)$$

ou par $$216\,x^2y^2(t - x - y)^2$$

ou encore par $$-216\,x^2y^2z^2.$$

On trouve donc :

(9) $$216\,T = -t^6 + 36\,xyzt^3 - 216\,x^2y^2z^2$$

3. — L'équation du lieu cherché est donc de la forme

(10) $$(t^6 - 36\,xyzt^3 + 216\,x^2y^2z^2)^2 - 27\,ht^3(t^3 - 24\,xyz)^3 = 0$$

$t$ désignant la somme $x + y + z$ et $h$ une constante qui dépend exclusivement du rapport anharmonique donné. Cette équation étant homogène par rapport à $t^3$ et à $xyz$, et son degré par rapport à ces deux variables étant égal à 4, on en déduit le théorème suivant : « *Le lieu des points tels que les tangentes menées de chacun d'eux à une cubique unicursale donnée aient un rapport anharmonique constant et donné se compose de quatre cubiques* ». Chacune de ces cubiques est représentée par une équation de la forme

(11) $$t^3 = mxyz$$

la constante $m$ variant seule de l'une à l'autre des quatre cubiques. Les valeurs qu'on attribuera à ces constantes seront les racines de l'équation

(12) $$(m^2 - 36m + 216)^2 - 27hm\,(m - 24)^3 = 0$$

obtenue en éliminant $t^3$ entre (10) et (11). Le cas où l'un des rapports anharmoniques donnés est égal à $a - 1$ correspond à $h = 0$, et « *le lieu des points d'où l'on peut mener à une cubique unicursale réelle quatre tangentes*

*formant un faisceau harmonique, se compose de deux cubiques imaginaires* ». De même, si l'un des rapports anharmoniques est égal à l'une des racines cubiques imaginaires de $-1$, le lieu se compose de l'axe d'inflexion de la cubique donnée ($m = 0$) et d'une cubique réelle $\left(m = \frac{2}{3}\right)$, comptant pour trois cubiques.

Dans le cas le plus général, les quatre cubiques trouvées admettent trois points d'inflexion qui sont ceux de la cubique unicursale donnée, et ont, en ces points, les mêmes tangentes que la cubique donnée. D'autre part, toutes les cubiques jouissant de ces propriétés forment un faisceau dont l'équation générale est l'équation (11), où l'on regarde $m$ comme un paramètre arbitraire. Mais alors, à chacune d'elles répond une constante $h$ définie par l'équation (12), et l'on en conclut le théorème suivant : *Si d'un point* P *pris sur une cubique* Γ *on mène les quatre droites qui sont tangentes à la cubique unicursale ayant, avec* Γ, *trois points d'inflexion communs situés en ligne droite, avec les mêmes tangentes en ces trois points, le rapport anharmonique de ces quatre tangentes est le même quel que soit le point* P.

7. Maintenant on conçoit que la solution du problème énoncé au début se ramène à un calcul plus ou moins simple, suivant le degré de simplicité plus ou moins grand de l'équation tangentielle de la courbe S. La cubique unicursale dont nous nous sommes occupé jusqu'ici, est une des courbes que de La Gournerie a étudiées sous le nom de courbes triangulaires. L'équation générale de ces courbes est

$$x^m + y^m + z^m = 0; \tag{13}$$

le nombre $m$ se nomme l'exposant d'une telle courbe, et celle-ci a pour équation tangentielle

$$u^{\frac{m}{m-1}} + v^{\frac{m}{m-1}} + w^{\frac{m}{m-1}} = 0 \tag{14}$$

comme on le verrait en suivant la méthode exposée au § 1 pour former l'équation (4). D'ailleurs, si le nombre $m$ est égal à une fraction $\frac{p}{q}$, irréductible, précédée du signe $+$, l'équation (13) est de degré $pq$; si la fraction $\frac{p}{q}$ est précédée du signe $-$, l'équation (13) est de degré $2pq$. Donc, dans le premier cas, si l'on suppose $p > q$, l'équation (14) est de degré $p(p - q)$, et si l'on veut que la courbe (13) soit de la quatrième classe, il faudra qu'on ait :

$$p = 4,\ q = 3;$$

dans le deuxième cas, l'équation (14) est de degré

$$2p(q - p)$$

et si l'on veut que la courbe (13) soit de la quatrième classe, il faudra qu'on ait, ou bien $p = 1,\ q = 3,$
ou bien $p = 2,\ q = 3.$

Enfin, si $m = -\frac{p}{q}$, ($p$ , $q$ étant des entiers premiers entre eux) l'équation (14) sera de degré $p\,(p+q)$ et la courbe qu'elle représente ne sera de la quatrième classe, que si l'on a :

$$p = 1,\ q = 3.$$

Donc, les seules courbes triangulaires qui soient de la quatrième classe sont celles dont les exposants sont égaux à $\frac{4}{3}$, ou à $\frac{1}{3}$, ou à $\frac{2}{3}$, ou à $-\frac{1}{3}$.

Le deuxième cas est celui que nous avons examiné en détail. Il est facile de faire le calcul analogue à celui qui précède, au moins dans le premier et le troisième cas. C'est ainsi que dans le premier cas, on trouve, pour l'équation

$$u^4 + v^4 + w^4 = 0, \tag{14}$$

et pour l'équation qui détermine les cœfficients de direction des tangentes issues du point $x, y, z$

$$(u^4 + v^4)z^4 + (ux + vy)^4 = 0 \tag{15}$$

ou bien

$$(z^4 + x^4)u^4 + 4u^3vx^3y + 6u^2v^2x^2y^2 + 4uv^3xy^3 + (z^4 + y^4)v^4 = 0,$$

puis, en désignant par S et T les invariants analogues à ceux que nous avons calculés plus haut :

$$S = (z^4 + x^4)(z^4 + y^4) - x^4y^4$$

ou bien $$S = z^8 + z^4(x^4 + y^4) = z^4(x^4 + y^4 + z^4),$$

puis

$$T = x^2y^2(z^4 + x^4)(z^4 + y^4) + 2x^6y^6 - (z^4 + x^4)x^2y^6 - (z^4 + y^4)x^6y^2 - x^6y^6 ;$$

puis encore

$$T = x^2y^2z^8,$$

et l'on trouve, pour équation du lieu, l'équation du douzième degré

$$(x^4 + y^4 + z^4)^3 - 4x^4y^4z^4 = 0.$$

8. Laissant désormais au lecteur le soin d'entrer dans le détail du calcul

qu'appelle le quatrième cas $\left(m = -\frac{1}{3}\right)$, nous aborderons seulement le troisième $\left(m = \frac{2}{3}\right)$ intéressant en ce que les triangulaires d'exposant $\frac{2}{3}$ comprennent, comme cas particulier, les développées des coniques à centre. Ici l'équation (14) deviendra

$$u^{-2} + v^{-2} + w^{-2} = 0$$

ou bien :

$$v^2w^2 + u^2w^2 + u^2v^2 = 0.$$

L'équation analogue à (15) sera la suivante :

$$(u^2 + v^2)(ux + vy)^2 + u^2v^2z^2 = 0$$

ou bien

$$u^4x^2 + 2u^3vxy + (x^2 + y^2 + z^2)u^2v^2 + 2uv^3xy + v^4y^2 = 0.$$

Le calcul des invariants analogues à S et T donne

$$S = \frac{1}{2}(x^2 + y^2 + z^2)^2$$

$$T = \frac{54x^2y^2z^2 - (x^2 + y^2 + z^2)^3}{216}$$

et l'équation du lieu cherché est la suivante :

$$(x^2 + y^2 + z^2)^6 - \frac{k}{729}\left[54x^2y^2z^2 - (x^2 + y^2 + z^2)^3\right]^2 = 0.$$

Ce lieu se compose de deux courbes du sixième degré, définies l'une par l'équation :

$$\left(1 + \sqrt{\frac{k}{729}}\right)(x^2 + y^2 + z^2)^3 - \sqrt{\frac{2k}{27}}\,x^2y^2z^2 = 0$$

l'autre par l'équation :

$$\left(1 - \sqrt{\frac{k}{729}}\right)(x^2 + y^2 + z^2)^3 + \sqrt{\frac{2k}{27}}\,x^2y^2z^2 = 0$$

et ce résultat admet l'interprétation géométrique suivante : « *Le lieu des points d'où l'on peut mener à une conique à centre, quatre normales ayant un rapport anharmonique constant, se compose de deux courbes du sixième degré.* »

# M. V. JAMET

Professeur au Lycée de Marseille.


## SUR LA FORMULE DES ACCROISSEMENTS FINIS, DANS LE CAS D'UNE VARIABLE IMAGINAIRE

*— Séance du 9 août. —*

Soit $f(z)$ une fonction d'une variable imaginaire $z$, et soient $z_1$ et $z_2$ deux valeurs attribuées à cette variable. Si le rapport :

$$\frac{f(z_1) - f(z_2)}{z_1 - z_2}$$

tend vers une limite, quand $z_1$ et $z_2$ tendent vers une même limite $\zeta$, et si la limite de ce rapport est la même, quelle que soit la manière dont $z_1$ et $z_2$ tendent vers $\zeta$, nous dirons que, pour $z = \zeta$, la fonction $f(z)$ a une dérivée. Cette dérivée sera la limite du rapport ci-dessus. Cette définition posée, nous pourrons présenter sous une forme simple, et dégagée de toute considération cinématique, la démonstration du théorème suivant, dû, d'ailleurs, à M. Darboux : « *Si la fonction* f(z) *a une dérivée pour toute valeur de* z *représentée par un point situé sur la droite qui va du point* $z_0$ *au point* Z, *la différence :*

$$f(Z) - f(z_0)$$

*est égale au produit :*

$$\lambda(Z - z_0)f'(\zeta),$$

*où l'on a désigné par* $\lambda$ *un certain facteur dont le module ne dépasse pas l'unité, et par* $\zeta$ *une imaginaire représentée par un point situé sur la droite* z, Z. » En effet, divisons l'intervalle $Z - z_0$ en un nombre quelconque, $n$, de parties égales, savoir :

$$z_1 - z_0, \qquad z_2 - z_1, \qquad z_3 - z_2 \cdots \qquad Z - z_{n-1},$$

et, dans l'identité

$$f(Z) - f(z_0) = [f(z_1) - f(z_0)] + [f(z_2) - f(z_1)] + \cdots + [f(Z) - f(z_{n-1})]$$

Considérons le terme du second membre qui a le plus grand module. Soit :

$$f(z_{i+1}) - f(z_i)$$

ce terme. Pour abréger l'écriture, il sera plus commode de désigner $z_i$ par $\alpha_1$ et $z_{i+1}$ par $\beta_1$. L'identité précédente entraînera l'inégalité ci-après :

$$\left|f(Z) - f(z_0)\right| < n \left|f(\beta_1) - f(\alpha_1)\right|$$

De même divisons l'intervalle $\beta_1 - \alpha_1$ en $n'$ parties égales. Dans la progression arithmétique ainsi formée, nous trouverons deux termes consécutifs, $\alpha_2$ et $\beta_2$ par exemple, tels qu'on aura :

$$\left|f(\beta_1) - f(\alpha_1)\right| < n' \left|f(\beta_2) - f(\alpha_2)\right|$$

et, *a fortiori* :

$$\left|f(Z) - f(z_0)\right| < nn' \left|f(\beta_2) - f(\alpha_2)\right|.$$

En continuant de la sorte, on conçoit la possibilité de trouver deux imaginaires $\beta_i$ et $\alpha_i$, dont la différence sera égale à :

$$\frac{Z - z_0}{nn'n''\ldots n^{(i-1)}}$$

et telles que l'on aura :

$$\left|f(Z) - f(z_0)\right| < nn'n''\ldots n^{(i-1)} \left|f(\beta_i) - f(\alpha_i)\right|$$

d'où l'on déduira : $$\frac{\left|f(Z) - f(z_0)\right|}{\left|Z - z_0\right|} < \frac{\left|f(\beta_i) - f(\alpha_i)\right|}{\left|\frac{Z - z_0}{nn'n''\ldots n^{(i-1)}}\right|}$$

ou bien : $$\left|\frac{f(Z) - f(z_0)}{Z - z_0}\right| < \left|\frac{f(\beta_i) - f(\alpha_i)}{\beta_i - \alpha_i}\right|$$

et, si l'on établit que les suites :

*a)* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_n$

*b)* $\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_n$

ont une limite commune $\zeta$, on en déduira :

$$\left|\frac{f(Z) - f(z_0)}{Z - z_0}\right| \leqslant \lim \left|\frac{f(\beta_i) - f(\alpha_i)}{\beta_i - \alpha_i}\right|$$

ou bien : $$\left|\frac{f(Z) - f(z_0)}{Z - z_0}\right| \leqslant \left|f'(\zeta)\right|$$

et $$f(Z) - f(z_0) = \lambda(Z - z_0) f'(\zeta),$$

$\lambda$ désignant un facteur dont le module est inférieur ou égal à 1.

: Tout revient donc à démontrer l'existence d'une limite commune aux deux suites *a)* et *b)*. Or les abscisses :

$$x_1, x_2, x_3 \ldots$$

des points représentant les termes de la série *a)* varient sans cesse dans le même sens, quand leur indice augmente, et les abscisses :

$$x'_1, x'_2, x'_3 \ldots$$

des termes de la série *b)* varient aussi sans cesse dans le même sens, mais de telle sorte que si l'une de ces deux dernières suites est croissante, l'autre est décroissante, et inversement. D'ailleurs, tout terme de la suite croissante est inférieur à tout terme de la suite décroissante; mais la différence de deux termes de même rang pris dans les deux suites tend vers zéro quand le rang de ces deux termes est de plus en plus élevé. Il s'ensuit que les parties réelles des termes de la suite *a)* tendent vers une limite $\xi$, et que les parties réelles des termes de la suite *b)* tendent vers la même limite. On démontrerait de même que les coefficients de $i$, dans ces deux suites d'imaginaires ont une limite commune $\eta$, et l'imaginaire $\zeta$ dont il s'agissait de démontrer l'existence est égale à :

$$\xi + \eta i.$$

---

M. le Commandant E.-N. BARISIEN

en mission à Constantinople.

## SUR UNE GÉNÉRATION DU LIMAÇON DE PASCAL
## NOTE COMPLÉMENTAIRE

[M¹ 6 h]

*— Séance du 9 août —*

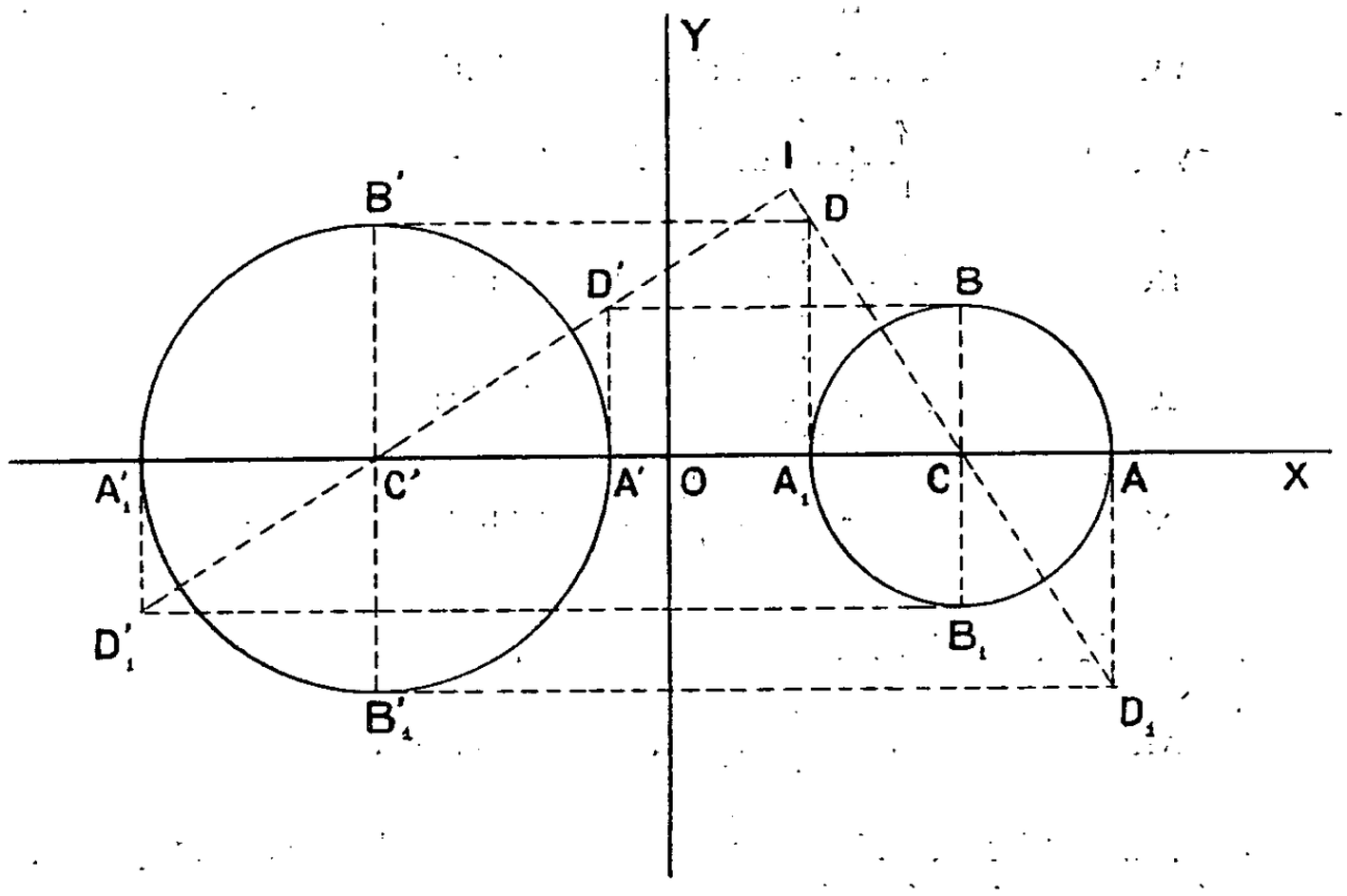
Les points D, D′, $D_1$, $D'_1$ employés dans cette note ont la même signification que dans l'article des Comptes rendus de 1901 de l'Association (*). Nous allons néanmoins les définir de nouveau de façon que le lecteur puisse se dispenser de consulter le travail antérieur. Il ne sera d'ailleurs

(*) Voir Comptes rendus de l'Association 1901 (Congrès d'Ajaccio), page 124.

pas question, dans cette définition, du limaçon de Pascal, comme dans le mémoire précité.

Soient C et C′ les centres de deux cercles de rayons R et R′ avec $CC' = 2a$. On prend des axes de coordonnées rectangulaires, la direction C′C étant l'axe des $x$, et la perpendiculaire élevée au milieu O de CC′ étant l'axe des $y$.

Soient $AA_1$ $BB_1$ les diamètres du cercle C, situé l'un sur OX, l'autre perpendiculaire à OX. Soient de même, $A'A'_1$ et $B'B'_1$ les diamètres du cercle C′ analogues à $AA_1$ et $BB_1$. Ces divers points sont situés comme l'indique la figure.




La tangente en $A_1$ à C et la tangente en B′ à C′ se coupent en D : $D_1$ est le symétrique de D par rapport à C.

La tangente en A′ à C′ et la tangente en B à C se coupent en D′ : $D'_1$ est le symétrique de D′ par rapport à C′.

On a vu que les droites $DD_1$ et $D'D'_1$ se coupent rectangulairement en I. Le lieu du point I est donc le cercle décrit sur CC′ comme diamètre.

Nous allons donner les résultats des lieux géométriques numérotés de la façon suivante :

1° Enveloppe de la droite DD′;

2° Enveloppe de la droite $D_1D'_1$;

3° Enveloppe de la droite $DD'_1$;

4° Enveloppe de la droite $D_1D'$;

5° Lieu du point de rencontre de DD′ et de $D_1D'_1$;

6° Lieu du point de rencontre de $DD'_1$ et de $D_1D'$,

dans les divers cas ci-après qui seront marqués en chiffres romains (de I à XII) (*).

| | |
|---|---|
| I | $R + R' = k =$ constante ; |
| II | $R' - R = k =$ constante ; |
| III | $RR' = k^2 =$ constante ; |
| IV | $R^2 + R'^2 = k^2 =$ constante ; |
| V | $R'^2 - R^2 = k^2 =$ constante ; |
| VI | $\frac{R'}{R} = k =$ constante ; |
| VII | R' varie seul et R est constant ; |
| VIII | $\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} = \frac{1}{k} =$ constante ; |
| IX | $\frac{1}{R} - \frac{1}{R'} = \frac{1}{k} =$ constante ; |
| X | $\frac{1}{R^2} + \frac{1}{R'^2} = \frac{1}{k^2} =$ constante ; |
| XI | $\frac{1}{R^2} - \frac{1}{R'^2} = \frac{1}{k^2} =$ constante ; |

Dans ces 11 cas, la longueur $a$ est constante.

| | |
|---|---|
| XII | $a$ varie seul, R et R' sont constants. |

Avant d'inscrire ces résultats, écrivons les coordonnées des points D, D', $D_1$, $D'_1$ et les équations 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° :

| | | |
|---|---|---|
| *Coordonnées de* D : | $x = a - R$, | $y = R'$. |
| *Coordonnées de* D' : | $x = -(a - R')$, | $y = R$. |
| *Coordonnées de* $D_1$ : | $x = a + R$, | $y = -R'$. |
| *Coordonnées de* $D'_1$ : | $x = -(a + R')$, | $y = -R$. |

1° *Équation de* DD' :

$$x(R' - R) + y(R + R' - 2a) + a(R + R') - (R^2 + R'^2) = 0.$$

2° *Équation de* $D_1D'_1$ :

$$x(R' - R) + y(R + R' + 2a) + a(R + R') + (R^2 + R'^2) = 0.$$

* Dans le résumé de la première partie des C. R. de l'Association — Congrès de Montauban — 1902, p. 163, on a mentionné seulement les paragraphes 1 et 2, et on a omis ceux de 3 à 12.

3° *Équation de* $DD'_1$ :

$$x(R' + R) - y(R' - R + 2a) + a(R' - R) + (R^2 + R'^2) = 0.$$

4° *Équation de* $D_1D'$ :

$$x(R' + R) - y(R' - R - 2a) + a(R' - R) - (R^2 + R'^2) = 0.$$

5° *Coordonnées du point de rencontre de* $DD'$ *et* $D_1D'_1$ :

$$x = \frac{(R^2 + R'^2 - 2a^2)(R + R')}{2a(R' - R)}, \qquad y = -\frac{(R^2 + R'^2)}{2a}.$$

Ce point est situé sur la droite :

$$x = -(y + a)\left(\frac{R + R'}{R' - R}\right).$$

6° *Coordonnées du point de rencontre de* $DD'_1$ *et* $D_1D'$ :

$$x = \frac{(R^2 + R'^2 - 2a^2)(R' - R)}{2a(R' + R)}, \qquad y = \frac{R^2 + R'^2}{2a}.$$

Ce point est situé sur la droite :

$$x = (y - a)\left(\frac{R' - R}{R' + R}\right).$$

Dans les cas particuliers suivants :

(a) $$a = \frac{R + R'}{2},$$

la droite 1° devient $x = \dfrac{R' - R}{2}$.

Dans ce cas, les deux cercles sont tangents entre eux extérieurement.

(b) $$a = \frac{R' - R}{2}, \quad \text{(on suppose } R' > R\text{)};$$

la droite 4° devient $x = \dfrac{R' + R}{2}$.

Dans ce cas, les deux cercles sont tangents entre eux intérieurement.

(c) $$a = \frac{R^2 + R'^2}{R + R'},$$

la droite 1° passe alors par le point O et a pour équation :

$$x(R + R') = y(R' - R).$$

(d) $$a = \frac{R'^2 + R^2}{R' - R},$$

la droite 4° passe alors par O et s'écrit :

$$x\,(R' - R) + y\,(R' + R) = 0.$$

(e) $$a^2 = \frac{R^2 + R'^2}{2},$$

les points 5° et 6° sont situés sur la droite OY à la distance $-a$ et $+a$ du point O.

Envisageons maintenant les divers cas suivants. Nous allons supposer la distance des centres fixe, $a$ et les points C et C′ fixes, et nous ferons varier les rayons R et R′ dans les cas I à XI inclus. Le XII[e] cas suppose que les points C et C′ se déplacent de façon à rester à égale distance du point O, les rayons R et R′ restant constants.

I. — $$R + R' = k = \text{constante}.$$

1° L'enveloppe de DD′ est la parabole :

$$x^2 = (2y - k)\,(2a - k);$$

2° L'enveloppe de $D_1'D_1'$ est la parabole :

$$x^2 = (2y + k)\,(2a + k);$$

3° L'enveloppe de $DD_1'$ est la parabole :

$$y^2 - 2kx + 2ay + a^2 - k^2 = 0;$$

4° L'enveloppe de $D_1'D'$ est la parabole :

$$y^2 + 2kx + 2ay + a^2 - k^2 = 0;$$

5° Le lieu du point de rencontre de DD′ et de $D_1D_1'$ est la cubique :

$$x^2\,(4ay + k^2) + k^2\,(y + a)^2 = 0.$$

Si $k = 2a$, cette cubique se décompose en une droite et une parabole :

$$(y + a)\left[x^2 + a\,(y + a)\right] = 0.$$

6° Le lieu du point de rencontre de $DD_1'$, et $D_1D'$ est la cubique :

$$k^2x^2 = (y - a)^2\,(4ay - k^2).$$

II. — $R' - R = k =$ constante.

1° Parabole $y^2 + 2kx - 2ay + a^2 - k^2 = 0.$

2° Parabole $y^2 - 2kx - 2ay + a^2 - k^2 = 0.$

3° Parabole $x^2 + (2y - k)(2a + k) = 0.$

4° Parabole $x^2 + (2y + k)(2a - k) = 0.$

5° Cubique $k^2x^2 + (y + a)^2(4ay + k^2) = 0.$

6° Cubique $x^2(4ay - k^2) - k^2(y - a)^2 = 0.$

Si $k = 2a$, cette cubique se décompose en une droite et une parabole :

$$(y - a)\left[x^2 - a(y - a)\right] = 0.$$

III. — $RR' = k^2 =$ constante.

5° Cubique $x^2(ay + k^2) - (y + a)^2(ay - k^2) = 0.$

6° Cubique $x^2(ay + k^2) - (y - a)^2(ay - k^2) = 0.$

IV. — $R^2 + R'^2 = k^2 =$ constante.

1°, 2°, 3°, 4°. Ces quatre droites enveloppent la conique :

$$\frac{x^2}{k^2 - 2a^2} + \frac{y^2}{k^2} = \frac{1}{2}.$$

Si $k > a\sqrt{2}$, cette conique est une ellipse : si $k = a\sqrt{2}$, elle devient les deux droites $y = \pm \frac{k}{\sqrt{2}}$ : si $k < a\sqrt{2}$, la conique est une hyperbole.

5° Droite $y = -\frac{k^2}{2a}.$

6° Droite $y = \frac{k^2}{2a}.$

V. — $R'^2 - R^2 = k^2 =$ constante.

5° Deux cubiques $\begin{cases} 4axy(y + a) + k^2\left[x^2 + (y + a)^2\right] = 0. \\ 4axy(y + a) - k^2\left[x^2 + (y + a)^2\right] = 0. \end{cases}$

6° Deux cubiques $\begin{cases} 4axy(y - a) + k^2\left[x^2 + (y - a)^2\right] = 0. \\ 4axy(y - a) - k^2\left[x^2 + (y - a)^2\right] = 0. \end{cases}$

VI. — $\dfrac{R'}{R} = k =$ constante.

1° et 2° Parabole $[x(k-1)+(y+a)(k+1)]^2 - 8ay(k^2+1) = 0.$

3° et 4° Parabole $[x(k+1)-(y-a)(k-1)]^2 + 8ay(k^2+1) = 0.$

5° Droite $x = -(y+a)\left(\dfrac{k+1}{k-1}\right).$

6° Droite $x = (y-a)\left(\dfrac{k-1}{k+1}\right).$

VII. — R′ varie seul, R = constante.

1° Parabole $(x+y+a)^2 - 4[Rx + y(2a-R) + R(R-a)] = 0.$

2° Parabole $(x+y+a)^2 - 4[-Rx + y(2a+R) + R(R+a)] = 0.$

3° Parabole $(x-y+a)^2 - 4[Rx - y(2a-R) + R(R-a)] = 0.$

4° Parabole $(x-y+a)^2 + 4[Rx + y(2a+R) - R(R+a)] = 0.$

5° Cubique $R^2[x^2+(y+a)^2] + ay(x+y+a)^2 = 0.$

6° Cubique $R^2[x^2+(y-a)^2] - ay(x-y+a)^2 = 0.$

VIII. — $\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{R'} = \dfrac{1}{k} =$ constante.

5° Quintique $ay[x^2-(y+a)^2]^2 + 4k^2x^2[x^2+(y+a)^2] = 0.$

6° Quintique $ay[x^2-(y-a)^2]^2 - 4k^2(y-a)^2[x^2+(y-a)^2] = 0.$

IX. — $\dfrac{1}{R} - \dfrac{1}{R'} = \dfrac{1}{k} =$ constante.

5° Quintique

$$ay[x^2-(y+a)^2]^2 + 4k^2(y+a)^2[x^2+(y+a)^2] = 0.$$

6° Quintique

$$ay[x^2-(y-a)^2]^2 - 4k^2x^2[x^2+(y-a)^2] = 0.$$

X. — $\dfrac{1}{R^2} + \dfrac{1}{R'^2} = \dfrac{1}{k^2} =$ constante.

5° Quintique $ay[x^2-(y+a)^2]^2 + 2k^2[x^2+(y+a)^2]^2 = 0.$

6° Quintique $ay[x^2-(y-a)^2]^2 - 2k^2[x^2+(y-a^2)]^2 = 0.$

XI. — $$\frac{1}{R^2} - \frac{1}{R'^2} = \frac{1}{k^2} = \text{constante.}$$

5° 2 quintiques $\begin{cases} 4k^2x(y+a)\left[x^2+(y+a)^2\right] + ay\left[x^2-(y+a)^2\right]^2 = 0. \\ 4k^2x(y+a)\left[x^2+(y+a)^2\right] - ay\left[x^2-(y+a)^2\right]^2 = 0. \end{cases}$

6° 2 quintiques $\begin{cases} 4k^2x(y-a)\left[x^2+(x-a)^2\right] + ay\left[x^2-(y-a)^2\right]^2 = 0. \\ 4k^2x(y-a)\left[x^2+(y-a)^2\right] - ay\left[x^2-(y-a)^2\right]^2 = 0. \end{cases}$

XII. — $a$ varie — R et R′ sont constants.

1° Point fixe $x = \frac{R'-R}{2}, \qquad y = \frac{R'+R}{2}.$

2° Point fixe $x = -\frac{(R'-R)}{2}, \qquad y = -\frac{(R'+R)}{2}.$

3° Point fixe $x = -\frac{(R'+R)}{2}, \qquad y = \frac{R'-R}{2}.$

4° Point fixe $x = \frac{R'+R}{2}, \qquad y = -\frac{(R'-R)}{2}.$

5° Hyperbole $2xy(R'-R) + 2y^2(R+R') - (R+R')(R^2+R'^2) = 0.$

6° Hyperbole $2xy(R'+R) - 2y^2(R'-R) + (R'-R)(R^2+R'^2) = 0.$

---

M. E. WICKERSHEIMER

Ingénieur en chef des Mines, à Paris.

## SUR LA DIRECTION DES AUTOMOBILES

*— Séance du 9 août —*

Si l'on veut maintenir la stabilité d'une automobile dans les virages, on maintient le parallélisme de l'essieu d'avant (directeur) et de l'essieu d'arrière (moteur) par un dispositif imaginé par Akermann, en donnant deux pivots à l'essieu d'avant.

Pour qu'il y ait rotation de l'ensemble, sans *ripage*, il faut et il suffit que toutes les fusées soient, en projection, concourantes en un point qui est la projection horizontale de l'axe instantané de rotation; or les fusées de

l'essieu d'arrière étant fixes et sur le prolongement de cet essieu, il faut que les prolongements des fusées de l'essieu d'avant se rencontrent sur le prolongement de l'essieu d'arrière (en projection, bien entendu).

Bien des systèmes ont été essayés pour réaliser approximativement cette condition. Mais, seul, le dispositif fort simple et fort ingénieux imaginé par M. Bourlet, la réalise d'une façon géométriquement rigoureuse.

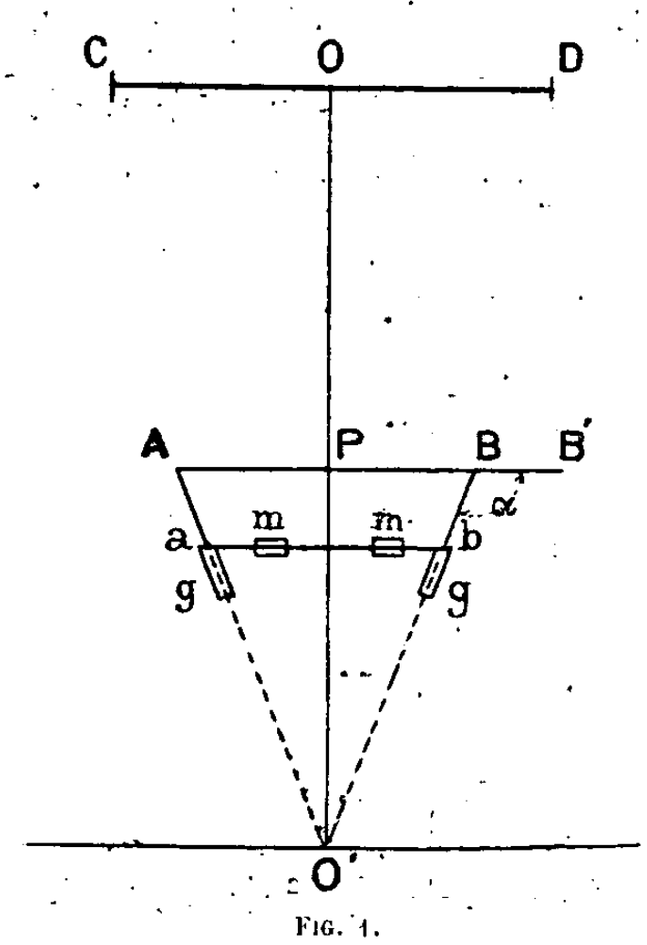


FIG. 1.

CD est l'essieu d'arrière projeté sur le plan de l'horizon;

AB l'essieu d'avant *(fig. 1)*;

A*a*, B*b*, sont deux petites bielles faisant un angle constant $\alpha$ avec la direction des fusées, *ab* une tige glissant dans deux manchons *m*, *m* à la même distance de l'essieu. Cette tige est terminée par deux boutons qui glissent dans deux glissières *ag*, *bg'* prolongeant les biellettes.

Les fusées pivotant autour de A et B, la condition nécessaire et suffisante pour que les prolongements des fusées se coupent sur CD est que la distance du point O', rencontre des bielles dans la position normale à AB soit égale à PO distance des deux essieux.

M. Bourlet démontre géométriquement (*), à l'aide de la figure ci-dessus, que le point O' décrit une droite parallèle à AB lorsque les fusées pivotent autour de A et de B.

Cherchant d'une manière générale, quel est le lieu décrit par le point de rencontre des biellettes lorsque le prolongement des fusées se coupe sur CD, il dit qu'il est facile de voir que les biellettes décrivent deux faisceaux homographiques et que le point de rencontre de leurs prolongements décrit, par conséquent, une conique.

Il ajoute que le calcul montre que la condition nécessaire et suffisante pour que cette conique se réduise à une droite est que, dans la position normale, la distance O'P soit égale à PO. M. Bourlet ne reproduit pas ce calcul, mais il est facile de voir qu'il en est ainsi, sans calcul aucun.

Supposons en effet la fusée BB' dans la position $BB'_1$ telle que l'angle $B'_1BB'$ soit égal à $\frac{\alpha}{2}$ *(fig. 2)*; la biellette correspondante sera placée en $Bb_1$ de façon que l'essieu AB soit la bissectrice de l'angle $B'_1Bb_1$ et le point de

(*) *La locomotion automobile*, 1899, n° 43, p. 687.

rencontre $\alpha'$ des biellettes $Aa_1$, $Bb_1$ prolongées sera symétrique par rapport à AB du point $\alpha$ où se rencontrent les fusées prolongées; c'est-à-dire situé

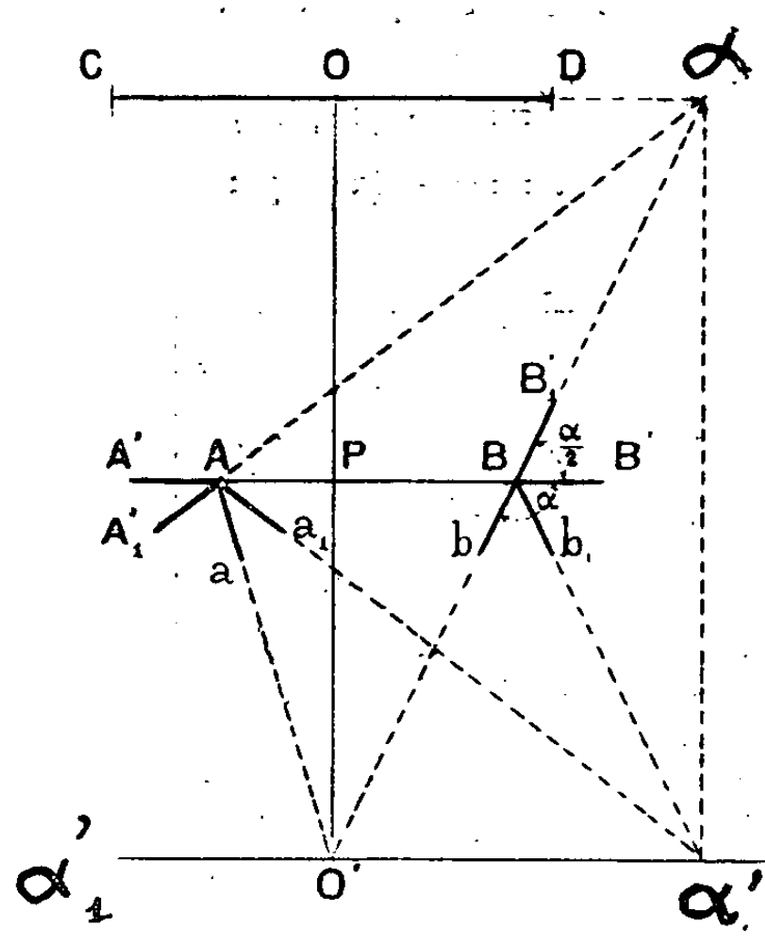



FIG. 2.

sur une droite $O'\alpha'$ parallèle à AB et symétrique de CD par rapport à elle. Il y a aussi un point $\alpha'_1$ symétrique de $\alpha'$ par rapport à la perpendiculaire OP sur la droite AB. Le point O' où cette droite rencontre $\alpha'\alpha'_1$ fait également partie du lieu si, dans la position normale, les biellettes prolongées s'y rencontrent. Dans ce cas, il y a donc 3 points du lieu situés sur une droite; or, ce lieu est une conique, ainsi qu'on l'a vu plus haut; donc, il est nécessairement confondu avec la droite. Et, d'après ce qui vient d'être dit, cette droite est précisément à égale distance de AB que la droite CD. Par symétrie, la condition nécessaire est aussi suffisante.

On peut aussi démontrer géométriquement et d'une manière directe que si la rencontre des biellettes prolongées parcourt une droite $\alpha'\alpha'_1$ symétrique de CD par rapport à AB le point de rencontre $\alpha$ des fusées prolongées parcourt la droite CD; c'est-à-dire la condition suffisante.

Soit, en effet, M une position quelconque de la rencontre des biellettes prolongées.

Les angles étant désignés comme sur la figure 3, on a :

$$\frac{\sin x}{O'M} = \frac{\sin \alpha}{AM},$$

$$\frac{\sin y}{O'M} = \frac{\sin \alpha}{BM},$$

d'où

$$\frac{BM}{AM} = \frac{\sin\ x}{\sin\ y} = \frac{\sin\ u}{\sin\ V}.$$

Or :

$$u = \pi - (\alpha + x),$$
$$V = \pi - (\alpha - y);$$

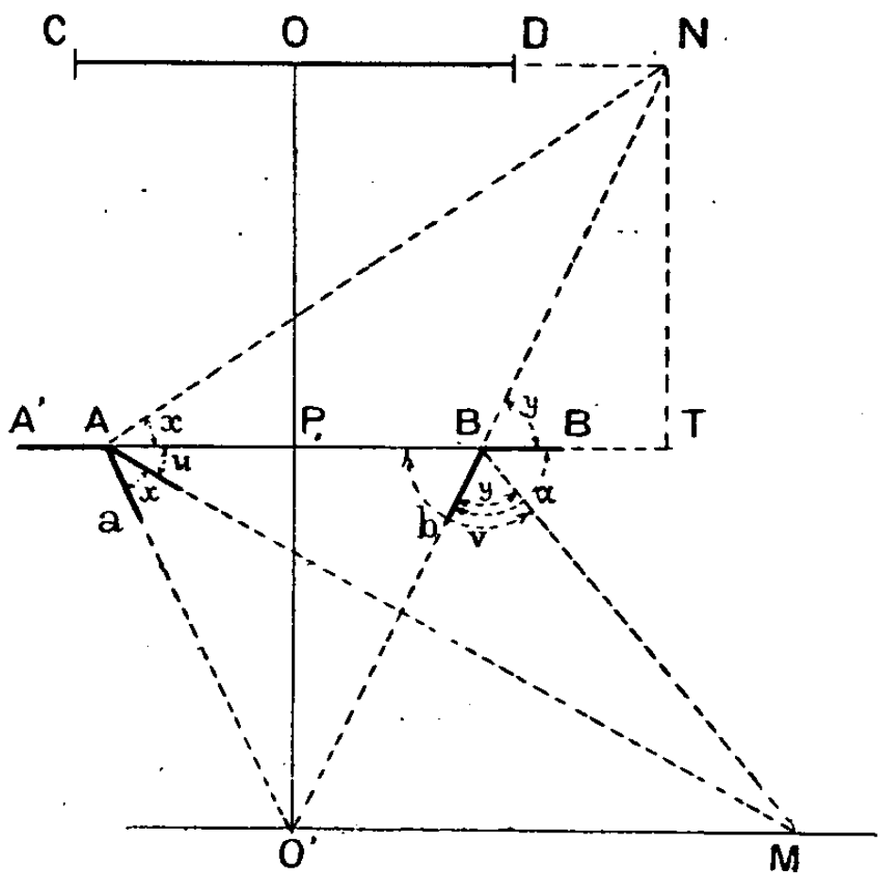



FIG. 3.

donc :

$$\sin u = \sin\ (\alpha\ + x),$$
$$\sin V = \sin\ \alpha - y,$$

et

$$\frac{\sin\ x}{\sin\ y} = \frac{\sin\ \alpha + x}{\sin\ (\alpha - y)}.$$

En développant et réduisant, cette équation devient :

$$2\ \text{cotg}\ \alpha = \text{cotg}\ y - \text{cotg}\ x;$$

or :

$$\text{cotg}\ y - \text{cotg}\ x = \frac{AT - BT}{NT} = \frac{AB}{NT};$$

donc :

$$2\ \text{cotg}\ \alpha = \frac{AB}{NT} = \frac{AB}{OP},$$

donc :

$$OP = P\ O'.$$ (C. Q. F. D).

# M. E. WICKERSHEIMER

Ingénieur en chef des Mines, à Paris.

## ATTRACTION UNIVERSELLE [R 5 a]

*— Séance du 9 août —*

L'attraction A exercée par le soleil sur une planète quelconque est égale à $\frac{Km}{r^2}$ :

$$A = \frac{Km}{r^2}, \tag{1}$$

$r$ désignant la distance moyenne du centre du soleil à celui de la planète, $m$ la masse de la planète. Telle est la conséquence que Newton tira des lois expérimentales de Keppler ; avec :

$$K = \frac{4\pi^2 a^3}{\tau^2}, \tag{2}$$

$a$ étant le demi-grand axe de l'ellipse décrite par le centre de la planète, $\tau$ la durée de la révolution de la planète autour du soleil. De sorte que :

$$A = \frac{4\pi^2 a^3}{\tau^2} \times \frac{m}{r^2} ; \tag{3}$$

$\frac{a^3}{\tau^2}$ est une constante, d'après la troisième loi de Keppler.

On peut aussi écrire (1) sous la forme :

$$\frac{Ar^2}{m} = K ; \tag{4}$$

$Ar^2$ est l'attraction exercée par le soleil à l'unité de distance sur la masse $m$, et $\frac{Ar^2}{m}$ est cette attraction sur l'unité de masse. Telle est la signification du coefficient K.

On comprend, *a priori*, que si la circulation des planètes est due au

soleil, cet astre doit exercer une action constante sur l'unité de masse placée à l'unité de distance et ce sont précisément les lois de Keppler qui ont permis de calculer la loi de variation de cette action, suivant les distances et les masses circulantes. Or, l'unité de distance est arbitraire. Admettons qu'on la choisisse assez grande pour que chaque unité de masse du soleil exerce la même action sur l'unité de masse placée à cette distance.

On aura : $K = f M$,

M étant la masse du soleil, $f$ un coefficient numérique qu'on appelle la constante de l'attraction, et l'on a :

$$A = \frac{fMm}{r^2}. \tag{5}$$

L'équation (5) sera donc la formule générale de l'attraction universelle, c'est-à-dire de l'attraction s'exerçant entre deux masses quelconques placées à une distance quelconque.

Ce n'est pas la méthode suivie par Newton. Considérant deux masses $m$ et $m'$, situées à une distance $r$ l'une de l'autre, il établit que l'attraction de $m$ sur $m'$ est $\frac{Km'}{r^2}$ et celle de $m'$ sur $m$, $\frac{K'm}{r^2}$, et, étendant à une distance quelconque le principe de l'action = réaction admis pour deux points en contact, il fait l'hypothèse :

$$\frac{Km'}{r^2} = \frac{K'm}{r^2},$$

d'où il déduit la valeur $\frac{fmm'}{r^2}$ pour l'attraction réciproque des deux masses.

Le principe de l'action égale à la réaction, établi par Newton lui-même, s'explique ainsi :

Supposons un point mobile sur une surface donnée, connaissant les forces qui lui sont directement appliquées ; ce point subit de la part de la surface une action qui, si nous faisons abstraction du frottement, est normale à cette surface. Le principe de Newton consiste à admettre que la réaction du point contre la surface est égale à l'action de la surface. En introduisant cette force dans les équations de la Dynamique, on a, avec l'équation de la surface, 4 équations qui permettent de déterminer, pour chacune des valeurs de la force, les coordonnées des points et la grandeur de la réaction. Partir de là pour étendre ce principe, vérifié par ses conséquences expérimentales, à l'attraction des masses à distance, c'est faire revivre ces entités métaphysiques que Descartes a voulu bannir de la science positive ; et c'est ainsi qu'on s'explique la longue résistance opposée par les Cartésiens à l'hypothèse de Newton.

Nous avons vu que cette hypothèse est inutile et que, du moment où l'on se borne à admettre l'attraction comme une façon de parler s'appliquant à des quantités déduites de l'expérience, il n'est pas plus difficile de parler d'attraction que de forces en général, étant entendu que la force n'a elle-même aucune réalité objective et ne tombe pas sous l'expérience, mais est simplement une quantité mathématique ; cette quantité est précisément la dérivée du travail par rapport à l'espace parcouru.

*Remarque.* — Il est intéressant de déduire la loi d'attraction newtonienne de la troisième loi de Keppler sans faire application du théorème des aires, par la simple considération de l'homogénéité. En effet, cette loi peut s'écrire :

$$K = \frac{CL^3}{T^2}, \tag{1'}$$

K désignant une quantité invariable pour tout le système planétaire; L une longueur, T le temps et C un coefficient numérique. Introduisons la masse de la planète. L'écriture homogène donnera :

$$m = L^{-1}T^2F, \tag{2'}$$

où F désigne la force.

Combinant (1') et (2'), on aura :

$$C = KL^{-3}T^2 = Km F^{-1}L^{-2}.$$

D'où :

$$CF = \frac{Km}{L^2}.$$

Ce qui est la loi d'attraction.

Il résulte de cette démonstration que l'ensemble des lois de Keppler contient plus de données qu'il n'est nécessaire.

M. B. BAILLAUD

Directeur de l'Observatoire de Toulouse.

## COMPARAISON DES CATALOGUES MÉRIDIENS DE TOULOUSE ET DE LEIPZIG

[523.89]

*— Séance du 9 août —*

La comparaison des catalogues de Toulouse et de Leipzig est particulièrement importante en raison de ce que les étoiles de ces deux catalogues sont naturellement indiquées comme étoiles de repère pour les clichés du catalogue photographique international. Le premier catalogue de Toulouse a été entrepris en 1891 pour cet objet spécial. Le catalogue de Leipzig est un peu plus ancien. Il comprend beaucoup plus d'étoiles que le catalogue de Toulouse. Les deux tiers environ des étoiles de Toulouse font partie du catalogue de Leipzig.

Les deux catalogues ne sont pas basés sur le même système de fondamentales.

A Leipzig, la base était nécessairement le catalogue dressé par Auwers pour les zones de l'Astr. Gesellschaft. A Toulouse, le catalogue, entrepris d'abord sur un système hétérogène en vue de l'augmentation du nombre des fondamentales, a été établi définitivement par M. Saint-Blancat qui a fait toutes les observations, dirigé et contrôlé toutes les réductions, sur le système de $Newcomb_2$, adopté par la Conférence des Étoiles fondamentales de Paris.

Le catalogue de Toulouse est limité aux déclinaisons comprises entre 4° et 11°. Celui de Leipzig va de 5° à 15°. Il a paru inutile de faire en dernière analyse des subdivisions dans le sens des déclinaisons. Cependant la discussion a été faite pour les différents degrés de déclinaison, et pour les vingt-quatre heures d'ascension droite.

Dans les tableaux suivants, chaque colonne, correspondant à la distance polaire dont les degrés sont inscrits en tête, renferme deux sortes de nombres : à gauche, la somme des différences T-L en centièmes de seconde de temps pour le premier tableau, consacré aux ascensions droites ; en dixièmes de seconde d'arc pour le second consacré aux distances polaires. A droite on a inscrit le nombre des comparaisons auxquelles se rapporte cette somme,

## ASCENSION DROITE

| P = | 79° | 80° | 81° | 82° | 83° | 84° | 85° | Sommes. | | Moy. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0h | —34 | 7 —112 | 21 —48 | 17 — 19 | 18 — 63 | 14 — 37 | 17 — 6 | 2 —319 | 96 | —0s,033 |
| 1 | — 8 | 5 — 63 | 15 —18 | 15 — 20 | 16 + 9 | 15 — 34 | 15 +39 | 5 — 95 | 86 | —0,011 |
| 2 | +11 | 12 — 43 | 17 —12 | 12 0 | 18 6 | 17 + 30 | 20 —11 | 7 + 3 | 103 | 0,000 |
| 3 | +28 | 6 + 15 | 18 —78 | 20 — 24 | 12 — 43 | 18 — 42 | 13 +15 | 10 —139 | 97 | —0,014 |
| 4 | +66 | 14 + 33 | 18 —15 | 13 — 32 | 18 — 67 | 14 — 5 | 18 +42 | 19 + 22 | 114 | —0,002 |
| 5 | +30 | 15 — 9 | 22 —52 | 16 — 24 | 18 —126 | 19 — 28 | 11 +15 | 14 —194 | 125 | —0,025 |
| 6 | —10 | 13 — 98 | 19 —55 | 19 —107 | 18 — 43 | 18 — 34 | 21 + 4 | 9 —343 | 117 | —0,029 |
| 7 | +19 | 12 — 52 | 17 —33 | 13 — 32 | 15 — 42 | 16 — 52 | 14 —28 | 8 —220 | 195 | —0,011 |
| 8 | + 2 | 13 — 47 | 16 —43 | 13 — 18 | 20 —109 | 20 —113 | 20 —30 | 10 —358 | 112 | —0,032 |
| 9 | —95 | 12 — 44 | 13 —57 | 18 — 26 | 16 — 44 | 15 — 87 | 18 —52 | 12 —405 | 104 | —0,039 |
| 10 | —63 | 11 — 87 | 18 —70 | 16 — 51 | 11 — 61 | 18 — 81 | 15 —44 | 13 —457 | 111 | —0,041 |
| 11 | —16 | 6 — 97 | 19 —70 | 17 — 59 | 21 —103 | 20 — 56 | 12 —13 | 6 —413 | 101 | —0,041 |
| 12 | —39 | 11 — 53 | 16 +22 | 13 — 51 | 15 0 | 11 — 31 | 9 +10 | 7 —142 | 82 | —0,017 |
| 13 | — 4 | 8 + 8 | 8 + 2 | 16 — 24 | 10 — 61 | 10 + 9 | 5 +14 | 9 — 48 | 66 | —0,008 |
| 14 | —20 | 9 + 7 | 17 —13 | 15 — 21 | 10 + 20 | 6 + 23 | 8 +19 | 8 + 15 | 73 | 0,002 |
| 15 | —13 | 9 — 34 | 11 —12 | 12 — 17 | 12 — 16 | 11 0 | 13 + 6 | 4 — 86 | 72 | —0,012 |
| 16 | —36 | 6 — 31 | 14 —97 | 13 — 34 | 10 — 90 | 15 0 | 11 + 7 | 5 —281 | 74 | —0,038 |
| 17 | —16 | 6 — 21 | 15 —73 | 16 —100 | 14 — 30 | 11 — 10 | 11 +32 | 9 +223 | 82 | —0,027 |
| 18 | —17 | 7 — 51 | 16 —22 | 7 — 1 | 12 — 38 | 10 — 23 | 14 + 6 | 8 —146 | 74 | —0,020 |
| 19 | —14 | 8 — 44 | 11 —30 | 16 — 36 | 12 + 7 | 11 — 2 | 8 —11 | 8 —130 | 72 | —0,018 |
| 20 | +11 | 9 — 37 | 11 —35 | 10 — 23 | 13 — 34 | 10 — 54 | 12 +11 | 9 —161 | 76 | —0,021 |
| 21 | +46 | 14 — 49 | 8 —21 | 14 — 10 | 16 — 1 | 12 + 7 | 10 —21 | 8 — 49 | 81 | —0,006 |
| 22 | +29 | 5 — 35 | 16 —33 | 13 — 54 | 12 — 58 | 8 + 12 | 16 —19 | 8 —158 | 78 | —0,020 |
| 23 | +11 | 10 — 28 | 8 —48 | 11 — 21 | 13 — 24 | 12 — 47 | 18 +29 | 9 —128 | 81 | —0,016 |
| Moy. | | —0s,006 | —0,027 | —0,026 | —0,023 | —0,030 | —0,020 | +0,002 | | |

## DISTANCE POLAIRE (T — L)

| | 79° | 80° | 81° | 82° | 83° | 84° | 85° | Sommes. | | Moy. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0h | —11 | 7 + 8 | 21 — 51 | 17 — 2 | 18 — 42 | 14 0 | 17 +19 | 2 — 79 | 96 | —0″,08 |
| 1 | —17 | 5 — 6 | 15 + 18 | 15 +15 | 16 — 87 | 15 —14 | 15 —52 | 5 —143 | 86 | —0″,26 |
| 2 | — 5 | 12 +34 | 17 — 59 | 12 —37 | 18 — 52 | 17 —99 | 20 —32 | 7 —250 | 103 | —0″,23 |
| 3 | +20 | 6 —14 | 18 —156 | 20 —61 | 12 — 88 | 18 — 4 | 13 —61 | 10 —364 | 97 | —0″,38 |
| 4 | —19 | 14 —15 | 18 + 8 | 13 —91 | 18 — 19 | 14 —69 | 18 —36 | 19 —241 | 114 | —0″,21 |
| 5 | —44 | 15 +27 | 22 + 21 | 16 —43 | 18 — 32 | 19 —47 | 21 —37 | 14 —155 | 125 | —0″,10 |
| 6 | +20 | 13 —50 | 19 — 79 | 19 — 4 | 18 — 52 | 18 —34 | 21 —26 | 9 —225 | 117 | —0″,19 |
| 7 | +29 | 12 —28 | 17 — 42 | 13 — 7 | 15 —111 | 16 —38 | 14 — 7 | 8 —209 | 95 | —0″,22 |
| 8 | +34 | 13 — 9 | 16 + 1 | 13 — 3 | 20 — 37 | 20 + 9 | 20 +30 | 10 + 31 | 112 | +0″,03 |
| 9 | +73 | 40 +40 | 13 + 38 | 18 — 9 | 16 — 60 | 15 —11 | 18 + 1 | 12 + 72 | 104 | +0″,07 |
| 10 | +36 | 11 —20 | 18 + 62 | 16 + 2 | 16 — 39 | 18 —28 | 15 +25 | 13 + 38 | 107 | +0″,04 |
| 1 | — 1 | 6 +12 | 19 — 29 | 17 +85 | 21 — 5 | 20 —32 | 12 + 4 | 6 + 24 | 101 | +0″,02 |
| 2 | —94 | 11 —18 | 16 — 29 | 13 —17 | 15 — 22 | 11 —31 | 9 +13 | 7 —198 | 82 | —0″,24 |
| 3 | +21 | 8 — 6 | 8 — 8 | 16 —21 | 10 — 56 | 10 —25 | 5 —16 | 9 —111 | 66 | —0″,17 |
| 4 | +50 | 9 —20 | 17 — 59 | 15 —10 | 10 — 9 | 6 —13 | 8 —12 | 8 — 73 | 73 | —0″,10 |
| 5 | +24 | 9 — 6 | 11 + 32 | 12 — 2 | 12 — 10 | 11 —12 | 13 — 5 | 4 + 41 | 72 | +0″,06 |
| 6 | + 4 | 6 —16 | 14 — 28 | 13 — 9 | 10 + 53 | 15 +32 | 11 +51 | 5 +143 | 74 | +0″,20 |
| 7 | —37 | 6 + 9 | 15 — 1 | 16 —24 | 14 — 58 | 11 +40 | 11 +15 | 9 — 56 | 82 | —5″,07 |
| 8 | +26 | 7 —16 | 16 — 2 | 7 —37 | 12 — 78 | 10 — 9 | 14 —11 | 8 —127 | 74 | —0″,17 |
| 9 | —26 | 8 —10 | 11 — 19 | 16 —22 | 12 — 32 | 11 —34 | 8 +28 | 8 —115 | 72 | —0″,16 |
| 20 | + 4 | 9 —37 | 11 — 55 | 10 —42 | 15 — 60 | 10 —42 | 12 —29 | 9 —261 | 76 | —0″,34 |
| 1 | —43 | 14 —48 | 8 — 6 | 14 —82 | 15 — 29 | 12 0 | 10 + 5 | 8 —203 | 81 | —0″,25 |
| 2 | —11 | 5 —20 | 16 — 19 | 13 —24 | 12 — 63 | 8 +34 | 16 — 5 | 8 —108 | 78 | —0″,14 |
| 23 | —44 | 10 + 3 | 8 — 37 | 11 + 9 | 13 — 31 | 12 —12 | 18 —42 | 9 —154 | 81 | —0″,19 |
| Moy. | | —0″,00 | —0″,06 | —0″,01 | —0″,12 | —0″,30 | —0″,13 | —0″,09 | —0″,12 | —0″,13 |

On voit qu'il y a lieu d'admettre entre les deux catalogues des différences moyennes très petites :

$$T - L \begin{cases} \text{en } \alpha. \ . & -0^s,020 \\ \text{en P. .} & -0'',13 \end{cases} \qquad (R)$$

Ces différences proviennent de l'écart entre les observateurs et d'un écart entre les catalogues de fondamentales $N_2$ et AG. En s'en tenant aux fondamentales comprises entre 3° et 12° de déclinaison, on trouve :

$$N_2 - AG = \begin{cases} \text{en } \alpha. \ . & +0^s,008 \\ \text{en P. .} & -0'',37 \end{cases}$$

Il s'ensuit que la différence indépendante des catalogues de fondamentales est :

$$(T - N_2) - (L - AG) = \begin{cases} \text{en } \alpha. \ . & -0^s,028 \\ \text{en P. .} & +0'',24 \end{cases}$$

Il faut remarquer cependant que cette dernière conclusion a peu d'importance.

Les fondamentales sont beaucoup plus brillantes que les autres étoiles et les observateurs ont, à leur égard, une équation personnelle spéciale. Les nombres (R) sont les seuls à retenir et l'on voit combien à la fois ils sont faibles et systématiques. Leur application donne pour la moyenne des valeurs absolues des résidus, en $\alpha$, $0^s,01$, en P, $0'',1$.

---

M. J. C. KLUYVER
de Leyde
ET
M. P. H. SCHOUTE
de Groningue

## L'HEXAGONE GAUCHE A ANGLES DROITS [K 13 a]

*— Séance du 9 août —*

1. « On donne trois droites quelconques $a_1$, $a_2$, $a_3$ qui se croisent et l'on détermine les trois droites $b_1$, $b_2$, $b_3$ qui portent respectivement la distance des couples $(a_2, a_3)$, $(a_3, a_1)$, $(a_1, a_2)$. Ces deux triples de droites

jouissent-elles, en général, de la propriété que les six points d'intersection avec un plan quelconque se trouvent sur une conique? »

Par un exemple, assez simple, on démontre que la réponse à cette question (2321) de *l'Intermédiaire*, posée par M. H. Brocard (tome IX, page 93), doit être négative. Considérons deux droites $p$ et $q$ qui se croisent, et imprimons à $p$ un mouvement de rotation autour de $q$. Soient $p_1$, $p_2$, $p_3$ trois positions de $p$ qui se succèdent l'une l'autre avec un intervalle de rotation de 120°, et représentons par $q_1$, $q_2$, $q_3$ les distances des couples $(p_2, p_3)$, $(p_3, p_1)$, $(p_1, p_2)$. Alors un plan quelconque normal à $q$ coupe les deux triples $p_1$, $p_2$, $p_3$ et $q_1$, $q_2$, $q_3$ dans les sommets de deux triangles équilatéraux concentriques $P_1P_2P_3$ et $Q_1Q_2Q_3$ (*fig. 1*), dont les sommets ne se trouvent pas sur une conique.

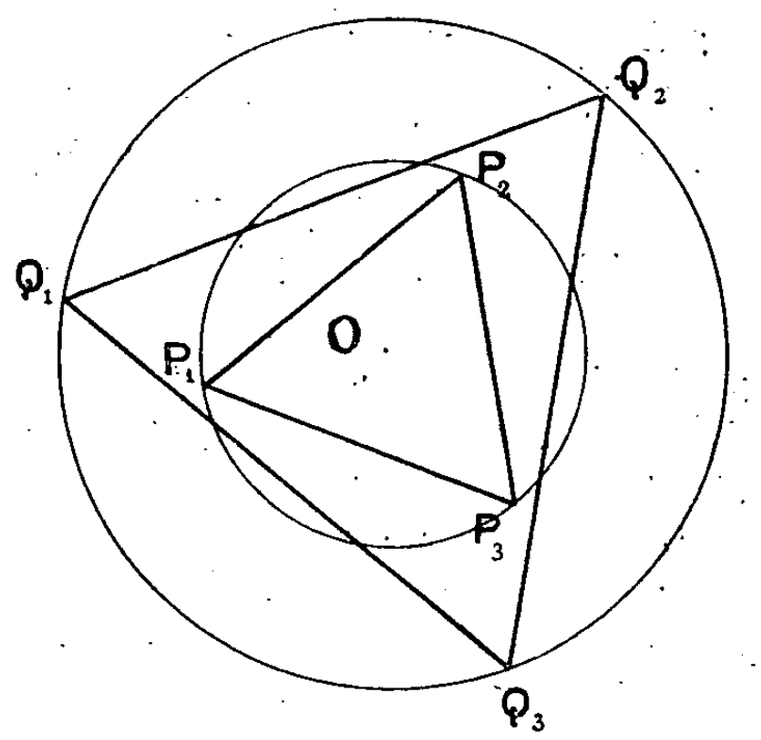


FIG. 1.

2. — Déterminons la classe de l'enveloppe des plans qui coupent les deux triples de droites $(a_1, a_2, a_3)$ et $(b_1, b_2, b_3)$ en six points d'une conique.

Considérons d'abord le cas de six droites quelconques $a_1, a_2, \ldots a_6$ qui se croisent. Soit $l$ une droite quelconque. Évidemment le nombre cherché $x$ est l'ordre du lieu des coniques, situées en des plans par $l$ et s'appuyant sur les cinq droites $a_1, a_2, \ldots a_5$ ; car chaque point d'intersection de $a_6$ avec cette surface $S_x$ fait connaître une conique située en un plan par $l$ et s'appuyant sur les six droites $a_1, a_2, \ldots a_6$, c'est-à-dire un plan tangent de l'enveloppe passant par $l$. Si $y$ représente le nombre des coniques de $S_x$ passant par un point donné P de $l$, on a $x = y + 2$, l'intersection de $S_x$ avec un plan quelconque par $l$ se décomposant en la droite $l$ de multiplicité $y$ et une conique. Comme $y$ est à son tour en même temps l'ordre du lieu $S_y$ des coniques situées en des plans par $l$, passant par P et s'appuyant sur les quatre droites $a_1, a_2, \ldots a_4$, on trouve de la même manière $y = z + 2$, où $z$ représente l'ordre du lieu $S_z$ des coniques, passant par deux points quelconques P, Q de $l$ et s'appuyant sur les trois droites $a_1, a_2, a_3$. Et enfin on trouve $z = 4$ ; car la droite $PQ = l$ est droite double de $S_z$, parce que les quatre droites $a_1, a_2, a_3, l$ admettent deux transversales communes, de manière que l'intersection de $S_z$ avec un plan quelconque par $l$ se décompose en cette droite double et une conique. Donc on a $x = 8$.

Dans le cas des deux triples $(a_1, a_2, a_3)$ et $(b_1, b_2, b_3)$, les six droites données admettent six points d'intersection. Donc l'enveloppe $\Phi_8$ de la classe huit se décompose en ces six points et une quadrique $\Phi_2$.

3. — Sous quelles circonstances les deux triples de droites $(a_1, a_2, a_3)$ et $(b_1, b_2, b_3)$ jouissent-elles de la propriété que les six points d'intersection avec un plan quelconque se trouvent sur une conique ?

Il va sans dire que la propriété en question se présente, aussitôt que les deux triples de droites se trouvent sur une même quadrique, ce qui exige que les trois droites $a_1, a_2, a_3$ fassent partie de l'un des deux systèmes de génératrices de cette surface et les trois droites $b_1, b_2, b_3$ fassent partie de l'autre. De plus, on démontre facilement que la position que nous venons d'indiquer est nécessaire pour que la propriété en question se présente. En effet, soit P un point quelconque de $a_1$ et Q un point quelconque de $b_1$ et considérons le faisceau de plans dont $PQ = l$ forme l'axe. Alors chaque plan $\lambda$ par $l$ doit couper les quatre droites $a_2, a_3, b_2, b_3$ en quatre points d'une conique passant par P et Q. Comme $l$ n'appartient à aucune de ces coniques, le lieu de ces coniques est une quadrique contenant les quatre droites $a_2, a_3, b_2, b_3$ qui forment donc les couples $(a_2, a_3)$, $(b_2, b_3)$ de côtés opposés d'un quadrilatère gauche. Eu égard à ce que les points P et Q sont des points quelconques de $a_1$ et de $b_1$, nous trouvons que la quadrique déterminée par ce quadrilatère et un point fixe P de $a_1$ doit contenir tous les points Q de $b_1$, etc. Donc nous trouvons :

« Pour que les trois droites données $(a_1, a_2, a_3)$ et les trois droites $(b_1, b_2, b_3)$ qui en portent la distance prises deux à deux, soient coupées par chaque plan suivant six points d'une conique, il faut et il suffit que ces droites soient les côtés d'un hexagone gauche $a_1b_2a_3b_1a_2b_3$ situé sur une quadrique et dont tous les angles sont droits. »

4. — Sous quelle condition une quadrique contient-elle un hexagone gauche à angles droits ?

Soit I la conique d'intersection de la quadrique $Q_2$ avec le plan à l'infini, S le cercle imaginaire commun à toutes les sphères. Chacun des hexagones gauches à angles droits de $Q_2$ détermine par les points d'intersection de ses côtés avec le plan $\lambda_\infty$ à l'infini deux triangles $A_1A_2A_3$ et $B_1B_2B_3$ inscrits en I dont l'un est la figure polaire réciproque de l'autre par rapport à S ; en effet, $b_3$ portant la distance des droites $a_1$, $a_2$, le point $B_3$ et la droite $A_1A_2$ sont pôle et polaire par rapport à S, etc. Ainsi chaque triple $(a_1, a_2, a_3)$ de génératrices de $Q_2$ satisfaisant à la condition du problème mène à un triangle $A_1A_2A_3$ inscrit en I et circonscrit à la conique I′ formant en $\lambda_\infty$ la figure polaire réciproque de I par rapport à S. Donc, d'après un théorème connu, si $Q_2$ porte un triple $(a_1, a_2, a_3)$ de la nature indiquée, elle en porte une infinité simple, ce qui entraîne le théorème suivant :

« Si une quadrique $Q_2$ porte un hexagone gauche à angles droits, elle en porte une infinité ; alors une génératrice quelconque de cette surface détermine un de ces hexagones. »

En faisant correspondre l'un à l'autre les deux triangles $A_1A_2A_3$ et $B_1B_2B_3$ correspondant au même hexagone gauche, on obtient une involution de couples de triangles inscrits à I et circonscrits à I'. Considérons les éléments doubles de cette involution, chacun desquels consiste en un triangle $P_1P_2P_3$ inscrit à I et coïncidant avec sa figure polaire réciproque par rapport à S. Théoriquement cela est possible de trois manières différentes, comme l'indique le petit tableau suivant où nous faisons suivre chaque point K de sa polaire LM dans le symbole K...LM :

| | | |
|---|---|---|
| $P_1 \ldots P_2P_3$ | $P_1 \ldots P_1P_2$ | $P_1 \ldots P_1P_3$ |
| $P_2 \ldots P_3P_1$ | $P_2 \ldots P_2P_3$ | $P_2 \ldots P_2P_3$ |
| $P_3 \ldots P_1P_2$ | $P_3 \ldots P_3P_1$ | $P_3 \ldots P_1P_2$ |

Seulement de ces trois manières que nous désignons comme régulière, cyclique et irrégulière, la seconde est impossible. Car la supposition que $P_1P_2$ et $P_2P_3$ sont les polaires de $P_1$ et $P_2$ fait trouver que le point d'intersection $P_2$ de ces deux droites est le pôle de la droite $P_1P_2$, ce qui est contradictoire à la supposition originale ; ou bien, en d'autres termes, il n'y a pas de conique touchant $P_1P_2$, $P_2P_3$, $P_3P_1$ en $P_1$, $P_2$, $P_3$. Donc il ne nous reste que les arrangements régulier et irrégulier ; dans le premier

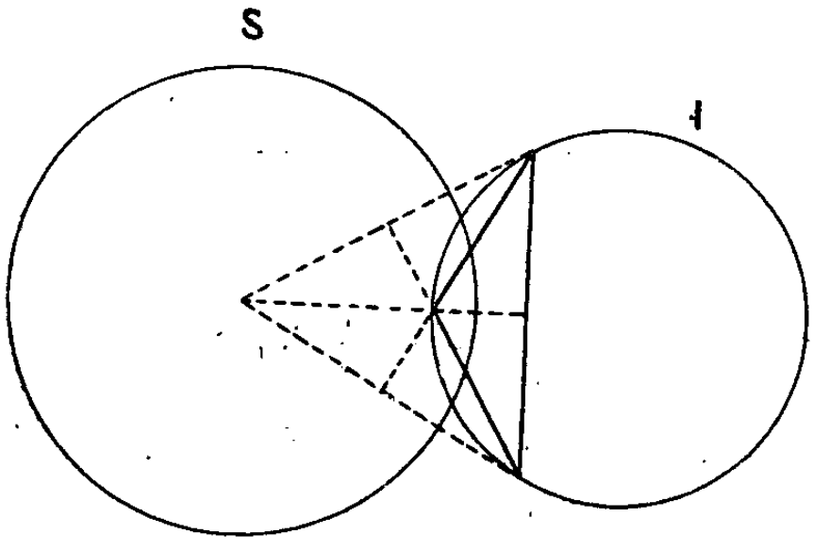



FIG. 2.

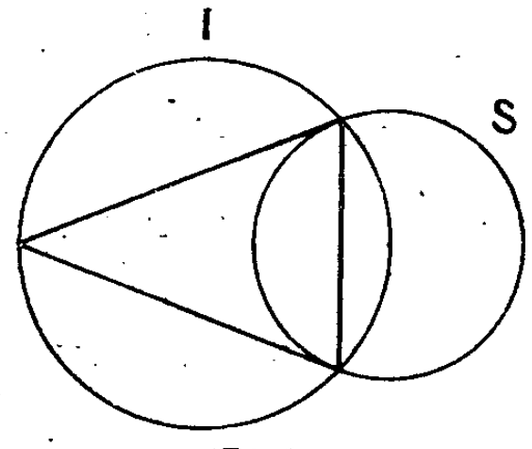



FIG. 3.

cas, I est circonscrit à une infinité de triangles polaires de S ; dans le second, I est circonscrit à un triangle formé par une corde de S et les deux tangentes aux extrémités de cette corde *(fig. 2 et 3)*.

Nous vérifions les résultats que nous venons d'obtenir, par l'analyse, en nous servant de la notation généralement connue de Salmon. Si l'on représente la surface $Q_2$ par rapport à un système rectangulaire d'axes coordonnés par :

$$ax^2 + by^2 + cz^2 + 2fyz + 2gzx + 2hxy + \text{etc.} = 0,$$

et qu'en $\lambda_\infty$ on se serve des coordonnées homogènes en rapport simple avec ce système, on trouve pour l'équation de :

I (coordonnées ponctuelles) $ax^2 + by^2 + cz^2 + 2fyz + 2gzx + 2hxy = 0$,
I ( — tangentielles) $Au^2 + Bv^2 + Cw^2 + 2Fvw + 2Gwu + 2Huv = 0$,
S ( — ponctuelles) $x^2 + y^2 + z^2 = 0$,
S ( — tangentielles) $u^2 + v^2 + w^2 = 0$,
I′ ( — ponctuelles) $Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Fyz + 2Gzx + 2Hxy = 0$,
I′ ( — tangentielles) $\Delta_0(au^2 + bv^2 + cw^2 + 2fvw + 2gwu + 2huv) = 0$.

La condition qu'il y ait un triangle $A_1A_2A_3$ inscrit en I et circonscrit à I′ est :

$$\theta_1^2 + 4\,\Delta_1\,\theta_0 = 0,$$

où l'on a

$$\theta_1 = \Delta_0\,(a^2 + b^2 + c^2 + 2f^2 + 2g^2 + 2h^2),$$
$$\Delta_1 = \Delta_0^2,$$
$$\theta_0 = (A^2 + B^2 + C^2 + 2F^2 + 2G^2 + 2H^2)\,;$$

dont la condition est :

$$(a^2 + b^2 + c^2 + 2f^2 + 2g^2 + 2h^2)^2 - 4(A^2 + B^2 + C^2 + 2F^2 + 2G^2 + 2H^2) = 0.$$

Si $Q_2$ est donnée par son équation par rapport aux axes de symétrie, on a :

$$f = 0,\ g = 0,\ h = 0,\ A = bc,\ B = ca,\ C = ab,\ F = 0,\ G = 0,\ H = 0,$$

de manière qu'on trouve :

$$(a^2 + b^2 + c^2)^2 - 4\,(b^2c^2 + c^2a^2 + a^2b^2) = 0,$$

ou :

$$(a + b + c)\,(-a + b + c)\,(a - b + c)\,(a + b - c) = 0.$$

Donc pour un hyperboloïde à une nappe :

$$\frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} - \frac{z^2}{\gamma^2} = 1\,,$$

aux demi-axes $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ on trouve une des trois relations :

$$\frac{1}{\alpha^2} + \frac{1}{\beta^2} = \frac{1}{\gamma^2},\quad \frac{1}{\beta^2} + \frac{1}{\gamma^2} = \frac{1}{\alpha^2},\quad \frac{1}{\gamma^2} + \frac{1}{\alpha^2} = \frac{1}{\beta^2},$$

dont la première indique que le cône asymptote contient une infinité de

trièdres trirectangles, tandis que chacune des deux autres signale l'existence de génératrices perpendiculaires aux plans cycliques.

Le problème peut être généralisé à celui de trouver sur une quadrique des hexagones gauches dont chaque couple de côtés consécutifs soit formé de deux droites conjuguées l'une à l'autre par rapport à une autre quadrique.

---


## M. V. COCCOZ

Chef d'escadron d'artillerie, en retraite, à Paris.


---

### QUELQUES EXEMPLES DE CARRÉS DE HUIT MAGIQUES AUX DEUX PREMIERS DEGRÉS DONT LES LIGNES ET SURTOUT LES DIAGONALES SONT DE COMPOSITIONS QUI, N'ÉTANT POINT CONNUES, N'ONT PAS ÉTÉ MENTIONNÉES EN 1892 ET 1893 AUX CONGRÈS DE PAU ET DE BESANÇON. [J 1]

---

*— Séance du 9 août —*

Dans l'étude présentée au Congrès de Pau en 1892, et dont le sujet était la construction de carrés de huit, magiques aux deux premiers degrés, nous indiquions que M. Rilly, bien connu des personnes qui s'occupent du problème de la polygraphie du cavalier aux Échecs, avait eu la patience de chercher combien il y a de combinaisons de huit nombres pris parmi les 64 premiers, qui donnent la double égalité $S = 260$ et $S^2 = 11.180$, et que, depuis la publication faite dans un journal, en janvier 1891, du premier carré de ce genre, il en avait trouvé d'abord 23.136, puis plus tard 37.534.

En 1901, M. Rilly avait terminé ses recherches ; il était parvenu au chiffre 38.039 qu'il croit définitif. Certain alors de posséder non seulement toutes les lignes des cinq groupements employées jusqu'alors, ainsi que celles particulières aux diagonales, mais aussi les variations dont il est question dans la note de 1893, cet infatigable calculateur a construit 230 carrés dont plusieurs sont absolument inédits, en ne se servant que de lignes de la classe ou famille 132, c'est-à-dire dont la somme des quatre nombres pairs est précisément ce nombre.

(1) Les seules diagonales employées étaient composées de $2 \times 130$ par des couples égaux de 7 manières : (65.65), (64.66), (63.67), (61.69), (57.73), (49.81), (33.97.)

La classification des lignes imaginée dans l'intention de rendre moins longues les opérations, comprend 36 familles dont les quatre nombres pairs ont pour somme 64 68 72 76 et ainsi de suite en augmentant de quatre unités jusqu'à 200 inclusivement.

Les deux constantes 260 et 11.180 étant des nombres divisibles par 4 et chaque carré impair de la forme $8n + 1$, on établit facilement que chaque ligne ne peut être composée que de 4 pairs et de 4 impairs.

Afin de procéder plus sûrement, au lieu de chercher à utiliser 2704 lignes par 132 et 128, ce qui serait bien difficile, prenons un cas particulier : celui qui n'embrasse que des lignes ayant chacune deux des plus grands nombres et faisons deux demi-générateurs que nous qualifierons provisoirement l'un de supérieur et l'autre d'inférieur. La brochure donne 100 demi-générateurs, mais il n'en est utilisé que 24 portant dans la série supérieure les nos 7 12 13 17 19 23 30 36 39 43 45 50 et dans l'autre les nos 1 2 4 5 9 15 18 24 28 35 39 46.

Quelques exemples feront mieux comprendre la marche suivie pour construire un carré semi-magique, rendu ensuite parfait en le dotant de ses diagonales, que des explications probablement incomplètes, malgré tout le développement qu'on leur donnerait.

Supposons que les semi-générateurs 7 et 15 soient susceptibles de donner un résultat : on en composera un générateur donnant huit bonnes lignes prises, par exemple, pour les rangées horizontales.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 64 | 50 | 14 | 4 | 45 | 33 | 27 | 23 |
| 18 | 62 | 52 | 16 | 2 | 41 | 37 | 31 | 19 |
| 18 | 60 | 54 | 10 | 8 | 47 | 35 | 25 | 21 |
| 18 | 58 | 56 | 12 | 6 | 43 | 39 | 29 | 17 |
| 16 | 48 | 36 | 26 | 22 | 57 | 55 | 11 | 5 |
| 16 | 46 | 34 | 28 | 24 | 61 | 51 | 15 | 1 |
| 16 | 44 | 40 | 30 | 18 | 59 | 53 | 9 | 7 |
| 16 | 42 | 38 | 32 | 20 | 63 | 49 | 13 | 3 |

On peut déjà observer que ces horizontales ayant pour plus petits couples 18 et 16 inscrits en marge sont des variantes de celles du 2e groupement mentionnées en 1892.

Il n'y en a pas deux qui soient réciproquement complémentaires : ainsi 64 50 14 4 ont leurs compléments à 65 : 1 15 51 61 dans la 6e rangée ; 45 33 27 23 ont les leurs dans la 8e, et il en est de même des autres lignes.

Pour découvrir les nombres à mettre dans les colonnes ou verticales, il faut chercher les lignes qui n'ont qu'un terme commun avec celles ci-dessus. Il y en a trente-six :

| | | |
|---|---|---|
| 64 42 18 8 51 37 29 11 | 64 34 26 8 53 43 19 13 | 64 30 28 10 57 39 19 13 |
| 62 48 18 4 49 35 29 15 | 62 44 20 6 55 33 25 15 | 62 40 20 10 51 39 33 5 |
| 62 36 30 4 19 47 17 15 | 62 36 28 6 49 47 23 9 | etc., etc. |

Avec 60, on a 7 lignes ; avec 58, 3 ; avec 56, 6 ; avec 54, 4 ; avec 52, 4 ; avec 50, 4 lignes.

Laissant de côté les lignes non utilisables pour ce cas, et ne prenant que celles au nombre de 8 qui remplissent les conditions imposées, on a un second générateur donnant les verticales et par suite le carré n° 1 semi-magique.

**Carré n° 1, semi-magique.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 64 | 33 | 4 | **27** | **45** | 14 | 23 | 50 |
| 18 | **37** | 62 | 31 | 2 | 16 | 41 | 52 | **19** |
| 18 | 8 | 25 | **60** | 35 | 21 | **54** | 47 | 10 |
| 18 | 29 | **6** | 39 | 58 | 56 | 17 | **12** | 43 |
| 16 | **11** | 55 | 22 | 48 | 26 | 36 | 57 | **5** |
| 16 | 51 | 15 | **46** | 24 | 34 | **28** | 1 | 61 |
| 16 | 18 | 44 | 9 | **53** | 59 | 7 | 30 | 40 |
| 16 | 42 | **20** | 49 | 13 | 3 | 63 | **38** | 32 |
| | 19 | 21 | 13 | 15 | 19 | 21 | 13 | 15 |

Par les procédés connus, on reconnaît que ce semi-magique devient parfait si l'on alterne dans les deux sens ses lignes de telle sorte que, en 1re diagonale on ait les nombres 45 11 60 6 38 28 19 53, et en seconde, 27 5 54 12 20 46 37 59.

Dans chacune de ces diagonales on a deux fois les couples 64 66. Elles portent dans la brochure les nos 75 et 76.

Établissons maintenant quelques carrés avec diagonales inédites. Le n° 158 a pour demi-générateurs ceux numérotés 36 et 39.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 64 | 50 | 12 | 6 | 41 | 39 | 29 | 19 |
| 18 | 62 | 52 | 10 | 8 | 43 | 37 | 31 | 17 |
| 18 | 60 | 54 | 16 | 2 | 45 | 35 | 25 | 23 |
| 18 | 58 | 56 | 14 | 4 | 47 | 33 | 27 | 21 |
| 16 | 48 | 34 | 26 | 24 | 61 | 51 | 11 | 5 |
| 16 | 46 | 36 | 28 | 22 | 63 | 49 | 9 | 7 |
| 16 | 44 | 38 | 30 | 20 | 57 | 55 | 15 | 1 |
| 16 | 42 | 40 | 32 | 18 | 59 | 53 | 13 | 3 |

**Carré n° 158, diagonales n$^{os}$ 45, 46.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 41 | 64 | 19 | 39 | 12 | 50 | 29 | 6 |
| 18 | 48 | 11 | 26 | 34 | 51 | 5 | 24 | 61 |
| 16 | 52 | 37 | 8 | 62 | 31 | 43 | 10 | 17 |
| 16 | 27 | 14 | 33 | 21 | 58 | 4 | 47 | 56 |
| 18 | 7 | 36 | 63 | 9 | 22 | 46 | 49 | 28 |
| 18 | 30 | 57 | 44 | 20 | 1 | 55 | 38 | 15 |
| 16 | 2 | 23 | 54 | 16 | 45 | 25 | 60 | 35 |
| 16 | 53 | 18 | 13 | 59 | 40 | 32 | 3 | 42 |
| | 9 | 25 | 21 | 25 | 13 | 9 | 13 | 21 |

Les horizontales et le carré étant connus, il est facile d'en déduire le générateur qui donne les verticales ainsi que le semi-magique.

Le semi-magique étant construit, après l'inscription des lignes qui n'ont qu'un seul élément commun avec chacune de ses horizontales et de ses verticales, on a trouvé remplissant ces conditions les diagonales n$^{os}$ 45 et 46.

N° 45 : 58 44 24 6 53 43 23 9 N° 46 : 60 42 22 8 55 41 21 11

La constante S = 260 peut être considérée comme décomposable en $2 \times 130$ de cette manière $(62 + 68) + (64 + 66)$. Exemple :
$53 + 9$ ; $44 + 24$ ; $58 + 6$ ; $43 + 23$ $41 + 21$ ; $60 + 8$ ; $42 + 22$ ; $55 + 11$

**Carré 159, diagonales 49, 50.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 12 | 64 | 39 | 29 | 50 | 6 | 19 | 41 |
| 18 | 17 | 43 | 52 | 8 | 37 | 31 | 10 | 62 |
| 16 | 38 | 20 | 57 | 1 | 30 | 44 | 15 | 55 |
| 16 | 13 | 53 | 32 | 42 | 59 | 3 | 40 | 18 |
| 18 | 35 | 25 | 2 | 54 | 23 | 45 | 60 | 16 |
| 18 | 58 | 14 | 21 | 47 | 4 | 56 | 33 | 27 |
| 16 | 63 | 7 | 46 | 28 | 9 | 49 | 22 | 36 |
| 16 | 24 | 34 | 11 | 51 | 48 | 26 | 61 | 5 |
| | 25 | 21 | 13 | 9 | 13 | 9 | 25 | 21 |

(1) Les nombres inscrits en marge et sous l'horizontale inférieure d'un carré sont ceux des plus petits couples inscrits dans les lignes correspondantes ; ils rappellent ceux des 5 groupements mentionnés en 1892, qui, pris 2 à 2, ont pour somme 34 : Soit $17 + 17$ ; $16 + 18$ ; $15 + 19$ ; $13 + 21$ ; $9 + 25$. Ils aident à constater en quoi les lignes considérées comme nouvelles diffèrent de celles précédemment employées, comment sont réparties les complémentaires et appellent l'attention lorsque, comme aux carrés n$^{os}$ 166 et suivants, on voit la somme 34 composée autrement, par exemple en : $20 + 14$ ou $28 + 8 + 22 + 10 = 2 \times 34$.

**Carré n° 108, demi-générateurs 30 et 46. Diagonales n$^{os}$ 51 et 52.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 23 | 64 | 45 | 25 | 12 | 50 | 35 | 6 |
| 16 | 48 | 53 | 26 | 34 | 13 | 59 | 24 | 3 |
| 18 | 52 | 27 | 8 | 62 | 33 | 21 | 10 | 47 |
| 18 | 37 | 14 | 31 | 43 | 58 | 4 | 17 | 56 |
| 16 | 57 | 36 | 1 | 55 | 22 | 46 | 15 | 28 |
| 16 | 30 | 7 | 44 | 20 | 63 | 9 | 38 | 49 |
| 18 | 2 | 41 | 54 | 16 | 19 | 39 | 60 | 29 |
| 16 | 11 | 18 | 51 | 5 | 40 | 32 | 61 | 42 |
| | 13 | 25 | 9 | 21 | 25 | 13 | 25 | 9 |

Le carré 159 provient des mêmes demi-générateurs qui, au moyen de lignes auxiliaires consultées ont fourni un semi-magique différent et d'autres diagonales que le 158.

Diagonales. . . { N° 49 : 56 42 22 12 57 43 23 5 / N° 50 : 54 44 24 10 59 41 21 7 } 62 68 64 66

Les horizontales du n° 108 sont du 2$^{e}$ groupement, mais non complémentaires. Les éléments de la 1$^{re}$ ont leurs compléments répartis à raison de 2 dans les lignes 2 5 6 8. Il en est de même des autres horizontales et aussi des verticales.

Les diagonales n$^{os}$ 51 et 52 ont même décomposition que les précédentes :

N° 51 : 53 44 24 6 55 41 21 11 N° 52 : 60 42 22 8 53 43 23 9

**Carré n° 178, demi-générateurs 43-35. Diagonales 47-48.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 10 | 64 | 50 | 8 | 27 | 35 | 45 | 21 |
| 18 | 19 | 43 | 37 | 29 | 16 | 58 | 56 | 2 |
| 18 | 33 | 25 | 23 | 47 | 62 | 12 | 6 | 52 |
| 18 | 60 | 14 | 4 | 54 | 41 | 17 | 31 | 39 |
| 16 | 40 | 20 | 30 | 42 | 5 | 63 | 49 | 11 |
| 16 | 15 | 53 | 59 | 1 | 36 | 24 | 26 | 46 |
| 16 | 61 | 7 | 9 | 51 | 18 | 38 | 44 | 32 |
| 16 | 22 | 34 | 48 | 28 | 55 | 13 | 3 | 57 |
| | 25 | 21 | 13 | 9 | 21 | 25 | 9 | 13 |

**Carré n° 166, demi-générateurs 39-41. Diagonales 1-2.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 10 | 64 | 35 | 27 | 21 | 45 | 8 | 50 |
| 16 | 22 | 36 | 63 | 49 | 9 | 7 | 46 | 28 |
| 16 | 33 | 23 | 54 | 62 | 4 | 12 | 31 | 41 |
| 20 | 60 | 14 | 25 | 39 | 47 | 17 | 52 | 6 |
| 14 | 61 | 11 | 42 | 24 | 32 | 34 | 53 | 3 |
| 18 | 40 | 18 | 5 | 13 | 51 | 59 | 26 | 48 |
| 16 | 15 | 57 | 20 | 44 | 38 | 30 | 1 | 56 |
| 18 | 19 | 37 | 16 | 2 | 58 | 56 | 43 | 29 |
| | 25 | 25 | 21 | 15 | 13 | 19 | 9 | 9 |

Diagonales . . . . . { N° 47 : 54 44 24 10 57 43 23 5
N° 48 : 56 42 22 12 59 41 21 7

**Carré n° 164. Diagonales 1 et 2, n°s 9 et 10.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 45 | 64 | 21 | **50** | **10** | 27 | 8 | 35 |
| 20 | 17 | 6 | **47** | 14 | 52 | **39** | 60 | 25 |
| 18 | 56 | **19** | 58 | 43 | 37 | 2 | **29** | 16 |
| 16 | **12** | 41 | 4 | 23 | 31 | 62 | 33 | **54** |
| 18 | **59** | 26 | 51 | 40 | 48 | 13 | 18 | **5** |
| 16 | 7 | **36** | 9 | 28 | 22 | 49 | **46** | 63 |
| 16 | 34 | 53 | **32** | 61 | 3 | **24** | 11 | 42 |
| 14 | 30 | 15 | 38 | **1** | **57** | 44 | 55 | 20 |
| | 19 | 21 | 13 | 15 | 13 | 15 | 19 | 21 |

**Carré n° 162, demi-générateurs 39-4. Diagonales 3, 4, 11, 12.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 64 | 27 | 50 | **35** | **45** | 10 | 21 | 8 |
| 16 | 4 | 33 | **12** | 31 | 23 | **54** | 41 | 62 |
| 18 | 37 | **56** | 29 | 58 | 2 | 19 | **16** | 43 |
| 20 | **25** | 14 | 39 | 6 | 60 | 47 | 25 | **17** |
| 14 | **42** | 61 | 24 | 53 | 11 | 32 | 3 | **34** |
| 16 | 22 | **7** | 46 | 9 | 49 | 36 | **63** | 28 |
| 18 | 51 | 18 | **59** | 48 | 40 | **5** | 26 | 13 |
| 16 | 15 | 44 | 1 | **20** | **30** | 57 | 38 | 55 |
| | 19 | 21 | 13 | 15 | 13 | 15 | 19 | 21 |

**Carré 167, demi-générateurs 39-4. Diagonales 3-4.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 64 | 27 | 35 | 10 | 50 | 45 | 21 | 8 |
| 16 | 12 | 33 | 31 | 62 | 4 | 23 | 41 | 54 |
| 20 | 39 | 14 | 6 | 17 | 25 | 60 | 52 | 47 |
| 16 | 22 | 7 | 9 | 36 | 46 | 49 | 63 | 28 |
| 16 | 57 | 44 | 20 | 15 | 55 | 30 | 38 | 1 |
| 14 | 34 | 61 | 53 | 24 | 32 | 11 | 3 | 42 |
| 18 | 13 | 18 | 48 | 59 | 5 | 40 | 26 | 51 |
| 18 | 19 | 56 | 58 | 37 | 43 | 2 | 16 | 29 |
| | 25 | 21 | 15 | 25 | 9 | 13 | 19 | 9 |

**Carré n° 198, demi-générateurs 45-5. Diagonales 5-6.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 26 | 64 | 50 | 43 | 37 | 10 | 8 | 19 |
| 20 | 60 | 39 | 25 | 14 | 52 | 17 | 47 | 6 |
| 16 | 41 | 4 | 12 | 31 | 23 | 54 | 62 | 33 |
| 16 | 55 | 22 | 46 | 1 | 57 | 36 | 28 | 15 |
| 16 | 38 | 49 | 63 | 20 | 30 | 7 | 9 | 44 |
| 18 | 18 | 13 | 5 | 40 | 48 | 59 | 51 | 26 |
| 14 | 3 | 42 | 24 | 53 | 11 | 32 | 34 | 61 |
| 18 | 16 | 27 | 35 | 58 | 2 | 46 | 21 | 56 |
| | 19 | 17 | 17 | 15 | 13 | 17 | 17 | 21 |

Les douze premières diagonales sont ainsi composées :

N° 1 = 54 36 32 10 59 39 21 1 N° 2 = 50 46 24 12 57 47 19 5
N° 3 = 64 36 26 6 55 33 29 11 N° 4 = 60 46 18 8 53 41 19 15
N° 9 = 60 40 30 2 53 35 31 9 N° 10 = 58 48 20 6 49 45 23 11
N° 5 = 56 34 30 12 59 39 29 1 N° 6 = 54 42 20 16 57 47 19 5
N° 11 = 56 34 30 12 63 35 25 5 N° 12 = 54 42 20 16 59 45 17 7

Les carrés 164 et 162 sont semi-diaboliques.

**Carré n° 202, D. G. 45-5. Diagonales 7-8.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 64 | 37 | 29 | 10 | 50 | 19 | 43 | 8 |
| 16 | 12 | 31 | 33 | 62 | 4 | 41 | 23 | 54 |
| 20 | 25 | 14 | 6 | 47 | 39 | 60 | 52 | 17 |
| 16 | 22 | 57 | 55 | 36 | 46 | 15 | 1 | 23 |
| 16 | 7 | 44 | 20 | 49 | 9 | 30 | 38 | 63 |
| 14 | 34 | 3 | 11 | 24 | 32 | 53 | 61 | 42 |
| 18 | 51 | 18 | 48 | 5 | 53 | 40 | 26 | 13 |
| 18 | 45 | 56 | 53 | 27 | 21 | 2 | 16 | 35 |
| | 19 | 17 | 17 | 15 | 13 | 21 | 17 | 21 |

**Carré n° 200, D. G. 45-5. Diagonales 25, 26.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 19 | 64 | 50 | 37 | 43 | 10 | 8 | 29 |
| 20 | 39 | 6 | 14 | 17 | 25 | 52 | 60 | 47 |
| 16 | 54 | 23 | 41 | 4 | 62 | 33 | 31 | 12 |
| 16 | 57 | 36 | 28 | 15 | 55 | 22 | 46 | 1 |
| 16 | 44 | 49 | 63 | 30 | 20 | 7 | 9 | 38 |
| 18 | 13 | 26 | 40 | 59 | 5 | 48 | 18 | 51 |
| 14 | 37 | 11 | 3 | 42 | 34 | 61 | 53 | 24 |
| 18 | 2 | 45 | 21 | 56 | 16 | 27 | 35 | 58 |
| | 15 | 17 | 17 | 19 | 21 | 17 | 17 | 13 |

**Carré n° 199, D. G. 45-5. Diagonales, 25, 26, 27, 28.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 19 | 64 | 43 | **50** | **10** | 37 | 8 | 29 |
| 20 | 47 | 6 | **17** | 14 | 52 | **25** | 60 | 39 |
| 18 | 56 | **45** | 58 | 21 | 27 | 2 | **35** | 16 |
| 16 | **12** | 23 | 4 | 41 | 33 | 62 | 31 | **54** |
| 18 | **5** | 26 | 13 | 40 | 48 | 51 | 18 | **59** |
| 16 | 57 | **36** | 55 | 28 | 22 | 15 | **46** | 1 |
| 14 | 34 | 11 | **32** | 3 | 61 | **24** | 53 | 42 |
| 16 | 20 | 49 | 38 | **63** | **7** | 44 | 9 | 20 |
| | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |

**Carré Fig. 9, présenté au Congrès de Besançon.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 59 | 42 | 40 | 3 | 18 | 53 | 13 | 32 |
| 18 | 21 | 8 | 10 | 45 | 64 | 27 | 35 | 50 |
| 18 | **12** | 47 | 33 | **52** | 23 | **6** | **62** | 25 |
| 16 | **38** | 1 | 15 | **30** | 57 | **44** | **20** | 55 |
| 16 | 63 | 28 | 22 | 7 | 36 | 49 | 9 | 46 |
| 18 | 17 | 54 | 60 | 41 | 14 | 31 | 39 | 4 |
| 16 | **16** | 29 | 19 | **56** | 37 | **2** | **58** | 43 |
| 16 | **34** | 51 | 61 | **26** | 11 | **48** | **24** | 5 |
| | **28** | 9 | 25 | **10** | 25 | **8** | **22** | 9 |

Diagonales :

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° 7 : | 64 | 36 | 26 | 6 | 53 | 35 | 31 | 9 | N° 8 : | 60 | 46 | 18 | 8 | 49 | 45 | 23 | 11 |
| N° 25 : | 60 | 40 | 30 | 2 | 55 | 33 | 29 | 11 | N° 26 : | 58 | 48 | 20 | 6 | 53 | 41 | 19 | 15 |
| N° 27 : | 54 | 36 | 32 | 10 | 63 | 35 | 25 | 5 | N° 28 : | 50 | 46 | 24 | 12 | 59 | 45 | 17 | 7 |

Le carré n° 199 est semi-diabolique, c'est pourquoi il est marqué comme susceptible d'être présenté de deux manières : avec l'une ou l'autre paire de diagonales.

Toutes les lignes des 230 carrés de la brochure sont de la classe (ou famille) 132. Au Congrès de Besançon, nous avons indiqué des variations qui introduisent dans les rangées les colonnes ou les diagonales des éléments de classes différentes, c'est-à-dire dont la constante 260 est la somme de deux couples égaux soit à 61.69, à 49.81 ou 33.97. Le carré *(fig. 9)* dont nous donnons une copie, a deux verticales de la 100e et deux de la 164e classe. Les rangées d'un autre carré *(fig. 6)* sont des classes 132, 116 et 148 ; celles du carré *(fig. 8)* sont des classes 132, 68 et 196. Si l'on veut bien se reporter aux opérations que nous avons décrites pour établir, d'après l'auteur, un semi-magique et en trouver les diagonales quand il s'agit d'éléments d'une même classe, on comprendra combien plus laborieuses seront les recherches à effectuer pour trouver un résultat satisfaisant quand les éléments à consulter et à comparer appartiendront à des classes différentes et seront en quantité beaucoup plus considérable.

### 2° *Propriétés de certains carrés magiques de racine impaire dits diaboliques ou pandiagonaux.*

Dans l'article : *Quarrés magiques* de la *Grande Encyclopédie* (celle de d'Alembert), la méthode de Philippe de La Hire pour construire les carrés de base impaire est décrite et suivie de cette observation que la somme

des nombres inscrits en diagonale est reproduite par ceux des lignes qui leur sont parallèles, en sorte que, si l'on transporte une ou plusieurs lignes d'un côté quelconque du carré au côté opposé, le résultat est toujours un carré magique.

Édouard Lucas a donné le nom de diaboliques à ces sortes de carrés; les mathématiciens allemands et les Anglais ont préféré celui de pandiagonaux qui est plus long, mais a au moins l'avantage de signifier quelque chose. (*)

La méthode de La Hire consiste à former deux carrés à termes répétés qui puissent se conjuguer ; on les réunit ensuite en un seul par addition, dans chaque cellule de ce dernier, des nombres inscrits dans les cellules correspondantes des deux primitifs.

Au lieu d'employer des générateurs, Sauveur a imaginé la méthode des indices qui permet de s'en passer et de traiter directement la question d'une manière générale en employant, au lieu de chiffres, deux sortes de lettres.

M. Pfeffermann a remarqué que les carrés dont il s'agit conservent la propriété de rester pandiagonaux quand on change de certaines façons l'ordre suivant lequel les horizontales et les verticales d'un premier carré ont été disposées.

**Carré n° 1.**

| Indices | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.0 | 30 | 11 | 41 | 15 | 45 | 26 | 7 |
| 3.4 | 17 | 47 | 25 | 2 | 32 | 13 | 36 |
| 6.1 | 4 | 34 | 8 | 38 | 19 | 49 | 23 |
| 2.5 | 40 | 21 | 44 | 25 | 6 | 29 | 10 |
| 5.2 | 27 | 1 | 31 | 12 | 42 | 16 | 46 |
| 1.6 | 14 | 37 | 18 | 48 | 22 | 3 | 33 |
| 4.3 | 43 | 24 | 5 | 35 | 9 | 39 | 20 |
| N°s des colonnes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Carré n° 2.**

**Numéros des verticales du n° 1.**

| | 1 | 3 | 5 | 7 | 2 | 4 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 41 | 45 | 7 | 11 | 15 | 26 |
| 3 | 4 | 8 | 19 | 23 | 34 | 38 | 49 |
| 5 | 27 | 31 | 42 | 46 | 1 | 12 | 16 |
| 7 | 43 | 5 | 9 | 20 | 24 | 35 | 39 |
| 2 | 17 | 28 | 32 | 36 | 47 | 2 | 13 |
| 4 | 40 | 44 | 5 | 10 | 21 | 25 | 29 |
| 6 | 14 | 18 | 22 | 33 | 37 | 48 | 3 |

Les deux indices placés en marge indiquent par quel nombre composé d'après les deux progressions :

0 7 14 21 28 35 42
1 2 3 4 5 6 7

} doit commencer une horizontale.

L'horizontale supérieure est ainsi composée :

| Indices : | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 28 | 7 | 35 | 13 | 42 | 21 | 0 |
| | 2 | 4 | 6 | 1 | 3 | 5 | 7 |
| | 30 | 11 | 41 | 15 | 45 | 26 | 7 |

D'après cela, aux indices 3 et 4 de la seconde horizontale correspondent $14 + 3 = 17$. En doublant 3 et 4, on a $6 + (8 - 7) = 6$ et 1, soit $0 + 4 = 4$, etc., etc.

(*) *Mathematische Unterhaltungen und Spiele*, von Dr W. Ahrens, p. 230.
Mr Clintok *On the most perfect forms of magic Squares. Amer. J. of Mathem.* XIX, 1897, p. 99.

Le carré n° 2 est de même espèce que le carré initial dont les lignes ont été placées dans les deux sens suivant l'ordre 1357246. On voit qu'il ne s'agit plus d'une simple permutation circulaire.

**Carré n° 3.**

**Numéros des verticales n° 1.**

| | 1 | 5 | 2 | 6 | 3 | 7 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 45 | 11 | 26 | 41 | 7 | 15 |
| 5 | 27 | 42 | 1 | 16 | 31 | 46 | 12 |
| 2 | 17 | 32 | 47 | 13 | 28 | 36 | 2 |
| 6 | 14 | 22 | 37 | 3 | 18 | 33 | 48 |
| 3 | 4 | 19 | 34 | 49 | 8 | 23 | 38 |
| 7 | 43 | 9 | 24 | 39 | 5 | 20 | 35 |
| 4 | 40 | 6 | 21 | 29 | 44 | 10 | 25 |

**Carré n° 4.**

**Numéros des verticales n° 1.**

| | 1 | 3 | 5 | 7 | 2 | 4 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 41 | 45 | 7 | 11 | 15 | 26 |
| 2 | 17 | 28 | 32 | 36 | 47 | 2 | 13 |
| 3 | 4 | 8 | 19 | 23 | 34 | 38 | 49 |
| 4 | 40 | 44 | 6 | 10 | 21 | 25 | 29 |
| 5 | 27 | 31 | 42 | 46 | 1 | 12 | 16 |
| 6 | 14 | 18 | 22 | 33 | 37 | 48 | 3 |
| 7 | 43 | 5 | 9 | 20 | 24 | 35 | 39 |

**Carré n° 5.**

| | 1 | 5 | 2 | 6 | 3 | 7 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 45 | 11 | 26 | 41 | 7 | 15 |
| 3 | 4 | 19 | 34 | 49 | 8 | 23 | 38 |
| 5 | 27 | 42 | 1 | 16 | 31 | 46 | 12 |
| 7 | 43 | 9 | 24 | 39 | 5 | 20 | 35 |
| 2 | 17 | 32 | 47 | 13 | 28 | 36 | 2 |
| 4 | 40 | 6 | 21 | 29 | 44 | 10 | 25 |
| 6 | 14 | 22 | 37 | 3 | 18 | 33 | 48 |

**Carré n° 6.**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 11 | 41 | 15 | 45 | 26 | 7 |
| 5 | 27 | 1 | 31 | 12 | 42 | 16 | 46 |
| 2 | 17 | 47 | 28 | 2 | 32 | 13 | 36 |
| 6 | 14 | 37 | 18 | 48 | 22 | 3 | 33 |
| 3 | 4 | 34 | 8 | 38 | 19 | 49 | 23 |
| 7 | 43 | 24 | 5 | 35 | 9 | 39 | 20 |
| 4 | 40 | 21 | 44 | 25 | 6 | 29 | 10 |

Ces six carrés sont tous diaboliques (ou pandiagonaux); on le voit encore mieux, sans être tenu de faire des additions, par des diagrammes en lettres :

**Carré n° 1.**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E$q$ | B$s$ | F$u$ | C$p$ | G$r$ | D$t$ | A$x$ |
| 2 | C$r$ | G$t$ | D$x$ | A$q$ | E$s$ | B$u$ | F$p$ |
| 3 | A$s$ | E$u$ | B$p$ | F$r$ | C$t$ | G$x$ | D$q$ |
| 4 | F | C$x$ | G$q$ | D$s$ | A$u$ | E$p$ | B$r$ |
| 5 | D$u$ | A$p$ | E$r$ | B$t$ | F$x$ | C$q$ | G$s$ |
| 6 | B$x$ | F$q$ | C$s$ | G$u$ | D$p$ | A$r$ | E$t$ |
| 7 | G$p$ | D$r$ | A$t$ | E$x$ | B$q$ | F$s$ | C$u$ |

**Carré n° 5.**

| | 1 | 5 | 2 | 6 | 3 | 7 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E$q$ | G$r$ | B$s$ | D$t$ | F$u$ | A$x$ | C$p$ |
| 3 | A$s$ | C$t$ | E$u$ | G$x$ | B$p$ | D$q$ | F$r$ |
| 5 | D$u$ | F$x$ | A$p$ | C$q$ | E$r$ | G$s$ | B$t$ |
| 7 | G$p$ | B$q$ | D$r$ | F$s$ | A$t$ | C$u$ | E$x$ |
| 2 | C$r$ | E$s$ | G$t$ | B$u$ | D$x$ | F$p$ | A$q$ |
| 4 | F$t$ | A$u$ | C$x$ | E$p$ | G$q$ | B$r$ | D$s$ |
| 6 | B$x$ | D$p$ | F$q$ | A$r$ | C$s$ | E$t$ | G$u$ |

On voit en effet que dans chaque carré les sept majuscules et les sept minuscules se trouvent toujours dans les diagonales et qu'elles se trouveront dans celles qui se compléteront par les permutations circulaires effectuées dans n'importe quel sens.

Dans le cas du carré impair de 5, sous une ligne imposée Ap. Bq. Cr. Ds. Et., la suite des seuls indiees possibles est 2 3 ; 4 1 ; 1 4 ; 3 2 ou l'in-

verse, d'où deux carrés diaboliques qui donneront naissance à deux autres si l'on met dans les deux sens leurs lignes suivant 1 3 5 2 4.

Nous ferons remarquer que le choix des premiers indices n'est pas indifférent. Si au lieu de 3 et 4, dont la suite est régulière et qui a servi pour le carré initial, on avait pris 2 et 4, les résultats n'auraient pas été aussi satisfaisants. Un autre diagramme dont les termes accouplés de la rangée supérieure sont ceux du précédent ayant mêmes valeurs numériques et dont la construction est effectuée avec la suite désordonnée 2 4 ; 4 1 ; 6 5 ; 1 2 ; 3 6 et 5 3, permettra de constater qu'en faisant les mêmes permutations de lignes on n'obtient que dans quelques cas des carrés pandiagonaux (ou diaboliques).

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.0 | E*q* | B*s* | F*u* | C*p* | G*r* | D*t* | A*x* |
| 2.4 | F*r* | C*t* | G*x* | D*q* | A*s* | E*u* | B*p* |
| 4.1 | G*s* | D*u* | A*p* | E*r* | B*t* | F*x* | C*q* |
| 6.5 | A*t* | E*x* | B*q* | F*s* | C*u* | G*p* | D*r* |
| 1.2 | B*u* | F*p* | C*r* | G*t* | D*x* | A*q* | E*s* |
| 3.6 | C*x* | G*q* | D*s* | A*u* | E*p* | B*r* | F*t* |
| 5.3 | D*p* | A*r* | E*t* | B*x* | F*q* | C*s* | G*u* |

En mettant dans les deux sens les lignes suivantes : 1 3 5 7 2 4 6 ou 1 5 2 6 3 7 4, on a, comme précédemment, de bons carrés n° 2 et n° 3.

En faisant les changements qui ont conduit au carré n° 4, on a seulement un magique, et encore par ce fait que la lettre D, qui vient occuper les sept cellules de la seconde diagonale a pour valeur 21 terme moyen de la progression ayant pour raison sept, et commençant par zéro. — Les carrés n$^{os}$ 5 et 6, ne sont pas magiques. Cette remarque essentielle s'applique aux carrés impairs à nombres premiers : 11 13 17 19, etc. Quant aux carrés dont la base est le produit de deux nombres premiers autres que trois, par exemple : $5 \times 5 = 25$ ; $5 \times 7 = 35$ ; $7 \times 7 \times 49$ ; $5 \times 11 = 55$, après avoir, comme à l'ordinaire, éliminé de la liste des indices, le premier, le second et le dernier, puis tous ceux qui sont multiples des facteurs, ainsi que ces facteurs augmentés ou diminués de

l'unité, il ne faut accoupler que ceux parmi les restants dont la différence n'est pas un de ces facteurs.

Prenons 25, après les exclusions, il ne reste que : 2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18, 22, 23. On ne doit pas associer 7, 12, 17, 22 avec 2 ; 8, 13, 18, 23, avec 3 ; 13, 18, 23 avec 8 ; 17 avec 22, ni 18 avec 23.

Autre exemple : 35. Après exclusion des facteurs 5 et 7, et de ces facteurs augmentés ou diminués de l'unité ; il reste : 2 3 12 17 18 23 32 33. On pourra accoupler 3 18 33 avec 2 ; 12 et 32 avec 3 ; 18 et 23 avec 12 ; 18 et 23 avec 17 ; 32 et 33. Soit : $2 \times 11 = 22$ manières de composer les premiers indices.

Nous insistons parce que, faute de connaître ce principe ou de s'y conformer, plusieurs personnes ont échoué, n'évitant point les répétitions des mêmes nombres dans les horizontales, quand elles ont essayé de construire de tels carrés.

*Carrés magiques de neuf, diaboliques (ou pandiagonaux).*

Le carré magique de neuf a d'autres propriétés que celles des autres carrés impairs. A cause du facteur 3, la méthode des indices ne lui est pas applicable ; mais il est facile à construire, soit comme diabolique simple, à compartiments égaux et même du second degré quand on ne s'interdit pas la répétition de groupes ternaires.

Comme exemple, prenons deux paradigmes ou diagrammes, l'un considéré comme initial, l'autre côté n° 2, étant une variante du premier, dont les lignes ont été interverties dans les deux sens.

**Carré initial n° 1.**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ap | Iu | Es | At | Ix | Ey | Az | Iq | Er |
| 2 | Cz | Hq | Dr | Cp | Hu | Ds | Ct | Hx | Dy |
| 3 | Bt | Gx | Fy | Bz | Gq | Fr | Bp | Gu | Fs |
| 4 | Ip | Eu | As | It | Ex | Ay | Iz | Eq | Ar |
| 5 | Hz | Dq | Cr | Hp | Du | Cs | Ht | Dx | Cy |
| 6 | Gt | Fx | By | Gz | Fq | Br | Gp | Fu | Bs |
| 7 | Ep | Au | Is | Et | Ax | Iy | Ez | Aq | Ir |
| 8 | Dz | Cq | Hr | Dp | Cu | Hs | Dt | Cx | Hy |
| 9 | Ft | Bx | Gy | Fz | Bq | Gr | Fp | Bn | Gs |

**Carré n° 2.**

| | 1 3 5 | 7 9 2 | 4 6 8 |
|---|---|---|---|
| 1 | A*p* E*s* I*x* | A*z* E*r* I*u* | A*t* E*y* I*q* |
| 3 | B*t* F*y* G*q* | B*p* F*s* G*x* | B*z* F*r* G*u* |
| 5 | H*z* C*r* D*u* | H*t* C*y* D*q* | H*p* C*s* D*x* |
| 7 | E*p* I*s* A*x* | E*z* I*r* A*u* | E*t* I*y* A*q* |
| 9 | F*t* G*y* B*q* | F*p* G*s* B*x* | F*z* G*r* B*u* |
| 2 | C*z* D*r* H*u* | C*t* D*y* H*q* | C*p* D*s* H*x* |
| 4 | I*p* A*s* E*x* | I*z* A*r* E*u* | I*t* A*y* E*q* |
| 6 | G*t* B*y* F*q* | G*p* B*s* F*x* | G*z* B*r* F*u* |
| 8 | D*z* H*r* C*u* | D*t* H*y* C*q* | D*p* H*s* C*x* |

Le carré initial est à compartiments égaux, chacun comprenant les dix-huit lettres employées; il est magique à la condition que $A + I + E = C + H + D = B + G + F = 108$ et $p + t + z = q + u + x = r + s + y = 15$, ce qui a lieu en donnant aux lettres les valeurs suivantes :

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | *p* | *q* | *r* | *s* | *t* | *u* | *x* | *y* | *z* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 9 | 18 | 27 | 36 | 45 | 54 | 63 | 72 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Il est pandiagonal, puisque toutes les lettres sont inscrites dans les diagonales ainsi que dans leurs parallèles. Le n° 2 est dans des conditions semblables. Après avoir été transformé comme le n° 1, il aura ses lignes suivant 1 5 9 4 8 3 7 2 6 et prendra le n° 3. Inutile de le construire. Le suivant, n° 4 est obtenu par la permutation des lignes des deuxième et troisième groupes ternaires, 7 9 2 et 4 6 8 du n° 2.

Nous le donnons en chiffres ainsi qu'un carré initial de même espèce, extrait d'une récente brochure de M. B. Portier.

**Carré n° 4.**

| | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 8 | 7 | 9 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **1** | 40 | 79 | 5 | 44 | 74 | 9 | 39 | 78 |
| 3 | 14 | 53 | 56 | **18** | **48** | **60** | 10 | 49 | 61 |
| 5 | 72 | 21 | 33 | **64** | **22** | **34** | 68 | 26 | 29 |
| 4 | 73 | 4 | 43 | **77** | **8** | **38** | 81 | 3 | 42 |
| 6 | 59 | 17 | 47 | 63 | 12 | 51 | 55 | 13 | 52 |
| 8 | 36 | 66 | 24 | 28 | 67 | 25 | 32 | 71 | 20 |
| 7 | 37 | 76 | 7 | 41 | 80 | 2 | 45 | 75 | 6 |
| 9 | 50 | 62 | 11 | 54 | 57 | 15 | 46 | 58 | 16 |
| 2 | 27 | 30 | 69 | 19 | 31 | 70 | 23 | 35 | 65 |

**Initial de M. B. Portier.**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 56 | 14 | 53 | 37 | 76 | 7 | 21 | 33 | 72 |
| 2 | 54 | 57 | 15 | 8 | 38 | 77 | 70 | 19 | 31 |
| 3 | 13 | 52 | 55 | 78 | 9 | 39 | 32 | 71 | 20 |
| 4 | 59 | **17** | **47** | **40** | 79 | **1** | 24 | 36 | 66 |
| 5 | 48 | **60** | **18** | **2** | 41 | 80 | 64 | 22 | 34 |
| 6 | 16 | **46** | **58** | **81** | 3 | 42 | 35 | 65 | 23 |
| 7 | 62 | 11 | 50 | 43 | 73 | 4 | 27 | 30 | 69 |
| 8 | 51 | 63 | 12 | 5 | 44 | 74 | 67 | 25 | 28 |
| 9 | 10 | 49 | 61 | 75 | 6 | 45 | 29 | 68 | 26 |

En 1895, nous en avons composé un par lettres analogues :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | *b* | *c* | *d* | M | D | C | B | A |
| *p* | *q* | *r* | *s* | *n* | S | R | Q | P |

qui a été publié dans les *Tablettes du Chercheur*, comme ceux que nous présentons aujourd'hui, si l'on y considère un carré de 9 cellules, pris au hasard, on y trouve toutes les lettres, par conséquent la constante.

**Carré n° 4 de M. Portier.**

| | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 8 | 7 | 9 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 56 | 53 | 76 | 37 | 7 | 33 | 21 | 72 | 14 |
| 3 | 13 | 55 | 9 | 78 | 39 | 71 | 32 | 20 | 52 |
| 5 | 48 | 18 | 41 | 2 | 80 | 22 | 64 | 34 | 60 |
| 4 | 59 | 47 | 79 | 40 | 1 | 36 | 24 | 66 | 17 |
| 6 | 16 | 58 | 3 | 81 | 42 | 65 | 35 | 23 | 46 |
| 8 | 51 | 12 | 44 | 5 | 74 | 25 | 67 | 28 | 63 |
| 7 | 62 | 50 | 73 | 43 | 4 | 30 | 27 | 69 | 11 |
| 9 | 10 | 61 | 6 | 75 | 45 | 68 | 29 | 26 | 49 |
| 2 | 54 | 15 | 38 | 8 | 77 | 19 | 70 | 31 | 57 |

**Carré n° 7.**

| | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 | 3 | 4 | 5 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 56 | 14 | 7 | 21 | 33 | 53 | 37 | 76 | 72 |
| 2 | 54 | 57 | 77 | 70 | 19 | 15 | 8 | 38 | 31 |
| 6 | 16 | 46 | 42 | 35 | 65 | 58 | 81 | 3 | 23 |
| 7 | 62 | 11 | 4 | 27 | 30 | 50 | 43 | 73 | 69 |
| 8 | 51 | 63 | 74 | 67 | 25 | 12 | 5 | 44 | 28 |
| 3 | 13 | 52 | 39 | 32 | 71 | 55 | 78 | 9 | 20 |
| 4 | 59 | 17 | 1 | 24 | 36 | 47 | 40 | 79 | 66 |
| 5 | 48 | 60 | 80 | 64 | 22 | 18 | 2 | 41 | 34 |
| 9 | 10 | 49 | 45 | 29 | 68 | 61 | 75 | 6 | 26 |

La transformation qui amène le n° 4 peut être déduite du carré n° 1, d'abord par transposition des deux premiers chiffres de chaque groupe :

1 2 3 4 5 6 7 8 9 puis, le carré étant toujours diabolique, par le trans-
2 1 3 5 4 6 8 7 9 port de la première verticale au neuvième rang.
1 3 5 4 6 8 7 9 2

Le carré 4 étant construit, ses lignes deviendront 1 5 3 4 8 6 7 2 9 par transposition des deux derniers chiffres de chaque groupe. Comme la

première verticale n'est point déplacée et que l'on agit de la même manière dans les deux sens, la première diagonale ne varie que par l'ordre d'inscription de ses éléments ; la seconde a les siens suivant : 72 60 32 1 25 81 50 10 = 369. C'est le n° 5.

On déduit de ce dernier le n° 6 en intercalant entre les cinq premières lignes: 1 5 3 4 8, les quatre dernières, 6 7 2 9. Ce qui donne 1 6 5 7 3 2 4 9 8; la seconde diagonale est 33 23 2 11 55 70 79 45 51 = 369.

Enfin le n° 7 a ses lignes suivant un ordre qui semble tout à fait irrégulier. C'est cependant encore une variante du n° 1 : puisque le carré est diabolique, on peut transporter les deux premières lignes à la suite des autres :

1 2 3 4 5 6 7 8 9
3 4 5 6 7 8 9 1 2 permuter ensuite les
deux premiers groupes ternaires 6 7 8 3 4 5 9 1 2 et ramener 1 et 2 à
leur rang : 1 2 6 7 8 3 4 5 9

Les secondes diagonales sont :

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Carré n° 2 : | 33 | 39 | 2 | 11 | 26 | 70 | 79 | 58 | 51 | = 369 |
| — n° 3 : | 7 | 60 | 29 | 47 | 25 | 78 | 69 | 38 | 16 | = 369 |
| — n° 5 : | 72 | 60 | 32 | 1 | 25 | 81 | 50 | 38 | 10 | = 369 |
| — n° 6 : | 33 | 23 | 2 | 11 | 55 | 70 | 79 | 45 | 51 | = 369 |

Le carré de 15 ($3 \times 5$) peut être diabolique, ses variantes ont une certaine analogie avec celles du carré de 9. — On peut placer les premières lettres par indices, les répétitions ont lieu dans les deux diagonales.

*Diagramme d'un carré de neuf de base sans répétition des mêmes lettres dans ses lignes et qui, par un choix convenable des valeurs qu'on attribue aux lettres, présente aussi le second degré.*

Il est aisé de construire un carré de 9 où sont répétés, comme on l'a vu précédemment, les mêmes groupes ternaires ; mais on éprouve beaucoup de difficultés en s'imposant de ne pas avoir recours à cet expédient. Soient le diagramme n° 1 et l'une de ses variantes. La quantité de carrés que l'on aurait en chiffres, si l'on variait de toutes les manières la répartition des valeurs attribuables à l'une des espèces de lettres $= 9! = 362{,}880$ est d'autant plus considérable que les 81 premiers nombres peuvent être disposés en trois tables d'addition.

D'un premier diagramme, par exemple du numéro 1, on en obtient d'autres en alternant convenablement les rangées, et aussi par échange des premières lettres avec les secondes.

Dans nos deux exemples, on peut remarquer que les petites lettres sont inscrites dans les rangées comptées à partir de l'inférieure d'après deux cycles :

$$\begin{matrix} 1\ 6\ 5\ 7 \\ 6\ 5\ 7\ 1 \end{matrix} \text{ et } \begin{matrix} 2\ 8\ 4\ 3 \\ 8\ 4\ 3\ 2 \end{matrix}$$

en se réglant sur la manière dont les lettres sont accouplées dans la rangée supérieure, c'est-à-dire que les grandes lettres de la première rangée servent de guide pour répartir les petites dans la sixième, puis les grandes lettres de celles-ci guident pour la répartition des petites dans la cinquième, on continue de même pour les rangées 5 et 7 et enfin pour la septième et la première.

Ce cycle terminé, on suit une marche analogue avec l'autre au moyen duquel on place successivement les petites lettres dans les rangées 8, 4, 3 et 2.

Pour effectuer les opérations, il faut voir quels couples imposés sont ceux de la ligne horizontale mise en tête du carré, et supposer qu'ils sont les mêmes dans les diverses rangées au fur et à mesure qu'elles sont prises pour guides.

**Carré n° 1.**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A*p* | B*q* | C*r* | D*s* | E*t* | F*u* | G*v* | H*x* | I*y* |
| 8 | I*s* | C*t* | F*p* | G*r* | A*x* | B*y* | H*u* | D*q* | E*v* |
| 7 | H*q* | I*v* | E*x* | B*t* | G*u* | A*s* | C*p* | F*y* | D*r* |
| 6 | F*v* | D*p* | G*y* | I*u* | C*s* | H*t* | E*q* | A*r* | B*x* |
| 5 | B*u* | G*s* | H*v* | E*y* | F*r* | D*x* | A*t* | I*p* | C*q* |
| 4 | C*y* | H*r* | D*u* | A*v* | B*p* | G*q* | I*x* | E*s* | F*t* |
| 3 | E*r* | F*x* | B*s* | H*p* | I*q* | C*v* | D*y* | G*t* | A*u* |
| 2 | D*t* | E*u* | A*q* | C*x* | H*y* | I*r* | F*s* | B*v* | G*p* |
| 1 | G*x* | A*y* | I*t* | F*q* | D*v* | E*p* | B*r* | C*u* | H*s* |

Exemple : l'horizontale inférieure du carré 1 déjà garnie de ses grandes lettres est supposée ainsi constituée :

G*v* A*p* I*y* F*u* D*s* E*t* B*q* C*r* H*x*

reportant dans la sixième rangée les petites lettres, elles y sont accouplées avec les majuscules :

F D G I C H E A B.

Même supposition, on aura à transporter dans la cinquième rangée :

*u* *s* *v* *y* *r* *x* *q* *p* *q*

etc., etc.

**Carré n° 2.**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A*p* | B*q* | C*r* | D*s* | E*t* | F*u* | G*v* | H*x* | I*y* |
| 8 | E*s* | F*t* | B*p* | H*r* | I*x* | C*y* | D*u* | G*q* | A*v* |
| 7 | G*u* | A*s* | I*v* | F*y* | D*r* | E*x* | B*t* | C*p* | H*q* |
| 6 | E*x* | G*y* | H*t* | E*q* | F*v* | D*p* | A*r* | I*u* | C*s* |
| 5 | F*q* | D*v* | G*x* | I*t* | C*u* | H*s* | E*p* | A*y* | B*r* |
| 4 | C*t* | H*u* | D*q* | A*x* | B*y* | G*r* | I*s* | E*v* | F*p* |
| 3 | I*r* | C*x* | F*s* | G*p* | A*q* | B*v* | H*y* | D*t* | E*u* |
| 2 | D*y* | E*r* | A*u* | C*v* | H*p* | I*q* | F*x* | B*s* | G*t* |
| 1 | H*v* | I*p* | E*y* | B*u* | G*s* | A*t* | C*q* | F*r* | D*x* |

Le carré n° 2 devient magique au second degré quand on donne aux lettres A B C D E F G H I *p* *q* *r* *s* *t* *u* *v* *x* *y*
les valeurs 45 9 36 27 18 63 54 0 72 8 9 1 6 4 5 7 2 3

Au premier degré, la vérification se fait à simple vue, chaque ligne étant pourvue des 18 lettres. Au second degré, on aurait évidemment en nombres des sommes égales, soit 285 pour les secondes puissances des chiffres de 1 à 9 et 16,524 pour celles des termes de la progression par différence ayant pour raison 9 et commençant par zéro.

La constante devant être 20,049, la somme des doubles produits est le complément 20,049 — (16,524 + 285) = 3,240, dont il suffit de prendre la moitié 1,620. — Voici ce que donnent quelques lignes du carré :

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1re diagonale | 360 | 252 | 504 | 162 | 180 | 54 | 0 | 54 | 54 | = 1620 |
| 2e diagonale | 216 | 486 | 36 | 216 | 180 | 90 | 378 | 18 | 0 | = 1620 |
| 1re horizontale | 360 | 81 | 36 | 162 | 72 | 315 | 378 | 0 | 216 | = 1620 horizontale sup. |
| 1re verticale | 360 | 108 | 270 | 18 | 567 | 144 | 72 | 81 | 0 | = 1620 |
| 9e verticale | 216 | 315 | 0 | 216 | 9 | 504 | 90 | 216 | 54 | = 1620 |
| 9e horizontale | 0 | 576 | 54 | 45 | 324 | 180 | 324 | 63 | 54 | = 1620 horizontale inf. |

---

M. Juan J. DURAN-LORIGA

Commandant d'artillerie en retraite, à La Corogne (Espagne).

## SUR LES TRIANGLES ISOGONOLOGIQUES [K 5 c]

*— Séance du 11 août —*

I. — Soit ABC le triangle fondamental et A′B′C′ un autre triangle tel que les perpendiculaires menées de A, B, C sur B′C′, C′A′, A′B′ concourent en un point L, alors on sait que les perpendiculaires abaissées de A′, B′, C′ sur BC, CA, AB concourent aussi en un point L′ (Steiner, *Œuvres complètes*, I, p. 157) et ces triangles sont dits orthologiques. L et L′ sont les centres d'orthologie et nous dirons que L est le premier centre et L′ le second. De même, si les parallèles menées par A, B, C à B′C′, C′A′ et A′B′ concourent en un point P, les parallèles à BC, CA et AB menées par A′, B′, C′ concourent aussi en un point P′ (Neuberg, Mathesis (1), I, p. 144). De tels triangles sont dits parallélogiques (voyez un intéressant article de M. Léon Ripert, A. F., Congrès d'Ajaccio, 1901); nous dirons que P est le premier centre de parallélogie et P′ le second.

Nous nous proposons dans cette Note considérer le cas de deux triangles orthologiques ABC et A′B′C′, où le premier centre d'orthologie L est sur la circonférence ABC, et alors il est aisé de voir : 1° que le centre L′ est sur la circonférence A′B′C′ ; 2° que les triangles sont parallélogiques avec les centres P et P′ sur les circonférences circonscrites ; 3° ils sont inversement semblables ; 4° les droites menées par A, B, C formant angles égaux avec

B′C′, C′A′, A′B′ concourent sur la circonférence ABC (ou inversement). C'est par cette dernière circonstance que nous appelons *triangles isogonologiques* deux triangles qui remplissent la condition d'être orthologiques, avec les centres d'orthologie sur les circonférences circonscrites.

Voyons maintenant les conditions d'isogonologie de deux triangles ABC et A′B′C′. Soit ABC le triangle de référence et $\alpha_1\beta_1\gamma_1$, $\alpha_2\beta_2\gamma_2$, $\alpha_3\beta_3\gamma_3$ les coordonnées barycentriques des sommets A′, B′, C′. Il suffit d'établir que les parallèles menées à B′C′, C′A′ et A′B′ par A, B, C concourent sur la circonférence ABC puisque alors on voit facilement que le centre d'orthologie L est aussi sur la susdite circonférence.

Les parallèles menées par A, B, C ont pour équations :

$$(1)\ L_1\beta - L_2\gamma = 0, \qquad (2)\ M_1\alpha - M_2\gamma = 0, \qquad (3)\ N_1\alpha - N_2\beta = 0$$

ayant fait

$$\gamma_2(\alpha_3+\beta_3) - \gamma_3(\alpha_2+\beta_2) = L_1, \qquad \beta_2(\alpha_3+\gamma_3) - \beta_3(\alpha_2+\gamma_2) = L_2,$$
$$\gamma_3(\alpha_1+\beta_1) - \gamma_1(\alpha_3+\beta_3) = M^1, \qquad \alpha_3(\beta_1+\gamma_1) - \alpha_1(\beta_3+\gamma_3) = M_2,$$
$$\beta_1(\alpha_2+\gamma_2) - \beta_2(\alpha_1+\gamma_1) = N_1 \qquad \alpha_1(\beta_2+\gamma_2) - \alpha_2(\beta_1+\gamma_1) = N_2.$$

Le point d'intersection de (1) et (2) a pour coordonnées :

$$\frac{\alpha}{M_2L_1} = \frac{\beta}{M_1L_2} = \frac{\gamma}{M_1L_1}.$$

L'intersection de (3) avec la circonférence ABC donne :

$$\frac{\alpha}{N_2(a^2N_1+b^2N_2)} = \frac{\beta}{N_1(a^2N_1+b^2N_2)} = \frac{\gamma}{-c^2N_1N_2},$$

on aura donc :

$$\frac{M_2L_1}{N_2(a^2N_1+b^2N_2)} = \frac{M_1L_2}{N_1(a^2N_1+b^2N_2)} = \frac{M_1L_1}{-c^2N_1N_2},$$

les conditions d'isogonologie sont par suite :

$$(4)\qquad a^2M_1N_1 + b^2M_1N_2 + c^2N_1M_2 = 0,$$

$$(5)\qquad a^2L_1N_1 + b^2L_1N_2 + c^2L_2N_2 = 0,$$

ou bien en forme de déterminant :

$$(4')\quad \begin{vmatrix} a^2 & b^2 & c^2 \\ N_2 & -N_1 & 0 \\ M_2 & 0 & -M_1 \end{vmatrix} = 0, \qquad (5')\quad \begin{vmatrix} a^2 & b^2 & c^2 \\ N_2 & -N_1 & 0 \\ 0 & L_2 & -L_1 \end{vmatrix} = 0.$$

Si l'on emploie des coordonnées du *même poids*, c'est-à-dire si l'on a $\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = \alpha_2 + \beta_2 + \gamma_2 \ldots$, alors $L_1, M_1, N_1$, etc., deviennent proportionnels à $\gamma_2 - \gamma_3$, $\gamma_3 - \gamma_1$, etc., et l'on peut écrire les conditions d'isogonologie sous la forme :

$$(4'')\quad \begin{vmatrix} a^2 & b^2 & c^2 \\ \alpha_1 - \alpha_2 & \beta_2 - \beta_2 & 0 \\ \alpha_3 - \alpha_1 & 0 & \gamma_1 - \gamma_3 \end{vmatrix} = 0,$$

$$(5'')\quad \begin{vmatrix} a^2 & b^2 & c^2 \\ \alpha_1 - \alpha_2 & \beta_2 - \beta_1 & 0 \\ 0 & \beta_2 - \beta_3 & \gamma_3 - \gamma_2 \end{vmatrix} = 0.$$

Supposons que le triangle A′B′C′ soit donné par les équations de ses côtés :

$$\left.\begin{array}{ll} (B'C') & l_1\alpha + m_1\beta + n_1\gamma = 0 \\ (C'A') & l_2\alpha + m_2\beta + n_2\gamma = 0 \\ (A'B') & l_3\alpha + m_3\beta + n_3\gamma = 0 \end{array}\right\}$$

les conditions d'isogonologie sont :

$$(5)\quad \begin{vmatrix} a^2 & b^2 & c^2 \\ m_3 - n_3 & l_3 - n_3 & 0 \\ n_2 - m_2 & 0 & l_2 - m_2 \end{vmatrix} = 0.$$

$$(6)\quad \begin{vmatrix} a^2 & b^2 & c^2 \\ m_3 - n_3 & l_3 - n_3 & 0 \\ 0 & n_1 - l_1 & m_1 - l_1 \end{vmatrix} = 0.$$

Si l'on donne la direction d'un côté par exemple B′C′, les directions des autres côtés sont déterminées. Soit N le point où la parallèle à B′C′ menée par A coupe la circonférence ABC ; les droites BN et CN sont parallèles à C′A′ et B′C′.

Si l'on connaît deux sommets, le troisième est évidemment déterminé.

Si l'on donne trois points situés sur les côtés, les sommets du triangle A′B′C′ décrivent des coniques, puisque les côtés du triangle forment des

faisceaux homographiques; ainsi, par exemple, si le côté A′B′ passe par A, et A′C′ par B le lien de A′ est l'hyperbole qui a pour équation :

$$(a^2 - b^2)\beta\gamma - c^2\alpha\beta - b^2\gamma^2 - 0$$

et qui évidemment touche le côté AC et la ceviene

$$(a^2 - b^2)\gamma - c^2\alpha = 0$$

dans les points A et B.

Corrélativement, si l'on donne trois droites sur lesquelles sont les sommets de A′B′C′, les côtés de ce triangle enveloppent des coniques. Si l'un des sommets est fixe et qu'un autre sommet se meuve sur une droite le lieu du troisième est une droite; ainsi, par exemple, si C′ est en A et B′ sur BC, le lieu de A′ est la droite qui a pour équation :

$$b^2\alpha + c^2\beta + (c_2 - a^2)\gamma = 0.$$

On peut se proposer de construire des triangles isogonologiques et trihomologiques à ABC ; la solution est facile : il suffit de tracer un triangle quelconque A′B′C′ isogonologique à ABC et ensuite une autre homothétique à A′B′C′ et trihomologique à ABC, problème connu.

II. — Considérons le cas particulier où le triangle A′B′C′ soit isobarique avec le triangle fondamental : alors les conditions d'isogonologie se réduisent à la seule relation

$$a^2(\beta_1 - \gamma_1) + b^2(\alpha_1 - \beta_1) + c^2(\gamma_1 - \alpha_1) = 0.$$

et le lieu du point A′ $(\alpha_1\beta_1\gamma_1)$ est :

$$(b^2 - c^2)\alpha + (a^2 - b^2)\beta + (c^2 - a^2)\gamma = 0,$$

c'est-à-dire la droite qui joint le sommet $A_1$ du premier triangle de Brocard au centre de gravité.

De même, la condition pour que la droite (B′C′) forme avec ses isobariques des triangles isogonologiques avec le triangle de référence est :

$$a^2(n_1 - m_1) + b^2(m_1 - l_1) + c^2(l_1 - n_1) = 0,$$

et l'enveloppe de B′C′ est le point qui a pour équation tangentielle :

$$(c^2 - b^2)\alpha + (b^2 - a^2)\beta + (a^2 - c^2)\gamma = 0,$$

ou en coordonnées ponctuelles :

$$\frac{\alpha}{c^2 - b^2} = \frac{\beta}{b^2 - a^2} = \frac{\gamma}{a^2 - c^2},$$

c'est-à-dire le point à l'infini du côté $B_1C_1$ du premier triangle de Brocard. il en résulte que les triangles isogonologiques et isobariques avec le triangle fondamental sont homothétiques au premier triangle de Brocard : le centre commun d'homothétie est le centre de gravité ; ils sont aussi trihomologiques avec le triangle de référence (comme tous les triangles formés par droites isobariques). Nous obtenons ainsi une série de triangles qui ont quelques analogies avec le premier triangle de Brocard et que nous pouvons appeler *triangles brocardiens*.

On trouve facilement l'expression générale des coordonnées des sommets des susdits triangles en fonction de deux paramètres variables $p$ et $q$.

Sommet A′

$$\frac{\alpha}{q(a^2 - c^2) + p(b^2 - a^2)} = \frac{\beta}{p(b^2 - c^2)} = \frac{\gamma}{q(b^2 - c^2)},$$

B′ et C′ les points isobariques de A′.

On obtient le triangle de Brocard avec les valeurs des paramètres :

$$p = \Lambda c^2, \qquad q = \Lambda b^2.$$

Le centre de gravité est aussi un cas particulier de ces triangles (triangle à trois sommets confondus), il correspond à l'hypothèse $p = q$.

Pour que le triangle A′B′C′ soit inscrit au triangle de référence, il faut faire une des trois hypothèses :

$$p = 0, \qquad q = 0, \qquad \text{ou} \qquad \frac{p}{q} = \frac{a^2 - c^2}{a^2 - b^2},$$

il y a donc trois triangles brocardiens inscrits au triangle fondamental. Considérons, par exemple, le triangle qui correspond à l'hypothèse :

$$\frac{p}{q} = \frac{a^2 - c^2}{a^2 - b^2},$$

les coordonnées des sommets sont

(A′) $$\frac{\alpha}{o} = \frac{\beta}{a^2 - c^2} = \frac{\gamma}{a^2 - b^2},$$

(B′) $$\frac{\alpha}{a^2 - c^2} = \frac{\beta}{a^2 - b^2} = \frac{\gamma}{o},$$

(C′) $$\frac{\alpha}{a^2 - b^2} = \frac{\beta}{o} = \frac{\gamma}{a^2 - c^2},$$

et les coordonnées du centre P′ de parallélogie sont :

$$(P') \qquad \frac{\alpha}{0} = \frac{\beta}{a^2 - b^2} = \frac{\gamma}{a^2 - c^2},$$

c'est-à-dire le point isotomique du sommet A′.

Nous allons maintenant trouver l'équation du cercle circonscrit au triangle dont nous parlons, on a :

$$\frac{BA'}{A'C} = \frac{a^2 - b^2}{a^2 - c^2} \qquad \text{d'où} \qquad \begin{cases} BA' = \dfrac{a(a^2 - b^2)}{2a^2 - (b^2 + c^2)}, \\ A'C = \dfrac{a(a^2 - c^2)}{2a^2 - (b^2 + c^2)}, \end{cases}$$

et puisque P′ est isotomique de A′, on a aussi :

$$BP' = \frac{a(a^2 - c^2)}{2a^2 - (b^2 + c^2)}, \qquad P'C = \frac{a(a^2 - b^2)}{2a^2 - (b^2 + c^2)};$$

par suite les puissances des sommets B et C par rapport au cercle A′B′C′P′ sont :

$$m = BA'BP' = \frac{a^2(a^2 - b^2)(a^2 - c^2)}{\left[2a^2 - (b^2 + c^2)\right]^2} = n = CA'CP'.$$

Pour trouver le paramètre $l$ il suffit d'établir que le cercle passe par le point B′$(a^2 - c^2,\ a^2 - b^2,\ 0)$, et on trouve facilement :

$$l = \frac{(a^2 - b^2)(a^2 - c^2)(b^2 + c^2 - a^2)}{\left[2a^2 - (b^2 + c^2)\right]^2},$$

l'équation que nous cherchons est donc :

$$(\alpha + \beta + \gamma) \times \frac{(a^2 - b^2)(a^2 - c^2)}{\left[2a^2 - (b^2 + c^2)\right]^2} \times \left[(b^2 + c^2 - a^2)\alpha + a^2\beta + a^2\gamma\right] - \sum a^2\beta\gamma = 0.$$

Ce cercle a quelques propriétés intéressantes : nous l'étudierons dans un prochain travail; pour le moment nous observerons qu'il passe, en plus des points A′, B′, C′ et le centre de parallélogie P′, par l'orthocentre du triangle formé par le sommet A du triangle de référence et le côté B′C′ du triangle inscrit, par les points de concours des parallèles menées par A′B′C′ aux droites joignant les sommets de ABC aux points de Brocard $\Omega_1$

et $\Omega_2$. D'autre part, l'équation montre que ce cercle est coaxial avec le circonscrit et le premier cercle $M_a$ de M'C*ay*. On trouve aussi divers points de ce cercle au moyen des droites menées par A', B', C' formant des angles égaux avec les côtés du triangle de référence.

Le triangle brocardien inscrit A'B'C' a des relations faciles à trouver avec le triangle fondamental ABC. Citons, par exemple, les suivantes :

1° Soit L l'intersection avec le côté AB de la droite qui joint C' au point de Steiner et M l'intersection de AP' et B'C'; les points A', L, M sont collinéaires;

2° Cette droite est parallèle à celle qui joint P' au point de Steiner. Les autres deux triangles inscrits donnent des propriétés analogues.

Nous avons dit que les triangles brocardiens sont triplement homologiques avec le triangle de référence, nous avons à trouver le lieu des centres d'homologie (par exemple le premier centre d'homologie), ce qui nous conduira à un résultat intéressant.

L'équation du côté B'C' en fonction d'un paramètre variable $\Lambda$ est :

$$(b^2c^2 - a^4 + \Lambda)\alpha + (a^2b^2 - c^4 + \Lambda)\beta + (a^2c^2 - b^4 + \Lambda)\gamma = 0.$$

Si l'on pose :

$$b^2c^2 - a^4 = l, \qquad a^2b^2 - c^4 = m, \qquad a^2c^2 - b^4 = n,$$

on obtient pour les équations des trois côtés :

$$(B'C') \qquad (l + \Lambda)\alpha + (m + \Lambda)\beta + (n + \Lambda)\gamma = 0,$$

$$(C'A') \qquad (m + \Lambda)\alpha + (n + \Lambda)\beta + (l + \Lambda)\gamma = 0,$$

$$(A'B') \qquad (n + \Lambda)\alpha + (l + \Lambda)\beta + (m + \Lambda)\gamma = 0.$$

Les droites joignant A et A', B et B' ont pour équations :

$$[(n + \Lambda)^2 - (m + \Lambda)(l + \Lambda)]\beta - [(m + \Lambda)^2 - (l + \Lambda)(n + \Lambda)]\gamma = 0,$$

$$[(l + \Lambda)^2 - (m + \Lambda)(n + \Lambda)]\alpha - [(m + \Lambda)^2 - (l + \Lambda)(n + \Lambda)]\gamma = 0,$$

et nous aurons pour les coordonnées du centre d'homologie

$$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{1} = \frac{\gamma}{1},$$

$$\frac{}{(l + \Lambda)^2 - (m + \Lambda)(n + \Lambda)} \quad \frac{}{(n + \Lambda)^2 - (m + \Lambda)(l + \Lambda)} \quad \frac{}{(m + \Lambda)^2 - (l + \Lambda)(n + \Lambda)}.$$

Nous devons éliminer le paramètre $\Lambda$ entre ces équations, mais pour plus de commodité, considérons le point réciproque et l'élimination de $\Lambda$ donne :

$$(c^2 - b^2)\alpha + (a^2 - c^2)\beta + (b^2 - a^2)\gamma = 0.$$

Le lieu cherché est donc :

$$(c^2 - b^2)\delta\gamma + (a^2 - c^2)\alpha\gamma + (b^2 - a^2)\alpha\beta = 0,$$

c'est-à-dire l'hyperbole de Kiepert qui, comme on sait, est équilatère, circonscrite au triangle de référence et passe par le centre de gravité, l'orthocentre, le point de Tarry et plusieurs autres points remarquables.

De même que nous avons trouvé le lieu des centres d'homologie du triangle variable A'B'C', on peut se proposer de trouver celui des centres de parallélogie.

L'équation de la parallèle menée par A' au côté BC est :

$$\begin{aligned}[(m+\Lambda)(l-m)+(l-n)(n+\Lambda)]\alpha + [(n+\Lambda)(l-m)+(l-n)(l+\Lambda)]\beta \\ + [(l+\Lambda)(l-m)+(l-n)(m+\Lambda)]\gamma = 0,\end{aligned}$$

et la parallèle à AC menée par B' a pour équation :

$$\begin{aligned}[(n+\Lambda)(l-n)+(l+\Lambda)(m-n)]\alpha + [(l+\Lambda)(l-n)+(m+\Lambda)(m-n)]\beta \\ + [(m+\Lambda)(l-n)+(n+\Lambda)(m-n)]\gamma = 0.\end{aligned}$$

l'intersection de ces droites a pour coordonnées :

$$\frac{\alpha}{(mn-l^2)+\Lambda(m+n-2l)} = \frac{\beta}{(ml-n^2)+\Lambda(m+l-2n)} = \frac{\gamma}{(nl-m^2)+\Lambda(m+l-2n)}.$$

L'élimination de $\Lambda$ donne finalement pour le lieu que l'on cherche :

$$(c^2 - b^2)\alpha + (a^2 - c^2)\beta + (b^2 - a^2)\gamma = 0,$$

c'est-à-dire la droite harmoniquement associée au point de Steiner.

*On peut observer que le centre* q' *de parallélogie et le premier centre d'homologie décrivent des lieux réciproques.*

III. — Avant de terminer cette note, je dois remarquer qu'il y a trois points qui jouent un rôle important relativement au triangle inscrit A'B'C', que nous avons considéré et au cercle qui lui est circonscrit.

Ce sont les points homothétiques des sommets du triangle fondamental dans le système que nous avons étudié; ils ont pour coordonnées :

$$(P_a) \qquad \frac{\alpha}{-(b^2+c^2)} = \frac{\beta}{a^2} = \frac{\gamma}{a^2}.$$

$$(P_b) \qquad \frac{\alpha}{a^2} = \frac{\beta}{-(b^2+c^2)} = \frac{\gamma}{a^2},$$

$$(P_c) \qquad \frac{\alpha}{a^2} = \frac{\beta}{a^2} = \frac{\gamma}{-(b^2+c^2)}.$$

Les droites $P_bA'$, $P_cB'$, $P_aC'$ concourent sur le cercle A'B'C' en un point $\omega_1$, qui a pour coordonnées :

$$\frac{\alpha}{a^2(a^2b^2-c^4)} = \frac{\delta}{a^2(a^2c^2-b^4)} = \frac{\gamma}{(b^2+c^2)(a^4-b^2c^2)},$$

c'est le point homothétique de $\Omega_1$.

De même les droites $P_bC'$, $P_cA'$, $P_aB'$ concourent en un point $\omega_2'$ qui a pour coordonnées

$$\frac{\alpha}{a^2(a^2c^2-b^4)} = \frac{\beta}{(b^2+c^2)(a^4-b^2c^2)} = \frac{\gamma}{a^2(a^2b^2-c^4)};$$

c'est le point homothétique de $\Omega_2$.

Le point $\omega_1'$ est le factorien (selon dénomination de M. A. Poulain) du point $P_c$ et de celui qui a pour coordonnées :

$$\frac{\alpha}{a^2b^2-c^4} = \frac{\delta}{a^2c^2-b^4} = \frac{\gamma}{b^2c^2-a^4}.$$

Quant à ce dernier point, il est un des points semi-réciproques du point harmoniquement associé à l'axe d'homologie de ABC avec le premier triangle de Brocard.

Il y a analogie en ce qui concerne le point $\omega_2'$.

Le temps nous fait absolument défaut pour exposer d'autres propriétés qui dérivent par un penchant naturel de la considération des triangles isogonologiques, nous le ferons dans un prochain travail.

# M. A. PELLET

Professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.


## SUR L'APPROXIMATION DES RACINES DES ÉQUATIONS [A3g]

*— Séance du 11 août —*

Je me propose de résumer ici diverses notes parues dans le *Bulletin de la Société Mathématique* et l'*Intermédiaire des Mathématiciens* et d'en donner une application à l'équation $X_n = 0$, $X_n$ étant un polynôme de Legendre.

I. — Soient $a$ et $b$ deux nombres comprenant une seule racine X de l'équation $f(x) = 0$, les trois premières dérivées $f'(x)$, $f''(x)$, $f'''(x)$ ne s'annulant pas entre ces limites $a$ et $b$ ; supposons $f(a)$ et $f''(a)$ de même signe et l'inégalité : $$f'(a)^2 - 2f(a)f''(a) \geqslant 0$$

satisfaite. Alors X est compris entre :

$$(1) \qquad x - \frac{f(x)}{f'(x)} \text{ et } x - 2\frac{f(x)}{f'(x)},$$

$x$ étant compris dans l'intervalle $a$X. Ainsi, en posant $a_1 = a - \frac{f(a)}{f'(a)}$, $X - a_1$ est de même signe et de module moindre que $-\frac{f(a)}{f'(a)}$, comme aussi que $-2\frac{f(a_1)}{f'(a_1)}$, par suite que $-\frac{M}{f'(b)} \cdot \frac{f(a)^2}{f'(a)^2}$, M représentant celle des deux quantités $f''(a)$, $f''(b)$ ayant le plus grand module.

En effet, les dérivées des fonctions (1) sont égales à :

$$\frac{f(x)\,f''(x)}{f'(x)^2}, \text{ et } -\frac{f'(x)^2 - 2f(x)\,f''(x)}{f'(x)^2};$$

elles sont l'une positive, l'autre négative pour $x$ comprise entre $a$ et X. Donc, $x$ allant de X à $a$, les quantités (1) partent de la valeur commune X et s'en éloignent en sens contraire; $f'^2(x) - 2f(x)f''(x)$ a pour dérivée $-2f(x)f'''(x)$, qui a constamment le même signe entre $a$ et X, d'après les hypothèses faites ; elle varie donc entre $f'^2(a) - 2f(a)f''(a)$ et $f'^2(X)$, quantités qui sont positives dans cet intervalle.

II. — Supposons $f(a)$ et $f(b)$ positifs, $f'(a)$ et $f'(b)$ de signes contraires, et $f''(x)$ positif et allant en croissant de $a$ à $b$. Pour une racine X comprise entre $a$ et $b$, de l'équation $f(x) = 0$, on a :

$$f(a) + (X - a)f'(a) + (X - a)^2 \frac{f''(\xi)}{2} = 0,$$

$\xi$ étant un nombre intermédiaire entre $a$ et $b$. Il en résulte que X rend négatives les expressions :

$$(1) \qquad f(a) + (x - a)f'(a) + \frac{f''(a)}{2}(x-a)^2,$$

$$f(b) + f'(b)(x - b) + \frac{f''(a)}{2}(x-b)^2,$$

et positives les expressions :

$$(2) \qquad f(a) + (x - a)f'(a) + \frac{f''(b)}{2}(x - a)^2,$$

$$f(b) + f'(b)(x - b) + \frac{f''(b)}{2}(x - b)^2.$$

Si l'une des deux expressions (2) s'annule pour des valeurs réelles de $x$, l'équation $f(x) = 0$ a deux racines entre $a$ et $b$ ; en tous cas, on a $f'(a)^2 - 2f(a)f''(a) > 0$ et la racine la plus voisine de $a$ est donnée par la série :

$$X - a = u_0 + u_1 + u_2 + \ldots \qquad + u_n + \ldots$$

où : $u_0 = -\frac{f(a)}{f'(a)}$; $u_1 = -\frac{f(a_1)}{f'(a_1)}$, $a_1 = a + u_0$ ; en général :

$$u_n = -\frac{f(a_n)}{f'(a_n)}, \qquad a_n = a + u_0 + u_1 + \ldots u_{n-1};$$

$u_0, u_1, \ldots u_{n-1}$, sont toutes de même signe, et la somme des termes qui suivent $u_n$ a un module inférieur à $|u_n|$. On est averti qu'il n'y a pas de racine de l'équation $f(x) = 0$ entre $a$ et $b$ si ces deux conditions ne sont pas remplies.

$f(x) = 0$ étant une équation holomorphe, soient $x_1$ et $x_2$ deux racines consécutives de $f'''(x) = 0$. Si entre $x_1$ et $x_2$ il n'y a pas de racine de $f''(x) = 0$, cet intervalle contient au plus deux racines de $f(x) = 0$ et ce qui précède permettra d'avoir ces racines. Si entre $x_1$ et $x_2$ il y a une

racine de $f''(x) = 0$, $x_3$, les intervalles $x_1\ x_3$ et $x_3\ x_2$ comprendront au plus deux racines de $f(x) = 0$, et elles pourront s'obtenir par ce qui précède.

III. — L'équation $X_n = \dfrac{d^n(1-x^2)^n}{dx^n} = 0$ a toutes ses racines réelles et comprises entre — 1 et + 1. Soit X la plus grande. Entre 1 et X, il n'y a aucune racine des trois premières dérivées de $X_n$, $X_n'$, $X_n''$, $X_n'''$. Posons $x = 1 + y$ ; il vient, pour l'équation en $y$, après avoir divisé par un facteur constant :

$$0 = 1 + \frac{n(n+1)}{2}y + \frac{n(n+1)(n^2+n-2)}{8.2}y^2 + \frac{n(n-1)(n-2)(n+3)(n+2)(n+1)}{6^2.8}y^3 + \dots$$

ou en posant :

$$y = -\frac{2}{n(n+1)}t = at,$$

$$0 = 1 - t + \frac{(1-a)t^2}{4} - \frac{(1-a)(1-3a)}{36}t^3 + \dots$$

$$+ (-1)^i \frac{(1-a)(1-3a)\ \dots \left(1 - \dfrac{i(i-1)}{2}a\right)}{(1.2.3\ \dots\ i)^2}t^i + \dots$$

La plus petite racine positive de cette équation en $t$ est comprise entre 1 et 2 ; et, par suite, X est compris entre $1 - \dfrac{2}{n(n+1)}$ et $1 - \dfrac{4}{n(n+1)}$.

Lorsque $n$ est pair et égal à 2K, l'équation $X_n = 0$, ordonnée par rapport à $x$, en divisant par un facteur constant, devient :

$$0 = 1 - \mathrm{K}(2\mathrm{K}+1)x^2 + \frac{\mathrm{K}(\mathrm{K}-1)(2\mathrm{K}+3)(2\mathrm{K}+1)}{6}x^4 - \dots$$

La plus petite racine positive de cette équation est comprise entre :

$$\frac{1}{\sqrt{\mathrm{K}(2\mathrm{K}+1)}} \text{ et } \sqrt{\frac{2}{\mathrm{K}(2\mathrm{K}+1)}}.$$

IV. — Considérons en même temps que l'équation :

$$(1) \qquad (fx) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n + \dots = 0,$$

où les quantités $a$ sont quelconques, réelles ou imaginaires, l'équation *majorante* :

$$\varphi(\xi) = \alpha_0 - \alpha_1\xi + \alpha_2\,\xi^2 + \ldots \qquad + \alpha_n\xi^n + \ldots = 0,$$

où les coefficients $\alpha$ sont des quantités positives satisfaisant pour toutes les valeurs de l'indice $n$ à l'inégalité :

$$\frac{\alpha_n}{\alpha_1} \geqslant \left|\frac{a_n}{a_1}\right|.$$

Si l'équation majorante a une racine $\xi_1$ positive (dans le cas ordinaire où elle en aurait deux, $\xi_1$ désignerait la plus petite), l'équation (1) a une seule racine de module inférieur à $\xi_1$ ; et elle peut s'obtenir par la méthode de Newton réitérée. Soit :

$$u_0 + u_1 + \ldots \qquad + u_i + \ldots$$

la série ainsi obtenue, $u_0 = \frac{-a_0}{a_1}$, $u_1 = -\frac{f\left(\frac{-a_0}{a_1}\right)}{f'\left(-\frac{a_0}{a_1}\right)}$, etc., pour l'équation (1) ; $\qquad v_0 + v_1 + \ldots \qquad + v_i + \ldots$

celle obtenue pour l'équation majorante, on a : $v_i \geqslant |u_i|$.

$$|u_i| \geqslant |u_{i+1} + u_{i+2} + \ldots + u_k + \ldots|,$$

$$-\frac{\varphi''(\xi_1)}{\varphi'(\xi_1)}|u_i^2| \geqslant |u_{i+1} + u_{i+2} \ldots|.$$

Le coefficient $-\frac{\varphi''(\xi_1)}{\varphi'(\xi_1)}$ va en augmentant lorsqu'on remplace $\xi_1$ par un nombre supérieur, plus petit toutefois que la racine positive de $\varphi'(\xi) = 0$ ; et il est plus petit que $\frac{2}{\xi_2 - \xi_1}$, $\xi_2$ rendant négative la fonction $\varphi(\xi)$.

IV. — Appliquons à l'équation numérique, traitée par Fourier et Serret (Alg. sup.) :

$$f(x) = x^6 - 12x^5 + 60x^4 - 123x^3 + 4567x - 89012 = 0.$$

On a :

$$f'(x) = 6x^5 - 60x^4 + 240x^3 + 246x + 4567,$$

$$\frac{f''(x)}{2} = 15(x-4)^2x^2 + 120x^2 + 123,$$

$$\frac{f'''(x)}{6} = 20x(x^2 - 6x + 12).$$

L'équation $f'''(x) = 0$ n'a qu'une racine réelle, $x = 0$ ; et l'équation $f''(x) = 0$ n'en a aucune. L'équation $f(x) = 0$ a une seule racine positive et une seule racine négative.

En posant : $x = 7 + y$, il vient :

$$F(y) = 9009 + 45391y + 12618y^2 + 2660y^3 + 375y^4 + 30y^5 + y^6 = 0$$

Le second membre est négatif pour $y = -\frac{1}{3}$.

On peut appliquer les formules du n° 1 en faisant $a = 0$, $b = -\frac{1}{3}$; il vient $\frac{f''(a)}{f'(b)} < 1$.

Ainsi, la racine de plus petit module est comprise entre $-\frac{1}{5}$ et $-\frac{1}{5} - \frac{1}{25}$, ou $-0,2$ et $-0,24$. On reconnaît que $F(-0,21)$ est positif et plus petit que 8 :

$$F(-0,21) = 33,3438 - (0,21)^3 2582,56374.$$

Ainsi, la racine est égale à :

$$-0,21 - \frac{F(-0,21)}{F'(-0,21)},$$

avec une erreur $\varepsilon$ négative, de module plus petit que :

$$\frac{F^2(-0,21)}{F''^2(-0,21)} \; ; \; |\varepsilon| < \frac{1}{9.10^6}.$$

En posant $x = -5 + y$, l'équation $f(x) = 0$ devient :

$$F_1(y) = -18147 - 82913y + 33498y^2 - 6700y^3 + 735y^4 - 42y^5 + y^6 = 0.$$

$F_1(-0,2)$ est positif. On peut appliquer les formules du n° 1 en

posant $a = -0{,}2$, $b = 0$; $\left|\frac{F_1'(-0{,}2)}{F_1'(0)}\right| < 1$. Ainsi la racine de plus petit module de l'équation $F_1(y) = 0$ est égale à :

$$-0{,}2 - \frac{F_1(-0{,}2)}{F_1'(-0{,}2)},$$

avec une erreur $\varepsilon$ positive, plus petite que :

$$\varepsilon < \frac{F_1^2(-0{,}2)}{F_1'^2(-0{,}2)}.$$

---


# M. François MICHEL

Licencié ès sciences, Ancien élève de l'École Polytechnique, à Paris.


---

## SUR LA COURBE D'OMBRE D'UNE SURFACE PARTICULIÈRE DU 4e ORDRE [M¹4]

---

*— Séance du 11 août —*

Si l'on considère une surface quelconque (S) et un de ses points, le lieu des centres de courbure de ses sections planes passant par ce point est une surface du 4e ordre (Σ) dont j'ai indiqué quelques propriétés (Association française pour l'Avancement des Sciences, Congrès de Besançon, 1893) en l'envisageant comme la transformée par inversion d'un conoïde de Plücker ayant pour axe la normale à la surface (S) au point considéré.

J'ai montré (*Bulletin de la Société mathématique de France*, tome XXIV, page 26) comment on peut déterminer la courbe d'ombre de la surface (Σ) éclairée par un point lumineux, lorsque ce point est situé sur la normale à la surface (S).

Je me propose, dans ce mémoire, de déterminer la courbe d'ombre de la surface (Σ) dans un autre cas particulier : celui où le point lumineux est situé dans le plan tangent à la surface (S).

I. — J'établirai d'abord l'équation de la surface (Σ) en prenant pour plans des coordonnées le plan tangent et les deux plans principaux de courbure de la surface (S) au point considéré O.

Si l'on mène une droite quelconque O*t* dans le plan tangent XOY et si

l'on désigne par $\gamma$ le centre de courbure de la section normale $ZOt$, le centre de courbure de toute section passant par $Ot$ s'obtiendra, d'après le théorème de Meusnier, en projetant le point $\gamma$ sur le plan de cette section; de sorte que le lieu des centres de courbure des sections planes passant par la droite $Ot$ est un cercle (C) situé dans le plan contenant l'axe OZ et perpendiculaire à $Ot$; si l'on fait tourner $Ot$ autour du point O dans le plan XOY, le cercle variable (C) engendrera la surface ($\Sigma$).

Je désigne par $\omega$ l'angle $XOt$; le diamètre $\rho = O\gamma$ du cercle (C) est lié aux rayons de courbure principaux $R_1$ et $R_2$ de la surface S au point O, par la relation d'Euler :

$$(1) \qquad \frac{1}{\rho} = \frac{\cos^2 \omega}{R_1} + \frac{\sin^2 \omega}{R_2},$$

dans laquelle $R_1$ et $R_2$ sont pris avec leurs signes.

Le cercle variable (C) a pour équations :

$$(2) \quad \begin{cases} X + Y \text{ tang. } \omega = 0, \\ X^2 + Y^2 + Z^2 - \rho Z = 0, \end{cases}$$

et l'élimination de $\rho$ et $\omega$ entre les équations (2) et la relation (1) fournit l'équation de la surface ($\Sigma$) :

$$(\Sigma) \qquad Z(X^2 + Y^2) - (X^2 + Y^2 + Z^2)\left(\frac{X^2}{R_1} + \frac{Y^2}{R_2}\right) = 0.$$

II. — Les équations d'une droite passant en un point quelconque $(xyz)$ de la surface ($\Sigma$) peuvent s'écrire :

$$(3) \qquad \frac{X - x}{\lambda} = \frac{Y - y}{\mu} = \frac{Z - z}{\nu} = K.$$

On en déduit :

$$X = x + \lambda K, \qquad Y = y + \mu K, \qquad Z = z + \nu K,$$

et les valeurs de K qui correspondent aux points d'intersection de la droite et de la surface ($\Sigma$) sont données par l'équation :

$$(z + \nu K)[(x + \lambda K)^2 + (y + \mu K)^2]$$
$$[(x + \lambda K)^2 + (y + \mu K)^2 + (z + \nu K)^2]\left[\frac{(x + \lambda K)^2}{R_1} + \frac{(y + \mu K)^2}{R_2}\right] = 0.$$

Cette équation en K a une racine nulle, car le point $(xyz)$ étant sur la surface $(\Sigma)$, on a la relation :

$$(4) \qquad z(x^2+y^2)-(x^2+y^2+z^2)\left(\frac{x^2}{R_1}+\frac{y^2}{R_2}\right)=0.$$

Si la droite représentée par les équations (3) est tangente à la surface $(\Sigma)$, l'équation en K a une deuxième racine nulle, et on a la condition :

$$(5) \quad \begin{cases} \nu(x^2+y^2)+2z(\lambda x+\mu y)-2(x^2+y^2+z^2)\left(\dfrac{\lambda x}{R_1}+\dfrac{\mu y}{R_2}\right) \\ \qquad -2(\lambda x+\mu y+\nu z)\left(\dfrac{x^2}{R_1}+\dfrac{y^2}{R_2}\right)=0. \end{cases}$$

Soient, d'autre part, $a$, $b$, $c$, les coordonnées d'un point lumineux quelconque P ; si j'exprime que la droite (3) passe par le point P, j'aurai :

$$\frac{a-x}{\lambda}=\frac{b-y}{\mu}=\frac{c-z}{\nu},$$

et, sous les conditions (4) et (5), le point $(xyz)$ appartiendra à la courbe d'ombre de la surface $(\Sigma)$ éclairée par le point P.

Je remplace, dans la relation (5), les coefficients $\lambda$, $\mu$ et $\nu$ par leurs valeurs proportionnelles et j'obtiens ainsi une équation :

$$(6) \quad \begin{cases} (c-z)(x^2+y^2)+2z\left[x(a-x)+y(b-y)\right] \\ \qquad -2(x^2+y^2+z^2)\left[\dfrac{x(a-x)}{R_1}+\dfrac{y(b-y)}{R_2}\right] \\ -2\left[x(a-x)+y(b-y)+z(c-z)\right]\left(\dfrac{x^2}{R_1}+\dfrac{y_2}{R_2}\right)=0, \end{cases}$$

qui, avec l'équation (4), définit la courbe d'ombre.

En ajoutant membre à membre ces deux équations, après avoir multiplié la première par 4, je trouve :

$$(S_1) \quad \begin{cases} (z+c)(x^2+y^2)+2z(ax+by)-2\left(\dfrac{ax}{R_1}+\dfrac{by}{R_2}\right)(x^2+y^2+z^2) \\ \qquad -2(ax+by+cz)\left(\dfrac{x^2}{R_1}+\dfrac{y^2}{R_2}\right)=0, \end{cases}$$

équation d'une surface du troisième ordre qui passe par la courbe d'ombre.

Je remarque que cette surface contient l'axe OZ; il en résulte que tout plan passant par $Oz$ détermine sur la surface une conique $(\Gamma)$; d'ailleurs, ce même plan coupe la surface $(\Sigma)$ suivant un cercle (C); les points d'intersection du cercle et de la conique appartiendront à la courbe d'ombre.

Je considère, dès lors, un plan ZO$t$ faisant un angle $\varphi$ avec le plan principal ZO$x$, et je cherche l'équation de la conique correspondante ($\Gamma$) dans son plan; les formules de transformation à appliquer sont :

$$(7)\quad \begin{cases} x = x' \cos\varphi, \\ y = y' \sin\varphi, \\ z = y'. \end{cases}$$

En portant les valeurs de $x$, $y$ et $z$ dans l'équation de la surface ($S_1$) et supprimant les indices, il vient, après suppression du facteur commun $x$ :

$$(\Gamma)\quad \begin{cases} 2\left(\dfrac{a\cos\varphi}{R_1} + \dfrac{b\sin\varphi}{R_2}\right)(x^2 + y^2) \\ + 2\left(\dfrac{\cos^2\varphi}{R_1} + \dfrac{\sin^2\varphi}{R_2}\right)[(a\cos\varphi + b\sin\varphi)x + cy]x \\ - (c + y)x - 2(a\cos\varphi + b\sin\varphi)\, y = 0. \end{cases}$$

Cette équation montre que la conique ($\Gamma$) passe par le point O, et que e coefficient angulaire de sa tangente en ce point :

$$\frac{y}{x} = \frac{c}{2(a\cos\varphi + b\sin\varphi)}$$

est la moitié de celui de la droite qui joint l'origine O à la projection du point P sur le plan ZO$t$.

D'autre part, l'équation, dans le plan ZO$t$, du cercle (C) que ce plan détermine sur la surface ($\Sigma$), s'obtient aussi par la substitution (7) dans l'équation (4); on trouve ainsi :

$$(C)\qquad \left(\frac{\cos^2\varphi}{R_1} + \frac{\sin^2\varphi}{R_2}\right)(x^2 + y^2) - y = 0.$$

Les coefficients de l'équation ($\Gamma$) peuvent être interprétés géométriquement, comme on le verra dans la suite de ce mémoire; la conique qu'elle représente peut donc être construite; quant au cercle (C) sa construction est facile (voir Mannheim, *Cours de géométrie descriptive de l'École Polytechnique*, 1880, page 281); on pourra, par conséquent, dans le cas général, déterminer les trois points qui, à part l'origine O, sont communs aux deux courbes et qui appartiennent à la courbe d'ombre.

III. — La question se simplifie lorsque le point lumineux P est situé

dans le plan tangent XOY à la surface (S); alors $c = 0$, et l'équation de la conique (Γ) devient :

$$2\left(\frac{a\cos\varphi}{R_1}+\frac{b\sin\varphi}{R_2}\right)(x^2+y^2)+2\left(\frac{\cos^2\varphi}{R_1}+\frac{\sin^2\varphi}{R_2}\right)(a\cos\varphi+b\sin\varphi)$$
$$-xy-2(a\cos\varphi+b\sin\varphi)y=0.$$

Cette conique et le cercle (C) ont pour tangente commune, à l'origine, la droite O$t$, et on peut, par une combinaison de leurs équations, former celle de la droite (Δ) qui passe par leurs deux autres points communs ; en tirant de l'équation (C) la valeur de $x^2$, et en la portant dans la précédente, on obtient, après suppression du facteur commun $y$ :

$$(\Delta)\quad\begin{cases}\left(\frac{\cos^2\varphi}{R_1}+\frac{\sin^2\varphi}{R_2}\right)\left[x+2\left(\frac{\cos^2\varphi}{R_1}+\frac{\sin^2\varphi}{R_2}\right)(a\cos\varphi+b\sin\varphi)y\right]\\ -2\left(\frac{a\cos\varphi}{R_1}+\frac{b\sin\varphi}{R_2}\right)=0.\end{cases}$$

Si l'on désigne par ρ le diamètre Oγ du cercle (C) on aura :

$$(8)\qquad\frac{1}{\rho}=\frac{\cos^2\varphi}{R_1}+\frac{\sin^2\varphi}{R_2},$$

et l'équation de la droite (Δ) pourra s'écrire :

$$\rho x+2(a\cos\varphi+b\sin\varphi)y-2\rho^2\left(\frac{a\cos\varphi}{R_1}+\frac{b\sin\varphi}{R_2}\right)=0.$$

J'abaisse du point P, la perpendiculaire PD sur la droite O$t$; j'aurai :

$$OD=a\cos\varphi+b\sin\varphi.$$

Je considère, d'autre part, dans le plan ZOX, le point E qui a pour coordonnées dans ce plan $x=a$ et $z=R_1$ et je joins OE; si, par le point γ, je mène une parallèle à O$x$ jusqu'à la rencontre de OE en F, je vois que :

$$\gamma F=\frac{a\rho}{R_1}.$$

Par une construction analogue dans le plan ZOY, j'obtiens la longueur γK :

$$\gamma K=\frac{b\rho}{R_2}.$$

Dès lors, en prenant, dans le plan XOY, le point M dont les coordonnées

sont $x = \gamma F$ et $y = \gamma K$, et en projetant ce point en N, sur la droite $Ot$, la longueur ON a pour valeur :

$$ON = \rho\left(\frac{a\cos\varphi}{R_1} + \frac{b\sin\varphi}{R_2}\right),$$

de sorte que l'équation de la droite ($\Delta$) s'écrira finalement :

$$\rho x + 2.\overline{OD}.y - 2\rho.\overline{ON} = 0,$$

et cette forme permet de construire facilement la droite; le coefficient angulaire de celle-ci est, en effet :

$$\frac{y}{x} = -\frac{1}{2}\cdot\frac{\rho}{OD};$$

elle est donc parallèle à la droite qui joint le centre I du cercle (C) au point D; enfin, elle coupe la droite $Ot$ en un point R tel que :

$$OR = 2.ON.$$

Les deux points $\alpha$ et $\beta$ communs à la droite ($\Delta$) et au cercle (C) sont des points de la courbe d'ombre de la surface ($\Sigma$).

IV. — La détermination de la droite ($\Delta$) dépend de la connaissance de trois longueurs $\rho$, OD et ON; la première est donnée par la construction même du cercle (C); quant aux deux autres, on peut, en pratique, les obtenir simplement à l'aide des remarques suivantes :

Le lieu du point D dans le plan XOY est évidemment le cercle ($\sigma$) décrit sur OP comme diamètre. Pour obtenir le lieu du point N, j'éliminerai $\rho$ et $\varphi$ entre la relation (8) et les équations :

$$y = x\,\mathrm{tang}\,\varphi,$$

$$x - \frac{a\rho}{R_1} + \left(y - \frac{b\rho}{R_2}\right)\mathrm{tang}\,\varphi = 0,$$

qui représentent respectivement les droites $Ot$ et MN; le résultat de cette élimination est :

$$\text{(E)} \qquad \frac{x^2}{R_1} + \frac{y^2}{R_2} - \frac{ax}{R_1} - \frac{by}{R_2} = 0,$$

équation d'une conique concentrique au cercle ($\sigma$) et circonscrite, comme ce cercle, au rectangle OAPB.

Les deux courbes ($\sigma$) et (E), une fois tracées détermineront sur la trace O$t$ d'un plan quelconque ZO$t$ des longueurs OD et ON correspondantes à la droite ($\Delta$) située dans ce plan.

Il est à remarquer que lorsque la trace O$t$ du plan sécant coïncide avec OP, les longueurs OD et ON deviennent égales; la droite ($\Delta$) passe alors par l'extrémité $\gamma$ du cercle (C) correspondant; le second point d'intersection de la droite et du cercle est alors le point de contact de la tangente menée par le point P à ce cercle, puisque OR $=$ 2.OP.

Remarque analogue peut être faite lorsque la trace O$t$ coïncide soit avec OA, soit avec OB.

Enfin, il est facile de voir que le lieu du point M est une droite passant à l'origine, ayant pour équation :

$$y = \frac{b\mathrm{R}_1}{a\mathrm{R}_2} \cdot x$$

et cette remarque permet aussi de simplifier la construction de la droite ($\Delta$).

V. — Le lieu des droites ($\Delta$) est une surface réglée, qui par son intersection avec la surface ($\Sigma$), détermine la courbe d'ombre.

Pour obtenir l'équation de cette surface réglée je remplacerai respectivement $x$ et $y$ dans l'équation ($\Delta$), par les valeurs de $x'$ et $y'$ tirées des formules de transformation (7), et, après suppression des indices, j'éliminerai le paramètre $\varphi$ entre l'équation obtenue et celle du plan ZO$t$ :

$$y = x \operatorname{tang} \varphi.$$

Je trouve ainsi :

$$(x^2 + y^2)^2\left[\frac{x^2}{\mathrm{R}_1} + \frac{y^2}{\mathrm{R}_2} - 2\left(\frac{ax}{\mathrm{R}_1} + \frac{by}{\mathrm{R}_2}\right)\right] + 2z(ax + by)\left(\frac{x^2}{\mathrm{R}_1} + \frac{y^2}{\mathrm{R}^2}\right)^2 = 0.$$

Cette surface réglée est du sixième ordre; elle détermine sur le plan XOY une conique dont l'équation est :

$$\frac{x^2}{\mathrm{R}_1} + \frac{y^2}{\mathrm{R}_2} - 2\frac{ax}{\mathrm{R}_1} - 2\frac{by}{\mathrm{R}_2} = 0, \tag{9}$$

et qui est homothétique de la conique (E), lieu du point N.

La surface réglée engendrée par la droite ($\Delta$) admet comme directrices l'axe OZ et la conique (9).

M. Raoul PERRIN

Ingénieur en Chef des Mines, à Paris.

## SUR UN CRITÉRIUM DE L'EXISTENCE DE RACINES RÉELLES D'UNE ÉQUATION NUMÉRIQUE DANS UN INTERVALLE DONNÉ. [A 3 g]

*— Séance du 11 août —*

Dans une note présentée en 1901 au Congrès d'Ajaccio (sur une méthode nouvelle pour la séparation et le calcul approximatif des racines réelles des équations numériques), j'ai établi (chap. II, § C) une inégalité qui doit être nécessairement satisfaite pour qu'une équation numérique :

$$f(x) = 0$$

puisse avoir des racines réelles entre deux valeurs $x_1$, $x_2$, qui donnent à $f(x)$ le même signe. Cette inégalité est la suivante :

$$(1) \qquad h(P'_2 + Q'_1) > 2\left[P_2 - Q_1 + \sqrt{(P_1 - Q_1)(P_2 - Q_2)}\right]$$

où P, Q désignent les deux groupes de termes à coefficients de même signe en lesquels on peut décomposer $f(x)$, P étant celui des deux qui prend la valeur numérique la plus grande à la fois pour $x = x_1$ et $x = x_2$; P′ et Q′ leurs dérivées respectives; $h$ l'intervalle $x_2 - x_1$ $(x_2 > x_1)$; et enfin les chiffres 1, 2 placés en indice inférieur indiquant qu'il faut prendre le résultat de la substitution de $x_1$, $x_2$ dans le polynôme auquel l'indice est affecté.

La démonstration que j'ai donnée prouve en même temps que si l'inégalité (1) est satisfaite, et que l'on désigne par $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$, les deux racines de l'équation :

$$(2) \quad \left[h(P'_2 + Q'_1) - \delta(P + Q)\right]\varepsilon^2 + \left[2\delta P - h(P'_2 + Q'_1)\right]\varepsilon + P_1 - Q_1 = 0.$$

Les deux nombres :

$$x_1 + h\varepsilon_1,\ x_1 + h\varepsilon_2 \qquad (\varepsilon_2 > \varepsilon_1)$$

sont deux nouvelles limites, plus resserrées que $x_1$ et $x_2$, comprenant *toutes* les racines réelles de $f(x)$ qui peuvent exister entre $x_1$ et $x_2$.

Je me propose maintenant d'établir une autre inégalité de forme très analogue à (1), et qui constitue une condition non plus *nécessaire*, mais *suffisante*, pour l'existence de racines de $f(x)$ entre $x_1$ et $x_2$.

Pour cela, je considérerai ce que j'ai appelé, dans la note précitée, les paraboles auxiliaires à P et à Q, savoir la parabole supérieure à P (qui laisse la courbe P constamment *au-dessous* d'elle entre les abscisses $x_1$ et $x_2$), et la parabole inférieure à Q (qui laisse constamment la courbe Q *au-dessus* d'elle dans le même intervalle). Il est clair que si ces deux paraboles auxiliaires se coupent dans l'intervalle considéré, il faudra bien qu'il en soit de même des courbes P et Q (sans que la réciproque soit vraie), et qu'en outre il ne pourra exister *aucune* racine de $f(x)$ dans l'intervalle compris entre les abscisses des points d'intersection (qui ne peuvent être en nombre supérieur à 2) de ces paraboles auxiliaires.

Or, on trouve sans peine pour les équations de ces paraboles :

$$(3)\quad \begin{cases} \text{Auxiliaire supérieure à P} : y = \mathrm{P}_1 + \mathrm{P}'_1(x - x_1) + \dfrac{\delta\mathrm{P} - h\mathrm{P}'_1}{h^2}(x - x_1)^2 \\ \text{Auxiliaire inf}^{\text{re}} \text{ à Q} : y = \mathrm{Q}_1 + \dfrac{2\delta\mathrm{Q} - h\mathrm{Q}'_2}{h}(x - x_1) + \dfrac{h\mathrm{Q}'_2 - \delta\mathrm{Q}}{h^2}(x - x_1)^2 \end{cases}$$

Désignons par $x_1 + h\zeta$ l'abscisse d'un point d'intersection de ces deux paraboles ; les deux valeurs de $\zeta$ seront données par l'équation :

$$(4)\quad [\delta(\mathrm{P} + \mathrm{Q}) - h(\mathrm{P}'_1 + \mathrm{Q}'_2)]\zeta^2 + [h(\mathrm{P}'_1 + \mathrm{Q}'_2) - 2\delta\mathrm{Q}]\zeta + \mathrm{P}_1 - \mathrm{Q}_1 = 0.$$

Une discussion tout à fait semblable à celle que j'avais employée pour déduire de l'équation (2) l'inégalité (1), montre que pour que les racines de (4) soient réelles, positives et inférieures à l'unité, il faut et il suffit que l'inégalité suivante soit satisfaite :

$$(5)\qquad h(\mathrm{P}'_1 + \mathrm{Q}'_2) < 2\left(\mathrm{Q}_2 - \mathrm{P}_1 - \sqrt{(\mathrm{P}_1 - \mathrm{Q}_1)(\mathrm{P}_2 - \mathrm{Q}_2)}\right).$$

Si donc cette inégalité est satisfaite (et il en serait encore de même s'il y avait égalité entre les deux membres), on est *assuré* que l'équation $f(x) = 0$ possède *au moins* deux racines entre $x_1$ et $x_2$. — Il est en outre évident géométriquement que les racines, en nombre pair, existant dans cet intervalle, sont réparties en deux groupes chacun d'un nombre impair de racines, compris le premier entre $x_1 + h\varepsilon_1$ et $x_1 + h\zeta_1$, le second entre $x_1 + h\zeta_2$ et $x_1 + h\varepsilon_2$ ($\zeta_1$ et $\zeta_2$ désignant la plus petite et la plus grande racine de (4) respectivement).

En réunissant les résultats ainsi obtenus, on peut énoncer le théorème suivant :

« Soit $f \equiv P - Q = 0$ une équation numérique, P et Q étant les deux » polynômes à termes tous de même signe en lesquels on peut décomposer » $f(x)$. Pour savoir si cette équation possède des racines réelles dans un » intervalle $h = x_2 - x_1$ ($x_1$ et $x_2$ positifs et rendant tous deux $f(x)$ positif), » formons les deux quantités :

$$(6) \qquad \begin{cases} L_1 = Q_2 - P_1 - \frac{1}{2} h(P'_1 + Q'_2). \\ L_2 = \frac{1}{2} h(P'_2 + Q'_1) - (P_2 - Q_1). \end{cases}$$

» Si $\sqrt{f(x_1)f(x_2)}$, pris positivement, est supérieur ou égal à $L_2$, il n'y a » pas de racines dans l'intervalle considéré.

» Si $\sqrt{f(x_1)f(x_2)}$ est $< L_2$ mais $> L_1$, il y a incertitude ; seulement, » s'il existe des racines, elles sont comprises entre $x_1 + h\varepsilon_1$ et $x_1 + h\varepsilon_2$, » $\varepsilon_1$ et $\varepsilon_2$ étant les deux racines de l'équation (2) donnée ci-dessus, et cet » intervalle est plus resserré que $x_2 - x_1$.

» Si enfin $\sqrt{f(x_1)f(x_2)}$ est égal ou inférieur à $L_1$, il existe dans l'intervalle » $x_2 - x_1$ un nombre pair de racines, réparties en deux groupes impairs, » l'un dans l'intervalle de $x_1 + h\varepsilon_1$ à $x_1 + h\zeta_1$, l'autre dans l'intervalle de » $x_1 + h\zeta_2$ à $x_1 + h\varepsilon_2$ ; $\zeta_1$ et $\zeta_2$ étant les deux racines de l'équation (4) » donnée ci-dessus. »

Comme première application très simple, servant en même temps de vérification, prenons l'équation du second degré :

$$(7) \qquad u \equiv ax^2 + 2bx + c = 0,$$

où je supposerai $a > 0$.

Soient $m$, $m'$, $n$, $n'$, $p$, $p'$, six nombres positifs choisis arbitrairement de manière que :

$$m - m' = a, \qquad n - n' = b, \qquad p - p' = c.$$

Posons :

$$P = mx^2 + 2nx + p, \qquad Q = m'x^2 + 2n'x + p';$$

l'équation (7) pourra s'écrire :

$$P - Q = 0,$$

et nous pourrons appliquer le théorème ci-dessus pour reconnaître s'il

existe des racines entre deux nombres positifs donnés $x_1$ et $x_2 > x_1$. Comme ici les paraboles auxiliaires se confondent avec les courbes P et Q, on doit s'attendre à ce que la zone d'indétermination disparaisse et à ce que les deux inégalités se confondent en une seule, fournissant la condition *nécessaire* et *suffisante* pour qu'il existe des racines réelles de (7) entre $x_1$ et $x_2$.

Et en effet les formules (6) donnent :

$$L_1 = L_2 = ax_1x_2 + b(x_1 + x_2) + c.$$

Posons pour abréger :

$$u_1 = ax_1^2 + 2bx_1 + c,$$
$$u_2 = ax_2^2 + 2bx_2 + c,$$
$$w = ax_1x_2 + b(x_1 + x_2) + c$$
$$h = x_2 - x_1,$$
$$D = ac - b^2.$$

Si $u_1$ et $u_2$ sont positifs, la condition pour l'existence de racines réelles entre $x_1$ et $x_2$ sera, d'après les inégalités (1) et (5) ici confondues

$$w + \sqrt{u_1u_2} \leqslant 0, \tag{8}$$

le cas particulier d'égalité signifiant qu'il existe une racine double entre $x_1$ et $x_2$.

Pour vérifier ce résultat, il suffit de s'appuyer sur les identités suivantes, faciles à vérifier :

$$u_1 + u_2 = ah^2 + 2w,$$
$$u_1u_2 = w^2 + Dh^2,$$

et sur les expressions de $u_1$, $u_2$, $w$, en fonction de $x_1$, $x_2$ et des deux racines $\alpha$, $\beta$ de $u$, savoir :

$$w = \frac{a}{2}\{(x_1 - \alpha)(x_2 - \beta) + (x_1 - \beta)(x_2 - \alpha)\},$$
$$u_1 = a(x_1 - \alpha)(x_1 - \beta),$$
$$u_2 = a(x_2 - \alpha)(x_2 - \beta),$$

d'où on tire :

$$w \pm \sqrt{u_1u_2} = \frac{a}{2}\left[\sqrt{(x_1 - \alpha)(x_2 - \beta)} \pm \sqrt{(x_1 - \beta)(x_2 - \alpha)}\right]^2$$

si $x_1$ et $x_2$ sont tous deux plus grands ou plus petits que $\alpha$ et $\beta$, ou :

$$w \pm \sqrt{u_1 u_2} = -\frac{a}{2}\left[\sqrt{(\alpha - x_1)(x_2 - \beta)} \mp \sqrt{(\beta - x_1)(x_2 - \alpha)}\right]^2$$

si $\alpha$ et $\beta$ sont compris entre $x_1$ et $x_2$, ou inversement.

Je n'insiste pas sur le détail de la discussion, de laquelle résulte, en définitive, et d'une manière tout à fait générale (c'est-à-dire quels que soient $x_1$ et $x_2$ positifs ou négatifs, et que $\alpha$ et $\beta$ soient réels ou imaginaires), l'énoncé suivant :

(9)
$$\left\{\begin{array}{lll}
\text{Si} & w > \sqrt{u_1 u_2}, & \text{il existe deux racines réelles distinctes, d'un même côté de l'intervalle } x_2 - x_1 ; \\
& w = \sqrt{u_1 u_2}, & \text{une racine double en dehors de cet intervalle} \\
& w < \sqrt{u_1 u_2}, & \\
& w > -\sqrt{u_1 u_2}, & \text{deux racines imaginaires ;} \\
& w = -\sqrt{u_1 u_2}, & \text{une racine double dans l'intervalle } x_2 - x_1 ; \\
& w < -\sqrt{u_1 u_2}, & \text{deux racines distinctes dans cet intervalle, si } u_1 \text{ et } u_2 \text{ sont positifs, en dehors et de part et d'autre de cet intervalle, si } u_1 \text{ et } u_2 \text{ sont négatifs.}
\end{array}\right.$$

On peut remarquer, en se plaçant au point de vue de la théorie des formes, que D, $u_1$, $u_2$, $h$ et $w$ sont les cinq invariants du système composé de la forme quadratique $u$, et des deux formes linéaires $x - x_1$, $x - x_2$. Les criteria donnés ci-dessus reviennent donc à considérer les signes des deux invariants simples $u_1$ et $u_2$, et des deux invariants composés irrationnels $w \pm \sqrt{u_1 u_2}$, lesquels sont réels quand $u_1$ et $u_2$ sont de même signe et seulement dans ce cas, et dont le produit est égal à $-\mathrm{D}h^2$.

Comme seconde application, je prendrai l'équation du 3e degré :

$$(10) \qquad f(x) \equiv x^3 - px + q = 0,$$

où $p$ et $q$ sont positifs, et qui ne possède, comme on sait, 2 racines positives réelles que si :

$$(11) \qquad 4p^3 > 27\,q^2.$$

Posons, suivant la règle indiquée :

$$\mathrm{P} = x^3 + q, \qquad \mathrm{Q} = px,$$

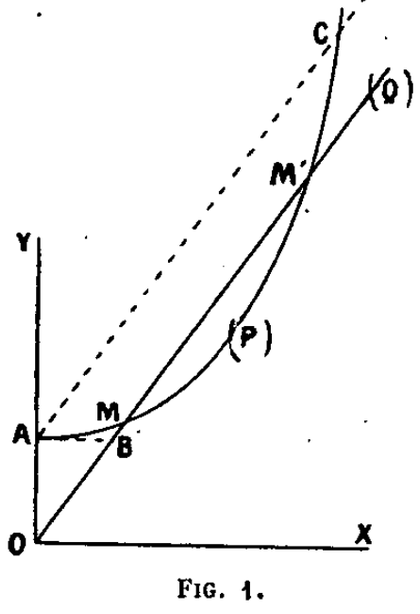


FIG. 1.

et prenons pour $x_1$ et $x_2$ les quantités $\frac{q}{p}$ et $\sqrt{p}$, qui sont nécessairement placées de part et d'autre des racines, s'il en existe *(fig. 1)*, car la pre-

mière est l'abscisse de B, la seconde celle de C; AB étant la parallèle à OX, et AC la parallèle à OMM′ ou (Q).

Les formules (6) donnent alors :

$$L_1 = q\,\frac{j^3 - j^2 + 3j + 1}{2j^2},$$

$$L_2 = q(j - 2),$$

$$\sqrt{(P_1 - Q_1)(P_2 - Q_2)} = \frac{q}{j},$$

$j$ étant le paramètre $\frac{p\sqrt{p}}{q}$, qui doit être au moins égal à $\frac{3}{2}\sqrt{3}$ pour la réalité des racines.

L'inégalité (1) devient donc :

$$j^2 - 2j - 1 > 0,$$

et elle est satisfaite, comme cela devait être, pour $j \geqslant \frac{3}{2}\sqrt{3}$. L'équation (2) devient :

$$(j-1)^2(2j+1)\varepsilon^2 - 2(j-1)(j^2 - j - 1)\varepsilon + 1 = 0,$$

et on en tire pour les deux nouvelles limites plus approchées que $x_1$ et $x_2$ :

$$(12)\quad \left\{ \begin{matrix} x_2'' \\ x_1'' \end{matrix} \right\} = \sqrt{p}\,\frac{j + 1 \pm \sqrt{j^2 - 2j - 1}}{2j + 1}.$$

L'inégalité (5) devient à son tour :

$$(13)\qquad j^3 - j^2 - 5j + 1 > 0.$$

Cette condition n'est pas satisfaite pour $j = \frac{3}{2}\sqrt{3}$, mais elle l'est pour une valeur un peu supérieure (*), comme cela devait être, et alors l'équation (4) devient :

$$(j-1)^2(j+2)\zeta^2 - (j-1)(j^2 - 3)\zeta + 1 = 0,$$

et donne pour nouvelles limites, $x_1''$ et $x_2''$ :

$$(14)\quad \left\{ \begin{matrix} x_2'' \\ x_1'' \end{matrix} \right\} = \frac{q}{p}\,\frac{(j+1)^2 \pm \sqrt{(j+1)(j^3 - j^2 - 5j + 1)}}{2(j+2)}.$$

(*) Environ 2,71 au lieu de 2,598.

En résumé, si $j$ satisfait à la condition (13), la plus petite racine positive de (10) est comprise entre :

$$x_1' = \sqrt{p}\,\frac{j+1-\sqrt{j^2-2j-1}}{2j+1},$$

et

$$x_1'' = \frac{q}{p}\,\frac{(j+1)^2-\sqrt{(j+1)(j^3-j^2-5j+1)}}{2(j+2)},$$

et la plus grande racine est comprise entre :

$$x_2'' = \frac{q}{p}\,\frac{(j+1)^2+\sqrt{(j+1)(j^3-j^2-5j+1)}}{2(j+2)}$$

et

$$x_2' = \sqrt{p}\,\frac{j+1+\sqrt{j^2-2j-1}}{2j+1}.$$

Si $j$ ne satisfait pas à la condition (13), tout en étant supérieur à $\frac{3}{2}\sqrt{3}$, c'est-à-dire s'il est compris entre 2,598 et 2,71, on peut seulement dire que les deux racines sont comprises entre $x_1'$ et $x_2'$ ; une limite inférieure de la plus grande est d'ailleurs toujours fournie par la racine de $f'(x)$, savoir $\sqrt{\frac{p}{3}}$, et une limite supérieure de la plus petite par l'inverse de la racine de la dérivée de $x^3 f\left(\frac{1}{x}\right)$, c'est-à-dire $\frac{3}{2}\frac{q}{p}$.

*Exemples numériques.*

I. — Soit l'équation : $x^3 - 7x + 7 = 0$.

On trouve $j = \sqrt{7} = 2{,}64575\ldots$ et la condition (13) n'est pas remplie. D'autre part la formule (12) donne :

$$x' = \frac{1}{27}\left\{7 + 13\sqrt{7} \pm \sqrt{14(115 - 41\sqrt{7})}\right\},$$

en sorte que, tous calculs faits, la plus petite racine doit être comprise entre $x_1' = 1{,}179$ et $\frac{3}{2}\frac{q}{p} = 1{,}5$, et la plus grande entre $\sqrt{\frac{p}{3}} = 1{,}527\ldots$ et $x_2' = 1{,}887\ldots$ Les moyennes de ces limites donnent respectivement 1,339 ... et 1,707 ... pour valeurs approchées des deux racines. Le calcul trigonométrique donne 1,356896 et 1,6920211 pour les valeurs exactes à $\frac{1}{10.000.000}$ près.

II. — Soit l'équation : $x^3 - 3x + 1 = 0$.

Ici $j = 3\sqrt{3}$, et satisfait à la condition (13). Les formules (12) et (14) donnent alors :

$$x' = \frac{9 + 53\sqrt{3} \pm \sqrt{9150 - 2898\sqrt{3}}}{107},$$

$$x'' = \frac{36\sqrt{3} - 1 \pm \sqrt{4510 - 1797\sqrt{3}}}{69},$$

et le résultat, tous calculs faits, est que la plus petite racine se trouve comprise entre 0,34 et 0,44, et la plus grande entre 1,33 et 1,54. Le calcul trigonométrique donne comme valeurs exactes à $\frac{1}{10.000.000}$ près, 0,3472964 et 1,5320888.

---


# M. Gabriel ARNOUX

Ancien Officier de Marine, à Les Mées (Basses-Alpes).


## QUESTIONS DIVERSES CONCERNANT LES CONGRUENCES DE MODULE COMPOSÉ [13]

*— Séance du 13 août —*

La pratique des congruences de module composé peut se résumer dans une seule proposition :

*Si l'on a* $f(x) \equiv 0$ *pour le module* $2^\nu a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots$ (*ab, c* ... étant des nombres premiers et $\nu, \alpha, \beta, \gamma \ldots$ des nombres entiers) *on a simultanément* $f(x) \equiv 0$ *pour les modules* $2^\nu$, $a^\alpha$, $b^\beta$, $c^\gamma$ ... *et réciproquement.*

*L'une des conditions entraîne l'autre; de là il suit que l'on a* $f(x) \equiv 0$ *pour toutes les combinaisons possibles des facteurs du module.*

Par conséquent, il suffit de savoir résoudre les congruences de module $2^\nu$, $a^\alpha$, pour être à même de résoudre toutes les autres.

Les congruences binomes de module $a^\alpha$, quand $a$ est un nombre premier impair, se résolvent toutes de la même manière au moyen de tables de puissances qui n'ont qu'une seule ligne.

La plupart des auteurs qui ont écrit sur les congruences donnent des tables assez étendues, pour les modules premiers, ou de la forme $a^1$, de sorte qu'il est facile de se les procurer.

Quand aux tables de module $2^\nu$, elles ont plusieurs lignes et je donnerai ci-après leur procédé de construction.

Un petit artifice graphique permet d'exécuter mécaniquement l'opération pour les modules composés ; je vais en faire l'application au module 3.5.7.

*Tables de numération.* — Écrivons à la suite les uns des autres, par ordre de grandeur, tous les chiffres du module 3.5.7 en commençant par 1 et finissant par 0. Au-dessous, en partant de la même verticale; écrivons de même la suite des chiffres de module 7, et répétons cette suite jusqu'à la verticale du chiffre 0. Faisons-en autant pour les chiffres des modules 5, 3, nous avons ce que j'appelle *une table de numération.*

En vertu de la théorie des marches sur les espaces linéaires, les nombres 3, 5, 7 étant premiers entre eux chacun à chacun, les diverses verticales contiendront, *sans répétition*, toutes les combinaisons possibles d'un chiffre quelconque de module 7, avec un chiffre quelconque de module 5 et un chiffre quelconque de module 3.

**Table de numération.**

| Mod. 3.5.7. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mod. 7. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 |
| Mod. 5. | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 |
| Mod. 3. | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| Mod. 3.5.7. | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| Mod. 7. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 |
| Mod. 5. | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 |
| Mod. 3. | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| Mod. 3.5.7. | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 |
| Mod. 7. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 |
| Mod. 5. | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Mod. 3. | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| Mod. 3.5.7. | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 |
| Mod. 7. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 |
| Mod. 5. | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Mod. 3. | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| Mod. 3.5.7. | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 0 |
| Mod. 7. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 0 |
| Mod. 5. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 |
| Mod. 3. | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 |

A cette table adjoignons les tables de puissances pour les modules 3, 5, 7,

| Indices. . . . . | 1 2 | 1 2 3 4 | 1 2 3 4 5 6 |
|---|---|---|---|
| Puissances . . . . . | 2 1 | 2 4 3 1 | 3 2 6 4 5 1 |
| Modules . . . . . | 3 | 5 | 7 |

et nous avons les moyens de résoudre la congruence binome $x^{\nu} \equiv n$ (mod. 3.5.7) d'abord, puis de former les tables de puissances concernant ce module.

Pour rendre le discours plus bref, j'emploierai des expressions telles que « écrire un nombre $n$ base $m$ ou module $m$ » (ces deux mots étant ici synonymes), ou « congruer par $m$ », pour indiquer qu'on écrit $n$ dans le système de numération de base $m$ et qu'on ne conserve que le chiffre des unités.

De même, j'exprimerai une verticale contenant successivement les chiffres $a$, $b$, $c$ en allant de haut en bas, par la notation $| a, b, c |$.

Commençons par résoudre la congruence $x^{\nu} \equiv n$ (mod. 3, 5, 7).

La première opération à faire c'est d'écrire $n$ dans la base 3.5.7, puis d'écrire $\nu$ successivement dans les bases $\varphi(7) = 6$, $\varphi(5) = 4$, $\varphi(3) = 2$.

Sur la première ligne de la table de numération, cherchons $n$ (soit par exemple $n = 79$), prenons sa verticale $| 2, 4, 1 |$ ; soit $\nu = 14$ ; base 6 il s'écrit 2, base 4 il s'écrit 2, base 2 il devrait s'écrire 0, mais toutes les fois que l'indice sera un multiple du module nous le considérerons comme égal à l'indicateur ; nous dirons donc que base 2, l'indice 14 s'écrit 2.

Sur la table des puissances de module 7 prenons la racine $2^{\text{ième}}$ de 2, nous trouvons (3, 4), sur la table des puissances de module 5 nous trouvons (2, 3), et enfin sur la table de module 3 nous trouvons (2,1) pour les racines $2^{\text{ièmes}}$ de 1.

Nous obtenons ainsi trois systèmes de racines.

Faisons toutes les combinaisons possibles de chacun des termes du premier système avec chacun des termes du second et chacun des termes du troisième, en les écrivant dans le même ordre. Cherchons les verticales correspondantes sur la table de numération et prenons le chiffre de la première ligne.

| 3,2,2 | 3,2,1 | 3,3,2 | 3,3,1 | 4,2,2 | 4,2,1 | 4,3,2 | 4,3,1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 52 | 38 | 73 | 32 | 67 | 53 | 88 |

Nous obtenons le tableau ci-dessus, dans lequel les nombres inscrits dans la seconde ligne sont les racines $14^{\text{ièmes}}$ de 79, ou les solutions de l'équation $x^{14} \equiv 79 \pmod{3.5.7}$.

Si sur les verticales on trouve un ou plusieurs zéros, leurs racines d'indice quelconque sont zéro. Ces chiffres zéro constituent les systèmes des racines des modules correspondants ; ils entreront donc dans les combinaisons, absolument comme les autres chiffres.

Si en cherchant les systèmes de racines pour chacun des modules 3,5,7, on trouve une opération inexécutable pour l'un quelconque des chiffres de la verticale, les racines d'indice $\nu$ du chiffre $n$ sont imaginaires.

Si au lieu du module 3.5.7 nous avions un module quelconque $abcd\ldots$, l'opération serait exactement la même.

Passons maintenant à la congruence $ax \equiv b \pmod{m}$ ; on a alors ce qu'on appelle communément la division de $b$ par $a$.

L'opération s'exécute d'une manière analogue : on prend la verticale de $b$, puis la verticale de $a$ et l'on effectue les divisions, modulè par module, en opérant sur les chiffres de même rang, ce qui donne les divers systèmes de quotients ; on fait comme précédemment toutes les combinaisons possibles, et on obtient ainsi les verticales dont on prend le chiffre de tête de colonne, et l'on a les quotients de $b$ par $a$, ou les solutions de la congruence $ax \equiv b \pmod{3.5.7}$.

La division, pour les modules composés, a une grande importance, car les opérations de radication sur les chiffres des modules premiers impairs en employant des tables de puissances s'exécutent au moyen d'opérations de divisions sur les indices ; or le module des indices est toujours un nombre composé ; si donc on ne savait pas exécuter la division pour les modules composés d'une façon pratique, la pratique des tables de puissances des modules premiers impairs deviendrait bien pénible.

L'opération de division a une importance extrême au point de vue de l'imaginarité, il me paraît donc nécessaire de m'étendre un peu plus à son sujet.

Quand le module est un nombre premier impair ou une puissance d'un pareil nombre, le quotient d'un chiffre par un chiffre, est toujours un chiffre ; puisqu'il suffit de prendre sur la table des puissances, le chiffre correspondant à l'indice qui est la différence de l'indice du dividende et de l'indice du diviseur. Or cette différence est toujours possible, en congruant par l'indicateur.

Mais quand le module est composé, il n'en est plus ainsi, car il peut arriver que, dans les divisions partielles, le dividende ou le diviseur soient des zéros.

Pour bien faire saisir la chose, je résume les divers cas dans le tableau suivant :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Un chiffre. | divisé par | un chiffre | donne pour résultat | un chiffre. |
| Zéro . . . . . | » | un chiffre | » | zéro. |
| Zéro . . . . . | » | zéro | » | l'indétermination. |
| Un chiffre. | » | zéro | » | l'impossibilité. |

Donc, *quand le module est composé, un chiffre n'est divisible que par ceux qui ne contiennent comme facteurs communs avec le module, que ceux qu'il contient lui-même. S'il y a dans le diviseur des facteurs communs avec le module qui ne soient pas également compris dans le dividende, le quotient est imaginaire.*

De là les cases blanches d'une table de division d'un module composé.

L'indétermination comprend tous les chiffres du module dans lequel on opère, sans exception.

Quand la division exécutée sur des indices donne un résultat imaginaire, les racines correspondantes sont également imaginaires.

Pour ce qui concerne la solution zéro, elle entre dans les combinaisons comme les autres chiffres pour composer les verticales du quotient.

Quand dans des mémoires antérieurs j'ai parlé de tables de division, c'est pour bien faire comprendre l'économie de la chose ; il est évident que sauf pour de petits modules, elles sont inexécutables au point de vue pratique. *Mais cette conception de l'économie des choses me paraît ce qu'il y a de plus important dans toutes les sciences, quand elle est bien saisie, on glisse à travers les difficultés, et le cas échéant, on les tourne ou on les brise.*

Il est évident qu'une table de puissances de module $a^n$ ($a$ étant un nombre premier) peut servir de table de division. L'opération ci-dessus montre comment il faut s'y prendre pour les modules composés. Je montrerai ci-après ce qui concerne les modules $2^\nu$.

Quand on a à opérer sur des polynomes dont le premier terme a un coefficient différent de 1, il peut être commode de diviser tous les coefficients par celui-là ; au lieu d'opérer ces divisions, il est plus commode de multiplier par l'inverse de ce premier coefficient (l'inverse d'un chiffre $a$ étant le chiffre $b$, tel que $ab \equiv 1$).

Il est évident que l'opération ne peut se faire, en général, que lorsque $a$ est premier au module ; mais toutes les fois qu'il en est ainsi, il importe

peu que le coefficient multiplié contienne ou ne contienne pas des facteurs du module, les résultats sont toujours exacts.

Sur les tables de puissances, l'inverse d'un chiffre est celui dont l'indice est le complément du sien, en congruant par l'indicateur qui est le module des indices.

Je vais maintenant construire la table complète des puissances de module 3.5.7; pour chaque chiffre, je ne donnerai que la première période, qui suffit pour bien saisir l'économie de la table.

La période d'un chiffre quelconque se construit d'une façon fort simple.

Soit 2 le chiffre dont on veut avoir la période; je prends la verticale de 2 sur la table de numération, je trouve | 2 2 2 | sur chacune des tables de puissances correspondant à ces chiffres, je prends la suite des puissances qui le concerne. Cette opération est fort simple et se fait mécaniquement; ainsi, module 7, 2 a 2 pour indice, je marche du pas 2 sur cette table et je trouve 2,4,1.

Sur la table de module 5, 2 ayant l'indice 1, je marche du pas 1 et je trouve 2,4,3,1. Sur la table de module 3, la période de 2 est 2,1.

Je répète ces périodes jusqu'à ce que les chiffres 1 des diverses lignes se trouvent dans une même colonne verticale et j'obtiens le tableau suivant :

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mod. 3.5.7. | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | $\overline{41}$ | 23 | 46 | $\overline{13}$ | 26 | $\overline{52}$ | 1 |
| Mod. 7. . . | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 |
| Mod. 5. . . | 2 | 4 | 3 | 1 | 2 | 4 | 3 | 1 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| Mod. 3. . . | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |

J'emploie ici les chiffres négatifs qui sont désignés par un trait au-dessus du chiffre. Ils dévoilent une foule de choses que l'on n'apercevrait pas si l'on n'employait que les chiffres positifs. Je laisse au lecteur le soin et le plaisir de lire sur cette table complète ce qui concerne ces chiffres négatifs.

On n'a qu'à répéter la même opération pour chacun des chiffres et l'on obtient la première moitié de la table complète. Pour avoir l'autre moitié, il suffit dans cette moitié de multiplier le premier chiffre de la période par — 1; par suite les chiffres de rang impair sont égaux et de signe contraire, ceux de rang pair égaux en grandeur et de même signe.

## Table complète des puissances de module 105 = 3.5.7.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | $\overline{41}$ | 23 | 46 | $\overline{13}$ | $\overline{26}$ | $\overline{52}$ | | 1 |
| 3 | 9 | 27 | $\overline{24}$ | 33 | $\overline{6}$ | $\overline{18}$ | 51 | 48 | 39 | 12 | | 36 |
| 4 | 16 | $\overline{41}$ | 46 | $\overline{26}$ | 1 | | | | | | | 1 |
| 5 | 25 | 20 | $\overline{5}$ | $\overline{25}$ | $\overline{20}$ | | | | | | | $\overline{20}$ |
| 6 | 36 | | | | | | | | | | | 36 |
| 7 | 49 | 28 | $\overline{14}$ | | | | | | | | | $\overline{14}$ |
| 8 | $\overline{41}$ | $\overline{13}$ | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 9 | $\overline{24}$ | $\overline{6}$ | 51 | 39 | 36 | | | | | | | 36 |
| 10 | $\overline{5}$ | $\overline{50}$ | 25 | 40 | $\overline{20}$ | | | | | | | $\overline{20}$ |
| 11 | 16 | $\overline{34}$ | 46 | $\overline{19}$ | 1 | | | | | | | 1 |
| 12 | 39 | 48 | 51 | $\overline{18}$ | $\overline{6}$ | 33 | $\overline{24}$ | 27 | 9 | 3 | | 36 |
| 13 | $\overline{41}$ | $\overline{8}$ | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 14 | $\overline{14}$ | | | | | | | | | | | $\overline{14}$ |
| 15 | | | | | | | | | | | | 15 |
| 16 | 46 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| 17 | $\overline{26}$ | $\overline{22}$ | 46 | 47 | $\overline{41}$ | 38 | 16 | $\overline{43}$ | 4 | $\overline{37}$ | | 1 |
| 18 | 9 | $\overline{48}$ | $\overline{24}$ | $\overline{12}$ | $\overline{6}$ | $\overline{3}$ | 51 | $\overline{27}$ | 39 | $\overline{33}$ | | 36 |
| 19 | 46 | 34 | 16 | 11 | 1 | | | | | | | 1 |
| 20 | $\overline{20}$ | | | | | | | | | | | $\overline{20}$ |
| 21 | | | | | | | | | | | | 21 |
| 22 | $\overline{41}$ | 43 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 23 | 4 | $\overline{13}$ | 16 | $\overline{52}$ | $\overline{41}$ | 2 | 46 | 8 | $\overline{26}$ | 32 | | 1 |
| 24 | 51 | $\overline{36}$ | $\overline{24}$ | $\overline{51}$ | 36 | | | | | | | 36 |
| 25 | $\overline{5}$ | $\overline{20}$ | | | | | | | | | | $\overline{20}$ |
| 26 | 46 | 41 | 16 | $\overline{4}$ | 1 | | | | | | | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | $\overline{6}$ | 48 | 36 | | | | | | | | | 36 |
| 28 | 49 | 7 | $\overline{14}$ | | | | | | | | | $\overline{14}$ |
| 29 | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| 30 | $\overline{45}$ | 15 | | | | | | | | | | 15 |
| 31 | 16 | $\overline{29}$ | 46 | $\overline{44}$ | 1 | | | | | | | 1 |
| 32 | $\overline{26}$ | 8 | 46 | 2 | $\overline{41}$ | $\overline{52}$ | 16 | $\overline{13}$ | 4 | 23 | | 1 |
| 33 | 39 | 27 | 51 | 3 | $\overline{6}$ | 12 | $\overline{24}$ | 48 | 9 | $\overline{18}$ | | 36 |
| 34 | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| 35 | $\overline{35}$ | | | | | | | | | | | $\overline{35}$ |
| 36 | | | | | | | | | | | | 36 |
| 37 | 4 | 43 | 16 | $\overline{38}$ | $\overline{41}$ | $\overline{47}$ | 46 | 22 | $\overline{26}$ | $\overline{17}$ | | 1 |
| 38 | $\overline{26}$ | $\overline{43}$ | 46 | $\overline{37}$ | $\overline{41}$ | 17 | 16 | $\overline{22}$ | 4 | 47 | | 1 |
| 39 | 51 | $\overline{6}$ | $\overline{24}$ | 9 | 36 | | | | | | | 36 |
| 40 | 25 | $\overline{50}$ | $\overline{5}$ | 10 | $\overline{20}$ | | | | | | | $\overline{20}$ |
| 41 | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| 42 | $\overline{21}$ | $\overline{42}$ | 21 | | | | | | | | | 21 |
| 43 | $\overline{41}$ | 22 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 44 | 46 | 29 | 16 | $\overline{31}$ | 1 | | | | | | | 1 |
| 45 | 30 | $\overline{15}$ | $\overline{45}$ | $\overline{30}$ | 15 | | | | | | | 15 |
| 46 | 16 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| 47 | 4 | $\overline{22}$ | 16 | 17 | $\overline{41}$ | $\overline{37}$ | 46 | $\overline{43}$ | $\overline{26}$ | 38 | | 1 |
| 48 | $\overline{6}$ | 27 | 36 | | | | | | | | | 36 |
| 49 | $\overline{14}$ | | | | | | | | | | | $\overline{14}$ |
| 50 | $\overline{20}$ | | | | | | | | | | | $\overline{20}$ |
| 51 | 24 | 36 | | | | | | | | | | 36 |
| 52 | $\overline{26}$ | 13 | 46 | $\overline{23}$ | $\overline{41}$ | $\overline{32}$ | 16 | $\overline{8}$ | 4 | $\overline{2}$ | | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\overline{52}$ | $\overline{26}$ | $\overline{13}$ | 46 | 23 | $\overline{41}$ | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| $\overline{51}$ | $\overline{24}$ | $\overline{36}$ | 51 | 24 | 36 | | | | | | 36 |
| $\overline{50}$ | $\overline{20}$ | | | | | | | | | | $\overline{20}$ |
| $\overline{49}$ | $\overline{14}$ | | | | | | | | | | $\overline{14}$ |
| $\overline{48}$ | $\overline{6}$ | $\overline{27}$ | 36 | | | | | | | | 36 |
| $\overline{47}$ | 4 | 22 | 16 | $\overline{17}$ | $\overline{41}$ | 37 | 46 | 43 | $\overline{26}$ | $\overline{38}$ | 1 |
| $\overline{46}$ | 16 | $\overline{1}$ | 46 | $\overline{16}$ | 1 | | | | | | 1 |
| $\overline{45}$ | 30 | 15 | | | | | | | | | 15 |
| $\overline{44}$ | 46 | $\overline{29}$ | 29 | 16 | 31 | 1 | | | | | 1 |
| $\overline{43}$ | $\overline{41}$ | $\overline{22}$ | 1 | | | | | | | | 1 |
| $\overline{42}$ | $\overline{21}$ | 42 | 21 | | | | | | | | 21 |
| $\overline{41}$ | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| $\overline{40}$ | 25 | 50 | $\overline{5}$ | $\overline{10}$ | $\overline{20}$ | | | | | | $\overline{20}$ |
| $\overline{39}$ | 51 | 6 | $\overline{24}$ | $\overline{9}$ | 36 | | | | | | 36 |
| $\overline{38}$ | $\overline{26}$ | 43 | 46 | 37 | $\overline{41}$ | $\overline{17}$ | 16 | 22 | 4 | $\overline{47}$ | 1 |
| $\overline{37}$ | 4 | $\overline{43}$ | 16 | 38 | $\overline{41}$ | 47 | 46 | $\overline{22}$ | $\overline{26}$ | 27 | 1 |
| $\overline{36}$ | 36 | | | | | | | | | | 36 |
| $\overline{35}$ | | | | | | | | | | | 35 |
| $\overline{34}$ | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| $\overline{33}$ | 39 | $\overline{27}$ | 51 | $\overline{3}$ | $\overline{6}$ | $\overline{12}$ | $\overline{24}$ | $\overline{48}$ | 9 | 18 | 36 |
| $\overline{32}$ | $\overline{26}$ | $\overline{8}$ | 46 | $\overline{2}$ | $\overline{41}$ | 52 | 16 | 13 | 4 | $\overline{23}$ | 1 |
| $\overline{31}$ | 16 | 29 | 46 | 44 | 1 | | | | | | 1 |
| $\overline{30}$ | $\overline{45}$ | $\overline{15}$ | 30 | 45 | 15 | | | | | | 15 |
| $\overline{29}$ | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| $\overline{28}$ | 49 | $\overline{7}$ | $\overline{14}$ | | | | | | | | $\overline{14}$ |
| $\overline{27}$ | $\overline{6}$ | $\overline{48}$ | 36 | | | | | | | | 36 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\overline{26}$ | 46 | $\overline{41}$ | 16 | 4 | 1 | | | | | | 1 |
| $\overline{25}$ | $\overline{5}$ | 20 | 25 | 5 | $\overline{20}$ | | | | | | $\overline{20}$ |
| $\overline{24}$ | 51 | 36 | | | | | | | | | 36 |
| $\overline{23}$ | 4 | 13 | 16 | 52 | $\overline{41}$ | $\overline{2}$ | 46 | $\overline{8}$ | $\overline{26}$ | $\overline{32}$ | 1 |
| $\overline{22}$ | $\overline{41}$ | $\overline{43}$ | 1 | | | | | | | | 1 |
| $\overline{21}$ | 21 | | | | | | | | | | 21 |
| $\overline{20}$ | | | | | | | | | | | $\overline{20}$ |
| $\overline{19}$ | 46 | 34 | 16 | 11 | 1 | | | | | | 1 |
| $\overline{18}$ | 9 | 48 | $\overline{24}$ | 12 | $\overline{6}$ | 3 | 51 | 27 | 39 | 33 | 36 |
| $\overline{17}$ | $\overline{26}$ | 22 | 46 | $\overline{47}$ | $\overline{41}$ | $\overline{38}$ | 16 | 43 | 4 | 37 | 1 |
| $\overline{16}$ | 46 | $\overline{1}$ | 16 | $\overline{46}$ | 1 | | | | | | 1 |
| $\overline{15}$ | 15 | | | | | | | | | | 15 |
| $\overline{14}$ | | | | | | | | | | | $\overline{14}$ |
| $\overline{13}$ | $\overline{41}$ | 8 | 1 | | | | | | | | 1 |
| $\overline{12}$ | 39 | $\overline{48}$ | 51 | 18 | $\overline{6}$ | $\overline{33}$ | $\overline{24}$ | $\overline{27}$ | 9 | 3 | 36 |
| $\overline{11}$ | 16 | 34 | 46 | 19 | 1 | | | | | | 1 |
| $\overline{10}$ | $\overline{5}$ | 50 | 25 | $\overline{40}$ | $\overline{20}$ | | | | | | $\overline{20}$ |
| $\overline{9}$ | $\overline{24}$ | 6 | 51 | 39 | 36 | | | | | | 36 |
| $\overline{8}$ | $\overline{41}$ | 13 | 1 | | | | | | | | 1 |
| $\overline{7}$ | 49 | $\overline{28}$ | $\overline{14}$ | | | | | | | | $\overline{14}$ |
| $\overline{6}$ | 36 | | | | | | | | | | 36 |
| $\overline{5}$ | 25 | $\overline{20}$ | | | | | | | | | $\overline{20}$ |
| $\overline{4}$ | 16 | 41 | 46 | 26 | 1 | | | | | | 1 |
| $\overline{3}$ | 9 | $\overline{27}$ | $\overline{24}$ | $\overline{33}$ | $\overline{6}$ | 18 | 51 | $\overline{48}$ | 39 | $\overline{12}$ | 36 |
| $\overline{2}$ | 4 | $\overline{8}$ | 16 | $\overline{32}$ | $\overline{41}$ | $\overline{23}$ | 46 | 13 | $\overline{26}$ | 52 | 1 |
| $\overline{1}$ | 1 | | | | | | | | | | 1 |

Un coup d'œil jeté sur cette table montre que les périodes ne se terminent pas toutes par le même chiffre, mais que les chiffres terminaux sont en nombre limité. Ce sont les chiffres 1, 36, $\overline{20}$, $\overline{14}$, 21, 15, $\overline{35}$. Un peu

d'attention fait voir que les chiffres des périodes qui ont le même chiffre terminal ont avec le module le même plus grand codiviseur ; ainsi

| | | |
|---|---|---|
| 3 | est le plus grand | 36 |
| 5 | codiviseur | $\overline{20}$ |
| 7 | des chiffres dont les | $\overline{14}$ |
| 3.5 | périodes | 21 |
| 3.7 | se terminent par les | 15 |
| 5.7 | chiffres | $\overline{35}$ |

Ces périodes ont cela de remarquable que si, module 3.5.7, on divise tous les termes de la période par le dernier chiffre, on trouve la table des puissances concernant exclusivement les nombres premiers dont le module est celui qu'on obtient en supprimant dans le module les facteurs communs au module et aux chiffres de la période.

Cette division se fait d'ailleurs très simplement en écrivant la période dans la base du nouveau module.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | $\overline{5}$ | $\overline{50}$ | 25 | 40 | $\overline{20}$ | Période module 3.5.7. |
| 10 | $\overline{5}$ | $\overline{8}$ | 4 | 19 | $\overline{20}$ | Période module 3.7. |
| 10 | 16 | 13 | 4 | 19 | 1 | Période sans chiffre négatif. |

Ainsi si nous prenons la première ligne du tableau ci-dessus, les chiffres de cette période ont le facteur 5 commun avec le module 3.5.7. Divisons tous les chiffres par $\overline{20}$, ce qui se fait en écrivant ces chiffres module 3.7, et nous avons la période de 10 module 3.7.

L'on voit sans peine que les signes — n'altèrent en rien l'opération, qui s'exécute sur la valeur absolue des chiffres.

L'opération est absolument la même, quel que soit le nombre de facteurs compris dans le plus grand codiviseur du module et de la période.

Si sur la table de numération nous prenons les verticales relatives aux chiffres terminaux, nous trouvons le tableau suivant,

| 3 | 5 | 7 | 3.5 | 3.7 | 5.7 | Facteurs communs avec le module. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 110 | 101 | 011 | 100 | 010 | 001 | Verticale du chiffre au-dessus. |
| 36 | 85 | 91 | 15 | 21 | 70 | Chiffres terminaux. |

dans lequel on voit que dans la composition des verticales, il y a des zéros correspondant aux facteurs supprimés et que les autres chiffres sont des 1.

Voici d'ailleurs un procédé de calcul fort simple qui les donne également, d'une façon directe.

Règle générale : soit $a.b.c.d$ le module ($a$, $b$, $c$, $d$ étant des nombres premiers), si un chiffre contient $a.b$ comme facteur, on prend l'inverse de $a.b$ module $b.c$ et on multiplie $a.b$ par cet inverse en effectuant la multiplication dans la base $abcd$. Ainsi :

| 36 | 85 | 91 | 15 | 21 | 70 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.12 | 5.17 | 7.13 | 3.5.1 | 3.7.1 | 5.7.2 |
| 3 | 5 | 7 | 3.5 | 3.7 | 5.7 |

Les facteurs 12, 17, 13, 1, 1, 2 sont les inverses des plus grands communs diviseurs écrits dans les modules 3, 5, 7, 3.5, 3.7, 5.7.

Ceci établit clairement que les périodes des chiffres qui se terminent par 1 sont premiers au module.

Cela montre également pourquoi dans les périodes se terminant par un chiffre différent de 1, le premier chiffre de la période succède au chiffre terminal, bien qu'il ne soit pas égal à 1, chose qui semble extraordinaire au premier abord.

Il y a lieu de procéder maintenant à la construction des tables de puissances des chiffres premiers au module, non point par chiffres isolés un à un, mais de faire une table concise qui, analogue aux tables de puissances de module $a^{\alpha}$ ou $a^{1}$, ne contienne que le nombre de lignes nécessaires pour contenir tous les chiffres sans exception.

Les tables de puissance de la forme $a^{\alpha}$ ($a$ étant un nombre premier impair), peuvent être résumées dans une seule ligne, quand on prend certains chiffres pour premier terme de la période ; ces chiffres sont appelés racines primitives et le nombre des termes de la période est par suite $\varphi(m)$ l'indicateur, le zéro ne pouvant jamais se rencontrer dans une pareille période.

Pour les modules composés, il n'en est plus ainsi; le chiffre 1 se rencontre forcément, aussitôt que l'on atteint comme indice d'une période quelconque, *le plus petit multiple commun des indicateurs des facteurs du module*, appelé communément *indicateur réduit*.

De là une foule de conséquences dont on ne se rend bien compte qu'en regardant les tables qui concernent les diverses compositions des nombres premiers.

Certaines tables sont composées de lignes d'une même longueur, égale à l'indicateur réduit, que nous désignerons par $\psi(m)$ ; d'autres se composent d'un certain nombre de lignes complètes et d'un certain nombre de lignes incomplètes, dont le nombre de termes est un diviseur de $\psi(m)$.

Un coup d'œil jeté sur l'ensemble de ces tables, montre que les indicateurs et leur décomposition en facteurs premiers, jouent un rôle capital dans leur formation ; ainsi, si parmi les facteurs des indicateurs tous les facteurs communs sont élevés à la même puissance, la table ne contient que des lignes complètes, si au contraire certains facteurs communs aux indicateurs y sont compris avec des puissances différentes, il y a des lignes incomplètes et l'écart est d'autant plus grand que la différence des exposants est plus grande.

De même, si certains facteurs sont compris exclusivement dans un seul des indicateurs, il y a des colonnes composées de termes identiques.

On peut en regardant ces tables faire une foule d'autres remarques, mais elles sont fort difficiles à exprimer quand on n'a pas les tables sous les yeux.

Je possède les tables de 3 (5, 7, 11, 13, 19), 5 (7, 11, 13, 17), 7 (11, 13, 19), mais je ne saurais les reproduire ici sans encombrement. Le lecteur peut d'ailleurs les construire lui-même facilement.

**Table de puissances des nombres premiers module 3.5.7.**

| Indices. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 23 | 46 | 92 | 79 | 53 | 1 |
| | 103 | 4 | 97 | 16 | 73 | 64 | 82 | 46 | 13 | 79 | 52 | 1 |
| | 37 | 4 | 43 | 16 | 67 | 64 | 58 | 46 | 22 | 79 | 88 | 1 |
| | 68 | 4 | 62 | 16 | 38 | 64 | 47 | 46 | 83 | 79 | 17 | 1 |
| | » | 101 | » | 16 | » | 41 | » | 46 | » | 26 | » | 1 |
| | » | 11 | » | 16 | » | 71 | » | 46 | » | 86 | » | 1 |
| | » | 94 | » | 16 | » | 34 | » | 46 | » | 19 | » | 1 |
| | » | 31 | » | 16 | » | 76 | » | 46 | » | 61 | » | 1 |
| | » | 74 | » | 16 | » | 29 | » | 46 | » | 44 | » | 1 |
| | » | 59 | » | 16 | » | 104 | » | 46 | » | 89 | » | 1 |

**Tables des puissances des facteurs.**

| Indices . . . . . | 1 2 3 4 5 6 | 1 2 3 4 | 1 2 |
|---|---|---|---|
| Puissances. . . . . | 3 2 6 4 5 1 | 2 4 3 1 | 2 1 |
| Modules. . . . . | 7 | 5 | 3 |

| Indicateurs $2.2^2.2.3$ | $2^4.3$ | $2^2 3$ |
|---|---|---|
| Module 3.5.7 | $\varphi(m) = 48$ | $\psi(m) = 12$ |

Je vais maintenant procéder à la construction de la table restreinte de module 3.5.7.

Dans toutes les tables je rapporterai tout à la colonne d'indice $\psi(m)$ *indicateur réduit*, qui est exclusivement composée de chiffres 1 ; cela a de nombreux avantages et pas d'inconvénients. La ligne des indices sera donc la suite des nombres entiers de 1 à $\psi(m)$.

Il y a deux façons de procéder, qui conduisent également au but. L'une consiste à prendre les racines carrées de 1, en employant les procédés indiqués en tête de ce mémoire; procédés sur lesquels je ne reviendrai pas. Ces racines carrées constituent la colonne d'indice 6. Cette colonne constituée, on prend par exemple les racines cubiques, ce qui donne les colonnes 2 et 10 ; puis on peut prendre les racines carrées des chiffres de ces colonnes et celles des chiffres de la colonne d'indice 6, ces dernières donnent les chiffres des colonnes 3 et 9.

Au reste chacun peut procéder à sa fantaisie, les points marquant des racines imaginaires. Mais une chose s'impose, c'est la vérification du nombre des chiffres compris dans la table; celle-ci n'est complète qu'autant que le nombre des chiffres différents est égal à l'indicateur $\varphi(m)$ du module. Ce décompte est facile à faire en indiquant par un signe les chiffres déjà insérés dans les lignes supérieures, et comptant les chiffres nouveaux sur chaque ligne; aussitôt que le nombre total des chiffres différents égale $\varphi(m)$, tous les chiffres premiers au module sont compris dans la table.

Il est encore un autre procédé beaucoup plus intéressant, en ce qu'il éclaire supérieurement la constitution des tables de puissances des nombres premiers à modules composés.

Pour être plus bref dans l'exposition, je vais supposer la table construite et je vais en montrer l'économie, le procédé s'ensuivra de lui-même.

On dit qu'un chiffre appartient à un exposant $\alpha$, quand la période dont il est le premier chiffre contient $\alpha$ termes.

Prenons les premiers chiffres de chaque ligne, sur la table de numération

prenons leur verticale, sur les tables de puissances des modules (7, 5, 3) regardons à quelle période chaque chiffre de la verticale appartient, inscrivons-la à côté du chiffre et enfin formons le plus petit multiple commun des nombres de termes des périodes de chaque colonne, nous avons le tableau suivant :

| 2 | | 103 | | 37 | | 68 | | 101 | | 11 | | 94 | | 31 | | 74 | | 59 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 3 | 5 | 6 | 2 | 3 | 5 | 6 | 3 | 6 | 4 | 3 | 3 | 6 | 3 | 6 | 4 | 3 | 3 | 6 |
| 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 4 | 2 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 12 | | 12 | | 12 | | 12 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 | | 6 |

En le regardant une chose saute aux yeux, c'est que le plus petit multiple commun est précisément le nombre de termes de chaque ligne. Chaque lecteur peut maintenant se créer lui-même à sa fantaisie un procédé pour construire la table.

Chaque ligne étant une suite de puissances munie de ses indices, un chiffre $a$ de la ligne y appartient à un exposant $\alpha$; si nous prenons le plus grand codiviseur entre son indice et le nombre total de la ligne A, et si nous divisons A par le plus grand codiviseur, le quotient sera l'exposant auquel le chiffre appartient — autrement dit, le quotient sera le nombre de termes de la période que l'on obtiendrait en l'élevant successivement aux diverses puissances.

Si ce plus grand codiviseur est 1, sa période contient A chiffres, et nous avons l'analogue d'une racine primitive pour les modules premiers.

Prenons pour le cas actuel les chiffres premiers à 12, nous avons (1, 5, 7, 11); sur chacune des colonnes ayant un de ces indices, prenons sur les lignes complètes un chiffre quelconque, il sera une des racines primitives de sa ligne.

Si la ligne est incomplète, formons la ligne d'indices qui s'y rapporte, nous aurons un indicateur spécial et des racines primitives spéciales.

Quel que soit le nombre de termes de la ligne il en sera toujours ainsi.

Maintenant prenons les diverses racines primitives pour une ligne complète; si nous les adoptons pour premiers chiffres d'une ligne nous trouverons d'autres verticales, d'autres exposants, auxquels appartiendront les chiffres qui les composent, mais le plus petit multiple commun sera toujours 12.

Voici comme second exemple, une table à lignes exclusivement complètes, celle du module $3.7.11 = 231$.

Le plus petit multiple commun des indicateurs 2, 2.3, 2.5 est 30, ce qui constitue le nombre des termes de toutes les périodes.

**Table des puissances de module composé.**

| Indicateurs. 2 2.3 2.5 $m = 3.7.11$ $m = 231$ | $2^3.3.5$ $\varphi(m) = 120$ | $2.3.5$ $\psi(m) = 30$ |
|---|---|---|

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | Indices |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | $\overline{103}$ | 25 | 50 | 100 | $\overline{31}$ | 62 | 107 | $\overline{17}$ | $\overline{34}$ | $\overline{68}$ | 95 | $\overline{41}$ | $\overline{82}$ | 67 | 97 | 37 | 74 | $\overline{83}$ | 65 | $\overline{101}$ | 29 | 58 | 116 | 1 | |
| $\overline{2}$ | 4 | $\overline{8}$ | 16 | $\overline{32}$ | 64 | 103 | 25 | $\overline{50}$ | 100 | 31 | 62 | $\overline{107}$ | $\overline{17}$ | 34 | $\overline{68}$ | $\overline{95}$ | $\overline{41}$ | 82 | 67 | 97 | 37 | $\overline{74}$ | $\overline{83}$ | 65 | $\overline{101}$ | $\overline{29}$ | 58 | $\overline{116}$ | 1 | |
| $\overline{79}$ | 4 | $\overline{85}$ | 16 | $\overline{109}$ | 64 | 26 | 25 | 104 | 100 | $\overline{46}$ | 62 | 47 | $\overline{17}$ | $\overline{43}$ | $\overline{68}$ | 59 | $\overline{41}$ | 5 | 67 | 20 | 37 | 80 | $\overline{83}$ | 89 | $\overline{101}$ | $\overline{106}$ | 58 | 38 | 1 | |
| 79 | 4 | 85 | 16 | 109 | 64 | $\overline{26}$ | 25 | $\overline{104}$ | 100 | 46 | 62 | $\overline{47}$ | $\overline{17}$ | 43 | $\overline{68}$ | $\overline{59}$ | $\overline{41}$ | 5 | 67 | $\overline{20}$ | 37 | $\overline{80}$ | $\overline{83}$ | 89 | $\overline{101}$ | 106 | 58 | $\overline{38}$ | 1 | |
| $\overline{86}$ | 4 | $\overline{113}$ | 16 | 10 | 64 | 40 | 25 | $\overline{71}$ | 100 | $\overline{53}$ | 62 | 19 | $\overline{17}$ | 76 | $\overline{68}$ | 73 | $\overline{41}$ | 61 | 67 | 13 | 37 | 52 | $\overline{83}$ | $\overline{23}$ | $\overline{101}$ | $\overline{92}$ | 58 | 94 | 1 | |
| $\overline{86}$ | 4 | 113 | 16 | $\overline{10}$ | 64 | $\overline{40}$ | 25 | 71 | 100 | 53 | 62 | $\overline{19}$ | $\overline{17}$ | $\overline{76}$ | $\overline{68}$ | $\overline{73}$ | $\overline{41}$ | $\overline{61}$ | 67 | $\overline{13}$ | 37 | $\overline{52}$ | $\overline{83}$ | 23 | $\overline{101}$ | 92 | 58 | $\overline{94}$ | 1 | |
| 68 | 4 | 41 | 16 | 67 | 64 | $\overline{37}$ | 25 | 83 | 100 | 101 | 62 | $\overline{58}$ | $\overline{17}$ | 1 | $\overline{68}$ | 4 | $\overline{41}$ | 16 | 67 | $\overline{64}$ | 37 | $\overline{25}$ | $\overline{83}$ | $\overline{100}$ | $\overline{101}$ | 62 | 58 | 17 | 1 | |

**Table des puissances des facteurs.**

| Indices | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puissances | 2 | 4 | 8 | 5 | 10 | 9 | 7 | 3 | 6 | 1 | 3 | 2 | 6 | 4 | 5 | 1 | 2 | 1 |
| Modules | 11 | | | | | | | | | | 7 | | | | | | 3 | |

En regardant cette table, on voit qu'elle a 7 lignes complètes; deux facteurs communs entrant dans chaque indicateur à la puissance d'indice 1; de plus 3 entrant dans 6, et 5 entrant dans 10 comme facteurs, toutes les colonnes d'indice pair sont composées de chiffres identiques.

Les premiers chiffres des périodes sont :

| Module 3.7.11 . . | 2 | | $\overline{2}$ | | $\overline{79}$ | | 79 | | $\overline{86}$ | | 86 | | 68 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Module 11 . . . . | 2 | 10 | 9 | 5 | 9 | 5 | 2 | 10 | 2 | 10 | 9 | 5 | 2 | 10 |
| Module 7. . . . . | 2 | 3 | 5 | 6 | 5 | 6 | 2 | 3 | 5 | 6 | 2 | 3 | 5 | 6 |
| Module 3. . . . . | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Plus petit comultiple. . . | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 |

**Table des puissances des facteurs.**

| 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | 1 2 3 4 5 6 | 1 2 | Indices. |
|---|---|---|---|
| 2 4 8 5 10 9 7 3 6 1 | 3 2 6 4 5 1 | 2 1 | Puissances. |
| 11 | 7 | 3 | Modules. |

La table contient la totalité des 231 chiffres premiers au module comme le lecteur peut s'en assurer.

Il y a avantage quand on a toutes les lignes d'une table, à disposer les chiffres de manière que les chiffres identiques soient tous dans une même colonne; *la disposition des tableaux synoptiques est très importante, car suivant celle que l'on adopte, certaines propositions sautent aux yeux, tandis que d'autres dispositions les laissent dans l'ombre; certaines d'entre elles se passent de démonstration, tellement les choses deviennent évidentes.*

Pour les disposer ainsi, il suffit de résoudre la question des permutations de rang dans une période — car les rangs ne sont autre chose que les indices — les changements de rang des changements d'indices — les tables de division de module composé, éclairent la question au plus haut point. — Ses diverses lignes sont des changements de rang, suivant le diviseur adopté.

C'est donc simplement une question de division d'indices.

Pour qu'une case de rang $a$ passe au rang $b$, il faut que $b$ devienne $a$, ce qui se fait en le multipliant par $\frac{a}{b}$. Par ce changement, tous les rangs de cases sont multipliés par $\frac{a}{b}$. Si donc on prend pour case de rang 1 la case de rang $\frac{a}{b}$, si on marche d'un pas égal à $\frac{a}{b}$ et si on inscrit successivement les chiffres des cases rencontrées, on aura la nouvelle période. De là il résulte que si $\frac{a}{b}$ est imaginaire la solution demandée est impossible; tandis que si $\frac{a}{b}$ est multiforme, chaque solution donnera une possibilité de changement de rang, ce qui permettra de remplir des conditions composées, c'est-à-dire de faire occuper à certaines cases un rang déterminé et à d'autres un rang également désigné. La pratique, d'ailleurs, montre une foule de choses intéressantes, et apprend au calculateur son métier.

De l'étude de la table de division il résulte que *toutes les puissances dont les indices ont avec l'indicateur le même plus grand codiviseur permutent entre elles et ne permutent pas avec les autres.*

Une question également importante est celle *du nombre des racines d'indice donné;* elle est également très simple; *soit* $\alpha$ *l'indice du radical; on prend le plus grand commun diviseur de* $\alpha$ *et de chacun des indicateurs des facteurs du module composé, et on en fait le produit, qui est le nombre des racines*, ce qui entraîne des considérations très intéressantes, dans le détail desquelles il ne m'est pas permis d'entrer, mon mémoire ayant déjà pris des proportions auxquelles je ne m'attendais pas. Je suis donc obligé de les passer sous silence, les renvoyant à d'autres Mémoires, ainsi que ce qui concerne les tables de module $2^{\alpha}$ et $a^{\alpha}$.

La multiplicité des lignes d'une table de puissances de module composé, embrouille un peu le calculateur novice; il ne se rend pas bien compte de la multiplicité des racines d'indice donné; un autre fait vient encore compliquer la chose au point de vue phénoménal, c'est qu'un chiffre peut être à lui-même sa racine d'indice donné. Les tableaux graphiques peuvent servir de fil d'Ariane pour circuler dans ce labyrinthe, et en sortir; ils présentent en outre un avantage énorme pour *les visuels*, c'est de leur permettre de voir sans calcul, ni raisonnement, une foule de propositions; nous allons en donner un exemple :

Admettons que l'on veuille connaître les racines cubiques des chiffres insérées dans certaines cases du module 19.

L'indicateur de 19 est $18 = 3^2.2^1$.

| Indices. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ⊙ | . | × | . | . | . | ⊙ | . | . | . | . | . | ⊙ | . | . | . | . | . |
| | . | ⊙ | . | . | . | × | . | ⊙ | . | . | . | . | . | ⊙ | . | . | . | . |
| | . | . | ⊙ | . | . | . | . | . | × | . | . | . | . | . | ⊙ | . | . | . |
| | . | . | . | ⊙ | . | . | . | . | . | ⊙ | . | × | . | . | . | ⊙ | . | . |
| | . | . | . | . | ⊙ | . | . | . | . | . | ⊙ | . | . | . | × | . | ⊙ | . |
| | . | . | . | . | . | ⊙ | . | . | . | . | . | ⊙ | . | . | . | . | . | × |

Cette question de radication se ramène à une question de division en opérant sur les indices; les chiffres ayant des racines cubiques réelles sont ceux situés dans les cases dont l'indice est un multiple de 3, c'est-à-dire 3, 6, 9, 12, 15, 18. Sur le graphique ci-dessus, on voit sans calcul les cases où sont situées les racines (je les ai marquées d'un rond en marquant les cases multiples de 3 d'une croix).

On voit d'un coup d'œil que, pour toute case de rang 9, les chiffres de cette case sont leur propre racine cubique; il en de même de ceux inscrits dans une case de rang 18.

Dans quel cas le fait se produit-il? La réponse est très simple : d'une façon générale, admettons que l'on ait l'indice $\alpha$ à diviser par l'indice $\beta$; si les cases $\alpha$ et $\beta$ sont telles que $\alpha$ et $(\beta - 1)$ contiennent tous les facteurs du module, le fait se produit; sinon, il ne se produira pas. En effet : si $\alpha$ et $(\beta - 1)$ contiennent tous les facteurs du module, on a $\alpha \times (\beta - 1) \equiv 0$, d'où $\alpha\beta \equiv \alpha$, ou $x \equiv \frac{\alpha}{\beta}$. C'est-à-dire que la case $\alpha$ contient son propre quotient par $\beta$; donc un chiffre d'indice $\alpha$ est sa propre racine d'indice $\beta$.

Il y aurait encore une foule de choses intéressantes à dire, mais pour ne pas donner à mon Mémoire des proportions dépassant les limites des règlements de l'Association, je m'arrête, les renvoyant à de prochaines communications, ainsi que ce qui concerne les tables de module $a^\alpha$ et surtout $2^n$, très intéressantes les unes et les autres.

# M. Gabriel ARNOUX

Ancien Officier de Marine, à Les Mées (Basses-Alpes).


---

**ESSAIS DE PSYCHOLOGIE ET DE MÉTAPHYSIQUE POSITIVE. — ARITHMÉTIQUE GRAPHIQUE. — CORRESPONDANCE ENTRE LES ESPACES ARITHMÉTIQUES ET LES ÉQUATIONS ARITHMÉTIQUES *(Suite)*. — SOLUTION DE L'ÉQUATION DU QUATRIÈME DEGRÉ, MODULE 5.** [X I 3]

---

*— Séance du 13 août —*

*Questions diverses d'arithmétique graphique.*

Dans les Mémoires que j'ai présentés à Ajaccio, certaines parties sont erronées par inadvertance, d'autres incomplètes par suite de la rapidité de l'aperçu que j'ai donné de l'application de la méthode graphique aux fonctions arithmétiques, il me semble nécessaire pour ne pas donner lieu à des interprétations fausses de revenir sur ce sujet.

Tel est le but du présent Mémoire dans lequel j'aborderai sans ordre diverses questions, rectifiant et corrigeant les parties défectueuses.

Après avoir dit, page 60, qu'en ce qui concerne les fonctions arithmétiques, comme en ce qui concerne les fonctions algébriques, il faut faire une discrimination des résultats donnés par la formule de *Cardan*; après avoir montré dans le tableau de la page 63, que les neuf racines données par la formule résolvent en réalité trois équations bien distinctes, puisque pour $\sqrt[3]{2}+\sqrt[3]{4}$ on résout les équations $x^3+0x^2+(7,8,11)\,x+7\equiv 0$, j'ai, par inadvertance, attribué indistinctement à chacune des équations, la totalité des neuf solutions ; chose dont la loi des coefficients démontre la fausseté, pour corriger cette erreur, il n'y a qu'à conserver les trois premières colonnes du tableau et supprimer toutes les autres, puis, dans ce qui suit, substituer le chiffre 3 au chiffre 9 pour ce qui concerne le nombre des racines du troisième degré.

Dans les tableaux des pages 64 et 65, j'ai résolu les équations en fonction de $\sqrt{2}$ et de $\sqrt{6}$ ; il est facile de substituer à ces radicaux imaginaires tels autres radicaux qu'il plaira de la même catégorie; ainsi, pour donner aux imaginaires la forme $((m))+((m))i+((m))i^2$ si commode dans les calculs, il n'y a qu'à substituer $\sqrt{4}$ à $\sqrt{6}$, ce qui se fait de la façon sui-

vante : $6 = 8{,}4$, d'où $\sqrt{6} = \sqrt{8}\sqrt{4} = (2,5,6)\sqrt{4}$. Si donc on laisse le coefficient de gauche tel qu'il est, et que l'on multiplie le coefficient de droite par l'un des chiffres (2,5,6), toujours le même pour chaque équation, on aura le tableau rectificatif relatif aux radicaux $\sqrt{2}$ et $\sqrt{4}$; on transforme ainsi dans un instant les deux tableaux des pages 64 et 65. La substitution d'un multiplicateur à un autre, ne change pas l'ensemble des solutions, elle les donne seulement dans un autre ordre.

Dans le second Mémoire, pages 62 et suivantes, j'ai donné un certain nombre d'expressions imaginaires résolvant les diverses équations du plan d'argument zéro du module 13, les unes ayant la forme $i + i^2$, les autres n'ayant pas cette forme; il y a lieu de ramener à l'unité toutes ces expressions.

Malgré mon vif désir d'être bref, je suis forcé, sous peine d'être obscur, d'entrer dans certains détails.

Classons les chiffres en trois catégories, suivant la nature de leurs indices.

| | | |
|---|---|---|
| 1re catégorie. . . . . | indices (multiples de 3) . . . . | 1 5 8 12 |
| 2e catégorie. . . . . | indices (multiples de 3) plus 1 . | 2 3 10 11 |
| 3e catégorie. . . . . | indices (multiples de 3) plus 2 . | 4 6 7 9 |

La table suivante :

| | 2 | 3 | 10 | 11 | 4 | 6 | 7 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 10 | 11 | 4 | 6 | 7 | 9 |
| 5 | 10 | 2 | 11 | 3 | 7 | 4 | 9 | 6 |
| 8 | 3 | 11 | 2 | 10 | 6 | 9 | 4 | 7 |
| 12 | 11 | 10 | 3 | 2 | 9 | 7 | 6 | 4 |

fait voir qu'un chiffre de la deuxième et de la troisième catégorie multiplié par un chiffre de la première, donne un chiffre de la même catégorie.

Si nous prenons les racines cubiques de chaque chiffre cube, nous avons :

| 1 | 5 | 8 | 12 | Cubes |
|---|---|---|---|---|
| 1,3,9 | 7,8,11 | 2,5,6 | 4,10,12 | leur $\sqrt[3]{\ }$ |

Si maintenant nous adoptons pour imaginaires bases d'une suite de puissances, les expressions $\sqrt[3]{2}$ et $\sqrt[3]{4}$ que l'on peut représenter par $i$ et $i^2$ il est facile de réduire toutes les expressions à la forme $((m)) + ((m))i + ((m))i^2$.

En effet dans le tableau suivant :

| 2 | 3 | 10 | 11 | 4 | 6 | 7 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.2 | 5.2 | 8.2 | 12.2 | 1.4 | 5.4 | 8.4 | 12.4 |

Les produits insérés dans la seconde ligne équivalent aux chiffres insérés dans la première, il nous est maintenant facile de réduire toutes les expressions en fonction de $\sqrt[3]{2}$ et de $\sqrt[3]{4}$ :

| $\sqrt[3]{2}$ | $\sqrt[3]{3}$ | $\sqrt[3]{10}$ | $\sqrt[3]{11}$ |
|---|---|---|---|
| $(1,3,9)\sqrt{2}$ | $(7,8,11)\sqrt{2}$ | $(2,5,6)\sqrt{2}$ | $(4,10,12)\sqrt{2}$ |
| $\sqrt[3]{4}$ | $\sqrt[3]{6}$ | $\sqrt[3]{7}$ | $\sqrt[3]{9}$ |
| $(1,3,9)\sqrt{4}$ | $(7,8,11)\sqrt{4}$ | $(2,5,6)\sqrt{4}$ | $(4,10,12)\sqrt{4}$ |

Le tableau précédent indique les trois racines à insérer dans les diverses cases de la première ligne du plan d'argument zéro.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $2 = 1.2$ | $4 = 1.4$ | $\sqrt{2}+\sqrt{4} = (1,3,9)\sqrt{2}+(1,3,9)\sqrt{4}$ | $0\,(7,8,\underline{11})\,7$ |
| $2 = 1.2$ | $6 = 8.4$ | $\sqrt{2}+\sqrt{6} = (1,3,9)\sqrt{2}+(2,5,6)\sqrt{4}$ | $0\,(1,3,9)\,5$ |
| $2 = 1.2$ | $7 = 5.4$ | $\sqrt{2}+\sqrt{7} = (1,3,9)\sqrt{2}+(7,8,\underline{11})\sqrt{4}$ | $0\,(4,\underline{10},\underline{12})\,4$ |
| $2 = 1.2$ | $9 = \underline{12}.4$ | $\sqrt{2}+\sqrt{9} = (1,3,9)\sqrt{2}+(4,\underline{10},\underline{12})\sqrt{4}$ | $0\,(2.5,6)\,2$ |
| $3 = 8.2$ | $4 = 1.4$ | $\sqrt{3}+\sqrt{4} = (2,5,6)\sqrt{2}+(1,3,9)\sqrt{4}$ | $0\,(1,3,9)\,6$ |
| $\underline{10} = 5.2$ | $4 = 1.4$ | $\sqrt{\underline{10}}+\sqrt{4} = (7,8,\underline{11})\sqrt{2}+(1,3,9)\sqrt{4}$ | $0\,(2,5,6)\,4$ |
| $\underline{11} = \underline{12}.2$ | $4 = 1.4$ | $\sqrt{\underline{11}}+\sqrt{4} = (4,\underline{10},\underline{12})\sqrt{2}+(1,3,9)\sqrt{4}$ | $0\,(7,8,\underline{11})\,3$ |
| $3 = 8.2$ | $6 = 8.4$ | $\sqrt{3}+\sqrt{6} = (2,5,6)\sqrt{2}+(2,5,6)\sqrt{4}$ | $0\,(4,\underline{10},\underline{12})\,1$ |
| $3 = 8.2$ | $7 = 5.4$ | $\sqrt{3}+\sqrt{7} = (2,5,6)\sqrt{2}+(7,8,\underline{11})\sqrt{4}$ | $0\,(4,\underline{10},\underline{12})\,12$ |
| $3 = 8.2$ | $9 = \underline{12}.4$ | $\sqrt{3}+\sqrt{9} = (2,5,6)\sqrt{2}+(4,\underline{10},\underline{12})\sqrt{4}$ | $0\,(2,5,6)\,\underline{11}$ |
| $6 = 8.4$ | $\underline{10} = 5.2$ | $\sqrt{6}+\sqrt{\underline{10}} = (7,8,\underline{11})\sqrt{2}+(2,5,6)\sqrt{4}$ | $0\,(7,8,\underline{11})\,\underline{10}$ |
| $6 = 8.4$ | $\underline{11} = \underline{12}.2$ | $\sqrt{6}+\sqrt{\underline{11}} = (4,\underline{10},\underline{12})\sqrt{2}+(2,5,6)\sqrt{4}$ | $0\,(4,\underline{10},\underline{12})\,9$ |
| $7 = 5.4$ | $\underline{10} = 5.2$ | $\sqrt{7}+\sqrt{\underline{10}} = (7,8,\underline{11})\sqrt{2}+(2,5,6)\sqrt{4}$ | $0\,(2,5,6)\,9$ |
| $7 = 5.4$ | $\underline{11} = \underline{12}.2$ | $\sqrt{7}+\sqrt{\underline{11}} = (4,\underline{10},\underline{12})\sqrt{2}+(7,8.\underline{11})\sqrt{4}$ | $0\,(1,3,9)\,8$ |
| $9 = 12.4$ | $\underline{10} = 5.2$ | $\sqrt{9}+\sqrt{\underline{10}} = (7,8,\underline{11})\sqrt{2}+(4,\underline{10},\underline{12})\sqrt{4}$ | $0\,(1,3,9)\,7$ |
| $9 = \underline{12}.4$ | $\underline{11} = \underline{12}.2$ | $\sqrt{9}+\sqrt{\underline{11}} = (4,\underline{10},\underline{12})\sqrt{2}+(4,\underline{10},\underline{12})\sqrt{4}$ | $0\,(7,8,\underline{11})\,6$ |

Le tableau qui précède montre que toutes les solutions indiquées dans la page 62 sont réductibles à la forme $((m))\sqrt{2}+((m))\sqrt{4}$.

Si au lieu de $\sqrt[3]{2}$ et $\sqrt[3]{4}$ on adoptait toute autre combinaison de radicaux cubiques imaginaires de la forme $i + i^2$, et résolvant l'équation du troisième degré, la transformation se ferait de la même façon.

Par suite, pour chaque case du plan zéro de module 13, il n'y a que trois solutions, réelles ou imaginaires.

Si à ces solutions on ajoute un même chiffre pour chaque case, on a les trois solutions à insérer dans chacune des cases des autres plans.

L'arithmétique graphique donne donc des résultats expérimentaux entièrement d'accord avec les assertions théoriques de Galois et de Serret.

Voici encore une nouvelle concordance. Dans les tables de puissances d'expressions imaginaires (pp. 57 et 67), j'ai indiqué, au moyen de lignes ponctuées, un moyen de raccourcir le calcul pour trouver les cases où les diverses puissances doivent être logées; la raison de ce fait est très simple :

Ainsi que l'a dit *Serret* (p. 180, vol. II, *Algèbre supérieure*) en reproduisant les études d'*Evariste Galois* : « La congruence irréductible $F(x) \equiv 0$ (mod. $p$) de degré $v$, admet $v$ racines qui peuvent être représentées par $i, i^p, i^{p^2}, i^{p^{v-1}}$ .» Dans le premier tableau, il y a $\frac{m^2-1}{m-1}$ cases par ligne, c'est-à-dire huit pour le module 7; dans le second, il y en a six; par suite, si l'on multiplie les indices de la partie horizontale par 7 dans le premier cas, et par 5 dans le second, nous trouvons au même rang sur les lignes horizontales et sur les lignes obliques les solutions à insérer dans une même case.

On peut, au sujet de ces tables, remarquer que les cases où il y a des racines réelles égales ont des solutions données par les mêmes lois, car $6 \times 5 \equiv 6$, $12 \times 5 \equiv 12$, $18 \times 5 \equiv 18$, $24 \times 5 \equiv 24$ (mod. 24). Le cas des racines égales, n'est donc qu'un cas spécial des solutions imaginaires, celui dans lequel les coefficients de $i$ et ceux de $i^2$ sont simultanément égaux à zéro; de sorte que dans la forme $((m)) + ((m))i + ((m))i^2$, il ne reste plus que le premier terme $((m))$. *Voilà pourquoi mon procédé concernant les racines réelles ne donne pas les solutions répétées.*

Pour le premier tableau on congrue par $48 = 7^2 - 1$; dans le second on congrue par $24 = 5^2 - 1$.

Page 58 j'ai dit : « Dans les divers espaces arithmétiques que nous donnerons, la première colonne des divers plans sera isolée au moyen d'une ligne pointillée; cette colonne n'ayant aucun rapport avec l'équation du degré que l'on étudie, cela permettra de compter et de voir d'un coup d'œil les cases blanches concernant ce degré. »

Cette manière de procéder peut être fort utile pour le but ci-dessus indiqué, mais elle induirait en erreur au point de vue général. *Dans les espaces arithmétiques d'un nombre quelconque de dimensions, toute case contient autant de solutions qu'il y a d'unités dans son nombre de dimensions; les solutions pouvant être des zéros, des chiffres, des expressions imaginaires.*

Supprimer les solutions zéro, ce serait fausser complètement l'idée que l'on doit se faire d'une équation arithmétique.

A mesure que les coefficients successifs en partant de la droite sont égaux à zéro, on introduit autant de solutions zéro, qu'il y a de coefficients successifs égaux à zéro. Pour mieux me faire comprendre, je vais réunir, dans un même plan, toutes les colonnes ainsi isolées pour le module 7, insérant dans les diverses cases les solutions zéro, et indiquant par des points les solutions imaginaires.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,0,0 | 0,0,6 | 0,0,5 | 0,0,4 | 0,0,3 | 0,0,2 | 0,0,1 |
| 1 | 0.. | 0,2,4 | 0,6,6 | 0.. | 0.. | 0,1,1 | 0,3,5 |
| 2 | 0.. | 0,3,3 | 0.. | 0,5,6 | 0,1,2 | 0.. | 0.. |
| 3 | 0,2,5 | 0.. | 0.. | 0,1,3 | 0,4,6 | 0.. | 0.. |
| 4 | 0.. | 0.. | 0,1,4 | 0,2,2 | 0,5,5 | 0,3,6 | 0.. |
| 5 | 0,3,4 | 0,1,5 | 0.. | 0.. | 0.. | 0.. | 0,2,6 |
| 6 | 0,1,6 | 0.. | 0,2,3 | 0.. | 0.. | 0,4,5 | 0.. |

Si l'on fait faire un quart de tour à ce tableau, on voit que les chiffres marchent dans la direction $+ x\mathrm{X} + 1\mathrm{Y}$.

En y jetant un coup d'œil, on voit que l'équation $x^3 + 0x^2 + 0x^1 + 0x^0 \equiv 0$ a trois solutions zéro; que toutes les cases de la première ligne correspondant à $x^3 + cx^2 + 0x^1 + 0x^0 \equiv 0$ ont deux solutions zéro; et enfin

que dans tout le plan correspondant à $x^3 + cx^2 + bx + 0x^0 \equiv 0$ toutes les cases ont une solution zéro.

Ce qui est dit ici pour le cas particulier du troisième degré et du module 7 est vrai d'une façon absolue pour tous les degrés et tous les modules premiers.

Dans mon premier Mémoire, j'ai donné un procédé graphique pour obtenir toutes les solutions réelles d'une équation arithmétique de module, de degré, de composition quelconque, par la construction d'espaces arithmétiques dont le nombre de dimensions égale le nombre de termes moins un, différents de zéro, qui constituent le premier membre de l'équation.

*Tout procédé a sa métaphysique*; celle de celui-ci est fort simple, bien que les conséquences en soient considérables.

Prenons, par exemple, le plan correspondant à $x^7 + px^3 + q = 0$; au moyen des tables de logarithmes des chiffres du module 11, construisons la ligne $x^7 + q \equiv 0$ qui correspond à ce qu'on appelle improprement une équation binome. Cette équation binome n'est que le cas spécial de l'équation trinome ci-dessus, dans lequel $p = 0$. Faisons varier $p$ et donnons-lui une valeur $n$; si un chiffre quelconque $\alpha$ résout la seconde équation, en donnant à $p$ la valeur $n$, on ajoute $n\alpha^3$ au premier membre; on détruit ainsi l'égalité des deux membres; mais si nous retranchons $n\alpha^3$ à $q$, nous la rétablissons — l'opération graphique n'est pas autre chose; la marche dans une direction oblique sur le plan arithmétique ne fait que reproduire l'opération symbolique.

On passe ainsi de la ligne $x^7 + q$ au plan $x^7 + px^3 + q$, ou de l'équation $x^7 + q \equiv 0$ à l'équation $x^7 + px^3 + q \equiv 0$.

Par la même raison, par extension du procédé, on passe d'un plan à un espace à 3 dimensions; puis de celui-ci à un espace à 4 dimensions et ainsi de suite.

En opérant par plans successifs, on ramène toutes les opérations à la solution d'une équation trinome.

J'ai suffisamment expliqué l'opération dans mon Mémoire pour ne pas y revenir.

Les racines primitives imaginaires ayant une grande importance, il importe d'avoir le plus grand nombre possible de procédés pour en avoir une; ce qui donne toutes les imaginaires en l'élevant aux puissances successives; et si $n$ est *son degré d'imaginarité*, en prenant les imaginaires dont l'indice ou le rang est premier à l'indicateur $m^n - 1$, on a toutes les racines primitives.

Voici un procédé concernant les modules premiers impairs dans lesquels l'indicateur $(m - 1)$ est un multiple de 3.

Voici les raisons multiples sur lesquelles ce procédé est basé :

1° Quand on forme les puissances successives d'une expression imaginaire de la forme $((m)) + ((m))i + ((m))i^2$, la puissance $\frac{m^3 - 1}{m - 1}$ est toujours un chiffre ; si ce chiffre est une racine primitive d'une table de puissances de chiffres, l'expression choisie pour base de la table de puissances des imaginaires est également une racine primitive, dans le cas contraire elle n'en est pas une.

2° Pour les imaginaires arithmétiques comme pour les êtres réels on a $(A.B)^n \equiv A^n.B^n$. Si l'on fait les puissances successives de A et de B, et si l'on multiplie ensemble les termes de même rang, la relation ci-dessus existera entre les trois séries.

3° Si l'on divise $(m^3 - 1)$ par $(m - 1)$, le quotient est $m^2 + m + 1$ ; si l'on divise $m^2 + m + 1$ par $m - 1$ :

$$\begin{array}{r|l} m^2 + m + 1 & m - 1 \\ \hline 2\,m + 1 & m + 2 \\ 3 & \end{array}$$

le reste de la division est 3.

4° Dans la suite indéfinie des puissances d'un chiffre, toute puissance dont l'indice $= n\,(m - 1) + 1$ (n'étant un nombre entier quelconque) est un chiffre identique au premier.

5° Si l'on forme la suite des puissances de la racine cubique d'un chiffre non cube, dans cette suite un chiffre, succédera à deux imaginaires de la forme $i$ et $i^2$, autrement dit, $i^3$ sera un chiffre et la suite composée de $3\,(m - 1)$ termes donnera de 3 en 3 termes la suite des puissances de 3.

De ces cinq considérations réunies, résulte un procédé pour obtenir u ne racine primitive ; pour la rendre plus compréhensible, je vais opérer sur le module 7.

Dans ce module $\frac{m^3 - 1}{m - 1} = 57$ — écrivons 57 dans la numération de base 2, dite numération binaire, nous avons $57 = 111001$ — prenons au hasard une expression imaginaire ayant plus d'un terme, $1 + \sqrt[3]{3}$, par exemple, et représentons $\sqrt[3]{3}$ par $i$ pour la commodité des calculs ; calculons les puissances de $1 + i$ dont les indices correspondent aux chiffres 1

de la représentation de 57 dans la numération de base 2; en les multipliant les unes par les autres, nous avons la puissance d'indice 57 par un petit nombre d'opérations élémentaires :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $1 + i$ | 8 | $1 + 3i + 2i^2$ | 48 | $5 + 6i + i^2$ |
| 2 | $1 + 2i + i^2$ | 16 | $2 + 4i + 6i^2$ | 56 | $1 + 6i + i^2$ |
| 4 | $6 + 6i^2$ | 32 | $1 + 5i + 5i^2$ | 5 | 4 |

En tout 9 opérations.

La puissance 57 de $(1 + i)$ étant le chiffre 4, qui n'est pas une racine primitive sur la table de puissance des chiffres, $1 + \sqrt[3]{3}$ n'est pas une racine primitive des imaginaires du 3e degré; les chiffres racines primitives sur la table de puissances des chiffres sont 3 et 5.

Divisons ces chiffres par 4, nous avons $\frac{3}{4} \equiv 6$, $\frac{5}{4} \equiv 3$; multiplions $1 + \sqrt[3]{3}$ par $\sqrt[3]{6}$, nous avons $\sqrt[3]{6} + \sqrt[3]{4}$; multipliant $1 + \sqrt[3]{3}$ par $\sqrt[3]{3}$, nous aurions $\sqrt[3]{3} + \sqrt[3]{2}$.

Mais si nous remarquons que $\sqrt[3]{3} \equiv \sqrt[3]{1.3} = \sqrt[3]{1}\ \sqrt[3]{3} \equiv (1,2,4)\sqrt{3}$; que de même $\sqrt[3]{4} \equiv (1,2,4)\sqrt{4}$, $\sqrt[3]{2} \equiv (1,2,4)\sqrt{2}$, $\sqrt[3]{6} \equiv (3,5,6)$, nous avons $(3,5,6) + (1,2,4)\sqrt{4}$ et $(1,2,4)\sqrt{3} + (1,2,4)\sqrt{2}$, qui sont des racines primitives.

Au lieu de 7, prenons un autre module premier $m$, tel que $(m - 1)$ soit un multiple de 3, le nombre des opérations augmentera sans doute, mais dans une proportion très restreinte; quant au procédé, il restera le même.

## Graphique de l'opération de calcul d'une racine primitive.

La première ligne contient les indices, la seconde les puissances de $1 + i$, la troisième les puissances de $\sqrt{3}$.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1<br>$1 + 1$<br>$\sqrt{3}$ | 2<br>$1 + 2i + i^2$<br>$\sqrt{2}$ | 3<br><br>3 | 4<br>$6 + 6i^2$<br>$3\sqrt{3}$ | 5<br><br>$3\sqrt{2}$ | 6<br><br>2 |
| 7<br><br>$2\sqrt{3}$ | 8<br>$1 + 3i + 2i^2$<br>$2\sqrt{2}$ | 9<br><br>6 | 10<br><br>$6\sqrt{3}$ | 11<br><br>$6\sqrt{2}$ | 12<br><br>4 |
| 13<br><br>$4\sqrt{3}$ | 14<br><br>$4\sqrt{2}$ | 15<br><br>5 | 16<br>$2 + 4i + 6i^2$<br>$5\sqrt{3}$ | 17<br><br>$5\sqrt{2}$ | 18<br><br>1 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 | 32<br>$1 + 5i + 5i^2$<br>$4\sqrt{2}$ | 33 | 34 | 35 | 36<br><br>1 |
| 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48<br>$5 + 6i + i^2$<br>4 |
| 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54<br><br>1 |
| 55<br><br>$\sqrt{3}$ | 56<br>$1 + 6i + i^2$<br>$\sqrt{2}$ | 57<br>4<br>3 | | | |

Ce tableau montre la supériorité de la méthode graphique sur la méthode symbolique au point de vue de la compréhension.

Quand le module premier impair $m$ est tel que $(m - 1)$ est divisible par 3, la construction d'une table de puissance n'offre aucune difficulté pour les imaginaires du 3e degré, puisqu'on a $i^3 = 3$, c'est-à-dire un chiffre ; à mesure que l'on effectue les opérations de calcul, ces chiffres s'ajoutent entre eux et il ne peut se présenter dans aucun cas des expressions différentes de celles de la forme $((m)) + ((m))i + ((m))i^2$; $i$ étant un radical cubique imaginaire.

Page 68, j'ai donné un procédé simple pour calculer pour le 2e degré, les coefficients du premier membre de l'équation résolue par une expression imaginaire; il serait utile de pouvoir faire de même pour le 3e degré, et d'établir la correspondance entre les cases des espaces arithmétiques et les tables de puissances des expressions imaginaires.

Voici un procédé qui peut faire obtenir ce résultat.

Les exemples concrets sont généralement le moyen le plus simple pour faire comprendre une méthode. Soit (mod. 7) $i^3 = 3$. Admettons que l'on veuille calculer la case où l'on doit loger l'expression $2i + 4i^2$. On fait le cube de $2i + 4i^2$ ce qui donne $5 + 4i + i^2$. On n'a qu'à faire $a = -5$, puis à diviser $4i + i^2$ par $2i + 4i^2$ ou 41 par 24, on obtient 2 pour quotient, et on a $b = -2$; de sorte que l'expression doit se loger case 052.

Ce procédé, à cause des fusions qu'on exécute dans le calcul des tables, ne peut réussir que quand l'expression est de la forme $((m))i + ((m))i^2$ ; elle ne donnerait aucun résultat pour une expression à trois termes; mais elle suffit pour caser avec une grande rapidité, toutes les imaginaires d'une table de puissances.

On prend toutes les expressions de la forme $\beta i + \gamma i^2$ ($\beta$ et $\gamma$ étant des chiffres quelconques), on calcule le numéro de la case où l'on doit les inscrire.

Quant aux expressions de la forme $(\beta, \gamma)(i, i^2)$ il est très facile de les caser; toutes ces expressions trouvent leur place dans les cases blanches du plan d'argument zéro et les remplissent complètement. Ce plan garni de toutes ses racines, on fait une table analogue à celle que j'ai donnée (p. 71) et par une opération rapide on obtient toutes les cases où l'on doit loger une expression de forme quelconque.

**Module 7. — Cases blanches résultant de l'augmentation d'un chiffre quelconque aux solutions des cases blanches du plan d'indice zéro.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 011 | 446 | 165 | 506 | 203 | 664 | 343 |
| 016 | 444 | 163 | 504 | 201 | 662 | 341 |
| 021 | 455 | 103 | 513 | 216 | 606 | 354 |
| 026 | 453 | 101 | 511 | 214 | 604 | 352 |
| 032 | 465 | 112 | 521 | 223 | 612 | 366 |
| 035 | 461 | 115 | 524 | 226 | 615 | 362 |
| 041 | 403 | 126 | 534 | 235 | 623 | 306 |
| 046 | 401 | 124 | 533 | 233 | 621 | 304 |
| 052 | 413 | 135 | 542 | 242 | 636 | 311 |
| 055 | 416 | 131 | 545 | 245 | 632 | 314 |
| 062 | 422 | 143 | 556 | 255 | 641 | 322 |
| 065 | 425 | 146 | 552 | 251 | 644 | 325 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Les chiffres au bas du tableau sont ceux ajoutés aux solutions des cases du plan zéro.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 002 | 431 | 151 | 563 | 261 | 653 | 333 |
| 003 | 432 | 152 | 564 | 262 | 654 | 334 |
| 004 | 433 | 153 | 565 | 263 | 655 | 335 |
| 005 | 434 | 154 | 566 | 264 | 656 | 336 |

Soit, par exemple, à caser $5 + 4i + i^2$ dans le cube ci-dessus. On cherche sur le plan d'argument zéro le numéro de la case où se trouve $4i + i^2$, on trouve 062; sur la table de migration de module 7, on prend 062 sur la première colonne; et sur la colonne correspondante à l'addition de 5, on prend sur la même ligne que 062 le nombre correspondant qui est 641; on n'a donc qu'à caser $5 + 4i + i^2$ case 641.

On voit combien cette procédure est rapide.

De même quand on a construit la partie de la table qui va jusqu'à

l'indice 57, il est fastidieux et long de calculer tout le reste de la table; il est donc bon de s'en passer en se servant de cette partie :

| 5 | 4 | 6 | 2 | 3 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 57 | 114 | 171 | 228 | 285 | 342 |

Quand on ajoute un multiple de 57 à l'indice, on multiplie la puissance par le chiffre correspondant dans le tableau ci-dessus, dans lequel les chiffres de la première ligne sont les puissances successives du chiffre 5. De là il suit que si l'on veut connaître par exemple l'expression correspondant à l'indice 201, par exemple, on retranche 171 de 201 ce qui donne 30; à l'indice 30 on trouve $5 + i^2$, que l'on multiplie par 6 correspondant à 171 et l'on a $2 + 6i^2$ pour la puissance demandée.

Si à ce tableau on ajoute le suivant :

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 342 | 684 | 1026 | 1368 | 1710 | 2052 | 2394 |

qui est celui des multiples de 342 (module des indices), on peut avec rapidité faire toutes les opérations que l'on peut désirer et dans le détail desquelles il me semble inutile d'entrer.

Pourtant je dois signaler un procédé assez intéressant pour calculer directement la case où une expression imaginaire doit être logée; ce procédé est basé sur les considérations suivantes :

1° Les divers coefficients du polynome formant le premier membre d'une équation arithmétique, sont les sommes des produits $n$ à $n$ des racines pris avec le signe — ou le signe + suivant que $n$ est impair ou pair;

2° Quand on fait les divers produits $n$ à $n$, les chiffres constituant la partie réelle de l'expression imaginaire sont identiques dans chaque produit;

3° La somme devant donner un chiffre, il n'y a pas à s'occuper de la partie imaginaire;

4° Le nombre des éléments des sommes $n$ à $n$ est $\frac{n(n-1)(n-2)\ldots}{1 \,.\, 2 \,.\, 3 \ldots}$, il suffira donc de prendre le chiffre d'un des produits et de le multiplier par le nombre ci-dessus pour avoir le chiffre de la somme;

5° Quand on a une racine avec son indice, les indices des autres racine sont les produits de celui-là par $m$, $m'$, $m^2$ ....;

6° Pour avoir l'indice d'un produit il suffit de faire la somme des indices des facteurs.

De là le procédé suivant : soit à caser l'imaginaire $5 + 5i + 2i^2$ ayant l'indice 5 (module 7).

Les indices des autres racines sont 35, 245.

La somme des produits 1 à 1 égale $3.5 = 1$, d'où $c = 6$.

Faisons la somme de deux indices au hasard, $5 + 35 = 40$, qui est l'indice de $2 + 4i + 2i^2$, on a donc $s_2 = 3.2 = 6 = b$.

Faisons la somme des trois indices $5 + 35 + 245 = 285$, qui est l'indice du chiffre 3, on a donc $s_3 = 3$, d'où $a = 4$.

L'expression $5 + 5i + 2i^2$ doit être logée case 664.

Tant qu'on ne dépasse pas le 3e degré, toute case blanche ne contient que des imaginaires du 3e degré. Il n'en est plus de même quand on passe aux degrés supérieurs, et pour éclaircir la question, il est nécessaire d'entrer dans la considération des fonctions à coefficients réels dites *irréductibles*.

La théorie de ces fonctions n'étant généralement pas connue des savants en dehors des mathématiciens, peut-être serait-il bon d'en donner une idée sommaire, en se rapportant aux principes de l'arithmétique graphique.

Ces principes sont les suivants :

1° On considère les coefficients d'*un polynome* ou *fonction* (expressions synonymes qu'on peut employer indifféremment) comme les chiffres d'un système de numération dont la base est égale au module ;

2° Dans les calculs on supprime les multiples du module, ou si l'on veut on considère le module comme égal à zéro ; de sorte que toutes les opérations directes donnent des chiffres pour résultat.

En suivant ces errements, les polynomes ou fonctions peuvent être considérés comme des nombres d'une espèce particulière, sur lesquels on pratique les opérations élémentaires au moyen d'une technique spéciale.

Les nombres que j'emploie sont de simples sténographies, dans lesquelles on supprime les $x^1$, $x^2$, ... $x^n$ ; de sorte qu'il est facile à un moment quelconque de leur rendre leur véritable signification en rétablissant ces symboles qui en font des fonctions.

Ces sténographies économisent le temps et le papier, de plus elles ont un rapport direct avec les espaces arithmétiques, de sorte qu'on peut indifféremment les considérer comme des nombres ou comme des cases, ce qui peut servir souvent à simplifier l'exposition.

Pour que le lecteur puisse plus facilement suivre mes explications, je vais d'abord donner ici le cube d'argument zéro d'un espace à quatre dimensions de module 5.

| | 100 ba | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 10,10<br>10,10 | 102<br>103 | | | 14,13<br>12,11 |
| 1 | 10,11<br>141 | 12<br>1343 | 13<br>1244 | 14,14<br>123 | |
| 2 | 10,13<br>124 | 11<br>1411 | 14<br>1113 | 12,12<br>112 | |
| 3 | 10,12<br>134 | 14<br>1114 | 11<br>1412 | 13,13<br>142 | |
| 4 | 10,14<br>111 | 13<br>1242 | 12<br>1341 | 11,11<br>133 | |

| | 101 ba | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 10,10<br>13,12 | 111<br>141 | | 14,11<br>102 | 103<br>103 |
| 1 | 10<br>1011 | | 14,12<br>12.12 | 13<br>1201 | 11,11<br>134 |
| 2 | 10,11<br>142 | 14,13<br>133 | | | 12<br>1302 |
| 3 | 10,14<br>112 | 12,11<br>123 | | | 13<br>1203 |
| 4 | 10<br>1014 | | 13,11<br>13,13 | 12<br>1304 | 14,14<br>124 |

| | 102 ba | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 10,10<br>102 | 13,12<br>13,12 | 14,11<br>103 | | 123<br>133 |
| 1 | 10<br>1021 | 14<br>1134 | 111<br>142 | 12,11<br>124 | 13<br>1213 |
| 2 | 10,14<br>14,12 | | 13<br>1214 | | 11<br>1434 |
| 3 | 10,11<br>13,11 | | 12<br>1311 | | 14<br>1131 |
| 4 | 10<br>1024 | 11<br>1431 | 112<br>141 | 14,13<br>134 | 12<br>1312 |

| | 103 ba | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 10,10<br>103 | 14,11<br>14,11 | 13,12<br>102 | | 112<br>142 |
| 1 | 10,13<br>14,13 | | 11<br>1443 | | 13<br>1322 |
| 2 | 10<br>1032 | 12<br>1323 | 123<br>134 | 13,11<br>111 | 14<br>1141 |
| 3 | 10<br>1033 | 13<br>1222 | 124<br>133 | 14,12<br>141 | 11<br>1444 |
| 4 | 10,12<br>12,11 | | 14<br>1143 | | 13<br>1223 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 10,13<br>10,13 | 12,11<br>133 | | 124<br>142 | 14,14<br>134 |
| 1 | 10<br>1141 | | 11<br>1042 | 14,13<br>12,12 | |
| 2 | 10,12<br>141 | 13<br>1302 | 14<br>1213 | 11<br>1043 | 102<br>112 |
| 3 | 10<br>1143 | 14<br>1214 | 12<br>1411 | 103<br>111 | 13,11<br>123 |
| 4 | 10,14<br>11,11 | | 13<br>1304 | | 12<br>1412 |

On admet généralement que dans les équations arithmétiques, le premier membre a été ramené à la forme voulue pour que le coefficient de la plus haute puissance de $x$ soit 1; chose facile à faire quand le module est premier, puisque s'il n'en est pas ainsi, il n'y a qu'à diviser tous les coefficients par celui du premier terme, opération toujours possible.

On peut, pour la commodité des calculs, multiplier tous les coefficients par l'inverse du premier (l'inverse du chiffre $a$ étant le chiffre $b$, tel que $ab \equiv 1$).

Ces premières explications données, voici comment en arithmétique graphique se présente la question des fonctions à coefficients réels irréductibles.

**Polynomes du 1er degré, en nombre 5.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

**Polynomes du 2e degré réductibles en facteurs du 1er degré, en nombre 15.**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 10,10 | 110 | 10,11 | 120 | 10,12 | 130 | 10,13 | 140 | 10,14 |
| 101 | 12,13 | 113 | 12,14 | 121 | 11,11 | 131 | 14,14 | 143 | 11,13 |
| 104 | 11,14 | 114 | 13,13 | 122 | 13,14 | 132 | 11,12 | 144 | 12,12 |

**Polynomes du 2e degré irréductibles, en nombre 10.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 102 | 111 | 123 | 133 | 141 |
| 103 | 112 | 124 | 134 | 142 |

**Polynomes du 3me degré décomposables en facteurs du 1er degré, en nombre 35.**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1000 | 10,10,10 | 1100 | 10,10,11 | 1200 | 10,10,12 | 1300 | 10,10,13 | 1400 | 10,10,14 |
| 1010 | 10,12,13 | 1130 | 10,12,14 | 1210 | 10,11,11 | 1310 | 10,14,14 | 1430 | 10,11,13 |
| 1040 | 10,11,14 | 1140 | 10,13,13 | 1220 | 10,13,14 | 1320 | 10,12,11 | 1440 | 10,12,12 |
| 1031 | 13,13,14 | 1111 | 11,12,13 | 1212 | 12,12,13 | 1301 | 12,12,14 | 1441 | 11,14,14 |
| 1022 | 12,14,14 | 1103 | 13,14,14 | 1243 | 11,12,14 | 1331 | 11,11,11 | 1402 | 11,11,12 |
| 1023 | 11,11,13 | 1123 | 12,12,12 | 1204 | 11,13,13 | 1342 | 11,13,14 | 1422 | 13,13,13 |
| 1034 | 11,12,12 | 1144 | 11,11,14 | 1234 | 14,14,14 | 1313 | 11,13,13 | 1414 | 12,13,14 |

**Polynomes décomposables en facteurs du 1er et du 2e degré, en nombre 50.**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1020 | 10.102 | 1110 | 10.111 | 1230 | 10.123 | 1330 | 10.133 | 1410 | 10.141 |
| 1030 | 10.103 | 1120 | 10.112 | 1240 | 10.124 | 1340 | 10.134 | 1420 | 10.142 |
| 1040 | 11.141 | 1121 | 14.124 | 1211 | 14.134 | 1321 | 13.102 | 1401 | 13.112 |
| 1001 | 12.133 | 1112 | 14.123 | 1221 | 11.111 | 1332 | 12.111 | 1421 | 12.123 |
| 1041 | 13.124 | 1122 | 11.102 | 1231 | 12.103 | 1303 | 11.123 | 1432 | 14.103 |
| 1002 | 11.142 | 1132 | 13.134 | 1241 | 13.142 | 1333 | 14.142 | 1413 | 11.133 |
| 1012 | 12.134 | 1142 | 12.141 | 1202 | 14.133 | 1314 | 11.124 | 1423 | 14.102 |
| 1003 | 14.112 | 1133 | 11.103 | 1232 | 11.112 | 1324 | 14.141 | 1433 | 12.124 |
| 1013 | 14.111 | 1104 | 12.142 | 1233 | 13.141 | 1334 | 13.103 | 1443 | 13.111 |
| 1004 | 13.123 | 1124 | 13.133 | 1224 | 12.102 | 1344 | 12.112 | 1424 | 11.131 |

**Polynomes irréductibles du 3e degré, en nombre 40.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1011 | 1101 | 1201 | 1302 | 1403 |
| 1014 | 1102 | 1203 | 1304 | 1404 |
| 1021 | 1113 | 1213 | 1311 | 1411 |
| 1024 | 1114 | 1214 | 1312 | 1412 |
| 1032 | 1131 | 1222 | 1322 | 1431 |
| 1033 | 1134 | 1223 | 1323 | 1434 |
| 1042 | 1141 | 1242 | 1341 | 1442 |
| 1043 | 1143 | 1244 | 1343 | 1444 |

Si nous prenons les fonctions du premier dégré, nous avons les seuls nombres 10, 11, 12, 13, 14. Le chiffre à droite étant indéterminé et le chiffre à gauche 1.

Ces fonctions égalées à zéro donnent :

$$10 \equiv 0, \qquad 11 \equiv 0, \qquad 12 \equiv 0, \qquad 13 \equiv 0, \qquad 14 \equiv 0,$$

c'est-à-dire :

$$x \equiv 0, \qquad x \equiv 4, \qquad x \equiv 3, \qquad x \equiv 2, \qquad x \equiv 1,$$

solutions dites réelles.

Passons au 2e degré et multiplions l'un quelconque de ces nombres par l'un quelconque des autres ; nous avons les produits 100, 101, 104, 110, 113, 114, 120, 121, 122, 130, 131, 132, 141, 143, 144. Chacun de ces nombres de 3 chiffres est décomposable en facteurs du 1er dégré, c'est-à-dire en nombres de 2 chiffres. Leur nombre est celui des combinaisons de 5 objets pris 2 à 2 avec répétition, soit $\frac{5.6}{1.2} = 15$. Si pour nous rapporter à nos espaces, nous observons que nous avons 25 cases dans un plan, nous voyons qu'il nous reste $25 - 15 \equiv 10$ cases blanches.

Elles correspondent aux nombres 102, 103, 111, 112, 123, 124, 133, 134, 141, 142, ce sont là des nombres indécomposables en facteurs de 2 chiffres, ce sont des *nombres premiers*, *des fonctions irréductibles*, qui n'ont pas de racines réelles, mais des racines imaginaires du 2e degré.

Je ne donne ici ces détails que pour bien faire saisir la chose, en ne laissant aucune ombre dans l'esprit. Maintenant, la chose bien comprise, nous allons marcher plus rapidement dans notre exposition.

Passons au 3e degré, si nous combinons de toutes les manières possibles les nombres du 1er degré, nous avons les associations de 5 objets pris 3 à 3 avec répétition, en nombre $\frac{5.6.7}{1.2.3} = 35$ ; les associations des facteurs du 1er degré avec les facteurs premiers ou irréductibles du 2e degré. Ici les objets sont de nature différente, le nombre des associations est le produit du nombre 5 des facteurs du 1er degré, par le nombre 10 des facteurs irréductibles du 2e degré, soit $5 \times 10 = 50$, mais le nombre total des cases d'un cube est de $125 = 5^3$, il y aura donc $125 - 85 = 40$ cases blanches correspondant à des fonctions irréductibles du 3e degré, c'est-à-dire indécomposables en facteurs irréductibles de degré inférieur, *leurs solutions seront des imaginaires du 3e degré;* si l'on prend une racine primitive parmi ces imaginaires et qu'on l'élève aux puissances successives, la table aura $124 = 5^3 - 1$, termes dont le dernier sera 1, dont les termes de rang $\frac{m^3 - 1}{m - 1}$ seront des chiffres. Si nous répartissons ces imaginaires dans les cases de notre espace arithmétique, nous sommes forcés de séparer les termes de la forme $((m))$, pour ne conserver que les termes de la forme $((m)) + ((m))i + ((m))i^2$ ; les termes de la forme $((m))$ seront les cases à racines réelles répétées ; ceux de la forme $((m)) + ((m))i + ((m))i^2$ se répartiront 3 par 3 entre les 40 cases blanches de notre espace 10, dans chaque plan, et celles qui devront occuper une même case seront celles dont les indices seront les multiples de celui d'une quelconque d'entre elles par 5 et $5^2$, en congruant par 124.

Qu'on me pardonne ces détails, ils me semblent nécessaires pour bien faire saisir la chose. Ceci dit, nous allons aller plus rapidement encore en passant aux fonctions du 4e degré.

Nous avons d'abord les associations des facteurs du 1er degré en nombre $\frac{5.6.7.8}{1\ 2\ 3\ 4} = 70$; les associations des facteurs du 1er degré et du 2e degré irréductibles, en nombre $10 \times 15 = 150$; les associations des facteurs irréductibles du 2e degré; ici les objets sont de même nature; nous avons les associations de 10 objets pris 2 à 2 avec répétition, soit $\frac{10.11}{1.2} = 55$, et enfin les associations des facteurs du 1er degré avec les facteurs irréductibles du 3e, soit $5.40 = 200$.

Faisons la somme $70 + 150 + 55 + 200 = 475$, retranchons-la du nombre $625 = 5^4$ des cases de notre espace à 4 dimensions, il nous reste 150 cases blanches n'ayant pour solution que des expressions imaginaires du 4e degré. Ces cases correspondent donc chacune à une fonction irréductible du 4e degré.

## Dénombrement des fonctions arithmétiques des divers degrés, suivant le degré de leurs facteurs.

| $n$ | NOMBRE DE COMBINAISONS | DEGRÉS DES FACTEURS COMPOSANTS | | | | NATURE DES COMBINAISONS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $m$ | 1 | | | | A | |
| 2 | $\frac{m(m+1)}{1 \cdot 2}$ | 1 | | | | B | |
| | $\frac{m(m-1)}{1 \cdot 2}$ | | 2 | | | C | $m^2 - B$ |
| 3 | $\frac{m(m+1)(m+2)}{1 \cdot 2 \cdot 3}$ | 1 | | | | D | |
| | $\frac{m^3 - m^2}{2}$ | 1 | 2 | | | E | AC |
| | $\frac{m^3 - m}{3}$ | | | 3 | | F | $m^3 - (D + E)$ |
| 4 | $\frac{m(m+1)(m+2)(m+3)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}$ | 1 | | | | G | |
| | $\frac{m^4 - m^2}{3}$ | 1 | | 3 | | H | AF |
| | $\frac{m^4 - 2m^3 + 3m^2 - 2m}{8}$ | | 2 | | | I | $\frac{C(C+1)}{1 \cdot 2}$ |
| | $\frac{m^4 - m^2}{4}$ | 1 | 2 | | | K | BC |
| | $\frac{m^4 - m^2}{4}$ | | | | 4 | L | $m^4 - (G+H+I+K)$ |

Dans chaque degré, il y a toutes les combinaisons des degrés des facteurs susceptibles de faire $n$.

Maintenant pour compléter notre espace, il s'agit de les remplir en y insérant les expressions imaginaires qui s'y rapportent. Pour cela; il faut d'abord calculer une racine primitive.

Le procédé est absolument pareil à celui que nous avons donné ci-dessus.

Prenons la forme imaginaire $i + i^2 + i^3$ et admettons que $i$ représente $\sqrt[4]{2}$; on aura $i^2 = \sqrt[4]{4}$, $i^3 = \sqrt[4]{3}$ et $i^4 = 2$.

Faisons les puissances ci-après de cette expression, on a :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $i + i^2 + i^3$ | 9 | $4 + i + i^2 + i^3$ | 78 | 4 |
| 2 | $1 + 4i + 3i^2 + 2i^3$ | 10 | $1 + 3i + 2i^2 + i^3$ | 156 | 1 |
| 3 | $3 + i + 4i^2 + 3i^3$ | 20 | $1 + 4i + 4i^3$ | | |
| 4 | $1 + 2i + 3i^3$ | 30 | $3 + 3i + 2i^2 + 3i^3$ | | |
| 5 | $2i + 4i^2 + 3i^3$ | 39 | 3 | | |

1 n'est pas une racine primitive dans la table des chiffres. Divisons 2 qui est racine primitive par 1, le quotient est 2. Multiplions notre base par $\sqrt[4]{2}$ ou si l'on veut par $i$, *nous avons* $2 + i^2 + i^3$ *qui est une racine primitive.*

Élevons cette racine primitive à ses puissances successives, nous trouvons toutes les expressions de la forme $((m)) + ((m))i + ((m))i^2 + ((m))i^3$ en nombre 624. Si l'on avait pris le chiffre 3 qui est également un chiffre racine primitive, il en aurait été de même, et comme $\sqrt[4]{3}$ correspond à $i^3$, on n'aurait qu'à substituer $i^3$ à $i$ dans le calcul.

En jetant un coup d'œil sur le cube, nous voyons que nous n'avons que 150 cases blanches; or nous avons 624 puissances; un peu d'attention nous fait voir *qu'ici, comme dans tous les cas possibles, la table donne les cases à solutions identiques*, nous aurons donc les cases qui contiendront les quatre facteurs identiques du premier degré, puis les cases qui contiendront deux facteurs identiques irréductibles du deuxième degré, c'est-à-dire 102, 103, 111, 112, 123, 124, 133, 134, 141, 142 — la case aux quatre zéros formerait la quinzième case à solutions répétées. Je reviendrai plus tard sur cet intéressant sujet, que je ne puis développer ici pour ne pas trop allonger le mémoire.

Je joins le schème graphique de l'opération de calcul pour obtenir une racine primitive, pour que le lecteur puisse bien se rendre compte de l'économie de cette opération.

**Schème graphique du calcul d'une racine primitive pour une imaginaire du quatrième degré, module 5.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1<br>$i + i^2 + i^3$<br>$i$ | 2<br>$1 + 4i + 3i^2 + 2i^3$<br>$i^2$ | 3<br>$3 + i + 4i^2 + 3i^3$<br>$i^3$ | 4<br>$1 + 2i + 3i^3$<br>2 | 5<br>$2i + 4i^2 + 3i^3$<br>$2i$ |
| 6<br>$2i^2$ | 7<br>$2i^3$ | 8<br>4 | 9<br>$4 + i + i^2 + i^3$<br>$4i$ | 10<br>$1 + 3i + 2i^2 + i^3$<br>$4i^2$ |
| 11<br>$4i^3$ | 12<br>3 | 13<br>$3i$ | 14<br>$3i^2$ | 15<br>$3i^3$ |
| 16<br>1 | 17 | 18 | 19 | 20<br>$1 + 4i + 4i^3$<br>2 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30<br>$3 + 3i + 2i^2 + 3i^3$<br>$3i^2$ |
| 31 | 32<br>1 | 33 | 34 | 35 |
| 36 | 37 | 38 | 39<br>3<br>$2i^3$ | . . . . . |
| 64<br>1 | . . . . . | 78<br>4<br>$3i^2$ | . . . . . | 144<br>1 |
| . . . . . | 156<br>1<br>3 | | | |

3 étant racine primitive, $i(i + i^2 + i^3) = 2 + i^2 + i^3$ est une racine primitive pour la table de puissance des imaginaires.

J'ai maintenant donné des détails suffisamment circonstanciés pour qu'il ne reste plus aucun doute dans l'esprit du lecteur sur la manière de procéder. Il peut donc se rendre compte de l'aide que l'arithmétique graphique peut donner à la théorie des nombres et aux calculs qui en dérivent.

Naturellement, les puissances correspondant à des indices premiers à 624 sont des racines primitives, et les cases où l'on doit loger les diverses puissances se calculent par les procédés ci-dessus.

Comme mon but n'est pas de faire ici un traité didactique des fonctions arithmétiques, mais seulement d'en donner une idée; je ne m'étendrai pas sur les conséquences de ce qui précède, mais je ferai observer que le procédé ci-dessus pour la construction des expressions imaginaires, ne réussit qu'autant que l'indicateur $(m-1)$ est un multiple du degré de l'équation à résoudre,,ou si l'on veut à décomposer en facteurs des premier, deuxième... $n^{\text{ième}}$ degré.

Ainsi pour le module 5, $(m-1)=4$ qui a pour diviseurs 2 et 4; il a réussi pour le deuxième degré; il ne réussit pas pour le troisième; mais il réussit de nouveau pour le quatrième.

Jetez maintenant un coup d'œil sur mon cube et il suffira pour vous faire saisir complètement la chose; si vous voulez construire le reste de l'espace à quatre dimensions constitué par quatre autres cubes, vous n'avez qu'à ajouter un des quatre chiffres (1, 2, 3, 4) aux solutions réelles ou imaginaires des facteurs insérés dans les diverses cases; chose facile, au moyen de la formule générale :

$$\left|\begin{array}{l|l|l|l} y^m + mh & y^{m-1} + \dfrac{m(m-1)}{1.2}h^2 & y^{m-2} + \ldots & h^m \\ + \mathrm{A} & + \mathrm{A}\dfrac{m-1}{1}h & & + \mathrm{A}h^{m-1} \\ & + \mathrm{B} & & + \mathrm{B}h^{m-2} \\ & & & + \\ & & & + \mathrm{K} \end{array}\right|$$

En admettant que l'équation primitive est :

$$x^m + \mathrm{A}x^{m-1} + \mathrm{B}x^{m-2} + \ldots + \mathrm{K},$$

et prenant pour $h$ le chiffre complémentaire du chiffre ajouté, ainsi pour le cas qui nous occupe, nous aurions :

$$\left|\begin{array}{l|l|l|l} y^4 + 4h & y^3 + h^2 & y^2 + 4h^3 & y + h^4 \\ + d & + d3h^3 & + d3h^2 & + dh^3 \\ & - c & + c2h & + ch^2 \\ & & + b & + bh \\ & & & + a \end{array}\right|$$

chaque colonne donne le chiffre correspondant à $d$, $c$, $b$, $a$ à prendre sur le cadre de l'espace à quatre dimensions.

Il est à remarquer qu'on n'a pas à se préoccuper de la forme quelle qu'elle puisse être des racines, réelles ou imaginaires des divers degrés, le résultat n'en est pas moins exact.

Les espaces arithmétiques ainsi considérés sont des tables de décomposition, en facteurs irréductibles, d'une fonction à coefficients réels dont le le degré $v$ est égal au nombre de dimensions de l'espace arithmétique, les cases blanches sont alors des fonctions irréductibles de degré $v$.

La décomposition ne peut se faire que d'une seule manière, et il en résulte une théorie analogue à celle des nombres premiers en arithmétique élémentaire, je ne puis la développer ici, mais le lecteur peut sans peine suppléer à mon silence.

La construction par synthèses successives des divers produits, en employant quelques artifices de calcul, se fait avec une rapidité extrême. Ainsi l'espace à quatre dimensions de module 5, demande environ une heure de travail.

Un coup d'œil jeté sur ces espaces donne une première idée des fonctions arithmétiques. Mais la partie la plus essentielle consiste dans l'analogie entre les fonctions algébriques et les fonctions arithmétiques, dans ce qu'il y a d'identique et de différent dans les deux genres de fonctions, de manière à se rendre compte de la partie de la théorie des fonctions algébriques qu'on peut admettre sans changement et de celle que l'on doit modifier : ainsi dans les fonctions algébriques, toute fonction à coefficients réels est décomposable en facteurs à coefficients de même nature du premier ou du second degré au plus. De là, il résulte qu'il n'existe que des imaginaires du second degré.

Dans les fonctions arithmétiques, les fonctions irréductibles sont d'un degré quelconque, et par suite il en est de même des imaginaires. La théorie des racines de l'unité, si importante en algèbre, demande à être remaniée de fond en comble.

Une question également capitale est celle des équations solubles par radicaux et il y a lieu de se demander si la théorie de Galois concernant les fonctions algébriques s'applique sans changement aux fonctions arithmétiques; et si on doit la modifier, dans quelle mesure et comment.

Nous avons donné ci-dessus un exemple de ces modifications pour ce qui concerne la loi des coefficients en fonction des racines, et en nous en servant pour calculer la case où l'on doit loger une expression imaginaire.

Mais je m'aperçois que mon Mémoire prend des proportions auxquelles je ne m'attendais pas et qu'il est temps de m'arrêter, pourtant je voudrais

dire quelques mots sur la technique des opérations à exécuter sur les nombres arithmétiques.

Prenons la division par exemple : on isole sur le dividende un nombre de chiffres égal à celui du diviseur pour constituer le dividende partiel; on divise le premier chiffre du dividende partiel par le premier chiffre du diviseur, ce qui donne le premier chiffre du quotient, *sans tâtonnement;* on multiplie chaque chiffre du diviseur par le chiffre du quotient et on retranche le chiffre produit du chiffre du même rang dans le dividende partiel; cette opération terminée, on descend un chiffre du dividende pour constituer le deuxième dividende partiel et on opère de la même façon; si le premier chiffre est zéro, le chiffre du quotient est zéro et l'on descend un chiffre, de sorte que, constamment, le dividende partiel a le même nombre de chiffres que le diviseur.

Mais il n'est rien de tel qu'un exemple pour bien faire saisir un mode de procédure. Dans mon premier Mémoire j'ai donné un procédé graphique pour avoir toutes les racines réelles à insérer dans une case; admettons qu'on veuille les déterminer par le calcul. Prenons par exemple module 5 à déterminer les racines réelles des cases 312, 313, 314, correspondant aux équations $x^3 + x^2 + x + 2 \equiv 0$, $x^3 + 3x^2 + x + 3 \equiv 0$ et $x^3 + 3x^2 + x + 4 \equiv 0$.

L'on sait qu'il suffit pour cela de prendre le plus grand codiviseur entre $x^{m-1} - 1$ et $f(x)$; nous avons ici $x^{m-1} = x^4$ et $x^4 - 1$ s'écrit 10004.

Cherchons donc le plus grand codiviseur entre 10004 et 1312, 1313 1314 par les procédés indiqués ci-dessus, on a les opérations suivantes :

| | 12 | 22 | 23 | 13 |
|---|---|---|---|---|
| 10004 | 1312 | 310 | 42 | 4 |
| 2434 | 112 | 20 | 2 | |
| 310 | 42 | 4 | | |

| | 12 | 21 |
|---|---|---|
| 10004 | 1313 | 303 |
| 2424 | 303 | |
| 303 | | |

| | 12 | 20 | 24 |
|---|---|---|---|
| 10004 | 1314 | 341 | 44 |
| 2414 | 044 | 11 | |
| 341 | | | |

Pour 312 nous trouvons pour plus grand codiviseur un chiffre, donc pas de racine réelle; pour 1313 le plus grand codiviseur est 303, correspondant à l'équation $3x^2 + 0x + 3 \equiv 0$ ou $x^2 + 0x + 1 \equiv 0$ ou 101 ayant pour facteurs réels 12 et 13 et par suite pour solutions réelles 2 et 3; pour 1314 le plus grand codiviseur est 44, correspondant à l'équation $4x + 4 \equiv 0$ ou $x + 1 \equiv 0$ correspondant au facteur 11 ayant 4 pour solution.

On voit combien la technique est simplifiée; un coup d'œil jeté sur notre cube de la page 68 fait voir que la case 312 est vide, la case 313 contient (2,3) et la case 314 le chiffre 4.

---

M. Raymond LE VAVASSEUR

à Toulouse.

## LES GROUPES D'ORDRE $p^3q$, $p$ DÉSIGNANT UN NOMBRE PREMIER PLUS GRAND QUE LE NOMBRE PREMIER $q$. [I 9]

— *Séance du 13 août* —

1. — D'après un théorème connu on a :

$$p^3q = p^3m(hp + 1),$$

d'où

$$q = m(hp + 1),$$

et, par suite,

$$h = 0,\ m = q;$$

ce qui prouve que dans le groupe G cherché, il n'y a qu'un sous-groupe d'ordre $p^3$, conjugué de lui-même.

Comme il y a cinq groupes d'ordre $p^3$ (*), cinq cas sont à considérer.

2. — **A**. Le sous-groupe d'ordre $p^3$ conjugué de lui-même est $G_{p^3}$.

Soit $a$ une opération d'ordre $p^3$, $b$ une opération d'ordre $q$, on aura : $ab = ba^\alpha$, avec $\alpha^q \equiv 1 \pmod{p^3}$.

Si $\alpha = 1$, on obtient le groupe $G_{p^3q}$.

(*) Voir mon travail : *Énumération des groupes d'opérations* (Chap. X), édité chez Hermann et Douladoure-Privat, Toulouse.

Si $\alpha$ est différent de 1, (ce qui exige que $q$ divise $p-1$), on pourra avoir le groupe $G^1_{p^3q}$, défini par les équations

$$a^{p^3} = b^q = 1, \quad ab = ba^\alpha,$$

où $\alpha$ appartient à l'exposant $q$ (mod. $p^3$).

3. — **B**. Le sous-groupe d'ordre $p^3$ conjugué de lui-même est $G_{p^3}G_p$.

Soit $a$ une opération d'ordre $p^2$, $b$ une opération d'ordre $p$, telle que $ab = ba$; soit enfin $c$ une opération d'ordre $p$, permutable avec le groupe $\{a, b\}$.

On aura $ac = ca^\alpha b^\beta$ où $\alpha$ est premier avec $p$,

$bc = ca^{\gamma p} b^\delta$ où $\delta$ est premier avec $p$.

Voici maintenant les diverses hypothèses possibles :

4. — 1° Si l'opération $c$ est permutable avec $a$ et avec $b$, on a le groupe

$$G_{p^3}G_pG_q = G_{p^3q}G_p = G_{p^3}G_{pq}.$$

5. — 2° L'opération $c$ est permutable avec $a$; elle transforme $b$ en l'une de ses puissances, autre que la première.

On aura le groupe $G_{p^3}\ G^1_{p1}$. (*)

6. — 3° L'opération $c$ est permutable avec $b$, elle transforme $a$ en l'une de ses puissances, autre que la première.

On a le groupe $G^1_{p^3q}G_p$. (**)

7. — 4° Supposons que $ac = ca^\alpha$, avec $\alpha^q \equiv 1 \pmod{p^2}$,

$bc = cb^\beta$, avec $\beta^q \equiv 1 \pmod{p}$

et que $\alpha$ et $\beta$ soient, l'un et l'autre, différents de 1.

Les groupes $G^2_{p^3q}$ sont définis par les équations

$$a^{p^3} = b^p = c^q = 1,\ ab = ba,\ ac = ca^\alpha,\ bc = cb^\beta$$

où $\alpha$ appartient à l'exposant $q$ (mod. $p^2$),

et $\beta$ appartient à l'exposant $q$ (mod. $p$).

Il s'agit de savoir combien il y a de groupes distincts.

Les nombres qui appartiennent à l'exposant $q$ (mod. $p^2$), sont :

(*) Voyez *loco citato*, chapitre III.

(**) Voyez *loco citato*, chapitre IV.

$\alpha$, $\alpha^2$, ..., $\alpha^{q-1}$; ceux qui appartiennent à l'exposant $q$ (mod. $p$), sont $\beta$, $\beta^2$, ..., $\beta^{q-1}$.

Il est clair que la première suite, si elle existe, coïncide avec la deuxième, et qu'on aura alors les groupes distincts suivants :

$$G_{p^3q}^{2,r} \quad (a^{p^2} = b^p = c^q = 1,\ ab = ba,\ ac = ca^\alpha,\ bc = cb^{\alpha^r})$$

$\alpha$ appartient à l'exposant $q$ (mod. $p^2$); $r = 1, 2, \ldots, q-1$.

En effet, tout nombre congru à 1 (mod. $p^2$), est aussi congru à 1 (mod. $p$).

D'autre part, $\alpha$ *appartient* à l'exposant $q$ (mod. $p^2$). Cela veut dire que l'exposant $q$ est la plus petite puissance de $\alpha$ telle que $\alpha^q$ soit congru à 1 (mod. $p^2$). Il faut montrer que $\alpha$ *appartient* aussi à l'exposant $q$ (mod. $p$).

Supposons que l'on ait $\alpha^s = 1 + \lambda p$, $s$ premier avec $q$, $\lambda$ premier avec $p$;

on a : $$\alpha^{sq} = (1 + \lambda p)^q = 1 + \lambda qp + \frac{q(q-1)}{1 \cdot 2}\lambda^2 p^2 + \ldots$$

ou $$\alpha^{sq} \equiv 1 + \lambda pq \pmod{p^2}.$$

Donc on devrait avoir : $\lambda pq \equiv 0 \pmod{p^2}$,

$$\lambda q \equiv 0 \pmod{p},$$

ce qui est impossible.

Donc, tout nombre qui appartient à l'exposant $q$ (mod. $p^2$), appartient aussi à l'exposant $q$ (mod. $p$).

8. — 5° Soit $ac = ca^\alpha$, avec $\alpha^q \equiv 1 \pmod{p^2}$,

et $bc = ca^{\gamma p}b^\delta$ avec $\gamma\delta \not\equiv 0 \pmod{p}$.

Alors $bc^\mu = c^\mu a^{\gamma p(\alpha^{\mu-1}+\alpha^{\mu-2}\delta+\ldots+\delta^{\mu-1})} b^{\delta\mu}$.

Je dis qu'on a : $\alpha - \delta \not\equiv 0 \pmod{p}$.

Supposons en effet qu'on ait : $\alpha = \delta + mp$.

Alors $bc^\mu = c^\mu a^{\mu\gamma p\alpha^{\mu-1}} b^{\delta\mu}$.

Donc $bc^q = c^q a^{\gamma pq\alpha^{q-1}} b^{\delta q}$.

Mais $c^q = 1$, $\gamma \not\equiv 0$. C'est impossible.

Alors $bc^\mu = c^\mu a^{\gamma p\frac{\alpha^\mu - \delta^\mu}{\alpha - \delta}} b^{\delta\mu}$.

On doit avoir $\delta^q \equiv 1 \pmod{p}$.

Cela posé on a : $a^x b^y c = c a^{\alpha x + \gamma p y} b^{\delta y}$.

Cherchons s'il existe une opération de la forme $a^x b^y$, $(y \not\equiv 0) \pmod{p}$, que $c$ transforme en l'une de ses puissances $\sigma$.

On aura : $$\delta \equiv \sigma - p\rho,$$

puis $$\alpha x + \gamma p y \equiv \sigma x \pmod{p^2},$$

ou $$\alpha x + \gamma p y \equiv x(\delta + p\rho) \pmod{p^2},$$

ou $$(\alpha - \delta)x \equiv p(\rho x - \gamma y) \pmod{p^2}.$$

Comme $p$ divise $(\alpha - \delta)x$ et ne divise pas $\alpha - \delta$, il divise $x$; soit $x = px'$.

Il vient $$(\alpha - \delta)x' \equiv -\gamma y \pmod{p},$$

congruence qui donne $x'$, quand $y$ est donné.

Prenons $$y = 1,\ x' \equiv \frac{\gamma}{\delta - \alpha}.$$

L'opération $a^{\frac{\gamma p}{\delta - \alpha}} b = b'$ pourra être prise à la place de $b$ comme opération génératrice, et alors on retombe sur un cas déjà traité.

9. — 6° Soit : $ac = ca^\alpha b^\beta$, $\alpha$ est premier avec $p$, ainsi que $\beta$,

$$bc = cb^\delta,\ \delta \text{ est premier avec } p,$$

$$ac^\mu = c^\mu a^{\alpha^\mu} b^{\beta(\alpha^{\mu-1} + \alpha^{\mu-2}\delta + \ldots + \delta^{\mu-1})}.$$

Je dis que l'on doit avoir $\alpha \not\equiv \delta \pmod{p}$.

En effet, soit : $\alpha = \delta + mp$. On aurait $ac^\mu = c^\mu a^{\alpha^\mu} b^{\mu\beta\alpha^{\mu-1}}$, donc, pour $\mu = q$, $ac^q = c^q a^{\alpha^q} b^{q\beta\alpha^{q-1}}$, ce qui est impossible.

Alors $$ac^\mu = c^\mu a^{\alpha^\mu} b^{\beta\frac{\alpha^\mu - \delta^\mu}{\alpha - \delta}}.$$

On aura, bien entendu $$\delta^q \equiv 1 \pmod{p}.$$

On a ensuite $$\alpha^q \equiv 1 \pmod{p^2}.$$

Maintenant, $$a^x b^y c = c a^{\alpha x} b^{\xi x + \delta y}.$$

Cherchons à déterminer $x$, $y$ et $\sigma$ de façon qu'on ait $\alpha \equiv \sigma \pmod{p^2}$.

$$\beta x + \delta y \equiv \sigma y \pmod{p},$$

Prenons donc $\sigma = \alpha$, $(\delta - \alpha)y \equiv -\beta x \pmod{p}$.

Comme $\delta - \alpha$ est incongru à 0 (mod. $p$), on pourra se donner arbitrairement $x$; $y$ est alors déterminé.

Soit $x = 1$, $y \equiv \frac{\beta}{\alpha - \delta}$; $ab^{\frac{\beta}{\alpha-\delta}}$ pourra remplacer $a$ comme opération génératrice. On retombe sur un cas déjà traité.

10. — 7° Reste à examiner le cas où l'on a :

$$\begin{aligned} ac &= ca^{\alpha}b^{\delta} \\ bc &= ca^{\gamma p}b^{\delta} \end{aligned} \qquad \text{avec } \alpha\beta\gamma\delta \not\equiv 0 \pmod{p}.$$

Alors $$a^x b^y c = ca^{\alpha x + \gamma p y} b^{\beta x + \delta y}.$$

S'il existe une seule opération du groupe $\{a, b\}$, autre que l'opération identique, que $c$ transforme en l'une de ses puissances, nous retombons sur un cas traité.

Or, faisons $$x = px', \quad a^{px'}b^y c = ca^{p(\alpha x' + \gamma y)}b^{\delta y}.$$

Soit alors $\sigma = \delta$, $\alpha x' + \gamma y \equiv \delta x' \pmod{p}$, détermine $y$ si $x$ est donné. On retombe sur un cas déjà traité.

11. — **C.** Le sous-groupe d'ordre $p^3$ conjugué de lui-même est $(G_p)^3$.

Soient $a, b, c$, trois opérations d'ordre $p$, permutables deux par deux; soit $d$ une opération d'ordre $q$,

$d$ est permutable avec le groupe $\{a, b, c\}$.

1° Si $d$ est permutable avec toutes les opérations du groupe $\{a, b, c\}$, et par suite avec $a$, $b$ et $c$, on a le groupe

$$(G_p)^3 G_q = (G_p)^2 G_{pq}.$$

12. — 2° Si $d$ est permutable avec $b$ et avec $c$, mais transforme $a$ en l'une de ses puissances, autre que la première, on a le groupe décomposable $(G_p)^2 G^1_{pq}$ ($q$ divise alors $p - 1$).

13. — 3° Supposons toujours $d$ permutable avec $b$ et $c$, et soit

$$ad = da^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}.$$

On en déduit :

$$ad^{\nu} = d^{\nu}a^{\alpha^{\nu}}b^{\beta(\alpha^{\nu-1}+\alpha^{\nu-2}+\ldots+1)}c^{\gamma(\alpha^{\nu-1}+\alpha^{\nu-2}+\ldots+1)}.$$

On ne peut avoir $\alpha = 1$, car on en déduirait :

$$ad^{\nu} = d^{\nu}ab^{\beta\nu}c^{\gamma\nu}$$

donc $$ad^{q} = d^{q}ab^{\beta q}c^{\gamma q}$$

donc $$\beta = \gamma = 0,$$

ce que nous ne supposons pas.

Donc $\alpha$ doit appartenir à l'exposant $q$ (mod. $p$).

Soit alors $$ab^{y}c^{z}d = da^{\alpha}b^{y+\beta}c^{z+\gamma}.$$

Déterminons $y$ et $z$ par les congruences

$$\left.\begin{aligned}\beta + y &\equiv ay\\ \gamma + z &\equiv az\end{aligned}\right\} \text{ (mod. } p),$$

ce qui est possible, puisque $\alpha$ est différent de 1.

On retombe sur le n° 2 (§ 12).

14. — 4° Supposons que $d$ soit permutable avec $c$ :

On a alors les groupes $G^{2;r}_{p^2q}G_p$ et $G^{3}_{p^2q}G_p$ (*)

15. — 5° $d$ n'est permutable à aucune des opérations du groupe $\{a, b, c\}$, mais $d$ est permutable à 3, au moins, des $p^2 + p + 1$ sous-groupes d'ordre $p$ du groupe $\{a, b, c\}$.

On a :
$$\left.\begin{aligned}ad &= da^{\alpha}\\ bd &= db^{\alpha^{r}}\\ cd &= dc^{\alpha^{s}}\end{aligned}\right\} \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \text{ (mod. } p).$$

Maintenant, on a : $$a^{x}b^{y}c^{z}a^{\lambda}b^{\mu}c^{\nu}d^{\varrho} = a^{\lambda}b^{\mu}c^{\nu}a^{x}b^{y}c^{z}d^{\varrho}$$

ou bien $$(a^{x}b^{y}c^{z})(a^{\lambda}b^{\mu}c^{\nu}d^{\varrho}) = (a^{\lambda}b^{\mu}c^{\nu}d^{\varrho})a^{x\alpha^{\varrho}}b^{y\alpha^{r\varrho}}c^{z\alpha^{s\varrho}}$$

Pour que $d$ soit permutable avec le groupe $\{a^{x}b^{y}c^{z}\}$, il faut ou bien que $y$ et $z$ soient nuls simultanément ou bien $z$ et $x$, ou bien $x$ et $y$ ; ou bien

(*) Voyez *loco citato*, Ch. VII.

qu'on ait $x = 0$, et $r = s$, ou bien $y = 0$ et $s = 1$, ou bien $z = 0$ et $r = 1$ ; ou bien enfin qu'on ait $r = s = 1$.

Dans ce dernier cas ($r = s = 1$), $d$ est permutable avec chacun des $p^2 + p + 1$ sous groupes d'ordre $p$.

D'une façon générale, soit $m$ le nombre des sous-groupes d'ordre $p$ avec lesquels $d$ est permutable ; $n$ le nombre des ensembles de $q$ sous-groupes d'ordre $p$ tels que $d$ transforme les uns dans les autres les sous-groupes de l'un quelconque de ces ensembles. On a :

$$m + nq = p^2 + p + 1.$$

Dans le cas $r = s = 1$, on a $n = 0$.

Si $r = 1$, $s \neq 1$, $d$ sera permutable aux $p + 1$ sous-groupes de $\{ a, b \}$ et à $\{ c \}$ ; donc $m = p + 2$, $nq = p^2 - 1$ ; d'ailleurs, $q$ divise $p - 1$.

Si $r \neq 1$, $s \neq 1$, $s \neq r$, on a $m = 3$, $nq = p^2 + p - 2 = (p - 1)(p + 2)$.

D'ailleurs $q$ divise toujours $p - 1$.

Nous avons ainsi les groupes définis par les équations :

$$a^p = b^p = c^p = d^q = 1, \quad ab = ba, \quad ac = ca, \quad ad = da^\alpha,$$

$$bc = cb, \quad bd = db^{\alpha^r}, \quad cd = dc^{\alpha^s}.$$

où $\alpha$ appartient à l'exposant $q$, mod. $p$).

On les appellera les groupes $G_{p^3q}^{3;r,s}$.

Il s'agit de savoir combien de ces groupes sont distincts.

Nous pouvons mettre à part le groupe $G_{p^3q}^{3;1,1}$ : pour ce groupe particulier, chaque sous-groupe d'ordre $p$ du groupe $\{ a, b, c \}$ est conjugué de lui-même dans le groupe total.

Viennent ensuite les groupes $G_{p^3q}^{3;1,s}$ ($s \neq 1$) ; pour ces groupes, chaque sous-groupe d'ordre $p$ du groupe $\{ a, b \}$ est conjugué de lui-même dans le groupe total. Chaque valeur de $s$ donne un groupe différent, cela donne $q - 2$ groupes.

Soient enfin $r$ et $s$ différents de zéro et de 1, $r \neq s$.

Alors les seuls groupes d'ordre $p$ auxquels $d$ soit permutable sont les sous-groupes $\{ a \}$, $\{ b \}$, $\{ c \}$.

Il est clair que les groupes $G_{p^3q}^{3;r,s}$ et $G_{p^3q}^{3;s,r}$ sont les mêmes ; il suffit, pour le voir, de permuter les opérations $b$ et $c$.

Ensuite, soit $d' = d^{\frac{1}{r}}$ ; on a : $ad' = d'a^{\alpha^{\frac{1}{r}}}$, $bd' = d'b^\alpha$, $cd' = d'c^{\alpha^{\frac{s}{r}}}$. Par suite, les groupes $G_{p^3q}^{3;\frac{1}{r},\frac{s}{r}}$, $G_{p^3q}^{3;\frac{s}{r},\frac{1}{r}}$ ne sont pas distincts des précédents, non plus que les groupes $G_{p^3q}^{3;\frac{1}{s},\frac{r}{s}}$ et $G_{p^3q}^{3;\frac{r}{s},\frac{1}{s}}$. En un mot, on peut permuter $r$ et $s$,

et remplacer soit $r$, soit $s$ par son associé (mod. $q$). On aura donc ainsi $\frac{(q-1)(q-2)}{6}$ groupes.

En tout, $\frac{(q-1)(q-2)}{6} + q - 1 = \frac{(q-1)(q+4)}{6}$ groupes.

16. — 6° $d$ n'est permutable avec aucune des opérations du groupe $\{a, b, c\}$ et n'est permutable qu'à deux sous groupes d'ordre $p$ de ce groupe. Alors on aurait $m = 2$ (Voyez le n° 15).

$$nq = p^2 + p - 1 = (p-1)(p+2) + 1.$$

$q$ devrait donc diviser simultanément $p - 1$ et $(p-1)(p+2) + 1$.

C'est impossible.

17. — 7° $d$ n'est permutable à aucune opération du groupe $\{a, b, c\}$ et n'est permutable qu'à *un* sous-groupe d'ordre $p$ de ce groupe.

Alors $nq = p^2 + p = (p-1)(p+2) + 2$.

$q$ doit diviser à la fois $p - 1$ et 2 ; donc on a $q = 2$.

On peut supposer que l'on a :

$ad = da^{-1}$, $bd = dc$, $cd = db$, $d^2 = 1$, car on peut prendre pour $c$ l'opération en laquelle $d$ transforme $b$.

Mais alors $bcd = dbc$.

$d$ est permutable à l'opération $bc$, On retombe sur un cas traité.

18. — 8° $d$ n'est permutable à aucun sous-groupe d'ordre $p$.

On a $nq = p^2 + p + 1 = (p-1)(p+2) + 3$.

$q$ ne pourra donc diviser à la fois $p - 1$ et 3 que s'il est égal à 3. Examinons d'abord le cas où $q = 3$.

Alors on peut supposer que l'on a :

$$ad = db,\ bd = dc,\ cd = da.$$

Mais alors $abcd = dabc$.

$d$ serait permutable à $abc$.

On peut donc écarter le cas $q = 3$.

Si $q$ est premier, et plus grand que 3, et divise $p^2 + p + 1$, il ne peut diviser $p - 1$.

Posons : $ad = db$, $bd = dc$, $cd = da^\alpha b^\beta c^\gamma$,

d'où $a^x b^y c^z d = d a^{\alpha z} b^{x+\beta z} c^{y+\gamma z}$.

A la transformation par $d$ correspond la substitution, faite sur les exposants $(\alpha z, x + \beta z, y + \gamma z)$.

Le déterminant de la substitution est :

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & \alpha \\ 1 & 0 & \beta \\ 0 & 1 & \gamma \end{vmatrix} = \alpha.$$

On a donc $\alpha^q \equiv 1 \pmod{p}$, et, puisque $q$ ne divise pas $p - 1$, $\alpha = 1$.

Pour avoir :

$$\left.\begin{aligned} z &\equiv sx \\ x + \beta z &\equiv sy \\ y + \gamma z &\equiv sz \end{aligned}\right\} \pmod{p},$$

il faut que $s$ satisfasse à la congruence :

$$\begin{vmatrix} -s & 0 & 1 \\ 1 & -s & \beta \\ 0 & 1 & \gamma - s \end{vmatrix} \equiv 0 \pmod{p}.$$

ou $$s^2(\gamma - s) + 1 + \beta s \equiv 0 \pmod{p}.$$

ou $$s^3 \equiv \gamma s^2 + \beta s + 1 \pmod{p}.$$

Cette congruence, dans le cas actuel, est irréductible.

Soit $f(x)$ un polynome entier, de degré 3, à coefficients entiers pris suivant le module $p$, et tel que la congruence $f(x) \equiv 0 \pmod{p}$ soit irréductible, et prenons cette congruence irréductible comme congruence fondamentale.

Soient $j$, $j^p$, $j^{p^2}$ les racines de la congruence :

$$s^3 \equiv \gamma s^2 + \beta s + 1, \qquad (\text{modd. } dp, f(x)),$$

on a :

$$j + j^p + j^{p^2} \equiv \gamma, \qquad j^{1+p} + j^{1+p^2} + j^{p+p^2} \equiv -\beta, \qquad j^{1+p+p^2} \equiv 1.$$

Posons $$b = \alpha^j, \; c = \alpha^{j^2},$$

l'opération $a$ admettant comme exposants des nombres imaginaires de Galois (*).

De là je conclus : $$ad = d\alpha^j, \qquad \alpha^j d = d\alpha^{j^2}.$$

Puis : $$\alpha^{j^2} d = da \cdot \alpha^{j\beta} \cdot \alpha^{j^2\gamma} = d\alpha^{j^3}.$$

(*) Voyez *loco citato*, chap. VII.

On constate ensuite que $a^{j^3}d = da^{j^4}$, $a^{j^4}d = da^{j^5}$, ... par le calcul, de proche en proche.

Bref, on a : $$ad^r = d^r a^{j^r},$$

et par suite : $$j^q \equiv 1 \ (\text{modd. } p;\ f(x)).$$

On aura ainsi le groupe $G^4_{p^3q}$,

$$a^{(p,f(x))} = b^q = 1, \qquad ab = ba^j,$$

$j$ appartient à l'exposant $q$ (modd. $p$, $f(x)$).

19. — **D.** Nous envisageons actuellement le cas où le groupe d'ordre $p^3$, conjugué de lui-même, est $G^1_{p^3}$,

$$a^p = \alpha, \qquad b^p = \alpha^p = 1, \qquad ab = ba\alpha.$$

On a : $$a^{p^2} = b^p = 1, \qquad ab = ba^{1+p}.$$

Adjoignons à $a$ et à $b$ une opération $c$, d'ordre $q$, permutable avec le groupe $\{ a, b \}$.

On aura : $$\left.\begin{aligned} ac &= ca^\alpha b^\beta \\ bc &= ca^{p\gamma} b^\delta \end{aligned}\right\} \text{avec } \alpha\delta \not\equiv 0 \ (\text{mod. } p).$$

D'ailleurs : $$abc = ca^{\alpha+p\gamma} b^{\beta+\delta},$$

et $$ba^{1+p}c = ca^{p\gamma} b^\delta a^{\alpha+\alpha p} b^\beta.$$

Donc, comme $$ab = ba^{1+p},$$

il vient : $$a^{\alpha+p\gamma} b^{\beta+\delta} = a^{p\gamma} b^\delta a^{\alpha+\alpha p} b^\beta,$$

ou $$a^\alpha b^\delta = b^\delta a^{\alpha+\alpha p}.$$

Mais $$a^\alpha b^\delta = b^\delta a^{\alpha(1+p)^\delta}.$$

On a donc $$(1+p)^\delta \equiv 1 + p \ (\text{mod. } p^2).$$

Mais $$(1+p)^\delta \equiv 1 + p\delta \ (\text{mod. } p^2);$$

donc $$\delta = 1.$$

20. — 1° L'opération $c$ est permutable avec $a$ et avec $b$.
On a le groupe $G^1_{p^3}G_p$.

21. — 2° L'opération $c$ est permutable avec $b$, et l'on a

$$ac = ca^\alpha,$$

$\alpha$ appartenant à l'exposant $q$ (mod. $p^2$).
On a le groupe $G^5_{p^3q}$,

$$a^{p^2} = b^p = c^q = 1, \qquad ab = ba^{1+p}, \qquad bc = cb, \qquad ac = ca^\alpha$$

$\alpha$ appartient à l'exposant $q$ (mod. $p^2$).

22. — 3° Soient $ac = ca^\alpha b^\beta$, $\quad bc = cb$, $\quad \alpha\beta \not\equiv 0 \pmod{p}$.

On a : $ac^\mu = c^\mu a^{\alpha\mu - \frac{\alpha^\mu p}{2}(\alpha-1+\alpha^2-1+\ldots+\alpha^{\mu-1}-1)} b^{(\alpha^\mu-1+\alpha^{\mu-2}+\ldots+1)\beta}$

Faisons $\mu = q$; on voit donc qu'on ne peut supposer $\alpha = 1$, car on aurait $a = ab^{q\beta}$.
Donc, il faut que $\alpha$ *appartienne* à l'exposant $q$ (mod. $p$).

D'une façon générale $\left(a^\alpha b^\beta\right)^x = b^{\beta x} a^{\alpha x + \alpha\beta p \frac{x(x+1)}{2}}$

Donc, $$\alpha^x c = ca^{\alpha x - \alpha\beta p \frac{x(x-1)}{2}} b^{\beta x}.$$

Ensuite, $\quad ab^y c = ca^\alpha b^{\beta+y}$; $\qquad \left(ab^y\right)^\sigma = \alpha^{\sigma - \gamma p \frac{\sigma(\sigma-1)}{2}} b^{y\sigma}$.

Posons $$\alpha \equiv \sigma - yp\,\frac{\sigma(\sigma-1)}{2} \pmod{p^2},$$

$$\beta + y \equiv y\sigma \pmod{p}.$$

Soit $\sigma = \alpha + \rho p$; la première congruence donne :

$$\rho \equiv y\,\frac{(\alpha+\rho p)(\alpha+\rho p-1)}{2} \pmod{p},$$

ou $$\rho \equiv y\,\frac{\alpha(\alpha-1)}{2} \pmod{p}.$$

La deuxième congruence donne $\alpha y \equiv \beta + y \pmod{p}$.
Cette dernière congruence détermine $y$, puisque nous avons vu que $\alpha$ est différent de 1. On a :

$$y \equiv \frac{\beta}{\alpha - 1}.$$

Ainsi $ab^{\frac{\beta}{\alpha-1}} = a'$ se transforme, sous l'influence de $c$, en :

$$a'^{\sigma} = a'^{\alpha+\frac{\alpha\beta p}{2}}.$$

On retombe sur le numéro 2.

23. — 4° Soit $\qquad ac = ca^{\alpha}, \qquad bc = ca^{p\gamma}b.$

Alors $\qquad a^{x}bc = ca^{\alpha x+p\gamma}b.$

D'une façon générale

$$bc^{\mu} = c^{\mu}a^{p\gamma(\alpha^{\mu-1}+\alpha^{\mu-2}+\ldots+1)}b.$$

Donc $\alpha$ est différent de 1, $\alpha$ appartient à l'exposant $q$ (mod. $p^2$).
On pourra donc déterminer $x$ par la condition

$$ax + p\gamma \equiv x \text{ (mod. } p^2).$$

Alors on retombe sur le numéro 2 : il suffira de poser

$$x = yp, \qquad \alpha y + \gamma \equiv y \text{ (mod } p),$$

et de prendre $\qquad a^{yp}b = a^{\frac{p\gamma}{1-\alpha}}b = b'$

comme opération génératrice au lieu de $b$.

24. — 5° Soit :

$$ac = ca^{\alpha}b^{\beta},$$

$$bc = ca^{p\gamma}b.$$

On a : $\qquad bc^{\mu} = c^{\mu}a^{p\gamma(\alpha^{\mu-1}+\alpha^{\mu-2}+\ldots+1)}b.$

Donc $\alpha$ est différent de 1.

D'ailleurs : $\qquad a^{x}bc = ca^{\alpha x-\alpha\beta p\frac{x(x-1)}{2}+p\gamma}b^{\beta x+1}.$

Faisons $x = px'$ : $\qquad a^{px'}bc = ca^{(\alpha x'+\gamma)p}b.$

Enfin, déterminons $x'$ par la congruence

$$\alpha x' + \gamma \equiv x' \text{ (mod. } p).$$

On retombe sur le numéro 3.

25. — **E.** Le sous-groupe d'ordre $p^3$ est $G^2_{p^3}$ :

$$a^p = b^p = c^p = 1, \qquad ab = bac, \qquad ac = ca, \qquad bc = cb.$$

Soit $d$ une opération d'ordre $q$, permutable avec le groupe $\{ a, b, c \}$

On aura :
$$\begin{cases} ad = da^\alpha b^\beta c^\gamma, \\ bd = da^\delta b^\varepsilon c^\zeta, \\ cd = dc^\eta. \end{cases}$$

Alors :
$$abd = da^{\alpha+\delta} b^{\beta+\varepsilon} c^{\gamma+\zeta-2\delta},$$

$$bacd = da^{\alpha+\delta} b^{\varepsilon+\beta} c^{\gamma+\zeta+\eta-\alpha\varepsilon},$$

et, par suite, comme $ab = bac$, j'en déduis :

$$\eta \equiv \varepsilon\alpha - \beta\delta \pmod{p}.$$

26. — 1° Si $d$ est permutable simultanément avec $a$, $b$, $c$, on trouve le groupe $G^2_{p^3} G^p$.

27. — 2° Si $d$ reste permutable avec $a$, et si l'on a $bd = db^\varepsilon$, d'où $cd = dc^\varepsilon$, on obtient le groupe $G^6_{p^3q}$ :

$$a^p = b^p = c^p = d^q = 1, \qquad ab = bac, \qquad ac = ca, \qquad bc = cb,$$
$$ad = da, \qquad bd = db^\alpha, \qquad cd = dc^\alpha,$$

où $\alpha$ appartient à l'exposant $q$ (mod. $p$).

28. — 3° Soit : $ad = da^\alpha, \quad bd = db^\varepsilon, \quad cd = dc^{\alpha\varepsilon},$

$\alpha$ et $\varepsilon$ appartenant à l'exposant $q$ (mod. $p$).

On a : $\varepsilon = \alpha^r, \qquad r \neq 0.$

$$ad = da^\alpha, \qquad bd = db^{\alpha^r}, \qquad cd = dc^{\alpha^{1+r}}.$$

Pour voir, parmi ces groupes, combien il y en a de distincts, cherchons quelles sont les opérations du groupe $\{ a, b, c \}$ que $d$ transforme en l'une de leurs puissances.

On a : $$a^l b^m c^n d = da^{l\alpha} b^{m\alpha^r} c^{n\alpha^{1+r}}.$$

Mais $$(a^l b^m c^n)^\sigma = \alpha^{l\sigma} b^{m\sigma} c^{n\sigma - lm\frac{\sigma(\sigma-1)}{2}}.$$

D'où il suit qu'on devra avoir :

$$\left.\begin{aligned} l\sigma &\equiv l\alpha \\ m\sigma &\equiv m\alpha^r \\ n\sigma - lm\,\frac{\sigma(\sigma-1)}{2} &\equiv n\alpha^{1+r} \end{aligned}\right\} \pmod{p},$$

$m = n = 0,\ \sigma = \alpha$ donnent $a^l$,
$n = l = 0,\ \sigma = \alpha^r$ donnent $b^m$,
$l = m = 0,\ \sigma = \alpha^{r+1}$ donnent $c^n$.

En dehors de ces solutions évidentes, si l'on suppose $r \not\equiv 1$, il n'y en a pas d'autres.

Soit $n = 1,\ \sigma = \alpha$, on a :

$$n\alpha^2 \equiv n\alpha - lm\,\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}$$

ou $$\left(n + \frac{lm}{2}\right)\alpha(\alpha-1) \equiv 0 \pmod{p},$$

donc $$2n + lm \equiv 0 \pmod{p}.$$

$\left\{ a^l b^m c^{-\frac{lm}{2}} \right\}$ est un sous-groupe auquel $d$ est permutable, quels que soient $l$ et $m$.

Ainsi le cas $r = 1$ devra être mis à part.

Supposons $r \not\equiv 1$. Les groupes $\{a\}, \{b\}, \{c\}$ jouent, par rapport à l'opération $d$ un rôle spécial, puisque ce sont les seuls groupes de $\{a, b, c\}$ auxquels l'opération $d$ soit permutable.

Soient $a'$, $b'$, $c'$, d'autres opérations génératrices du groupe $\{a, b, c\}$.
On pourra supposer $a'$, $b'$, $c'$ choisies de telle sorte que l'on ait :

$$a'd = da'^{\alpha'}, \qquad b'd = db'^{\alpha' r'}, \qquad c'd = dc'^{\alpha' 1 + r'}.$$

On aura alors ou bien :

$$a' = a^l, \qquad b' = b^m, \qquad c' = c^n,$$

et l'on en déduit :

$$a' \equiv \alpha \pmod{p}, \qquad r' \equiv r \pmod{q},$$

ou bien $$a' = b^m, \qquad b' = a^l, \qquad c = c^n.$$

Alors : $\alpha' \equiv \alpha^r, \qquad \alpha'^{r'} \equiv \alpha^{rr'} \equiv \alpha \pmod{p},$

donc $$rr' \equiv 1 \pmod{q}.$$

Ainsi deux valeurs de $r$ associées suivant le module $q$ donnent le même groupe.

On obtient donc les groupes $G^{\gamma,r}_{p^3q}$, définis comme il suit :

$$\left(a^p = b^p = c^p = d^\gamma = 1, \quad ab = bac, \quad ac = ca, \quad bc = cb,\right.$$
$$\left. ad = da^\alpha, \quad bd = db^{\alpha^r}, \quad cd = dc^{\alpha^{1+r}}, \quad r = 1, 2, \ldots, q-1\right)$$

(deux valeurs de $r$ associées (mod. $q$) donnent le même groupe).

29. — 4° Soit :

$$\begin{cases} ad = da^\alpha c^\gamma, \\ bd = db^\varepsilon c^\zeta, \\ cd = dc^{\alpha\varepsilon}. \end{cases}$$

On a : $$ad^\sigma = d^\sigma a^{\alpha^\sigma} c^{\alpha^{\sigma-1}\gamma(1+\varepsilon+\varepsilon^2+\ldots+\varepsilon^{\sigma-1})}.$$

On doit donc avoir :

$$\varepsilon \neq 1, \qquad \varepsilon^q \equiv 1 \pmod{p}.$$

De même : $$bd^\sigma = d^\sigma b^{\varepsilon^\sigma} c^{\varepsilon^{\sigma-1}\zeta(1+\alpha+\alpha^2+\ldots+\alpha^{\sigma-1})}.$$

On doit donc avoir :

$$\alpha \neq 1, \qquad \alpha^\eta \equiv 1 \pmod{p}.$$

Mais alors : $$ac^z d = da^\alpha c^{\gamma+\alpha\varepsilon z}.$$

Déterminons $z$ par la congruence $\alpha\varepsilon z + \gamma \equiv \alpha z \pmod{p}$,

ou $$\alpha z(\varepsilon - 1) + \gamma \equiv 0 \pmod{p}.$$

Alors $ac^z = a'$ est une opération que $d$ transforme en l'une de ses puissances.

De même : $$bc^z d = db^\varepsilon c^{\zeta+\alpha\varepsilon z}.$$

Déterminons $z$ par la congruence $\varepsilon z(\alpha - 1) + \zeta \equiv 0 \pmod{p}$.
$bc^z = b'$ est une opération que $d$ transforme en l'une de ses puissances.
D'ailleurs $a'$ et $b'$ sont d'ordre $p$ : on retombe sur un cas traité.

30. — 5° Soient: $\begin{cases} ad = da^{\alpha}c^{\gamma}, \\ bd = da^{\delta}b^{\varepsilon}c^{\zeta}, \\ cd = dc^{\alpha\varepsilon}, \end{cases}$

Comme au n° 4 on doit avoir $\varepsilon \not\equiv 1$, $\varepsilon^q \equiv 1 \pmod{p}$, et on en déduit qu'on peut supposer $\gamma = 0$.

Soient donc $ad = da^{\alpha}$, $bd = da^{\delta}b^{\varepsilon}c^{\zeta}$, $cd = dc^{\alpha\varepsilon}$.

On a : $$bd^2 = d^2a^{\delta(\alpha+\varepsilon)}b^{\varepsilon^2}c^{\zeta\varepsilon(\alpha+1)-\delta\varepsilon\frac{\varepsilon(\varepsilon-1)}{2}}$$

$$bd^3 = d^3\alpha^{\delta(\alpha^2+\alpha\varepsilon+\varepsilon^2)}b^{\varepsilon^3}c^{\zeta\varepsilon^3(\alpha^2+\alpha+1)-\delta\varepsilon\left[\frac{\varepsilon^3(\varepsilon^3-1)}{2}+\alpha\varepsilon\frac{\varepsilon^2(\varepsilon^2-1)}{2}+\alpha^2\varepsilon^2\frac{\varepsilon(\varepsilon-1)}{2}\right]}$$

$$bd^4 = d^4a^{\delta(\alpha^3+\varepsilon\alpha^2+\varepsilon^2\alpha+\varepsilon^3)}b^{\varepsilon^4}c^{\zeta\varepsilon^6(\alpha^3+\alpha^2+\alpha+1)-\delta\varepsilon\left[\frac{\varepsilon^3(\varepsilon^3-1)}{2}+\alpha\varepsilon\frac{\varepsilon^2(\varepsilon^2-1)}{2}+\alpha^2\varepsilon^2\frac{\varepsilon(\varepsilon-1)}{2}\right]}$$

et ainsi de suite.

D'ailleurs :

$$\frac{\varepsilon^{\mu}(\varepsilon^{\mu}-1)}{2}+\alpha\varepsilon\frac{\varepsilon^{\mu-1}(\varepsilon^{\mu-1}-1)}{2}+\alpha^2\varepsilon^2\frac{\varepsilon^{\mu-2}(\varepsilon^{\mu-2}-1)}{2}+\ldots+\alpha^{\mu-1}\varepsilon^{\mu-1}\frac{\varepsilon(\varepsilon-1)}{2}$$
$$=\frac{1}{2}\left[\frac{\varepsilon^{\mu}(\varepsilon^{\mu+1}-\alpha^{\mu+1})}{\varepsilon-\alpha}-\frac{\varepsilon^{\mu}(1-\alpha^{\mu+1})}{1-\alpha}\right].$$

Faisons $\mu = q-1$, $\alpha$ est différent de 1; autrement, l'expression précédente donne $\frac{1}{2}\frac{\varepsilon^{q-1}(\varepsilon^q-1)}{\varepsilon-1}-\frac{1}{2}q\varepsilon^{q-1} \equiv -\frac{1}{2}q\varepsilon^{q-1}$, et l'exposant de $c$ serait $\zeta\varepsilon^{q-1}q+\frac{\delta}{2}q$, et il ne serait pas nul (comme cela doit être) que sous la condition $-\zeta \equiv \frac{\delta\varepsilon}{2}$.

Si donc nous supposons $\zeta \not\equiv -\frac{\delta\varepsilon}{2}$, $\alpha$ sera différent de 1.

On ne peut pas avoir, non plus, $\alpha = \varepsilon$, puisque l'exposant de $a$ devient alors $\mu\delta\varepsilon^{\mu-1}$, et que, pour $\mu = q$, on trouve que cet exposant est $q\delta\varepsilon^{q-1}$ au lieu d'être zéro (mod. $p$).

Soient alors : $$a^xb^yc^zd = da^{\alpha x}\left(a^{\delta}b^{\varepsilon}c^{\zeta}\right)^y c^{\alpha\varepsilon z}$$

ou $$a^xb^yc^zd = da^{\alpha x+\delta y}b^{\varepsilon y}c^{\zeta y-\delta\varepsilon\frac{y(y-1)}{2}+\alpha\varepsilon z}.$$

Mais $$\left(a^xb^yc^z\right)^{\varepsilon} = a^{\varepsilon x}b^{\varepsilon y}c^{\varepsilon z-xy\frac{\varepsilon(\varepsilon-1)}{2}}.$$

Déterminons $x$ et $z$ par les congruences

$$\left.\begin{aligned}(\alpha-\varepsilon)x+\delta y&\equiv 0\\ (\alpha-1)\varepsilon z+\zeta y-\delta\varepsilon\frac{y(y-1)}{2}+xy\frac{\varepsilon(\varepsilon-1)}{2}&\equiv 0\end{aligned}\right\}\ (\text{mod. } p),$$

ce qui est possible puisque $\alpha$ est différent de 1, et différent de $\varepsilon$. Alors $a^xb^yc^z$, et en particulier $a^xbc^z=b'$ est une opération que l'on peut prendre à la place de l'opération $b$, et telle que $d$ soit permutable avec le groupe $\{a^xbc^z\}$.

On retombe sur un cas traité.

31. — Soient maintenant

$$ad=da,\qquad bd=da^\delta b^\varepsilon c^{-\frac{\delta\varepsilon}{2}},\qquad cd=dc^\varepsilon.$$

Alors : $$bd^\mu=d^\mu a^{\delta\frac{1-\varepsilon^\mu}{1-\varepsilon}}b^{\varepsilon^\mu}c^{\frac{\delta\varepsilon}{2}\frac{\varepsilon^\mu-1(\varepsilon^\mu-1)}{1-\varepsilon}}$$

$\varepsilon$ appartient donc à l'exposant $q$ (mod. $p$).

Alors : $$a^xb^yc^zd=da^x\left(a^\delta b^\varepsilon c^{-\frac{\delta\varepsilon}{2}}\right)^y c^{\varepsilon z}.$$

Faisons $y=1$ : $$a^xbc^zd=da^{x+\delta}b^\varepsilon c^{\varepsilon z-\frac{\delta\varepsilon}{2}}.$$

D'ailleurs : $$\left(a^xbc^z\right)^\varepsilon=a^{x\varepsilon}b^\varepsilon c^{\varepsilon z-x\frac{\varepsilon(\varepsilon-1)}{2}}.$$

La congruence $$x+\delta\equiv x\varepsilon\ (\text{mod. } p)$$

détermine $x$ puisqu'on a : $\varepsilon\not\equiv 1$ (mod. $p$).

D'autre part $$\delta\varepsilon\equiv x\varepsilon(\varepsilon-1)\ (\text{mod. } p)$$

redonne : $$\delta\equiv x(\varepsilon-1).$$

On retombe donc sur un cas traité.

32. — 6° Prenons maintenant les formules :

$$\left\{\begin{aligned}ad&=da^\alpha b^\beta c^\gamma,\\ bd&=da^\delta b^\varepsilon c^\zeta,\\ cd&=dc^{\alpha\varepsilon-\beta\delta},\end{aligned}\right.$$

et supposons qu'il n'existe pas, dans le groupe $\{a,b,c\}$ de groupe autre que $c$ avec lequel $d$ soit permutable.

Soient $m$ le nombre des sous-groupes d'ordre $p$ du groupe $\{a,b,c\}$ avec lesquels $d$ est permutable, $n$ le nombre des ensembles de $q$ sous-groupes d'ordre $p$ tels que $d$ transforme les uns dans les autres les sous-groupes de l'un quelconque de ces ensembles. On a :

$$m(p-1)+nq(p-1)+1=p^3$$

ou :

$$m+nq=p^2+p+1.$$

Comme $m$ est ici par hypothèse, égal à 1, on a :

$$nq=p(p+1).$$

Donc : q *divise* p + 1.

33. — Prenons pour $b$ l'opération transformée de $a$ par $d$.
On peut supposer quand même que l'on a $ab=bac$.

En effet : $$a.a^{\lambda}b^{\mu}c^{\nu}=a^{\lambda}.ab^{\mu}c^{\nu}.$$

Mais $$ab^{\mu}=b^{\mu}ac^{\mu}$$

Donc : $$a.a^{\lambda}b^{\mu}c^{\nu}=a^{\lambda}b^{\mu}c^{\nu}.a.c^{\mu}.$$

34. — On aura donc, par hypothèse :

$$ad=db, \qquad bd=da^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}, \qquad cd=dc^{-\alpha}.$$

Je dis qu'on peut écarter le cas où $q=2$.

En effet : $$ad^2=d^2a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}.$$

Donc : $\alpha=1$, $\beta=\gamma=0$, $ad=db$, $bd=da$, $cd=dc^{-1}$.

Mais alors : $$a^xb^{-x}d=db^xa^{-x}=d\left(a^xb^{-x}\right)^{-1}.$$

Nous retombons sur un cas déjà traité où il existe une opération autre que $c$, que $d$ transforme en l'une de ses puissances.

35. — Soit donc $q$ *impair*. L'équation $cd=dc^{-\alpha}$ exige que l'on ait $(-\alpha)^q\equiv 1 \pmod{p}$. Mais $q$ étant premier impair, et devant diviser $p+1$ (n° 32), ne peut diviser $p-1$. Donc, on a $\alpha=-1$.

36. — Ainsi l'on a : $\begin{cases} ad = db, \\ bd = da^{-1}b^{\beta}c^{\gamma}, \\ cd = dc. \end{cases}$

Donc : $$a^x b^y c^z d = d a^{-y} b^{x+\beta y} c^{xy+\gamma y+z+\beta\frac{y(y-1)}{2}}.$$

La transformation par $d$ revient donc à la substitution, faite sur les exposants :

$$S = \left| x,\ y,\ z,\quad -y,\ x+\beta y,\ xy+\gamma y+z+\beta\frac{y(y-1)}{2} \right|.$$

Puisque, par hypothèse, $d$ n'est permutable avec aucun autre groupe que $\{ c \}$, la congruence $s^2 - \beta s + 1 \equiv 0$ (mod. $p$) doit être irréductible,

Soit alors $u$ un nombre entier, non résidu quadratique (mod. $p$). Soient $j$ et $j^p$ les racines de la congruence

$$s^2 - \beta s + 1 \equiv 0 \ (\text{mod } p,\ x^2 - u).$$

On aura $j^{p+1} \equiv 1$ et même $j$ doit appartenir à l'exposant $q$,

(mod. $p$, $x^{\alpha} - u$) (*). Alors $\beta = j + j^p$.

Reste à savoir si cette condition suffit pour qu'on ait $S^q = 1$. Pour le démontrer, posons :

$$S^n = \left| x, y, z \ -x\varphi_{n-2}(\beta) - y\varphi_{n-1}(\beta),\ x\varphi_{n-1}(\beta) + y\varphi_n(\beta),\ z + \psi_n(x,y,\beta,\gamma) \right|.$$

Alors :

$$S^{n+1} = \left| x, y, z - x\varphi_{n-1}(\beta) - y\varphi_n(\beta), -x\varphi_{n-2}(\beta) - y\varphi_{n-1}(\beta), z + \psi_{n+1}(x,y,\beta,\gamma) \right| + \beta x\varphi_{n-1}(\beta) + \beta y\varphi_n(\beta),$$

avec

$$\psi_{n+1}(x,y,\beta,\gamma) = -x^2\varphi_{n-2}\varphi_{n-1} - xy(\varphi_{n-2}\varphi_n + \varphi_{n-1}^2) - y^2\varphi_{n-1}\varphi_n + \gamma x\varphi_{n-1} + \gamma y\varphi_n + \psi_n(x,y,\beta,\gamma) + \frac{\beta}{2}(x\varphi_{n-1} + y\varphi_n)(x\varphi_{n-1} + y\varphi_n - 1).$$

(*) Voyez *loco citato*. chap. VII.

D'ailleurs $$\varphi_n(\beta) = \frac{j^{n+1} - j^{(n+1)p}}{j - j^{p-1}},$$

donc $$\beta\varphi_n^2 - 2\varphi_n\varphi_{n-1} = \frac{j^{2n+2} - j^{-2n-2}}{j - j^{-1}} = \varphi_{2n+1},$$

De même : $$\beta\varphi^2{}_{n-1} - 2\varphi_{n-1}\varphi_{n-2} = \varphi_{2n-1},$$

$$\varphi_n\varphi_{n-2} + \varphi_{n-1}^2 - \beta\varphi_n\varphi_{n-1} = -\varphi_{2n}.$$

Donc :

$$\psi_{n+1} = \psi_n + \frac{1}{2}(x^2\varphi_{2n-1} + y^2\varphi_{2n+1} + 2xy\varphi_{2n}) + \left(\gamma - \frac{\beta}{2}\right)(x\varphi_{n-1} + y\varphi_n).$$

Nous avons alors le tableau suivant :

$$\psi_{n+1} = \psi_n + \frac{1}{2}(x^2\varphi_{2n-1} + y^2\varphi_{2n+1} + 2xy\varphi_{2n}) + \left(\gamma - \frac{\beta}{2}\right)(x\varphi_{n-1} + y\varphi_n),$$

$$\psi_n + \psi_{n-1} + \frac{1}{2}(x^2\varphi_{2n-3} + y^2\varphi_{2n-1} + 2xy\varphi_{2n-2}) + \left(\gamma - \frac{\beta}{2}\right)(x\varphi_{n-2} + y\varphi_{n-1})$$

$$\cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots$$

$$\psi_2 = \psi_1 + \frac{1}{2}(x^2\varphi_1 + y^2\varphi_3 + 2xy\varphi_2) + \left(\gamma - \frac{\beta}{2}\right)(x\varphi_0 + y\varphi_1),$$

$$\psi_1 = \psi_0 + \frac{1}{2}(x^2\varphi_{-1} + y^2\varphi_1 + 2xy\varphi_0) + \left(\gamma - \frac{\beta}{2}\right)(x\varphi_{-1} + y\varphi_0),$$

avec $$\psi_0 = 0, \qquad \varphi_0 = 1, \qquad \varphi_{-1} = 0.$$

D'où, en ajoutant :

$$\psi_{n+1} = \frac{1}{2}x^2(\varphi_{2n-1} + \varphi_{2n-3} + \cdots + \varphi_1) + \frac{1}{2}y^2(\varphi_{2n+1} + \varphi_{2n-1} + \cdots + \varphi_1)$$

$$+ xy(\varphi_{2n} + \varphi_{2n-2} + \cdots + \varphi_0) + \left(\gamma - \frac{\beta}{2}\right)x(\varphi_{n-1} + \varphi_{n-2} + \cdots + \varphi_0)$$

$$+ \left(\gamma - \frac{\beta}{2}\right)y(\varphi_n + \varphi_{n-1} + \cdots + \varphi_0).$$

Mais $$\varphi_0 + \varphi_1 + \cdots + \varphi_n = \frac{\varphi_n - \varphi_{n+1} + 1}{2 - \beta};$$

$$\varphi_0 + \varphi_1 + \cdots + \varphi_{n-1} = \frac{\varphi_{n-1} - \varphi_n + 1}{2 - \beta},$$

$$\varphi_0 + \varphi_2 + \cdots + \varphi_{2n} = \frac{\varphi_{2n} - \varphi_{2n+2} + 2}{4 - \beta^2},$$

$$\varphi_1 + \varphi_3 + \cdots + \varphi_{2^{n-1}} = \frac{\varphi_{2n-1} - \varphi_{2n+1} + \beta}{4 - \beta^2}.$$

On déduit de là :

$$\psi_q = \frac{1}{2}x^2\,\frac{\varphi_{2q-3}-\varphi_{2q-1}+\beta}{4-\beta^2}+\frac{1}{2}y^2\,\frac{\varphi_{2q-1}-\varphi_{2q+1}+\beta}{4-\beta^2}$$
$$+xy\frac{\varphi_{2q-2}-\varphi_{2q}+2}{4-\beta^2}+\left(\gamma-\frac{\beta}{2}\right)\left(x\,\frac{\varphi_{q-2}-\varphi_{q-1}+1}{2-\beta}+y\frac{\varphi_{q-1}-\varphi_q+1}{2-\beta}\right)$$

Mais on a :

$$\varphi_{n+q}=\varphi_n,\qquad \text{donc } \varphi_q=1,\qquad \varphi_{q-1}=0,\qquad \varphi_{2q+1}=\varphi_1=\beta$$
$$\beta\varphi_{q-1}=\varphi_q+\varphi_{q-2},\qquad \text{donc } \varphi_{q-2}=-1,$$
$$\beta\varphi_{q-2}=\varphi_{q-1}+\varphi_{q-3},\qquad \text{donc } \varphi_{q-3}=-\beta.$$

Bref $\psi_q=0$.

Par suite $S^q=1$, quel que soit $\gamma$.

On a ainsi le groupe $G^{\beta,\gamma}_{p^3q}$ défini par les équations :

$$a^p=b^p=c^p=d^q=1,\qquad ab=bac,\qquad ac=ca,\qquad bc=cb,\qquad dc=cd,$$
$$\bar{d}=\begin{pmatrix} a, & b \\ b, & a^{-1}b^\beta c^\gamma\end{pmatrix}$$

où $\beta=j+j^{p^r}$, $j$ étant un nombre imaginaire de Galois, appartenant à l'exposant $q$, (mod $p$, $x^2-u$) $u$ étant un non résidu quadratique (mod $p$). (On a $q>2$.)

37. — Il nous reste à étudier de plus près le groupe des isomorphismes de $G^2_{p^3}$ de façon à dire combien il y a de groupes distincts de l'espèce que nous venons d'indiquer.

On a, pour définir $G^2_{p^3}$, les équations :

$$a^p=b^p=c^p=1,\qquad bc=cb,\qquad ca=ac,\qquad ab=bac.$$

Un isomorphisme est de la forme :

$$\begin{pmatrix} a & , b & , c \\ a^\alpha b^\beta c^\gamma, & a^\delta b^\varepsilon c^\zeta, & c^{\alpha\varepsilon-\beta\delta}\end{pmatrix}.$$

Il transforme $a^xb^yc^z$ en

$$a^{\alpha x+\delta y},\ b^{\beta x+\varepsilon y},\ c^{\gamma x+\xi y+(\alpha\varepsilon-\beta\delta)z-\alpha\beta\frac{x(x-1)}{2}-\delta\varepsilon\frac{y(y-1)}{2}-\beta\delta xy}.$$

On peut donc à l'isomorphisme considéré faire correspondre la substitution :

$$\Big|x,y,z, \qquad \alpha x+\delta y, \qquad \beta x+\varepsilon y,$$
$$\gamma x+\zeta y+(\alpha\varepsilon-\beta\delta)z-\alpha\beta\frac{x(x-1)}{2}-\delta\varepsilon\frac{y(y-1)}{2}-\beta\delta xy\Big|.$$

Le groupe de ces substitutions est d'ordre $(p^2-1)(p^2-p)p^2$, ou $p^3(p-1)^2(p+1)$. On peut, en effet donner à $\alpha$, $\beta$, $\delta$, $\varepsilon$ des valeurs telles que $\alpha\varepsilon-\beta\delta$ soient différents de zéro, $\gamma$ et $\zeta$ prennent ensuite des valeurs arbitraires.

38. — On peut se demander s'il existe un sous-groupe $\{a\}$ autre que $\{c\}$ tel que l'isomorphisme le transforme en le sous-groupe $\{ac^\lambda\}$, $\lambda$ pouvant être nul : cela revient à déterminer $x$ et $y$ par les congruences :

$$\begin{aligned}(\alpha-\sigma)x+\delta y&\equiv 0\\ \beta z+(\varepsilon-\sigma)y&\equiv 0\end{aligned}\qquad(\mathrm{mod}\ p)$$

$\sigma$ est racine de la congruence $\Delta(\sigma)\equiv\begin{vmatrix}\alpha-\sigma,\ \delta\\ \beta,\ \varepsilon-\sigma\end{vmatrix}\equiv 0\ (\mathrm{mod}\ p)$.

Supposons d'abord que tous les mineurs de $\Delta(\sigma)$ soient nuls.

On a alors $\qquad\sigma=\alpha=\varepsilon,\ \beta=\delta=0,$

d'où la substitution : $\quad(\alpha x,\ \alpha y,\ \gamma x+\zeta y+\alpha^2 z).$

Comme $\quad(\alpha x,\ \alpha y,\ \gamma x+\zeta y+\alpha^2 z)(\alpha' x,\ \alpha' y,\ \gamma' x+\zeta' y+\alpha'^2 z)$
$$=\big(\alpha'\alpha x,\ \alpha'\alpha y,\ (\gamma'\alpha+\gamma\alpha^2)x+(\zeta'\alpha+\zeta\alpha'^2)y+\alpha^2\alpha'^2 z\big),$$

Ces substitutions forment un groupe K d'ordre $p^2(p-1)$.
Considérons le produit :

$$(\alpha x,\ \alpha y,\ \gamma x+\xi y+\alpha^2 z)(ax+dy,\ bx+ey,\ cx+fy+(ae-bd)z$$
$$-ab\frac{x(x-1)}{2}-de\frac{y(y-1)}{2}-bdxy)=(a\alpha x+d\alpha y,\ b\alpha x+e\alpha y,\ c\alpha x$$
$$+f\alpha y+(ae-bd)(\gamma x+\zeta y+\alpha^2 z)-ab\frac{\alpha x(\alpha x-1)}{2}-de\frac{\alpha y(\alpha y-1)}{2}$$
$$-bd\alpha^2 xy),$$

d'une part, puis le produit :

$$\Big(ax+dy,\ bx+ey,\ cx+fy+(ae-bd)z-ab\frac{x(x-1)}{2}-de\frac{y(y-1)}{2}$$
$$-bdxy\Big)(\alpha'x,\ \alpha'y,\ \gamma'x+\zeta'y+\alpha'^2z)=\Big(\alpha'ax+\alpha'dy,\ \alpha'bx+\alpha'ey,$$
$$(\gamma'a+\zeta'b+\alpha'^2c)x+(\gamma'd+\zeta'e+\alpha'^2f)y+\alpha'^2(ae-bd)z-\alpha'^2ab\frac{x(x-1)}{2}$$
$$-\alpha'^2de\frac{y(y-1)}{2}-\alpha'^2bdxy\Big).$$

Si l'on veut faire en sorte que ces deux produits soient égaux, on a d'abord :

$$\begin{aligned} a(\alpha-\alpha')&\equiv 0, & d(\alpha-\alpha')&\equiv 0\\ b(\alpha-\alpha')&\equiv 0, & e(\alpha-\alpha')&\equiv 0 \end{aligned}\pmod p$$

et comme $ae-bd$ est différent de zéro, il faut supposer $\alpha\equiv\alpha'\pmod p$.

Viennent ensuite :

$$\left.\begin{aligned} c\alpha(1-\alpha)+(ae-bd)\gamma+ab\frac{\alpha(1-\alpha)}{2}&\equiv a\gamma'+b\zeta'\\ f\alpha(1-\alpha)+(ae-bd)\zeta+de\frac{\alpha(1-\alpha)}{2}&\equiv d\gamma'+e\zeta' \end{aligned}\right\}\pmod p.$$

Ces deux congruences déterminent $\gamma'$ et $\zeta'$ puisque $ae-bd$ est nécessairement différent de zéro.

On voit, par suite, que le groupe K est conjugué de lui-même.

39. — Supposons maintenant que la congruence $\Delta(\sigma)\equiv 0\pmod p$ admette une racine double n'annulant pas tous les mineurs de $\Delta(\sigma)$.

A la racine double correspond un sous-groupe $\{a\}$ que l'isomorphisme transforme en $\{ac^\lambda\}$. Donc, on peut supposer $\beta=0$, et l'on a :

$$\Big(\alpha x+\delta y,\ \varepsilon y,\ \gamma x+\zeta y+\alpha\varepsilon z-\delta\varepsilon\frac{y(y-1)}{2}\Big).$$

La congruence $\Delta(\sigma)\equiv 0$ est ici : $\Delta(\sigma)\equiv\begin{vmatrix}\alpha-\sigma,&\delta\\ 0,&\varepsilon-\sigma\end{vmatrix}$.

Donc $$\varepsilon=\alpha.$$

On a finalement la substitution :

$$\Big(\alpha x+\delta y,\ \alpha y,\ \gamma x+\zeta y+\alpha^2z-\delta\alpha\frac{y(y-1)}{2}\Big),$$

dans laquelle il faudra supposer $\delta \neq 0$ si l'on veut que pour $\sigma = \alpha$ tous les mineurs de $\Delta(\sigma)$ ne soient pas nuls.

D'ailleurs, on a :

$$\left(\alpha x + \delta y,\ \alpha y,\ \gamma x + \zeta y + \alpha^2 z - \delta\alpha\,\frac{y(y-1)}{2}\right)\left(\alpha' x + \delta' y,\ \alpha' y,\ \gamma' x + \zeta' y + \alpha'^2 z - \delta'\alpha'\,\frac{y(y-1)}{2}\right) = \left(\alpha'' x + \delta'' y,\ \alpha'' y,\ \gamma'' x + \zeta'' y + \alpha''^2 z - \delta''\alpha''\,\frac{y(y-1)}{2}\right)$$

avec
$$\alpha'' = \alpha\alpha',\ \delta'' = \delta\alpha' + \alpha\delta',\ \gamma'' = \alpha\gamma' + \gamma\alpha'^2$$
$$\zeta'' = \delta\gamma' + \alpha\zeta' + \xi\alpha'^2 - \delta'\alpha'\,\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}.$$

Ces substitutions forment donc un groupe L, d'ordre $p^3(p-1)$ car $\alpha$ est différent de zéro, $\gamma$, $\delta$ et $\zeta$ sont arbitraires. Celles de ces substitutions pour lesquelles $\delta = 0$ font partie du groupe K.

Il reste donc $p^3(p-1) - p^2(p-1) = p^2(p-1)^2$ substitutions non encore énumérées.

40. — Soit d'ailleurs :

$$\left(\alpha x + \delta y,\ \alpha y,\ \gamma x + \zeta y + \alpha^2 z - \delta\alpha\,\frac{y(y-1)}{2}\right)\left(ax + dy,\ bx + ey,\ cx + fy + (ae - bd)z - ab\,\frac{x(x-1)}{2} - de\,\frac{y(y-1)}{2} - bdxy\right) = \Big(a\alpha x + (a\delta + d\alpha)y,\ b\alpha x + (b\delta + e\alpha)y\Big),\ \Big(c\alpha + (ae - bd)\gamma\Big)x + (c\delta + f\alpha + (ae - bd)\zeta\Big)y + (ae - bd)\alpha^2 z - (ae - bd)\,\delta\alpha\,\frac{y(y-1)}{2} - \frac{ab}{2}(\alpha x + \delta y)(\alpha x + \delta y - 1) - \frac{de}{2}\alpha y(\alpha y - 1) - bd\alpha y(\alpha x + \delta y)\Big).$$

D'autre part :

$$\left(ax + dy,\ bx + ey,\ cx + fy + (ae - bd)z - ab\,\frac{x(x-1)}{2} - de\,\frac{y(y-1)}{2} - bdxy\right)\left(\alpha' x + \delta' y,\ \alpha' y,\ \gamma' x + \zeta' y + \alpha'^2 z - \delta'\alpha'\,\frac{y(y-1)}{2}\right) = \Big((\alpha' a + \delta' b)x + (\alpha' d + \delta' e)y,\ \alpha' b x + \alpha' e y,\ (\gamma' a + \zeta' b + \alpha'^2 c)x + (\gamma' d + \zeta' e + \alpha'^2 f)y + \alpha'^2(ae - bd)z - \alpha'^2 ab\,\frac{x(x-1)}{2} - \alpha'^2 de\,\frac{y(y-1)}{2} - \alpha'^2 bdxy - \frac{\delta'\alpha'}{2}(bx + ey)(bx + ey - 1)\Big).$$

Si l'on veut que ces deux produits soient égaux, on a d'abord :

$$\left.\begin{array}{l} a(\alpha-\alpha')-b\delta'\equiv 0 \\ a\delta+d(\alpha-\alpha')-e\delta\equiv 0 \\ b(\alpha-\alpha')\equiv 0 \\ e(\alpha-\alpha')+b\delta\equiv 0 \end{array}\right\} \pmod p.$$

L'hypothèse $\alpha \not\equiv \alpha'$ entraînerait $b=0$, donc $e=0$, ce qui est impossible, puisque $ae-bd$ doit être différent de zéro.

Donc on a : $\alpha'\equiv\alpha$, $b=0$, $ae\not\equiv 0$, de sorte que la congruence

$$a\delta = e\delta'$$

détermine $\delta'$.

Il vient, ensuite :

$$(c\alpha+ae\gamma)x+(c\delta+f\alpha+ae\zeta)y-ae\frac{\delta\alpha}{2}y(y-1)-\frac{de}{2}\alpha y(\alpha y-1)$$
$$\equiv(\gamma' a+c\alpha^2)x+(\gamma' d+\zeta' e+f\alpha^2)y-\alpha^2 dey\frac{(y-1)}{2}-\frac{\delta'\alpha}{2}ey(ey-1).$$

Donc : $$c\alpha+ae\gamma\equiv c\alpha^2+a\gamma'.$$

Cette congruence détermine $\gamma'$.

$$c\delta+f\alpha+ae\zeta+ae\frac{\delta\alpha}{2}+de\frac{\alpha}{2}\equiv\gamma' d+\zeta' e+f\alpha^2+de\frac{\alpha^2}{2}+\frac{\delta'\alpha e}{2}.$$

Cette congruence détermine $\zeta'$.

Enfin $+ae\frac{\delta\alpha}{2}+de\frac{\alpha^2}{2}\equiv\alpha^2\frac{de}{2}+\frac{\delta'\alpha e^2}{2}$ ou $\alpha e(a\delta-\delta' e)=0$.

Congruence déjà vérifiée.

Les substitutions permutables au groupe L sont donc :

$$\left(ax+dy,\ ey,\ cx+fy+aez-de\frac{y(y-1)}{2}\right).$$

Elles forment un groupe L' d'ordre $p^3(p-1)^2$.

Mais $$\frac{p^3(p-1)^2(p+1)}{p^3(p-1)^2}=p+1.$$

On a donc $p+1$ sous-groupes, tels que L conjugués les uns des autres. Cela donne $p^2(p+1)(p-1)^2$ substitutions non encore énumérées.

41. — Supposons maintenant que la congruence $\Delta(\sigma) \equiv 0 \pmod{p}$ admette deux racines réelles et distinctes.

Il existe deux groupes $\{a\}, \{b\}$ que l'isomorphisne transforme en $\{ac^\lambda\}, \{bc^\mu\}$. On peut donc, en prenant $a$ et $b$ comme opérations génératrices, supposer $\beta = \delta = 0$,

d'où la substitution $(\alpha x, \varepsilon y, \gamma x + \zeta y + \alpha\varepsilon z)$.

Ces substitutions forment un groupe M. En effet, l'on a :

$$(\alpha x, \varepsilon y, \gamma x + \zeta y + \alpha\varepsilon z)(\alpha' x, \varepsilon' y, \gamma' x + \zeta' y + \alpha'\varepsilon' z)$$
$$= (\alpha'\alpha x, \varepsilon'\varepsilon y, (\gamma'\alpha + \alpha'\varepsilon'\gamma)x + (\zeta'\varepsilon + \alpha'\varepsilon'\zeta)y + \alpha'\varepsilon'\alpha\varepsilon z)$$

Ce groupe M est d'ordre $p^2(p-1)^2$.

Mais les substitutions pour lesquelles $\alpha = \varepsilon$ ont déjà été énumérées.

Il reste $p^2(p-1)^2 - p^2(p-1) = p^2(p-1)(p-2)$, substitutions non encore énumérées.

Considérons maintenant le produit :

$$(\alpha x, \varepsilon y, \gamma x + \zeta y + \alpha\varepsilon z)$$
$$\left(ax+dy, bx+ey, cx+fy+(ae-bd)z - ab\frac{x(x-1)}{2} - de\frac{y(y-1)}{2} - bdxy\right)$$
$$= \left(a\alpha x + d\varepsilon y, b\alpha x + e\varepsilon y, (c\alpha + (ae-bd)\gamma)x + (f\varepsilon + (ae-bd)\zeta\right)y$$
$$+ \left((ae-bd)\alpha\varepsilon z - \frac{ab}{2}\alpha x(\alpha x - 1) - \frac{de}{2}\varepsilon y(\varepsilon y - 1) - bd\alpha\varepsilon xy\right).$$

Puis le produit :

$$\left(ax+dy, bx+ey, cx+fy+(ae-bd)z - \frac{ab}{2}x(x-1) - \frac{de}{2}y(y-1) - bdxy\right)$$
$$\times (\alpha' x, \varepsilon' y, \gamma' x + \zeta' y + \alpha'\varepsilon' z) = \Big(\alpha' ax + \alpha' dy, \varepsilon' bx + \varepsilon' ey, (\gamma' a + \zeta' b + \alpha'\varepsilon' c)x$$
$$+ (\gamma' d + \zeta' e + \alpha'\varepsilon' f)y + \alpha'\varepsilon'(ae - bd)z$$
$$- \frac{ab}{2}\alpha'\varepsilon' x(x-1) - \frac{de}{2}\alpha'\varepsilon' y(y-1) - \alpha'\varepsilon' bdxy\Big).$$

Écrivons que ces deux produits sont égaux.

On a : $\begin{cases} a(\alpha - \alpha') \equiv 0 & d(\varepsilon - \alpha') \equiv 0. \\ b(\alpha - \varepsilon') \equiv 0 & e(\varepsilon - \varepsilon') \equiv 0. \end{cases}$

De là, deux solutions :

1° $b = d = 0$ $\quad \alpha = \alpha', \quad \varepsilon = \varepsilon' \quad ae \not\equiv 0.$

2° $a = e = 0$ $\quad \varepsilon' = \alpha, \quad \alpha' = \varepsilon \quad bd \not\equiv 0.$

*Premier cas.* — $\alpha' = \alpha, \quad \varepsilon' = \varepsilon, \quad b = d = 0.$

On a : $(c\alpha + ae\gamma)x + (f\varepsilon + ae\xi)y \equiv (a\gamma' + c\alpha\varepsilon)x + (\gamma' d + \xi' c + f\alpha\varepsilon)y.$

D'où $a\gamma' + c\alpha\varepsilon \equiv c\alpha + ae\gamma$ (cette congruence détermine $\gamma'$).
$e\zeta' + d\gamma' + \alpha\varepsilon f \equiv f\varepsilon + ae\zeta$ (cette congruence détermine $\zeta'$).

La substitution devient : $(ax, ey, cx + fy + eaz)$.

Elle fait partie du groupe M.

*Deuxième cas.* — $a = e = 0, \quad bd \not\equiv 0 \quad \varepsilon' = \alpha, \alpha' = \varepsilon.$

Il vient : $(c\alpha - bd\gamma)x + (f\varepsilon - bd\zeta)y \equiv (\zeta' b + c\alpha\varepsilon)x + (\gamma' d + f\alpha\varepsilon)y,$

d'où l'on déduit : $b\zeta' + \varepsilon c\alpha \equiv c\alpha - bd\gamma$
$d\gamma' + f\alpha\varepsilon \equiv f\varepsilon - bd\zeta.$

Ces congruences déterminent $\zeta'$ et $\gamma'$.
On a ainsi la substitution :

$$t = (dy, bx, cx + fy - bdz - bdxy).$$

Alors : $t^2 = \left(bdx, bdy, (f - cd)bx + (c - fb)dy + b^2d^2z\right).$

$t^2$ est une substitution du groupe K.

Donc le groupe M′ des substitutions permutables avec M est d'ordre $2p^2(p-1)^2$.

Comme $\frac{p^3(p-1)^2(p+1)}{2p^2(p-1)^2} = \frac{p(p+1)}{2}$, on a donc $\frac{p(p+1)}{2}$ groupes tels que M, conjugués les uns des autres. Cela fait, en tout

$\frac{p(p+1)}{2} p^2(p-1)(p-2) = \frac{p^3(p+1)(p-1)(p-2)}{2}$ substitutions non encore énumérées.

42. — Restent enfin les substitutions pour lesquelles $\Delta(\sigma) \equiv 0$ est une congruence irréductible.

Il y a $\frac{1}{2}p(p-1)$ congruences irréductibles.

De plus, soit la congruence

$$\sigma^2 - (\alpha + \varepsilon)\sigma + \alpha\varepsilon - \beta\delta = 0 \pmod{p}.$$

Posons $\alpha + \varepsilon \equiv \lambda, \qquad \alpha\varepsilon - \beta\delta \equiv \mu,$

$\lambda$ et $p$ étant tels que la congruence :

$$\sigma^2 - \lambda\sigma + \mu \equiv 0 \pmod{p}$$

soit irréductible.

Si l'on suppose $\beta \not\equiv 0$, on a $\alpha \equiv \lambda - \varepsilon$,

$$\delta \equiv \frac{\alpha\varepsilon - \mu}{\beta},$$

$\alpha$ et $\delta$ sont déterminés; $\varepsilon$ est arbitraire et $\beta \not\equiv 0$.

Cela fait $p(p-1)$ solutions.

Comme $\gamma$ et $\zeta$ sont arbitraires, le nombre des solutions est $p^3(p-1)$.

Il est impossible qu'on ait $\beta \equiv 0$, car alors $\alpha$ et $\varepsilon$ seraient racines d'une congruence irréductible, ce qui est absurde.

Il n'y a donc que $p^3(p-1)$ substitutions dont la congruence caractéristique irréductible soit une congruence donnée.

Puisqu'il y a $\frac{1}{2}p(p-1)$ congruences irréductibles, cela fait $\frac{1}{2}p^4(p-1)^2$ substitutions à congruence irréductible.

Comme vérification on a identiquement :

$$p^2(p-1) + p^2(p+1)(p-1)^2 + \frac{1}{2}p^3(p^2-1)(p-2) + \frac{1}{2}p^4(p-1)^2 = p^3(p-1)^2(p+1).$$

43. — Prenons une forme linéaire, $ux + vy$ et cherchons à déterminer $u$ et $v$ par la condition que l'on ait :

$$u(\alpha x + \delta y) + v(\beta x + \varepsilon y) \equiv \sigma(ux + vy)$$

d'où
$$\begin{cases} u(\alpha - \sigma) + v\beta \equiv 0, \\ u\delta + v(\varepsilon - \sigma) \equiv 0. \end{cases}$$

$\sigma$ satisfait à la congruence :

$$\sigma^2 - (\alpha + \varepsilon)\sigma + \alpha\varepsilon - \beta\delta \equiv 0.$$

Donc, ici, s'il s'agit d'une substitution à congruence irréductible, on aura $\sigma = j$, ou $\sigma = j^p$.

On peut donc poser :

$$u = \rho\beta, \qquad v = \rho(j - \alpha),$$

$\rho$ étant un facteur arbitraire.

Puis
$$x' = \rho[\beta x + (j - \alpha)y],$$
$$y' = \sigma[\beta x + (j^p - \alpha)y].$$

La substitution devient :

$$s = \left| x', y', \quad jx', j^p y' \right|.$$

On a donc
$$\overline{s^m} = \left| x', y', \quad j^m x', j^{mp} y' \right|.$$

Posons
$$x'_1 = j^m x', \qquad y'_1 = j^{mp} y',$$

puis
$$\begin{cases} \beta\rho\sigma(j^p - j)x_1 = \sigma(j^p - \alpha)x'_1 - \rho(j - \alpha)y'_1, \\ \rho\sigma(j - j^p)y_1 = \sigma x'_1 - \rho y'_1. \end{cases}$$

En posant, comme toujours :

$$\varphi_m = \frac{j^{m+1} - j^{(m+1)p}}{j - j^p},$$

on trouve :

$$x_1 = [\alpha\varphi_{m-1} - (\alpha\varepsilon - \beta\delta)\varphi_{m-2}]x + \delta y\varphi_{m-1} = (\varphi_m - \varepsilon\varphi_{m-1})x + \delta y\varphi_{m-1},$$
$$y_1 = \beta x\varphi_{m-1} + y(\varphi_m - \alpha\varphi_{m-1}).$$

On en déduit :

$$s^m = \Big((\varphi_m - \varepsilon\varphi_{m-1})x + \delta y\varphi_{m-1},\ \beta x\varphi_{m-1} + (\varphi_m - \alpha\varphi_{m-1})y,\ \gamma_m x + \zeta_m y$$
$$+ (\alpha\varepsilon - \beta\delta)^m z - \beta\varphi_{m-1}(\varphi_m - \varepsilon\varphi_{m-1})\frac{x(x-1)}{2} - \delta\varphi_{m-1}(\varphi_m - \alpha\varphi_{m-1})\frac{y(y-1)}{2}$$
$$- \beta\delta\varphi^2_{m-1}xy\Big).$$

Pour qu'on ait $s^m = 1$, il faut d'abord que l'on ait :

$$\varphi_{m-1} = 0, \quad \varphi_m = 1,$$

donc :
$$j^m \equiv j^{mp}, \quad j^{m+1} - j^{(m+1)p} \equiv j - j^p$$

ou, en tenant compte de la 1re congruence :

$$j^{m+1} - j^{m+p} \equiv j - j^p,$$
$$(j - j^p)(j^m - 1) \equiv 0,$$

donc :
$$j^m \equiv 1.$$

Ainsi, *en supposant* que $j$ appartient à l'exposant $p^2-1$, $m=\mu(p^2-1)$.
Alors :

$$s^{p^2-1}=(x,\ y,\ \gamma_{p^2-1}x+\zeta_{p^2-1}y+z)=(x,\ y,\ cx+fy+z)=t.$$

Donc $\qquad t^\lambda=(x,\ y,\ \lambda cx+\lambda fy+z), \qquad t^p=1.$

La substitution $s$ est donc, au plus, d'ordre $p(p^2-1)$.
Un peu plus loin (n° 45) nous verrons qu'elle est d'ordre $p^2-1$.

44. — Nous avons trouvé, pour $s^m$ les coefficients que voici :

$$\begin{aligned}\alpha_m&=\varphi_m-\varepsilon\varphi_{m-1},\\ \gamma_m&=\gamma\varphi_{m-1},\\ \beta_m&=\beta\varphi_{m-1},\\ \varepsilon_m&=\varphi_m-\alpha\varphi_{m-1}.\end{aligned}$$

La congruence caractéristique de $s^m$ est donc :

$$\sigma^2-\left(2\varphi_m-(\alpha+\varepsilon)\varphi_{m-1}\right)\sigma+\varphi_m^2-(\alpha+\varepsilon)\varphi_m\varphi_{m-1}+(\alpha\varepsilon-\beta\delta)\varphi_{m-1}^2=0,$$

ou $\qquad (\sigma-\varphi_m)^2+(\alpha+\varepsilon)\varphi_{m-1}(\sigma-\varphi_m)+(\alpha\varepsilon-\beta\delta)\varphi_{m-1}^2=0.$

On a donc $\qquad \dfrac{\varphi_m-\sigma}{\varphi_{m-1}}=j, \qquad$ ou $j^p$.

Prenons $\qquad \dfrac{\varphi_m-\sigma}{\varphi_{m-1}}=j,$

on en conclut $\qquad \sigma=j^{mp},$

et avec $\qquad \varphi_m-\sigma=j^p\varphi_{m-1}, \qquad \sigma=j^m.$

Ainsi les racines de la congruence caractéristique de $s^m$ sont $j^m$ et $j^{mp}$.

Mais on a $\qquad j^{p+1}=\alpha\varepsilon-\beta\delta.$

$s^{p+1}$ n'est plus une substitution à congruence irréductible.
De là résulte que $s$ et ses puissances donnent en tout $p\alpha$ substitutions à congruence irréductible.

45. — La substitution $t^{-1}st$ a, comme $s$, pour racines de sa congruence $j$ et $j^p$.

Considérons les substitutions permutables avec $\{ s \}$.

L'égalité $st = ts^m$ n'est pas possible, à moins que l'on n'ait :

$$j = j^m, \qquad j^p = j^{mp}, \qquad \text{d'où} \qquad m = 1,$$

ou bien $$j^p = j^m, \qquad j = j^{mp}, \qquad \text{d'où} \qquad m = p.$$

Ainsi les substitutions permutables avec $\{ s \}$ se partagent en deux catégories : les unes sont permutables avec $s$; les autres sont telles que l'on ait $st = ts^p$.

Si $s$ était d'ordre $p(p^2 - 1)$ on aurait :

$$st = ts^p, \; s^{p^2-1}t = ts^{p^3-p} = t,$$

ce qui est absurbe. Donc $s$ est d'ordre $p^2 - 1$.

$$st^2 = t^2 s^{p^2}.$$

Mais $$s^{p^2} = s,$$

donc $$st^2 = t^2 s.$$

$t^2$ est donc permutable avec $s$.

46. — Cherchons les substitutions permutables avec $s$.

On a : $$\alpha a + \beta d \equiv a\alpha + b\delta, \qquad \alpha b + \beta e \equiv a\beta + b\varepsilon,$$
$$\delta a + \varepsilon d \equiv d\alpha + e\delta, \qquad \delta b + \varepsilon e \equiv d\beta + e\varepsilon,$$

d'où $$\beta d \equiv b\delta.$$

Posons $$b = \sigma\beta, \qquad d = \sigma\delta.$$

Il vient $$\delta a + \varepsilon\sigma\delta \equiv \sigma\alpha\delta + \delta e.$$

Donc (comme on ne suppose pas $\delta \equiv 0$) :

$$a - e \equiv \sigma(\alpha - \varepsilon).$$

Ensuite on a :

$$\alpha c + \beta f + \gamma(ae - bd) - \frac{1}{2} ab\alpha(\alpha - 1) - \frac{1}{2} de\beta(\beta - 1) - \alpha\beta bd$$
$$\equiv a\gamma + b\zeta + c(\alpha\varepsilon - \beta\delta) - \frac{1}{2} \alpha\beta a(a - 1) - \frac{1}{2} \delta\varepsilon b(b - 1) - ab\beta\delta;$$

$$\delta c + \varepsilon f + \zeta(ae - bd) - \frac{1}{2} ab\delta(\delta - 1) - \frac{1}{2} de\varepsilon(\varepsilon - 1) - \delta\varepsilon bd$$
$$\equiv d\gamma + e\zeta + f(\alpha\varepsilon - \beta\delta) - \frac{1}{2} \alpha\beta d(d - 1) - \frac{1}{2} \delta\varepsilon e(e - 1) - de\beta\delta.$$

Ces deux congruences déterminent $c$ et $f$, car le déterminant des coefficients des inconnues est :

$$(\alpha\varepsilon - \beta\delta)(1 - j)(1 - j^p).$$

Ensuite, on a
$$b \equiv \sigma\beta,$$
$$d \equiv \sigma\delta,$$
$$a \equiv e + \sigma(\alpha - \varepsilon).$$

Donc $$ae - bd \equiv (e + \sigma\alpha - \sigma j)(e + \sigma\alpha - \sigma j^p).$$

$ae - bd$ doit être différent de zéro.

On pourra choisir arbitrairement $\sigma$, $e$ en excluant le système $\sigma \equiv 0$, $e \equiv 0$.

Cela fait $p^2 - 1$ substitutions échangeables à $s$ et par suite, (puisque $t^2$ est échangeable à $s$), $2(p^2 - 1)$ substitutions échangeables à $\{ s \}$.

Mais $$\frac{p^3(p-1)(p^2-1}{2(p^2-1)} = \frac{p^3(p-1)}{2},$$

il existe donc $\frac{p^3(p-1)}{2}$ sous-groupes transformés de $s$, ce qui donne $\frac{p^4(p-1)}{2}$ substitutions à congruence irréductible; comme il y a en tout $\frac{p^4(p-1)^2}{2}$ substitutions à congruence irréductible, il existe $(p-1)$ suites complètes de tels groupes conjugués.

Les groupes $G^{8,\gamma}_{p^3q}$ sont en nombre $p - 1$.

Voici le résumé des résultats obtenus :

47. — Énumération des groupes d'ordre $p^3q$ ($p$ et $q$ étant deux nombres premiers, $p > q$).

$$G_{p^3q},$$

$$G_{p^3}G_pG_q = G_{p^2q}G_p = G_{pq}G_{p^2},$$

$$G_{p^2}G^1_{pq}, \qquad G^1_{p^2q}G_p, \qquad (G_p)^3G_q = (G_p)^2G_{pq},$$

$$(G_p)^2G^1_{pq}, \qquad G^{2,r}_{p^2q}G_p, \qquad G^3_{p^2q}G_p,$$

$$G^1_{p^3}G_q, \qquad G^2_{p^3}G_q,$$

$$G^1_{p^3q}\left(\begin{array}{c} a^{p^3} = b^q = 1, \qquad ab = ba^\alpha, \\ \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \pmod{p^3}\end{array}\right),$$

$$G^{2,r}_{p^3q}\left(\begin{array}{c} a_{p^3} = b^p = c^q = 1, \qquad ab = ba, \qquad ac = ca^\alpha, \qquad bc = cb^{\alpha^r}, \\ \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \pmod{p^2}\end{array}\right),$$

$$G^{3;r,s}_{p^3q}\left(\begin{matrix}a^p=b^p=c^p=d^q=1, & ab=ba, & ac=ca, & ad=da^\alpha\\ & bc=cb, & bd=db^{\alpha^r}, & cd=dc^{\alpha^s},\\ & \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \text{ (mod. } p)\end{matrix}\right),$$

$$G^{4}_{p^3q}\left(\begin{matrix}a^{(p,f(x))}=b^q=1, & ab=ba^j,\\ j \text{ appartient à l'exposant } q \text{ (mod. } p, f(x))\\ q>3\end{matrix}\right),$$

$$G^{5}_{p^3q}\left(\begin{matrix}a^{p^2}=b^p=c^q=1, & ab=ba^{1+p}, & bc=cb, & ac=ca^\alpha,\\ \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \text{ (mod. } p^2)\end{matrix}\right),$$

$$G^{6}_{p^3q}\left(\begin{matrix}a^p=b^p=c^p=d^q=1, & ab=bac, & ac=ca, & bc=cb,\\ & ad=da, & bd=db^\alpha, & cd=dc^\alpha,\\ & \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \text{ (mod. } p)\end{matrix}\right),$$

$$G^{7,r}_{p^3q}\left(\begin{matrix}a^p=b^p=c^p=d^q=1, & ab=bac, & ac=ca, & bc=cb,\\ & ad=da^\alpha, & bd=db^{\alpha^r}, & cd=dc^{\alpha^{1+r}},\\ & \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \text{ (mod. } p)\end{matrix}\right),$$

$$G^{8,\gamma}_{p^3q}\left(\begin{matrix}a^p=b^p=c^p=d^q=1, & & ab=bac,\\ ac=ca, & bc=cb, & dc=cd,\\ & \bar{d}=\begin{pmatrix}a, & b,\\ b, & a^{-1}b^\beta c^\gamma\end{pmatrix}\end{matrix}\right),$$

ou

$$\beta=j+j_p,$$

$j$ étant un nombre imaginaire de Galois appartenant à l'exposant $q$, (mod. $p$, $x^2-u$), $u$ est non résidu quadratique (mod. $p$), ($q>2$).

---

M. Georges MAUPIN

Membre de la Société Mathématique de France, Professeur au Collège de Saintes.

## QUELQUES JEUX DE HASARD : PETITS CHEVAUX. — BA-QUAN. — TOURNANT-CINQ BILLES. DÉMARQUAGE PAR LES CARTES [J 2 c]

*— Séance du 13 août —*

Je me suis attaché dans ce qui suit à résoudre quelques questions de probabilités par le seul emploi des mathématiques élémentaires. Je raisonne sur des événements tous également possibles : la probabilité simple $p$ est alors le rapport entre le nombre des événements favorables et le

nombre total des chances, l'espérance mathématique $e$ est le produit de $p$ par le gain éventuel ; enfin je me sers de l'impôt $i$ prélevé sur 100 francs par le tenancier.

Si $\alpha$ est la somme risquée au jeu, elle vaut, en touchant le tapis, seulement $\alpha - e$. La perte moyenne éprouvée sur $\alpha$ francs est donc $\alpha - e$, et sur 100 francs elle est :

$$i = 100\left(1 - \frac{e}{\alpha}\right).$$

Dans ma dernière étude je suppose acquise, en outre, la notion de probabilité composée du concours de plusieurs événements (*).

Je remercie M. l'intendant H. Delannoy, qui a bien voulu à plusieurs reprises m'aider de ses conseils.

## I. — Les Petits Chevaux.

Impôt prélevé par le tenancier. — Je me propose de démontrer que, quel que soit le mode de jeu, l'impôt $i$ est constant et égal à 11,11 0/0.

Ancien jeu des petits chevaux. — Un sac renferme neuf billes marquées 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ; on le présente à différentes personnes qui prennent chacune une bille, et le jeu commence quand les neuf numéros sont placés. Un mécanisme que je ne décrirai pas fait mouvoir les neuf chevaux, numérotés 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 : le cheval qui s'approche le plus près du but, sans le dépasser, fait gagner le joueur qui est porteur du numéro correspondant. A ce jeu, chaque personne payait d'ordinaire 2 francs pour participer au coup, et le gagnant recevait 16 francs. Donc on avait :

$$\alpha = 2, \qquad p = \frac{1}{9}, \qquad e = \frac{16}{9}.$$

Par suite, ici : $$i = \frac{100}{9} = 11{,}11.$$

A chaque coup, la banque gagnait 2 francs sans aucun aléa.

Nouveau jeu. — On s'est aperçu bien vite que ce jeu trop monotone attirait peu de clients, et on l'a modifié de la façon suivante :

Disposition du tableau (fig. 1). — Le tableau a la forme que nous indi-

(*) On trouvera dans la *Revue d'Auvergne*, année 1900, une *Théorie mathématique du jeu appelé le Tirage aux couteaux dans les foires d'Auvergne;* elle est rédigée dans le même esprit que les quatre monographies suivantes.

quons ; il est fait sur drap vert, les chiffres et les séparations sont jaunes. Des deux losanges, l'un B est bleu et correspond aux numéros 1, 3, 7, 9 ; l'autre R est rouge et correspond aux numéros 2, 4, 6, 8. Le 5 est tricolore. Il y a en outre deux bandes, celle de gauche correspond aux numéros 1, 3, 6, 8 ; celle de droite aux numéros 2, 4, 7, 9. Chaque cheval du modèle officiel des casinos porte sur la tête un petit drapeau de couleur rouge, bleue, ou tricolore pour le 5 : le numéro est marqué en blanc pour les deux premières catégories, en noir pour le 5. Au cas où deux chevaux arrivent ensemble « dead heat », ils ne sont pas payés tous deux, mais on les fait recourir : de cette façon il n'y a qu'un seul gagnant. Il peut y avoir plusieurs tableaux pour un même mécanisme : dans ce cas, un joueur peut, s'il le juge opportun, ponter à la fois sur différents tableaux, le maximum sur chacun étant fixé d'ordinaire à 10 francs.

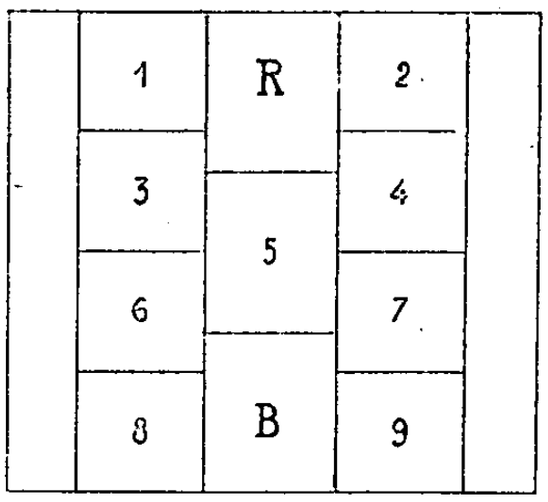



Fig. 1. — Petits chevaux.

Premier mode de jeu. — On pose une certaine somme, soit 10 francs, sur une des cases 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, par exemple sur 4. Si le cheval 4 arrive, on touche huit fois sa mise, sinon on perd. Ici :

$$a = 10, \qquad p = \frac{1}{9}, \qquad e = \frac{80}{9}.$$

D'où : $$i = 11{,}11.$$

Jeu a la couleur. — On pose sa mise sur R : si un des chevaux 2, 4, 6, 8 sort, on touche deux fois sa mise, sinon on perd. De même, misant sur B, on gagne si un des chevaux 1, 3, 7, 9 sort, sinon on perd. Ainsi lorsque le 5 sort, les couleurs sont pour la cagnote, car le 5 est tricolore.

Jeu a la bande. — On mise sur la bande de gauche, et on touche deux fois sa mise si un des chevaux 1, 3, 6, 8 sort ; ou sur la bande de droite, et on touche deux fois sa mise si un des chevaux 2, 4, 7, 9 sort. Le 5 sortant fait encore perdre les bandes.

Soit pour la couleur, soit pour la bande, on a :

$$\alpha = 10, \qquad p = \frac{4}{9}, \qquad e = \frac{80}{9}.$$

Alors : $$i = 11{,}11.$$

Remarque. — Il suffit de faire le calcul pour un joueur, puisque chacun joue pour soi et indépendamment des autres. Mais la banque veut éviter le risque de voir sortir un numéro trop chargé, et s'efforce de canaliser le gain : à cet effet elle empêche souvent de mettre sur un numéro plus de dix francs. Celui qui trouve ainsi une case *fermée* doit mettre son argent sur une autre case, ou chercher une place correspondante sur un autre tableau, puisque c'est la même machine qui détermine les gains sur tous les tableaux d'un même jeu. La banque se rapproche donc ainsi, autant qu'elle peut, de l'*ancien jeu*. De même, autrefois, l'administration de la loterie royale faisait vendre des billets arrangés d'avance, afin de répandre autant qu'il était possible les mises sur toutes les combinaisons.

Constance de l'espérance mathématique pour une même somme risquée. — On peut, bien entendu, jouer sur diverses cases ou diverses bandes en même temps, fractionner son enjeu et l'éparpiller. L'espérance mathématique étant toujours $\frac{80}{90}$ pour chaque franc risqué, reste encore la même pour l'ensemble de la combinaison.

Constance de l'impôt $i$. — D'où il suit que l'impôt $i$ est constant, et énorme, puisqu'il vaut 11,11 0/0.

De diverses manières de perdre a coup sûr. — La simplicité de ces résultats permet, non pas d'établir un moyen sûr de gagner, mais de déterminer plusieurs manières de perdre à coup sûr. Exemples :

1° Mettre 10 francs sur chacune des neuf cases : on perd 10 francs.

2° Mettre 10 francs sur P ; 10 francs sur D ; 2 fr. 50 c. sur le 5 : on perd 2 fr. 50 c.

Chacun comprend cela, tout en se figurant que le contraire existe, et qu'il y a des procédés pour gagner sûrement.

Conclusion. — Revenons sur les résultats précédents. Le nouveau jeu est tout à fait différent de l'ancien et constitue une sorte de *roulette*.

Avec l'ancien jeu, le tenancier était sûr de gagner, à chaque coup, 2 francs ni plus ni moins. Avec le nouveau jeu, il peut gagner beaucoup plus, mais aussi il peut perdre sur un coup déterminé.

Supposons que quatre joueurs aient mis chacun 2 francs sur quatre numéros, quatre autres 5 francs sur quatre autres numéros, et le dernier 10 francs sur le numéro restant. Si le gagnant est un des joueurs à 2 francs, le bénéfice du tenancier est 30 francs. Si le gagnant est un joueur à 5 francs, le bénéfice est 6 francs seulement. Enfin si c'est le numéro du joueur à 10 francs qui gagne, le tenancier perd 34 francs sur le coup en question.

L'impôt, nous l'avons dit, est constant. Mais si l'impôt payé par le joueur qui met sur P, est le même en valeur absolue, il est beaucoup plus fort en valeur relative. En effet, le joueur qui met 10 francs sur un seul numéro donne 1 fr. 11 c. pour avoir la chance de gagner 80 francs, tandis que celui qui met sur P donne la même somme pour la chance de gagner seulement 20 francs. Il est donc moins désavantageux de mettre sur un seul numéro. C'est ce qui se produit à la roulette, où « il vaut mieux ponter sur un numéro plein, plutôt que sur 2, sur 2 que sur 4, etc. *Plus on éparpille ses mises, plus on diminue ses chances* » (*).

Moyen mystique de gagner. — Un livre très amusant par sa naïveté est intitulé : *Le moyen irréfutable de gagner aux Petits Chevaux*, par le Révérend Père François-Xavier Zouvoas. Il se vend cacheté, et nous n'aurions pas résisté à l'envie d'en publier quelques extraits sans l'interdiction formelle mentionnée au début. Nous engageons les gens tristes à le lire et à le méditer : ils y trouveront un peu de gaîté (**).

## II. — Le Ba-Quan (***).

Matériel du banquier, manière de jouer. — Ce jeu, dont les tenanciers sont presque exclusivement chinois, jouit d'une très grande vogue dans nos possessions de l'Extrême-Orient, et se joue partout de la même façon. Le matériel est très simple (fig. 2).

Devant une table rectangulaire est assis le banquier avec son coffret renfermant les espèces (cents, sapèques, piastres, billets de piastres). Ce coffret, en bois laqué, ferme au moyen du cadenas chinois bien connu.

Un comparse du banquier est assis à l'une des extrémités de la table, ayant devant lui un tas de sapèques, environ 150 à 300. Au moyen d'un de ces bols qui servent aux Annamites et aux Chinois pour manger leur riz, il emprisonne un certain nombre de sapèques en appliquant sur le tas le bol renversé, et glisse à part bol et sapèques. Pendant ce temps, les

(*) E. Dormoy : *Théorie mathématique du jeu de baccarat*, p. 78. Ouvrage épuisé en librairie.

(**) Léon Godreuil, éditeur, 17, rue du Lycée, Havre. Prix : 3 fr. 50.

(***) Prononcez *Ba-Kouan* en Cochinchine, *Ba-Kouane* au Tonkin. Je dois les renseignements qui suivent à M. Henri Maupin, capitaine d'infanterie coloniale, mon frère.

joueurs qui se pressent autour de la table ont ponté à leur gré, car toutes les sommes sont acceptées, depuis le simple cent (un demi-sou de notre monnaie) jusqu'au billet de 100 $ (250 francs environ, au cours actuel de la piastre), ou davantage.

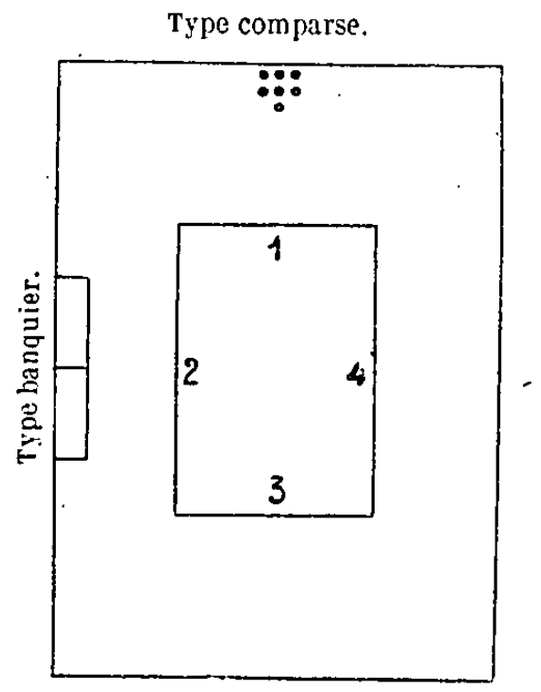



FIG. 2. — Ba-Quan.

COMMENT ON PONTE. — Au milieu de la table est une plaque de carton dont les quatre côtés portent en caractères chinois, et quelquefois en français aussi, les chiffres 1, 2, 3, 4. On peut ponter sur chacun de ces chiffres, ou entre deux chiffres consécutifs 1 et 2, 2 et 3, etc., ou encore entre deux chiffres opposés 1 et 3, 2 et 4. Les petites fiches de carton rouge posées sur la mise du joueur, dans ces deux derniers cas, indiquent par leur position si l'on ponte sur deux numéros opposés ou sur un seul des numéros seulement (fig. 3).

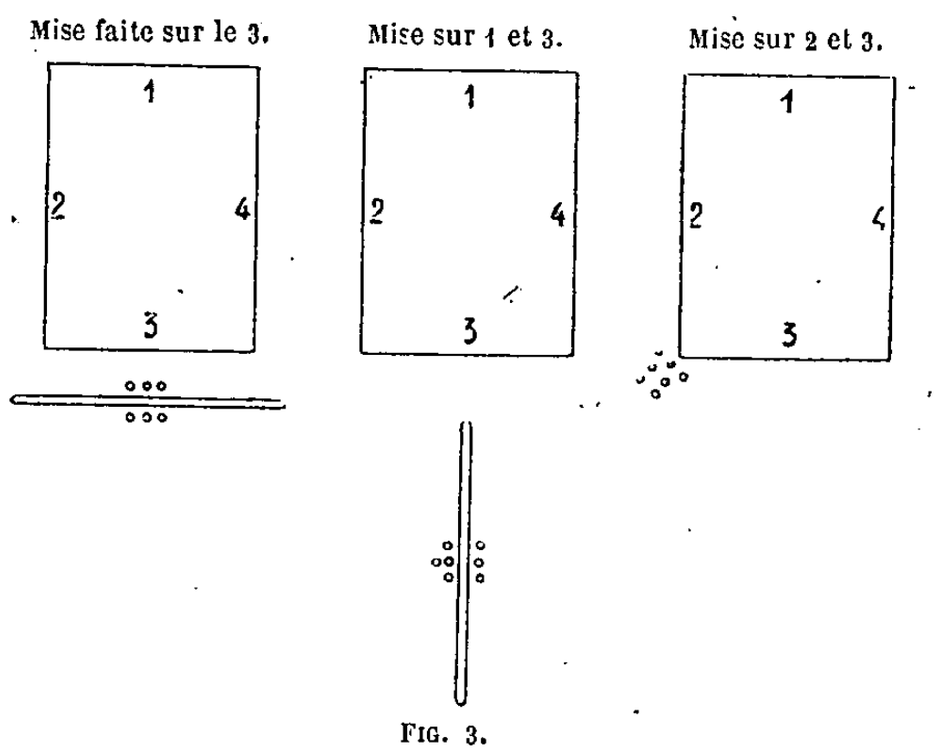



FIG. 3.

QUELS SONT LES GAGNANTS? — Le comparse ayant vu que tous les jeux

sont faits, et ayant au besoin gourmandé les retardataires ou les indécis, enlève le bol au milieu de l'attention générale. Il compte les sapèques qui y sont renfermées au moyen de deux de ces longues baguettes qui servent de fourchettes de table à la plupart des Orientaux. Il opère très vite, en séparant les pièces par petits tas de quatre : car le temps est de l'argent pour le banquier, la permission de faire jouer le ba-quan est en effet limitée à un petit nombre de jours, et la journée se termine généralement à minuit, par ordre de l'administration. Il est impossible de tricher, car le décompte se fait devant les yeux perçants et intéressés de tous les joueurs, et ceux-ci généralement, ainsi que le banquier lui-même, ont proclamé le résultat avant la fin de l'opération.

Gain possible. — Lorsque la somme entière est pontée sur le numéro qui sort, le banquier paie quatre fois la mise. Si la somme est pontée sur deux numéros dont l'un sort, le banquier paie deux fois la mise. Il prélève toutefois un dixième de la somme pontée. Enfin il ramasse toutes les sommes non comprises dans ces deux catégories : c'est même par là qu'il commence, et il le fait d'une main plus preste que lorsqu'il s'agit ensuite de payer les heureux gagnants.

Il est évident que le numéro sortant est 1, 2, 3, ou 4, suivant que le nombre de sapèques contenu sous le bol est *multiple de* 4 + 1, ou *multiple de* 4 + 2, ou *multiple de* 4 + 3, ou simplement *multiple de* 4. Cela posé, la théorie du jeu ressemble beaucoup à celle des petits chevaux.

Calcul de l'impôt. — Occupons-nous seulement de calcùler en *valeur absolue* l'impôt prélevé par le tenancier.

1° On joue sur un numéro unique, 10 $ par exemple, et quatre fois de suite. Le numéro choisi sort, *en moyenne*, une fois sur quatre. On risque donc 40 $, mais au coup gagné on touche (10 — 1)4 = 36 $. Ainsi l'impôt est 4 sur 40, ou 10 0/0.

2° On joue sur deux numéros, 10 $ par exemple, et deux fois de suite. On gagne en moyenne une fois sur deux ; on risque donc 20 $, mais au coup gagné on touche (10 — 1)2 = 18 $. Ainsi l'impôt est 2 sur 20, c'est dire 10 0/0 encore.

Le jeu en Annam. — Dans les possessions françaises, les indigènes, Chinois, Annamites, Cambodgiens, tous extrêmement joueurs, gagnent ou perdent des sommes considérables à ce jeu, d'ailleurs très captivant, même pour des Européens. Mais le jeu n'est autorisé que pendant un temps très court, en Annam pendant les trois jours de la fête du Tét (premier de l'an annamite) : on a vu un indigène gagner pendant chacun de ces trois jours, en jouant seulement quelques heures, plus de 400 $. Les numéros

un, deux, trois, quatre, se disent en annamite : *môt*, *hai*, *ba*, *tú*. Dans chaque salle, un gros coup est annoncé par les murmures de l'assistance, laquelle profère alors une exclamation qu'il est impossible de reproduire. Dans la même salle est ordinairement installé un jeu de *pair et impair*, lequel se joue sur une natte, les pontes étant couchés autour.

Syndicats de banquiers. — Dans chaque province, les banquiers sont syndiqués, de manière à pouvoir sauver un collègue malheureux. Quand la banque a sauté, le Chinois tenancier sort avec sa boîte, ordinairement impassible, quelquefois en grommelant. Ce n'est guère que dans le Laos que les banquiers agissent individuellement.

Les banquiers sont généralement d'une politesse exquise envers leurs clients, au point que, lorsque la mise n'est pas un multiple exact de 10, ils ne veulent pas d'ordinaire bénéficier du surplus : ils prélèveront par exemple 4 sur 43, alors qu'à la rigueur ils pourraient prendre 5.

Remarque générale sur les jeux de hasard. — M. Dormoy fait remarquer (*) que « ce qui fait le grand avantage du banquier dans un jeu de hasard, ce n'est pas tant l'importance du refait, *calculé sur chaque coup isolément*, que la longue succession des coups que le banquier est appelé à tenir ».

Ainsi, lorsque des banquiers sont syndiqués (ba-quan), ils jouent à peu près à coup sûr, même lorsqu'ils admettent qu'on taille à banque ouverte : car les sommes risquées restent petites vis-à-vis des réserves constituées dans les différentes banques. Une banque qui limite les mises des pontes, ou qui ferme certains numéros chargés (petits chevaux), ménage ses forces et arrive au résultat qu'elle désire : jouer très longtemps avec ses ressources, et gagner par conséquent.

## III. — Le Tournant-Cinq Billes.

Définition du jeu. — Le jeu suivant, qui est fabriqué à Paris, se trouve un peu partout dans les foires ; et même aussi, avec quelques modifications, dans les casinos de l'Océan. Il se compose d'un plateau circulaire, au centre duquel on fait tourner sur elle-même, sans qu'elle se déplace latéralement, une petite toupie. Celle-ci heurte cinq billes placées tout autour dans une rigole circulaire assez large pour qu'elles puissent y courir librement. Mais la rigole présente vingt-cinq dépressions, peu profondes, afin de ne pas entraver le mouvement des billes, se touchant les unes les autres et marquées dans leurs fonds des numéros 1, 2, 3, 4, 5,

(*) *Loc. cit.*, p. 88 et 89.

1, 2, 3, 4, 5, 1, 2, 3, 4, 5, 1, 2, 3, 4, 5, 1, 2, 3, 4, 5 dans l'ordre indiqué. Il y a donc ainsi vingt-cinq numéros, et quand les billes sont arrivées au repos, on compte la somme des points des trous où elles reposent.

Tableau du tenancier. — Le gain et la perte sont alors fixés au moyen d'une pancarte pendue à côté du jeu, et dont voici un spécimen :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | *lot valeur* | 20 | francs. | 5 | *lot valeur* | 20 | francs. |
| 20 | — | » | | 19 | — | » | |
| 8 | — | 2 | — | 21 | — | 2 | — |
| 18 | — | » | | 17 | — | » | |
| 5 nos 2 | — | 20 | — | 5 nos 3 | — | 20 | — |
| 10 | — | » | | 15 | — | » | |
| 24 | — | 15 | — | 7 | — | 10 | — |
| 12 | — | » | | 9 | — | » | |
| 22 | — | 5 | — | 5 nos 4 | — | 20 | — |
| 14 | — | » | | 11 | — | » | |
| 6 | — | 20 | — | 23 | — | 10 | — |
| 16 | — | » | | 13 | — | » | |

Chaque coup coûte 1 franc, c'est le tenancier qui met le mécanisme en marche. Tous les nombres, depuis 5 minimum jusqu'à 25 maximum, peuvent sortir et sont prévus dans le tableau, qui est fait, comme je le montrerai plus loin, avec beaucoup d'art.

Assimilation a un jeu de dés ou de totons. — Il s'agit de calculer les probabilités d'amener les points 5, 6, 7, ... 25. Or, le jeu revient à jeter par terre ensemble cinq dés à cinq faces, celles-ci étant numérotées 1, 2, 3, 4, 5. Il faut concevoir des dés prismatiques à bouts pointus, ou bien encore on peut prendre cinq de ces toupies appelées *totons*, dont les flancs offrent cinq faces planes, en sorte qu'elles tombent sur une de celles-ci.

Cas favorables a l'arrivée du point $p$. — Nous sommes donc ramenés à un problème très connu. Nous désirons amener le point $p$ : il faut prendre, parmi les 25 nombres précités, 5 nombres dont la somme fasse $p$ (*). Tous ces cas sont également possibles, c'est évident. En sorte qu'avec un peu d'attention on voit que le nombre de manières d'amener $p$ est le coefficient du terme de degré $p$ dans le développement du polynôme :

$$X = (x^1 + x^2 + x^3 + x^4 + x^5)^5.$$

(*) Lacroix, *Traité élémentaire du calcul des probabilités*, p. 87. — H. Laurent, *Théorie des jeux de hasard*, p. 99. — J. Bertrand, *Calcul des probabilités*, p. 21.

Le calcul direct donne :

$$\begin{aligned} X = {} & x^5 + 5x^6 + 15x^7 + 35x^8 + 70x^9 + 121x^{10} + 185x^{11} + 255x^{12} \\ & + 320x^{13} + 365x^{14} + 381x^{15} + 365x^{16} + 320x^{17} + 255^{18} \\ & + 185x^{19} + 121x^{20} + 70x^{21} + 35x^{22} + 15x^{23} + 5x^{24} + x^{25}. \end{aligned}$$

NOMBRE DES CAS POSSIBLES. — Quant au nombre des cas possibles, c'est la somme : $1 + 5 + 15 + 35 + \ldots$

des coefficients du polynôme X développé. Elle peut donc s'obtenir en faisant $x = 1$ dans X avant le développement, ce qui donne $5^5 = 3125$.

Les probabilités d'amener le point 5, le point 6, le point 7, etc., sont donc respectivement :

$$\frac{1}{3125}, \quad \frac{5}{3125}, \quad \frac{15}{3125}, \quad \ldots$$

TABLEAU DU TENANCIER COMPLÉTÉ. — Nous pouvons maintenant reprendre le tableau du tenancier et le compléter. Observons que les coups dénommés *cinq n^os 2*, *cinq n^os 3*, *cinq n^os 4* ont la même probabilité que le coup 25 ou le coup 5. Dans notre nouveau tableau, les deux dernières colonnes donnent seulement les numérateurs des fractions dont le dénominateur est 3125. Comme vérification, la somme des nombres de la troisième colonne reproduit 3125.

| Points. | Gains. | Probabilités. | Espérances. |
|---|---|---|---|
| 25 | 20 | 1 | 20 |
| 20 | » | 121 — 1 | » |
| 8 | 2 | 35 | 70 |
| 18 | » | 255 | » |
| 5 n^os 2 | 20 | 1 | 20 |
| 10 | » | 121 — 1 | » |
| 24 | 15 | 5 | 75 |
| 12 | » | 255 | » |
| 22 | 5 | 35 | 175 |
| 14 | » | 365 | » |
| 6 | 20 | 5 | 100 |
| 16 | » | 365 | » |
| 5 | 20 | 1 | 20 |
| 19 | » | 185 | » |
| 21 | 2 | 70 | 140 |
| 17 | » | 320 | » |

| Points. | Gains. | Probabilités. | Espérances. |
|---|---|---|---|
| 5 nos 3 | 20 | 1 | 20 |
| 15 | » | 381 — 1 | » |
| 7 | 10 | 15 | 150 |
| 9 | » | 70 | » |
| 5 nos 4 | 20 | 1 | 20 |
| 11 | » | 185 | » |
| 23 | 10 | 15 | 150 |
| 13 | » | 320 | » |

Impôt prélevé par le tenancier. — Ainsi, l'espérance mathématique totale est $\frac{960}{3125}$. On en déduit que l'impôt prélevé par le tenancier, *si les lots sont payés en espèces*, est $i = 69{,}28\ 0/0$, ce qui est déjà gentil.

Mais j'estime qu'on peut facilement réduire de 50 0/0 la valeur nominale des lots. En faisant de nouveau le calcul dans cette hypothèse, on trouve que l'impôt prélevé est 84,64 0/0.

Remarques diverses. — Je me suis demandé si l'élasticité des billes, leurs chocs mutuels et leurs frottements sur les parois du canal pouvaient amener tel point plutôt que tel autre : je ne le crois pas, et d'ailleurs je ne vois pas comment en rendre compte par le calcul.

Ensuite, un point étant amené au repos, si on met l'appareil en mouvement, y aura-t-il une relation entre le point nouveau et le point initial ? Ceci me paraît possible, sans que je voie non plus le moyen d'en rendre compte.

Enfin on doit admettre, ce me semble, qu'une habile inclinaison donnée à l'appareil doit tendre à coller les billes les unes contre les autres, c'est-à-dire à amener, dans un ordre quelconque d'ailleurs, cinq numéros distincts et par suite le point 15. Il est vraisemblable que le tenancier doit en profiter pour assurer, quand il le désire, ce point sauveur.

Ce que pense le ponte. — Il serait bien intéressant de savoir ce que pense, des chances de gain, celui qui joue. Non celui qui fait jouer, car je me figure que le tenancier est parfaitement fixé par une longue habitude. Le tableau est fait avec une habileté remarquable et un désordre seulement apparent : il y a à première vue douze cas favorables et douze cas défavorables, qui n'ont pas été choisis sans réflexion. Dire que le ponte croit à la même chance de tirage de tous les points serait exagéré ; non, certainement, j'ai constaté que chacun considère comme rares les coups où le même numéro est cinq fois répété. Mais enfin le tableau est engageant, il y a des lots assez gros, tout cela allèche le campagnard qui vient du foi-

rail. Et au fond, le système de toutes les loteries est-il autrement conçu ? Qu'un gros lot se tire, et les journaux en rendent compte avec fracas, font la biographie de l'heureux gagnant. Rien ne peut, à mon avis, être plus pernicieux, car chacun s'habitue ainsi, par suite d'une certaine cristallisation qui s'effectue dans l'esprit, à considérer comme probable (dans le sens ordinaire du mot) une chose possible.

Il est difficile de raisonner avec ces préjugés : tout au plus est-il permis d'énoncer cette conclusion que, pour chaque personne, l'événement très heureux ou très malheureux frappe par son étrangeté même. Il n'y a plus qu'un pas à franchir pour faire de l'exception la règle, et on attend avec confiance l'arrivée de la fortune qui a déjà visité le voisin.

## IV. — Les différentes manières de démarquer : a l'as de coeur, a la plus forte carte, a la première manille.

Ce qu'on appelle démarquer. — Les opérations de *démarquage* se présentent à différents jeux, et pour préciser, nous raisonnerons sur un exemple.

Il arrive fréquemment, au jeu de la *manille aux enchères,* que le nombre des consommations perdues n'est pas un multiple exact du nombre des joueurs. Cela se produit surtout lorsque les conventions de ce jeu répandu, variant d'une ville à l'autre, font que *tous* les joueurs qui arrivent à rassembler un nombre de points égal ou supérieur à un nombre déterminé perdent *simultanément* une partie. Pour abréger, on cherche donc un moyen de *démarquer* un certain nombre de parties, et on emploie alors, d'ordinaire, un des trois modes suivants. Nous supposons, ce qui est le cas le plus fréquent, qu'il y ait *quatre* joueurs, avec un jeu dit de *piquet*.

Premier procédé, dit a l'as de coeur. — Un des joueurs, A par exemple, prend les cartes, les fait couper à D (à sa gauche) et les distribue une à une dans le sens ABCD (de gauche à droite), jusqu'à ce qu'une carte *déterminée à l'avance*, par exemple l'*as de cœur*, échoie à l'un des joueurs, qui démarque. Les chances sont ici les mêmes pour tous les joueurs, car le rang de l'as de cœur est bien déterminé quand les cartes sont battues et coupées : il y a donc la même probabilité pour que cet as tombe à l'un des joueurs.

Cependant, si celui qui donne *brûle* la première carte, il se crée à lui-même un léger désavantage. Puisqu'il n'y a plus que 31 cartes, les probabilités de gain sont $\frac{8}{31}$ pour B, pour C et pour D ; $\frac{7}{31}$ pour A. Si l'as de cœur sortait le premier, il faudrait naturellement refaire.

DEUXIÈME PROCÉDÉ. — A bat les cartes, fait couper et en donne *une* à *chacun* des joueurs : on convient que la plus forte carte gagne. Ce mode, comme le premier, donne les mêmes chances à tous les joueurs. Si plusieurs joueurs ont une carte de même valeur (plus élevée que celle des autres), ils recommencent entre eux la même opération, soit en ramassant les premières cartes distribuées et rebattant, soit en continuant la distribution avec le jeu entamé, ce qui est indifférent.

TROISIÈME PROCÉDÉ. — Avec le même mode de distribution (sans brûler une carte), on convient que le joueur qui aura la *première manille*, quelle qu'elle soit, démarquera. Beaucoup de gens croient ce mode équitable : il n'en est rien, et on voit avec un peu d'attention que B a plus de chances que C, C plus de chances que D, D plus de chances que A, en sorte que le plus mal partagé est celui même qui distribue les cartes. Il peut sortir, en effet, sur quatre cartes consécutives distribuées aux joueurs, *plusieurs* manilles, et la *première* seule amène le gain. Nous nous proposons de calculer les chances des différents joueurs.

Or, la question est identique au fond à un problème d'HUYGENS, qui fut résolu par DE MOIVRE d'une façon très simple, et il va nous suffire d'appliquer les formules de DE MOIVRE et LACROIX (*). Elle revient, en effet, à la suivante :

Dans une urne, il y a $m$ jetons blancs (quatre) et $n$ jetons noirs (vingt-huit), en tout $t$ jetons (trente-deux). Les joueurs B, C, D, A tirent un jeton successivement *sans le remettre dans l'urne*. Le premier qui a un jeton blanc gagne, quelles sont les différentes probabilités de gain ?

Le jeu finit évidemment, au plus tard, au vingt-neuvième coup. Les probabilités de sortie d'un jeton blanc aux différents coups sont (**) :

$$\frac{m}{t},\quad \frac{mn}{t(t-1)},\quad \frac{mn(n-1)}{t(t-1)(t-2)},\quad \frac{mn(n-1)(n-2)}{t(t-1)(t-2)(t-3)},$$

$$\frac{mn(n-1)(n-2)(n-3)}{t(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)},\ \ldots$$

(*) DE MONTMORT : *Essay d'analyse sur les Jeux de hazard*, Paris, 1708.
LACROIX : *Traité élémentaire du Calcul des probabilités*, Paris, 1816.
G. MAUPIN : *Questions d'algèbre* (chap. XVII, probl. 26, pp. 276 et 280), Paris, Nony et Cie, 1895.

(**) En effet, disent de Moivre et Lacroix, au premier coup on a évidemment la probabilité $\frac{m}{t}$ d'amener un jeton blanc, la probabilité $\frac{n}{t}$ d'en amener un noir. Ensuite dans le second tirage, la probabilité d'amener un jeton blanc est $\frac{m}{t-1}$, celle d'amener un jeton noir est $\frac{n}{t-1}$ ; il faut multiplier ces probabilités par la probabilité particulière du tirage, afin d'obtenir celles des deux événements qui en résultent, et cela donne la probabilité $\frac{m}{t}\cdot\frac{n}{t-1}$ d'amener un jeton blanc, la probabilité $\frac{n}{t}\cdot\frac{n-1}{t-1}$ d'en amener un noir... et ainsi de suite.

Parmi ces probabilités, les 1re, 5e, 9e,... favorisent le joueur B ; les 2e, 6e, 10e,... favorisent le joueur D ; enfin il reste en faveur de A les probabilités de rang 4, 8, 12,...

Écrivons ces vingt-neuf fractions, en y faisant :

$$m = 4, \qquad n = 28, \qquad t = 32, \qquad \frac{m}{t} = \frac{1}{8},$$

ce qui donne, en réduisant au même dénominateur :

$$\frac{1}{8} \times \frac{31.30.29}{31.30.29},$$

$$\frac{1}{8} \times \frac{30.29.28}{31.30.29},$$

$$\frac{1}{8} \times \frac{29.28.27}{31.30.29},$$

. . . . . .

. . . . . .

$$\frac{1}{8} \times \frac{3.\ 2.\ 1}{31.30.29}.$$

Nous faisons la somme des fractions de rangs 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29 ; de rangs 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26 ; de rangs 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27 ; de rangs 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, et nous trouvons (*) les probabilités :

$$S_1 = \frac{64\ 896}{215\ 760}, \qquad S_2 = \frac{57\ 120}{215\ 760}, \qquad S_3 = \frac{50\ 064}{215\ 760}, \qquad S_4 = \frac{43\ 680}{215\ 760},$$

c'est-à-dire :

$$\underset{\text{B}}{\frac{1352}{4495}}, \qquad \underset{\text{C}}{\frac{1190}{4495}}, \qquad \underset{\text{D}}{\frac{1043}{4495}}, \qquad \underset{\text{A}}{\frac{910}{4495}}.$$

Comme vérification, la somme de ces fractions est égale à 1.

Comparons en particulier les chances de A et celles de B. Le rapport $\frac{S_4}{S_1} = \frac{910}{1352}$ est très sensiblement égal à $\frac{2}{3}$, ce qui montre qu'à ce jeu l'écart est assez grand entre les chances du premier et celles du dernier joueur.

Il est facile de refaire les mêmes calculs dans l'hypothèse que celui qui donne les cartes brûle la première :

(*) On pourra abréger le calcul en remarquant que les différences troisièmes des numérateurs des fractions sont toutes égales à 6.

1° Si la carte brûlée n'est pas une manille, on trouve :

$$S_1 = \frac{9\ 520}{31\ 465}, \qquad S_2 = \frac{8\ 344}{31\ 465}, \qquad S_3 = \frac{7\ 280}{31\ 465}, \qquad S_4 = \frac{6\ 321}{31\ 465}.$$

Le rapport $\frac{S_4}{S_1}$ est encore voisin de $\frac{2}{3}$.

2° Si la carte brûlée est une manille, on trouve :

$$S_1 = \frac{1\ 296}{4\ 495}, \qquad S_2 = \frac{1\ 176}{4\ 495} \qquad S_3 = \frac{1\ 064}{4\ 495}, \qquad S_4 = \frac{959}{4\ 495}.$$

Le rapport $\frac{S_4}{S_1}$ a augmenté, mais il reste encore très sensiblement égal à $\frac{3}{4}$.

En général, les sommes $S_1$, $S_2$, $S_3$, $S_4$ sont composées de telle sorte que chacune des parties de $S_1$ est supérieure à la partie correspondante de $S_2$, chacune de celles de $S_2$ est supérieure à celle correspondante de $S_3$, chacune de celles de $S_3$ est supérieure à celle correspondante de $S_4$. Les chances vont donc en décroissant dans le sens DCBA, ce que nous avions fait pressentir au début.

Conclusion. — Ces exemples particuliers, qu'on pourrait multiplier au moyen des formules générales qui précèdent, montrent qu'on n'a, lorsqu'il s'agit de démarquer, jamais avantage à donner les cartes, et souvent désavantage. L'homme habile qui, dans l'hypothèse du troisième procédé, voudrait se ménager le plus possible de chances, devrait mettre les cartes entre les mains de son voisin de gauche, puisque les cartes sont distribuées dans le sens direct.

Théorème général. — Soient $p$ joueurs rangés autour d'une table. L'un quelconque d'entre eux prend un jeu de $t$ cartes parmi lesquelles $m$ sont désignées spécialement à l'avance ; il les distribue en donnant une carte au premier joueur, une au deuxième,... en faisant au besoin plusieurs tours jusqu'à ce qu'il sorte une des $m$ cartes désignées. On convient que le joueur à qui échoit cette carte prise parmi les $m$ gagne.

Le jeu n'est pas équitable, *le nombre des chances de gain va en s'affaiblissant dans le sens même de la distribution des cartes*, c'est-à-dire que le premier joueur a le plus de chances et que celui qui sert en a le moins. Cependant, dans le cas particulier de $m = 1$, le nombre des chances devient le même pour tous les joueurs.

Il faut que l'on ait :

$$p \leqslant t - m + 1,$$

car la partie finit, au plus tard, au coup de rang $m - p + 1$, alors qu'il reste $m - 1$ cartes. Si donc l'on faisait l'hypothèse contraire, les

$$p - t + m - 1$$

derniers joueurs n'auraient plus aucun espoir de gain.

---

M. Ch. MAURAIN

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Rennes.

## SUR LES VARIATIONS DE VOLUME DUES A L'AIMANTATION [538.65]

*— Séance du 8 août —*

I. — Au cours de recherches encore inachevées sur les propriétés magnétiques des corps constitués par des poudres de fer ou de nickel agglutinées par de la paraffine par exemple, j'ai étudié la variation de volume qu'éprouvent ces corps au moment où on les soumet à l'action d'un champ magnétique ; tandis que pour le fer ou le nickel compacts il y a alors augmentation de volume, c'est, au contraire, une diminution de volume qui a lieu pour les agglomérés poudre-paraffine. Il ne sera pas sans intérêt d'indiquer ici, en même temps que les résultats relatifs à ces agglomérés, ceux de quelques expériences que j'ai faites sur le fer et le nickel compacts, parce que, d'une part, les résultats obtenus antérieurement par plusieurs physiciens dans des expériences de ce genre (*) sont loin d'être concordants, même quant au sens de la variation, et que, d'autre part, je crois utile d'insister sur certaines causes d'erreur dont on ne semble pas s'être assez préoccupé.

(*) CANTONE, *R. C. d. R.Accad. dei Lincei*, t. VI, p. 252 et 487, 1890. — KNOTT, *Proc. Roy. Soc. Edimb.*, t. XVIII, p. 315, 1891. *Trans. Roy. Soc. Edimb.*, t. XXXVIII, p. 527, 1896, et t. XXXIX, p. 457, 1898. — KNOTT ET SHAND, *Proc. Roy. Soc.*, t. XIX, p. 85 et 249, 1892 ; t. XX, p. 295 et 334, 1893-94, et t. XXII, p. 216, 1898. — S. BIDWELL, *Proc. Roy. Soc.*, t. LVI, p. 94, 1894. — NAGAOKA ET HONDA, *Phil. mag.* (V), t. XLVII, p. 262, 1898. *Journ. Sc. Coll. Tokyo*, t. IX, p. 253, 1898, et t. XIII, p. 57, 1900. — NAGAOKA, *Rapport au Congrès de physique de Paris*, t. II, p. 536, 1900. — E. RHOADS, *Phil. mag.* (VI), t. II, p. 463, 1901. — *Aciers au nickel :* NAGAOKA ET HONDA, et CH. ED. GUILLAUME, *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 3 mars 1902.

II. — Le dilatomètre employé est simple et commode : un récipient cylindrique allongé, de verre, peut être fermé par un bouchon de verre creux, rodé à l'émeri, et qui porte deux tiges verticales ; l'une est à canal capillaire ; l'autre est à conduit plus large et porte un robinet rodé, au-dessus duquel est un petit entonnoir. Les barreaux à étudier sont placés dans le dilatomètre, qui est ensuite rempli d'eau ; ce remplissage est rendu très facile par le jeu du robinet, et le niveau de l'eau se trouve toujours dans la même région du tube capillaire. Le tout est plongé dans un cylindre de verre rempli d'eau et sur lequel est enroulée la bobine magnétisante, dont la longueur est environ le double de celle des barreaux les plus longs. Le niveau est observé avec un microscope dont l'oculaire est muni d'un micromètre.

Les noyaux étudiés étaient sous forme de barreaux cylindriques de 1 centimètre de diamètre et 40 à 50 centimètres de longueur ; le facteur démagnétisant correspondant est compris entre 0,046 et 0,023 ; pour les cylindres de poudre-paraffine, l'aimantation étant assez faible, le champ perturbateur dû aux pôles est très faible, et l'aimantation à très peu près uniforme ; elle n'est pas très éloignée non plus de l'uniformité pour les barreaux compacts.

III. — Le tableau suivant donne les variations relatives de volume observées avec les agglomérés, pour un champ de 270 gauss.

| Nature du barreau. | Densité en fer ou nickel. | $\frac{\delta v}{v}$ |
|---|---|---|
| Limaille de fer-paraffine. . . . . | 2,07 | $-3{,}4.10^{-7}$ |
| Fer porphyrisé-paraffine. . . . . | 2,65 | — 3,7 |
| Limaille de fer-naphtaline . . . . | 2,1 | — 1,5 |
| Limaille de nickel-paraffine . . . . | 2,23 | — 1,1 |

Dans des expériences comparatives faites avec des barreaux de paraffine pure, aucune dénivellation ne s'est produite au moment où on lançait le courant magnétisant.

IV. — Passons aux expériences relatives à la variation de volume de barreaux de fer ou de nickel compact. Il importe d'abord de les discuter. Au moment où on lance le courant magnétisant, on observe une dénivellation qui correspond à un accroissement de volume, mais cette variation de volume est la résultante de celle due à l'action même de l'aimantation et de celle due aux phénomènes thermiques qui accompagnent la production du champ.

Ces phénomènes thermiques sont complexes : 1° On sait que l'hystérésis cause un phénomène thermique, qu'on ne considère habituellement

que pour un cycle fermé, mais qui existe pour toute variation de l'aimantation, et qui, quand on fait croître le champ, est un dégagement de chaleur; 2° la variation du champ entraîne la formation dans la masse de courants induits, d'où un dégagement de chaleur ; 3° le phénomène mécanique de l'augmentation de volume du noyau sous l'action du champ est concomitant d'un phénomène thermique qui est une absorption de chaleur ; 4° si la perméabilité magnétique du noyau varie avec la température, à l'établissement de l'aimantation correspond un phénomène thermique (qui est un dégagement de chaleur si la perméabilité décroît quand la température croît).

Parmi ces phénomènes thermiques, le dernier est négligeable pour le fer et le nickel à la température ordinaire ; mais les trois autres paraissent entraîner des variations de volume qui ne sont nullement négligeables par rapport à la variation qu'on se propose de mesurer. On le constate facilement au moment même où on fait l'expérience : le niveau étant immobile, on lance le courant magnétisant; une dénivellation se produit ; aussitôt on interrompt le courant ; le niveau ne revient pas jusqu'à sa position primitive, ce qui indique qu'une augmentation de volume s'est maintenue : c'est la dilatation due au dégagement de chaleur par l'hystérésis et les courants de Foucault. Pour l'évaluer avec plus de précision, il suffit de fermer et d'ouvrir très rapidement, dix fois par exemple, le circuit magnétisant, et de diviser par ce nombre la dénivellation totale (*). On obtient ainsi la variation de volume due aux actions calorifiques de l'hystérésis et des courants de Foucault (**) pour une fermeture et une ouverture du courant magnétisant; on n'en peut rien conclure de bien certain relativement à celles qui se produisent quand on établit le champ, sinon que celles-ci sont sans doute du même ordre de grandeur. Il faut remarquer d'ailleurs que l'absorption de chaleur concomitante de l'augmentation de volume par aimantation se retranche du dégagement dû à l'hystérésis et aux courants induits.

On ne peut maintenir le champ pendant assez longtemps pour que l'action des phénomènes thermiques ait disparu ; en effet, le niveau est rarement tout à fait fixe, de sorte qu'on ne pourrait apprécier avec quelque exactitude la dénivellation due à l'aimantation en la lisant au bout d'un temps assez long (***) ; de plus, la chaleur de Joule du courant magnétisant produit bientôt une dénivellation très rapide.

La conclusion de cette discussion est que la méthode du dilatomètre ne

(*) L'action calorifique du courant magnétisant lui-même ne se manifeste, à travers l'eau qui remplit la bobine, qu'assez longtemps après, une ou deux minutes par exemple, de sorte que l'observation de la dénivellation dont il est parlé ici est bien nette.

(**) Ces derniers dépendent de la durée d'établissement du courant ; dans des expériences de ce genre, on se contente d'ordinaire de fermer un contact commandant le circuit.

(***) D'ailleurs, le phénomène deviendrait très complexe si la chaleur développée dans le métal lui-même avait le temps de se communiquer à l'eau qui entoure le barreau.

donne ici de résultats bien certains que si on peut montrer, par l'expérience ou le raisonnement, que dans le cas qu'on étudie les phénomènes thermiques ont une influence négligeable ou connue. Par exemple, dans les expériences, rapportées plus haut, relatives aux agglomérés poudre-paraffine, les résultats ne semblent entachés d'aucune erreur sensible : en effet, le niveau revient à sa position primitive quand on supprime le champ.

J'indique maintenant les résultats obtenus avec des barreaux compacts : pour un cylindre de nickel de 50 centimètres de long et 1 centimètre de diamètre, et un champ de 264 gauss, j'ai trouvé une augmentation de volume de $10^{-7}$, et la chaleur due à l'hystérésis et aux courants de Foucault ne produisait pas de dénivellation appréciable.

Pour un cylindre d'acier de $50^{cm},5$ de long et 1 centimètre de diamètre, la dénivellation produite par un champ de 260 gauss correspondait à une augmentation de volume de $2{,}4.10^{-7}$ ; mais ici la dilatation due à l'hystérésis et aux courants de Foucault n'était pas négligeable et était d'environ $0{,}5.10^{-7}$ pour une fermeture et une ouverture du courant magnétisant ; on peut en conclure à une dilatation certaine par l'action de l'aimantation, de l'ordre de $2.10^{-7}$.

Enfin, pour un barreau de fer de $50^{cm},5$ de long et 1 centimètre de diamètre, la dénivellation produite par un champ de 260 gauss correspondait à une augmentation de volume de $0{,}5.10^{-7}$, mais la dilatation due à l'hystérésis et aux courants de Foucault pour une fermeture et une ouverture du courant magnétisant était presque aussi grande, $0{,}4.10^{-7}$, de sorte que, s'il reste probable que le phénomène dû à l'aimantation est, pour cette valeur du champ, un accroissement de volume, cet accroissement est faible.

---

M. E. RAVEROT

à Paris.

---

## LE SYSTÈME DÉCIMAL ET LA MESURE DU TEMPS ET DES ANGLES

---

[529.75]

*— Séance du 8 août —*

On reproche communément aujourd'hui à la mesure du temps et des angles de demeurer réfractaire au calcul décimal et l'on qualifie volontiers de suranné l'énoncé complexe des unités en usage (heure, minute et seconde pour le temps ; degré, minute et seconde d'arc pour les angles).

Pour conformer strictement au type décimal de la numération la corrélation des unités, il faudrait cependant créer des unités nouvelles, renoncer à l'unification si péniblement introduite par le *système métrique* et par le *système C. G. S.*; et les unités nouvelles ne seraient ni moins empiriques ni moins imparfaites théoriquement que leurs devancières.

Pour être seulement cohérente, la décimalisation directe du *Jour* et de la *Circonférence* impliquerait l'abandon du *système métrique* et l'adoption d'une unité de longueur multiple ou sous-multiple de quatre mètres.

D'insurmontables obstacles s'opposent à la décimalisation stricte du temps et des angles parce que la numération décimale, — seule existante, — n'est pas parfaite (une numération supérieure scientifiquement pourrait être créée avec le calcul duodécimal). On préconise, à tort, comme une réforme scientifique une commodité arithmétique d'enseignement primaire très indifférente en principe à l'amélioration des mesures.

L'insuffisance de la numération décimale au point de vue de la divisibilité rend la décimalisation absolue de la Circonférence incompatible avec la géométrie en ce qui concerne les applications graphiques.

Le même défaut se rencontre dans la désignation des fractions les plus simples du Jour divisé décimalement et explique l'adoption universelle et séculaire de la division du jour en 24 Heures.

Le seul *cadran* où l'on *voit* l'heure est le cadran de douze heures avec ses aiguilles faisant l'une 2 tours et l'autre 24 tours par jour ; la position des aiguilles sur ce cadran équivaut à un chiffre et son changement soulèverait une difficulté équivalente à un changement de numération.

Le fondement de la *seconde* est peut-être encore plus inébranlable en raison de l'emploi unique dans le monde civilisé du pendule battant la seconde sexagésimale de temps moyen ; la *seconde* est d'ailleurs l'unité fondamentale de toutes les mesures où le temps intervient implicitement et M. Janet a fait observer, à bon droit, que son remplacement par une autre unité entraînerait la création d'unités nouvelles pour toutes les grandeurs définies *par seconde*.

En ce qui concerne les mesures angulaires, la *minute d'arc* est l'unité fondamentale des navigateurs ; elle correspond à leur mesure itinéraire universelle le *mille marin*.

Dans le mode actuel de mesure du Temps et des Angles, l'*Heure* et le *cadran horaire*, la *seconde* comme unité fondamentale de temps, la *minute d'arc* comme division angulaire principale semblent également intangibles.

Mais la corrélation des unités en usage, pour n'être pas strictement *décimale*, n'est pas davantage exclusivement *duodécimale* et l'on peut, à notre avis, relever dans l'usage actuel le défaut de ne point montrer ce que le système comporte de décimal :

Il y a 3 600 *secondes* par Heure et 86 400 *secondes* par Jour ; la Circonférence comprend 21 600 *minutes d'arc*.

Le système a donc en réalité un caractère mixte, avantageux par son ampleur arithmétique, et dont on imagine précisément ici de tirer parti pour mettre en évidence et en usage les multiples décimaux *existants* des unités principales : c'est une sorte de décimalisation en sens contraire de celles jusqu'ici préconisées, et qui, dans la majorité des cas usuels, abolirait le calcul des parties aliquotes.

Nous proposons d'employer :

1° La division directe de l'*Heure en 36 centaines de secondes* (qui existe mais n'est pas usitée). Sur le cadran ordinaire de douze heures, l'intervalle d'un chiffre horaire au suivant correspond à 3 centaines de secondes ; (on passe des minutes de temps actuelles aux centaines de secondes en multipliant par 6/10.)

La figure 1 indique l'aspect du cadran de douze heures gradué en 36 centaines de secondes avec division centésimale du parcours de l'aiguille trotteuse.

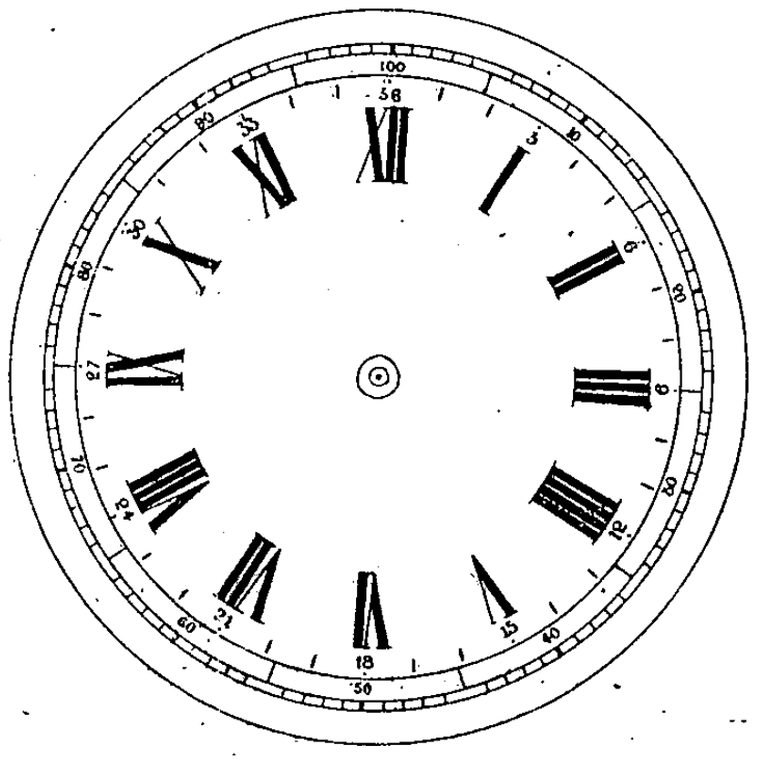


FIG. 1.

La maison Redier, à Paris, construit des chronographes-compteurs qui totalisent décimalement les secondes suivant le mode de lecture de ce cadran ;

2° La division (pareillement existante mais inusitée) de la *Circonférence en 216 centaines de minutes d'arc*. (L'angle droit a 54 centaines de minutes d'arc). On passe des valeurs en degrés aux valeurs en centaines de minutes d'arc en multipliant par 6/10. Ce mode de division concilie les commodités arithmétiques du calcul décimal avec les exigences des divisions géométriques de la circonférence.

Cette division directement applicable à la géographie et à la navigation pour les longitudes et pour les latitudes, met en évidence les centaines de milles marins.

Il faut prévoir, corrélativement aux propositions ci-dessus, l'abolition progressive de l'usage de la minute de temps, du degré et de la seconde d'arc. (Le double emploi des mots minute et seconde disparaît alors ; et, par définition la *Minute* est un angle, la *Seconde* un temps.)

Actuellement — et tant que l'usage vulgaire le réclamera — les cadrans

à centaines de secondes pourront garder simultanément la division ancienne en minutes de temps.

En pareille matière une innovation, si modeste et naturelle qu'elle soit, ne s'implante pas à bref délai, quand surtout elle émane d'une initiative individuelle.

---

M. P. DUHEM

Correspondant de l'Institut,
Professeur de physique théorique à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

## ACTIONS EXERCÉES PAR DES COURANTS ALTERNATIFS SUR UNE MASSE CONDUCTRICE OU DIÉLECTRIQUE [538.55]

*— Séance du 8 août —*

### § 1er. — *Champ électromoteur engendré par des courants alternatifs.*

Soit $\omega$ un espace occupé par un corps conducteur et désignons par $d\omega$ un élément de cet espace. Supposons que la masse conductrice localisée en cet espace soit le siège de courants uniformes variables d'un instant à l'autre. Soient $\varphi$, $\psi$, $\chi$ les composantes du flux électrique en un point $(x, y, z)$ de cette masse. Puisque les courants sont supposés uniformes, nous aurons en tout point de cette masse, l'égalité

$$\frac{d\varphi}{dx} + \frac{d\psi}{dy} + \frac{d\chi}{dz} = 0. \tag{1}$$

Nous aurons aussi, en tout point de la surface $\sigma$ qui limite cette masse,

$$\varphi \cos(\nu, x) + \psi \cos(\nu, y) + \chi \cos(\nu, z) = 0, \tag{2}$$

$\nu$ étant la normale à cette surface vers l'intérieur de la masse conductrice.

Ces courants seront *alternatifs* si chacune des trois composantes $\varphi$, $\psi$, $\chi$ du champ est périodique, la période T étant la même pour toutes trois, et si, en outre, on peut disposer de l'origine du temps de telle sorte que chacune d'elles change de signe sans changer de valeur absolue lorsqu'on change $t$ en $-t$.

Dès lors, nous pourrons développer $\varphi$, $\psi$, $\chi$ en séries sous la forme suivante :

$$(3)\quad \begin{cases} \varphi = A_1 \sin 2\pi \dfrac{t}{T} + A_2 \sin 4\pi \dfrac{t}{T} + A_3 \sin 6\pi \dfrac{t}{T} + \dots \\ \psi = B_1 \sin 2\pi \dfrac{t}{T} + B_2 \sin 4\pi \dfrac{t}{T} + B_3 \sin 6\pi \dfrac{t}{T} + \dots, \\ \chi = C_1 \sin 2\pi \dfrac{t}{T} + C_2 \sin 4\pi \dfrac{t}{T} + C_3 \sin 6\pi \dfrac{t}{T} + \dots, \end{cases}$$

les coefficients $A_i$, $B_i$, $C_i$ étant des fonctions des coordonnées $x$, $y$, $z$. Nous supposerons ces séries uniformément convergentes, ainsi que celles que l'on en déduit en différentiant une ou deux fois les divers termes par rapport à $x$, $y$, $z$ ou $t$.

Dès lors, l'égalité (1) nous montre que l'on a, en tout point de la masse conductrice, et quel que soit l'indice $i$,

$$(4)\quad \frac{dA_i}{dx} + \frac{dB_i}{dy} + \frac{dC_i}{dz} = 0$$

et, en tout point de la surface $\sigma$ qui limite la masse conductrice,

$$(5)\quad A_i \cos(\nu, x) + B_i \cos(\nu, y) + C_i \cos(\nu, z) = 0.$$

Lorsqu'une masse immobile est traversée par des courants variables, elle engendre, en tout point de l'espace, un champ électromoteur d'induction dont les composantes peuvent être désignées par $e_x$, $e_y$, $e_z$.

Selon des formules connues, on a

$$(6)\quad e_x = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\frac{dF}{dt}, \qquad e_y = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\frac{dG}{dt}, \qquad e_z = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\frac{dH}{dt},$$

$\frac{\mathfrak{A}^2}{2}$ étant la constante fondamentale des actions électrodynamiques et F, G, H trois certaines fonctions de $x$, $y$, $z$, $t$.

Lorsque les courants agissants sont uniformes, on a

$$(7)\quad \begin{cases} F(x, y, z, t) = \displaystyle\int_\omega \frac{\varphi}{r}\, d\omega, \\ G(x, y, z, t) = \displaystyle\int_\omega \frac{\psi}{r}\, d\omega, \\ H(x, y, z, t) = \displaystyle\int_\omega \frac{\chi}{r}\, d\omega, \end{cases}$$

$r$ étant la distance de l'élément $d\omega$ au point $(x, y, z)$.

Appliquons ces formules aux courants alternatifs représentés par les formules (3). Si nous posons

$$(8)\quad \begin{cases} \alpha_i(x, y, z) = \int_\omega \frac{A_i}{r}\, d\omega, \\ \beta_i(x, y, z) = \int_\omega \frac{B_i}{r}\, d\omega, \\ \gamma_i(x, y, z) = \int_\omega \frac{C_i}{r}\, d\omega, \end{cases}$$

nous pourrons écrire

$$(9)\quad \begin{cases} F = \alpha_1 \sin 2\pi \frac{t}{T} + \alpha_2 \sin 4\pi \frac{t}{T} + \alpha_3 \sin 6\pi \frac{t}{T} + \dots, \\ G = \beta_1 \sin 2\pi \frac{t}{T} + \beta_2 \sin 4\pi \frac{t}{T} + \beta_3 \sin 6\pi \frac{t}{T} + \dots, \\ H = \gamma_1 \sin 2\pi \frac{t}{T} + \gamma_2 \sin 4\pi \frac{t}{T} + \gamma_3 \sin 6\pi \frac{t}{T} + \dots. \end{cases}$$

Les égalités (6) deviendront alors

$$(10)\quad \begin{cases} e_x = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\left(\frac{2\pi}{T}\alpha_1 \cos 2\pi \frac{t}{T} + \frac{4\pi}{T}\alpha_2 \cos 4\pi \frac{t}{T} + \frac{6\pi}{T}\alpha_3 \cos 6\pi \frac{t}{T} + \dots\right), \\ e_y = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\left(\frac{2\pi}{T}\beta_1 \cos 2\pi \frac{t}{T} + \frac{4\pi}{T}\beta_2 \cos 4\pi \frac{t}{T} + \frac{6\pi}{T}\beta_3 \cos 6\pi \frac{t}{T} + \dots\right), \\ e_z = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\left(\frac{2\pi}{T}\gamma_1 \cos 2\pi \frac{t}{T} + \frac{4\pi}{T}\gamma_2 \cos 4\pi \frac{t}{T} + \frac{6\pi}{T}\gamma_3 \cos 6\pi \frac{t}{T} + \dots\right). \end{cases}$$

Selon les égalités (8), les fonctions $\alpha_i$, $\beta_i$, $\gamma_i$ sont définies comme les fonctions potentielles de distributions solides dont $A_i$, $B_i$, $C_i$ sont les densités respectives; il en résulte pour ces fonctions $\alpha_i$, $\beta_i$, $\gamma_i$ des propriétés bien connues. A ces propriétés, nous devons joindre celle-ci :

On a, dans tout l'espace, aussi bien à l'intérieur de la masse $\omega$ qu'à l'extérieur de cette masse,

$$(11)\qquad \frac{d\alpha_i}{dx} + \frac{d\beta_i}{dy} + \frac{d\gamma_i}{dz} = 0.$$

En effet, désignons pour un instant par $\xi$, $\eta$, $\zeta$ les coordonnées d'un

point de l'élément $d\omega$. Les propriétés connues de la fonction potentielle nous donneront

$$\frac{d\alpha_i}{dx} = -\int_\omega A_i \frac{d\frac{1}{r}}{d\xi} d\omega, \qquad \frac{d\beta_i}{dy} = -\int_\omega B_i \frac{d\frac{1}{r}}{d\eta} d\omega,$$

$$\frac{d\gamma_i}{dz} = -\int_\omega C_i \frac{d\frac{1}{r}}{d\zeta} d\omega,$$

partant,

$$\frac{d\alpha_i}{dx} + \frac{d\beta_i}{dy} + \frac{d\gamma_i}{dz} = -\int_\omega \left( A_i \frac{d\frac{1}{r}}{d\xi} + B_i \frac{d\frac{1}{r}}{d\eta} + C_i \frac{d\frac{1}{r}}{d\zeta} \right) d\omega.$$

Mais cette égalité peut s'écrire

$$\frac{d\alpha_i}{dx} + \frac{d\beta_i}{dy} + \frac{d\gamma_i}{dz} = \int_\omega \left( \frac{dA_i}{dx} + \frac{dB_i}{dy} + \frac{dC_i}{dz} \right) \frac{1}{r} d\omega$$

$$+ \int_\sigma \left[ A_i \cos(\nu, x) + B_i \cos(\nu, y) + C_i \cos(\nu, z) \right] \frac{1}{r} d\sigma.$$

Moyennant les égalités (4) et (5), cette égalité donne l'égalité (11).

§ 2. — *Courants engendrés par ce champ électromoteur.*

Supposons que le champ électromoteur représenté par les égalités (10) agisse en une certaine région $\varpi$ de l'espace, dont $d\varpi$ est un élément. Si cette région est occupée par une masse conductrice, le champ électromoteur y engendre des flux de conduction; si cette région est occupée par un diélectrique, le champ électromoteur y engendre des flux de déplacement.

Supposons les quantités $e_x$, $e_y$, $e_z$ assez petites pour que devant ces quantités, on puisse négliger le carré de l'une d'elles ou le produit de deux d'entre elles. Pour déterminer les flux dont nous venons de parler, il nous suffira de tenir compte de l'action exercée par la masse $\omega$ sur la masse $\varpi$; l'action de la masse $\varpi$ sur elle-même sera négligeable.

Traitons d'abord le cas où *la masse $\varpi$ est conductrice*. Si $\rho$ est la résistance spécifique, les composantes $u$, $v$, $w$ du flux de conduction ont pour valeur

$$u = \frac{e_x}{\rho}, \qquad v = \frac{e_y}{\rho}, \qquad w = \frac{e_z}{\rho}$$

ou bien, en vertu des égalités (10),

$$(12)\quad \begin{cases} u = -\dfrac{\mathfrak{A}^2}{2\rho}\left(\dfrac{2\pi}{T}\,\alpha_1 \cos 2\pi\,\dfrac{t}{T} + \dfrac{4\pi}{T}\,\alpha_2 \cos 4\pi\,\dfrac{t}{T} + \dots\right), \\ v = -\dfrac{\mathfrak{A}^2}{2\rho}\left(\dfrac{2\pi}{T}\,\beta_1 \cos 2\pi\,\dfrac{t}{T} + \dfrac{4\pi}{T}\,\beta_2 \cos 4\pi\,\dfrac{t}{T} + \dots\right), \\ w = -\dfrac{\mathfrak{A}^2}{2\rho}\left(\dfrac{2\pi}{T}\,\gamma_1 \cos 2\pi\,\dfrac{t}{T} + \dfrac{4\pi}{T}\,\gamma_2 \cos 4\pi\,\dfrac{t}{T} + \dots\right). \end{cases}$$

Traitons maintenant le cas où la masse $\varpi$ est *diélectrique*.

Soit F le coefficient de polarisation du diélectrique $\varpi$. Les composantes $\overline{u}$, $\overline{v}$, $\overline{w}$ du flux de déplacement auront pour valeurs

$$\overline{u} = \mathrm{F}\frac{de_x}{dt}, \qquad \overline{v} = \mathrm{F}\frac{de_y}{dt}, \qquad \overline{w} = \mathrm{F}\frac{de_z}{dt}.$$

ou bien, en vertu des égalités (10),

$$(12\,bis)\quad \begin{cases} \overline{u} = \dfrac{\mathfrak{A}^2}{2}\,\mathrm{F}\left(\dfrac{4\pi^2}{T^2}\,\alpha_1 \sin 2\pi\,\dfrac{t}{T} + \dfrac{16\pi^2}{T^2}\alpha_2 \sin 4\pi\,\dfrac{t}{T} + \dots\right), \\ \overline{v} = \dfrac{\mathfrak{A}^2}{2}\,\mathrm{F}\left(\dfrac{4\pi^2}{T^2}\,\beta_1 \sin 2\pi\,\dfrac{t}{T} + \dfrac{16\pi^2}{T^2}\beta^2 \sin 4\pi\,\dfrac{t}{T} + \dots\right), \\ \overline{w} = \dfrac{\mathfrak{A}^2}{2}\,\mathrm{F}\left(\dfrac{4\pi^2}{T^2}\,\gamma_1 \sin 2\pi\,\dfrac{t}{T} + \dfrac{16\pi^2}{T^2}\gamma^2 \sin 4\pi\,\dfrac{t}{T} + \dots\right). \end{cases}$$

§ 3. — *Forces pondéromotrices exercées sur une masse conductrice.*

Si l'on imprime à une masse conductrice, solide ou fluide, dont un volume élémentaire est représenté par $d\varpi$, un déplacement virtuel, les actions pondéromotrices électrodynamiques exercées sur cette masse effectuent un travail donné par la formule (*)

$$(13)\quad \begin{cases} d\mathfrak{C} = \dfrac{\mathfrak{A}^2}{2}\displaystyle\int\Big[\; u\left(\frac{d\mathrm{F}}{dx}\delta x + \frac{d\mathrm{F}}{dy}\delta y + \frac{d\mathrm{F}}{dz}\delta z\right) \\ \qquad\qquad + v\left(\dfrac{d\mathrm{G}}{dx}\delta x + \dfrac{d\mathrm{G}}{dy}\delta y + \dfrac{d\mathrm{G}}{dz}\delta z\right) \\ \qquad\qquad + w\left(\dfrac{d\mathrm{H}}{dx}\delta x + \dfrac{d\mathrm{H}}{dy}\delta y + \dfrac{d\mathrm{H}}{dz}\delta z\right)\Big]d\varpi \\ \quad + \dfrac{\mathfrak{A}^2}{2}\displaystyle\int\Big[\; u\left(\mathrm{F}\,\dfrac{d\delta x}{dx} + \mathrm{G}\,\dfrac{d\delta y}{dx} + \mathrm{H}\,\dfrac{d\delta z}{dx}\right) \\ \qquad\qquad + v\left(\mathrm{F}\,\dfrac{d\delta x}{dy} + \mathrm{G}\,\dfrac{d\delta y}{dy} + \mathrm{H}\,\dfrac{d\delta z}{dy}\right) \\ \qquad\qquad + w\left(\mathrm{F}\,\dfrac{d\delta x}{dz} + \mathrm{G}\,\dfrac{d\delta y}{dz} + \mathrm{H}\,\dfrac{d\delta z}{dz}\right)\Big]d\varpi. \end{cases}$$

(*) *Les actions électrodynamiques et électromagnétiques ;* 1re Partie : *Les forces électrodynamiques,* chap. II, égalité (11 *bis*), (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse,* t. VII, p. G, 33 ; 1893).

Imaginons, tout d'abord *que les courants agissants soient sinusoïdaux*. Les seconds membres des égalités (9), qui donnent F, G, H, et des égalités (12), qui donnent $u$, $v$, $w$, se réduiront à leurs premiers termes.

Pour simplifier, supposons *que la masse conductrice soit homogène*, de telle sorte que $\rho$ soit indépendant de $x$, $y$, $z$. L'égalité (13) deviendra

$$(14)\quad \left\{\begin{aligned} d\mathcal{C} = -\frac{\mathfrak{A}'}{4\rho}\frac{2\pi}{T}\sin 2\pi\frac{t}{T}\cos 2\pi\frac{t}{T}\int\Big[ & \alpha_1\Big(\frac{d\alpha_1}{dx}\delta x+\frac{d\alpha_1}{dy}\delta y+\frac{d\alpha_1}{dz}\delta z\Big)\\ & +\beta_1\Big(\frac{d\beta_1}{dx}\delta x+\frac{d\beta_1}{dy}\delta y+\frac{d\beta_1}{dz}\delta z\Big)\\ & +\gamma_1\Big(\frac{d\gamma_1}{dx}\delta x+\frac{d\gamma_1}{dy}\delta y+\frac{d\gamma_1}{dz}\delta z\Big)\\ & +\alpha_1^2\frac{d\delta x}{dx}+\beta_1^2\frac{d\delta y}{dy}+\gamma_1^2\frac{d\delta z}{dz}\\ & +\beta_1\gamma_1\Big(\frac{d\delta z}{dy}+\frac{d\delta y}{dz}\Big)+\gamma_1\alpha_1\Big(\frac{d\delta x}{dz}+\frac{d\delta z}{dx}\Big)+\alpha_1\beta_1\Big(\frac{d\delta y}{dx}+\frac{d\delta x}{dy}\Big)\Big]d\varpi. \end{aligned}\right.$$

*Si la masse conductrice est supposée solide, on a*

$$\frac{d\delta x}{dx}=0,\qquad \frac{d\delta y}{dy}=0,\qquad \frac{d\delta z}{dz}=0,$$

$$\frac{d\delta z}{dy}+\frac{d\delta y}{dz}=0,\qquad \frac{d\delta x}{dz}+\frac{d\delta z}{dx}=0,\qquad \frac{d\delta y}{dx}+\frac{d\delta x}{dy}=0$$

et l'égalité (14) devient simplement

$$(15)\qquad d\mathcal{C} = -\frac{\mathfrak{A}'}{16\rho}\frac{2\pi}{T}\sin 4\pi\frac{t}{T}\,\delta\int(\alpha_1^2+\beta_1^2+\gamma_1^2)d\varpi.$$

Ce travail virtuel se ramène naturellement au travail virtuel d'une force et au travail virtuel d'un couple; le point d'application de la force est indépendant de $t$; il en est de même de la direction de la force et de la direction de l'axe du couple; mais la grandeur de la force et la grandeur de l'axe du couple varient périodiquement avec T; la période de chacune de ces deux grandeurs est $\frac{T}{2}$ et, dans le temps $\frac{T}{2}$, sa valeur moyenne est 0.

Cette proposition demeure vraie si les courants agissants ne sont plus sinusoïdaux.

Les quantités F, G, H sont alors données par les égalités (9), tandis que les quantités $u$, $v$, $w$ sont données par les égalités (12); $d\mathcal{C}$ est donc une somme de termes de la forme suivante :

$$(16)\qquad -\mathrm{M}_{ij}\frac{\mathfrak{A}'}{4\rho}\frac{2i\pi}{T}\cos 2i\pi\frac{t}{T}\sin 2j\pi\frac{t}{T}$$

avec

$$(17)\quad \left\{\begin{aligned} \mathrm{M}_{ij} = \int\Big[ & \quad \alpha_i\Big(\frac{d\alpha_j}{dx}\delta x + \frac{d\alpha_j}{dy}\delta y + \frac{d\alpha_j}{dz}\delta z\Big) \\ & + \beta_i\Big(\frac{d\beta_j}{dx}\delta x + \frac{d\beta_j}{dy}\delta y + \frac{d\beta_j}{dz}\delta z\Big) \\ & + \gamma_i\Big(\frac{d\gamma_j}{dx}\delta x + \frac{d\gamma_j}{dy}\delta y + \frac{d\gamma_j}{dz}\delta z\Big) \\ & + \alpha_i\Big(\alpha_j\frac{d\delta x}{dx} + \beta_j\frac{d\delta y}{dx} + \gamma_j\frac{d\delta z}{dx}\Big) \\ & + \beta_i\Big(\alpha_j\frac{d\delta x}{dy} + \beta_j\frac{d\delta y}{dy} + \gamma_j\frac{d\delta z}{dy}\Big) \\ & + \gamma_i\Big(\alpha_j\frac{d\delta x}{dz} + \beta_j\frac{d\delta y}{dz} + \gamma_j\frac{d\delta z}{dz}\Big)\Big]d\varpi. \end{aligned}\right.$$

L'expression (16) pouvant s'écrire :

$$-\mathrm{M}_{ij}\frac{\mathfrak{A}^4}{4\rho}\frac{2i\pi}{\mathrm{T}}\Big(\sin 2(i+j)\pi\frac{t}{\mathrm{T}} + \sin 2(i-j)\pi\frac{t}{\mathrm{T}}\Big),$$

on voit que toutes les actions pondéromotrices considérées varient périodiquement avec $t$, que la période est T ou un sous-multiple de T, et que la valeur moyenne, durant le temps T, est 0.

§ 4. — *Forces pondéromotrices appliquées à une masse diélectrique solide.*

Le travail virtuel de ces forces est encore donné par la formule (13), à condition que l'on y remplace les composantes $u$, $v$, $w$ du flux de conduction par les composantes $\bar{u}$, $\bar{v}$, $\bar{w}$ du flux de déplacement.

Supposons d'abord *que les courants agissants soient sinusoïdaux;* nous devrons réduire à leurs premiers termes les seconds membres des égalités (9), donnant les fonctions F, G, H, et les seconds membres des égalités (12 *bis*), donnant les composantes $\bar{u}$, $\bar{v}$, $\bar{w}$ du flux de déplacement; supposons également *que le diélectrique soit homogène*, de telle sorte que le coefficient de polarisation F soit indépendant de $x$, $y$, $z$. Nous aurons :

$$(18)\quad \left\{\begin{aligned} d\mathfrak{C} = \frac{\mathfrak{A}^4}{4}\mathrm{F}\frac{4\pi^2}{\mathrm{T}^2}\sin^2 2\pi\frac{t}{\mathrm{T}}\int\Big[ & \quad \alpha_1\Big(\frac{d\alpha_1}{dx}\delta x + \frac{d\alpha_1}{dy}\delta y + \frac{d\alpha_1}{dz}\delta z\Big) \\ & + \beta_1\Big(\frac{d\beta_1}{dx}\delta x + \frac{d\beta_1}{dy}\delta y + \frac{d\beta_1}{dz}\delta z\Big) \\ & + \gamma_1\Big(\frac{d\gamma_1}{dx}\delta x + \frac{d\gamma_1}{dy}\delta y + \frac{d\gamma_1}{dz}\delta z\Big) \\ & + \alpha_1^2\frac{d\delta x}{dx} + \beta_1^2\frac{d\delta y}{dy} + \gamma_1^2\frac{d\delta z}{dz} \\ & + \beta_1\gamma_1\Big(\frac{d\delta z}{dy} + \frac{d\delta y}{dz}\Big) + \gamma_1\alpha_1\Big(\frac{d\delta x}{dz} + \frac{d\delta z}{dx}\Big) + \alpha_1\beta_1\Big(\frac{d\delta y}{dx} + \frac{d\delta x}{dy}\Big)\Big]d\varpi. \end{aligned}\right.$$

Supposons enfin *que le diélectrique soit solide*; on aura alors

$$\frac{d\delta x}{dx} = 0, \qquad \frac{d\delta y}{dy} = 0, \qquad \frac{d\delta z}{dz} = 0,$$

$$\frac{d\delta z}{dy} + \frac{d\delta y}{dz} = 0, \qquad \frac{d\delta x}{dy} + \frac{d\delta z}{dx} = 0, \qquad \frac{d\delta y}{dx} + \frac{d\delta x}{dy} = 0$$

et l'égalité précédente se réduira à

$$(19) \qquad d\mathcal{C} = \frac{\mathfrak{A}^4}{8} \mathrm{F} \frac{4\pi^2}{\mathrm{T}^2} \sin^2 2\pi \frac{t}{\mathrm{T}} \delta \int (\alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2) d\varpi.$$

Les actions exercées sur la masse diélectrique solide se réduisent évidemment à une force et à un couple; le point d'application de la force, les directions de la force et de l'axe du couple ne dépendent pas de $t$; la grandeur de la force et le moment du couple sont des fonctions périodiques de $t$ ayant pour période $\frac{\mathrm{T}}{2}$; *mais le sens de la force et le sens de rotation du couple demeurent indépendants de* t. La valeur moyenne de la force, la valeur moyenne du moment du couple ne sont donc plus, en général, égales à 0. Si l'on désigne par $d\tau$ le travail virtuel de la force moyenne et du couple moyen, on aura :

$$d\tau = \frac{2}{\mathrm{T}} \int_t^{t+\frac{\mathrm{T}}{2}} d\mathcal{C} dt,$$

ou bien :

$$(20) \qquad d\tau = \frac{\mathfrak{A}^4}{16} \mathrm{F} \frac{4\pi^2}{\mathrm{T}^2} \delta \int (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2) d\varpi.$$

Les actions en question ont un sens tel qu'elles tendent à accroître la somme $\int (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)\varpi$ étendue à l'espace occupé par la masse diélectrique.

Au voisinage de la bobine agissante, la quantité $(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)$ a une valeur positive notable; cette valeur est très faible à grande distance de la bobine; *les actions en question tendent donc à attirer la masse diélectrique vers la bobine.*

Supposons maintenant *que les courants agissants soient non plus sinusoïdaux, mais quelconques.*

Le travail virtuel $d\mathfrak{C}$ des forces pondéromotrices sera de la forme

$$(21) \qquad d\mathfrak{C} = \frac{\mathfrak{A}^4}{4} F \sum_{ij} \left(\frac{2i\pi}{T}\right)^2 \sin 2i\pi \frac{t}{T} \sin 2j\pi \frac{t}{T} M_{ij},$$

$M_{ij}$ étant défini par l'égalité (17).

Proposons-nous de former l'expression du travail virtuel $d\tau$ des actions moyennes relatives au temps T, $d\mathfrak{C}$ ayant visiblement pour période T. Nous aurons

$$d\tau = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} d\mathfrak{C} dt.$$

Mais, lorsque $i$ diffère de $j$,

$$\int_t^{+T} \sin 2i\pi \frac{t}{T} \sin 2j\pi \frac{t}{T} dt = 0,$$

tandis que

$$\int_t^{t+T} \sin^2 2i\pi \frac{t}{T} dt = \frac{T}{2}.$$

Si donc nous posons

$$(22) \begin{cases} m_i = \frac{1}{2} \int \delta(\alpha_i^2 + \beta_i^2 + \gamma_i^2) d\varpi + \int \left[ \alpha_i^2 \frac{d\delta x}{dx} + \beta_i^2 \frac{d\delta y}{dy} + \gamma_i^2 \frac{d\delta z}{dz} \right. \\ \left. + \beta_i \gamma_i \left( \frac{d\delta z}{dy} + \frac{d\delta y}{dz} \right) + \gamma_i \alpha_i \left( \frac{d\delta x}{dz} + \frac{d\delta z}{dx} \right) + \alpha_i \beta_i \left( \frac{d\delta y}{dx} + \frac{d\delta x}{dy} \right) \right] d\varpi, \end{cases}$$

nous aurons

$$(23) \qquad d\tau = \frac{\mathfrak{A}^4}{8} F \sum_i \left(\frac{2i\pi}{T}\right)^2 m_i.$$

*Si la masse diélectrique est supposée solide,* l'expression (22) de $m_i$ se simplie, et l'égalité (23) devient

$$(24) \qquad d\tau = \frac{\mathfrak{A}^4}{16} F \sum_i \left(\frac{2i\pi}{T}\right)^2 \delta \int (\alpha_i^2 + \beta_i^2 + \gamma_i^2) d\varpi.$$

On voit que *les actions moyennes tendent encore à attirer la masse diélectrique vers la bobine agissante.*

§ 5. — *Forces pondéromotrices exercées sur un milieu diélectrique déformable.*

La formule (22) est générale; elle peut s'écrire sous la forme que voici :

$$(25)\quad \left\{\begin{aligned} m_i = \frac{1}{2} & \int\left[\frac{d(\alpha_i^2+\beta_i^2+\gamma_i^2)}{dx}\,\delta x + \frac{d(\alpha_i^2+\beta_i^2+\gamma_i^2)}{dy}\,\delta y + \frac{d(\alpha_i^2+\beta_i^2+\gamma_i^2)}{dz}\,\delta z\right]d\varpi \\ & + \int\left[\alpha_i\left(\alpha_i\frac{d\delta x}{dx}+\beta_i\frac{d\delta x}{dy}+\gamma_i\frac{d\delta x}{dz}\right)\right. \\ & \quad + \beta_i\left(\alpha_i\frac{d\delta y}{dx}+\beta_i\frac{d\delta y}{dy}+\gamma_i\frac{d\delta y}{dz}\right) \\ & \quad \left. + \gamma_i\left(\alpha_i\frac{d\delta z}{dx}+\beta_i\frac{d\delta z}{dy}+\gamma_i\frac{d\delta z}{dz}\right)\right]d\varpi. \end{aligned}\right.$$

Or, si l'on désigne par $d$S un élément de la surface qui limite le milieu, par $n$ la normale à cet élément, dirigée vers l'intérieur du milieu, on a

$$(26)\quad \left\{\begin{aligned} & \int\alpha_i\left(\alpha_i\frac{d\delta x}{dx}+\beta_i\frac{d\delta x}{dy}+\gamma_i\frac{d\delta x}{dz}\right)d\varpi \\ & \quad = -\int\alpha_i\left[\alpha_i\cos(n,x)+\beta_i\cos(n,y)+\gamma_i\cos(n,z)\right]\delta x\,dS \\ & \qquad -\int\alpha_i\left(\frac{d\alpha_i}{dx}+\frac{d\beta_i}{dy}+\frac{d\gamma_i}{dz}\right)\delta y\,d\varpi \\ & \qquad -\int\left(\alpha_i\frac{d\alpha_i}{dy}+\beta_i\frac{d\alpha_i}{dy}+\gamma_i\frac{d\alpha_i}{dz}\right)\delta x\,d\varpi. \end{aligned}\right.$$

En vertu de l'égalité (11), cette égalité (26) se simplifie et devient

$$\begin{aligned} & \int\alpha_i\left(\alpha_i\frac{d\delta x}{dx}+\beta_i\frac{d\delta x}{dy}+\gamma_i\frac{d\delta x}{dz}\right)d\varpi \\ & \quad = -\int\alpha_i\left[\alpha_i\cos(n,x)+\beta_i\cos(n,y)+\gamma_i\cos(n,z)\right]\delta x\,dS \\ & \qquad -\int\left(\alpha_i\frac{d\alpha_i}{dx}+\beta_i\frac{d\alpha_i}{dy}+\gamma_i\frac{d\alpha_i}{dz}\right)\delta x\,d\varpi. \end{aligned}$$

Cette égalité et deux égalités analogues transforment l'égalité (25) en

$$(27)\quad \left\{\begin{aligned} m_i = & -\int\left[\alpha_i\cos(n,x)+\beta_i(n,y)+\gamma_i\cos(n,z)\right](\alpha_i\delta x+\beta_i\delta y+\gamma_i\delta z)dS \\ & +\int\left\{\left[\frac{1}{2}\frac{d(\alpha_i^2+\beta_i^2+\gamma_{ii}^2)}{dx}-\left(\alpha_i\frac{d\alpha_i}{dx}+\beta_i\frac{d\alpha_i}{dy}+\gamma_i\frac{d\alpha_i}{dz}\right)\right]\delta x\right. \\ & \quad +\left[\frac{1}{2}\frac{d(\alpha_i^2+\beta_i^2+\gamma_i^2)}{dy}-\left(\alpha_i\frac{d\beta_i}{dx}+\beta_i\frac{d\beta_i}{dy}+\gamma_i\frac{d\beta_i}{dz}\right)\right]dy \\ & \quad \left.+\left[\frac{1}{2}\frac{d(\alpha_i^2+\beta_i^2+\gamma_i^2)}{dz}-\left(\alpha_i\frac{d\gamma_i}{dx}+\beta_i\frac{d\gamma_i}{dy}+\gamma_i\frac{d\gamma_i}{dz}\right)\right]dz\right\}d\varpi. \end{aligned}\right.$$

Les actions moyennes exercées sur le milieu diélectrique peuvent donc se décomposer de la manière suivante :

1° Une force moyenne, appliquée à l'élément $d$S de la surface qui le limite, et dont les composantes $P_x\,d$S, $P_y\,d$S, $P_z\,d$S sont déterminées par

$$(28)\quad \begin{cases} P_x = -\dfrac{\mathfrak{A}^4}{8}\,F\sum_i\left(\dfrac{2i\pi}{T}\right)^2\left[\alpha_i\cos(n,x)+\beta_i\cos(n,y)+\gamma_i\cos(n,z)\right]\alpha_i, \\ P_y = -\dfrac{\mathfrak{A}^4}{8}\,F\sum_i\left(\dfrac{2i\pi}{T}\right)^2\left[\alpha_i\cos(n,x)+\beta_i\cos(n,y)+\gamma_i\cos(n,z)\right]\beta_i, \\ P_z = -\dfrac{\mathfrak{A}^4}{8}\,F\sum_i\left(\dfrac{2i\pi}{T}\right)^2\left[\alpha_i\cos(n,x)+\beta_i\cos(n,y)+\gamma_i\cos(n,z)\right]\gamma_i. \end{cases}$$

2° Une force moyenne, appliquée à l'élément $d\varpi$ du volume qu'il occupe, et dont les composantes $Xd\varpi$, $Yd\varpi$, $Zd\varpi$ sont déterminées par

$$(29)\quad \begin{cases} X = \dfrac{\mathfrak{A}^4}{8}\,F\sum_i\left(\dfrac{2i\pi}{T}\right)^2\left[\dfrac{1}{2}\dfrac{d(\alpha_i^2+\beta_i^2+\gamma_i^2)}{dx}-\left(\alpha_i\dfrac{d\alpha_i}{dx}+\beta_i\dfrac{d\alpha_i}{dy}+\gamma_i\dfrac{d\alpha_i}{dz}\right)\right], \\ Y = \dfrac{\mathfrak{A}^4}{8}\,F\sum_i\left(\dfrac{2i\pi}{T}\right)^2\left[\dfrac{1}{2}\dfrac{d(\alpha_i^2+\beta_i^2+\gamma_i^2)}{dy}-\left(\alpha_i\dfrac{d\beta_i}{dx}+\beta_i\dfrac{d\beta_i}{dy}+\gamma_i\dfrac{d\beta_i}{dz}\right)\right], \\ Z = \dfrac{\mathfrak{A}^4}{8}\,F\sum_i\left(\dfrac{2i\pi}{T}\right)^2\left[\dfrac{1}{2}\dfrac{d(\alpha_i^2+\beta_i^2+\gamma_i^2)}{dz}-\left(\alpha_i\dfrac{d\gamma_i}{dx}+\beta_i\dfrac{d\gamma_i}{dy}+\gamma_i\dfrac{d\gamma_i}{dz}\right)\right]. \end{cases}$$

Si le milieu est un fluide incompressible — et, en général, on est tenu de faire cette supposition si l'on veut que F soit indépendant de $x$, $y$, $z$ — et si les actions non électrodynamiques dérivent d'une fonction potentielle, les actions électrodynamiques dont nous venons de tracer les lois ne pourront maintenir le fluide en équilibre.

Le fluide se mettra donc en mouvement.

Si une masse, conductrice ou diélectrique, solide est plongée dans un tel fluide — et, effectivement, elle sera toujours plongée dans l'air ou dans l'éther — il faudra adjoindre aux actions électrodynamiques réellement exercées sur cette masse solide les pressions du fluide qui l'environne. On voit, du reste, combien il sera difficile de déterminer les lois qui régissent ces pressions.

### § 6. — *Ordre de grandeur des forces étudiées dans les deux derniers paragraphes.*

Avec les fréquences habituellement employées, il est vrai, ces actions électrodynamiques exercées sur les diélectriques sont d'une petitesse qui défie l'imagination ; nous allons nous en rendre compte sur un exemple.

Considérons une masse conductrice soumise à l'action d'un courant sinusoïdal. Les actions qu'elle subit à l'instant $t$ se tirent de l'expression du travail virtuel :

$$(15) \qquad d\mathcal{C} = -\frac{\mathfrak{A}^4}{16\rho}\frac{2\pi}{T}\sin 4\pi\frac{t}{T}\,\delta\int(\alpha^2+\beta^2+\gamma^2)\,d\varpi.$$

Chacune de ces actions est périodique et a pour période $\frac{T}{2}$; pour connaître la valeur absolue des limites égales et de signes contraires entre lesquelles elle oscille, il suffit de considérer la valeur de l'action correspondante déterminée au moyen du travail virtuel

$$(30) \qquad d\Theta = \frac{\mathfrak{A}^4}{16\rho}\frac{2\pi}{T}\,\delta\int(\alpha^2+\beta^2+\gamma^2)d\varpi.$$

Considérons maintenant une masse diélectrique de même forme, de même grandeur, de même position que la masse conductrice, soumise au même champ sinusoïdal ; elle est soumise à certaines actions dont les valeurs moyennes se tirent du travail virtuel

$$(20) \qquad d\tau = \frac{\mathfrak{A}^4}{16}\,F\,\frac{4\pi^2}{T^2}\,\delta\int(\alpha^2+\beta^2+\gamma^2)d\varpi.$$

A chaque action exercée sur la masse conductrice correspond une action exercée sur la masse diélectrique. Le rapport de la valeur moyenne $A_d$ de l'action exercée sur la masse diélectrique à la valeur maximum $A_c$ de l'action correspondante exercée sur la masse conductrice est

$$(31) \qquad \frac{A_d}{A_c} = \frac{2\pi\rho F}{T}.$$

Ce rapport ne dépend évidemment que des unités mécaniques et point des unités électriques, et il en est de même du produit $\rho F$ ; pour évaluer ce produit, nous pouvons prendre le système d'unités électriques que nous voudrons, par exemple le système électromagnétique C.G.S.

Pour fixer les idées, nous supposerons que le corps conducteur soit du cuivre rouge et le diélectrique du caoutchouc pur.

On sait qu'une colonne de mercure de $1^m,063$ de longueur et de 1 millimètre carré de section a, à 0°, une résistance de 1 ohm ou $10^9$ unités C.G.S.; une colonne de 1 centimètre de longueur et de 1 centimètre carré de section a donc pour résistance, en unités C.G.S.,

$$\frac{10^9}{106{,}3\times 10^2} = \frac{10^8}{1063}.$$

C'est la résistance spécifique du mercure ; celle du cuivre rouge est environ 63 fois plus petite ; on a donc, à très peu près, en système électromagnétique C.G.S.

$$\rho = \frac{10^5}{63}. \tag{32}$$

Le pouvoir diélectrique D du caoutchouc pur est, selon les déterminations de Schiller, égal à 2,34 ; or, si l'on désigne par $\varepsilon$ la constante fondamentale de l'électrostatique et par $F_0$ le coefficient de polarisation du vide (pratiquement de l'air), on a

$$D = \frac{1 + 4\pi\varepsilon F}{1 + 4\pi\varepsilon F_0}.$$

Mais le développement de la théorie électrodynamique de Helmholtz n'est compatible avec la théorie électromagnétique de la lumière que si l'on suppose (*) $\varepsilon F_0$, et, partant, $\varepsilon F$ très grands par rapport à $\frac{1}{4\pi}$. On a donc sensiblement

$$D = \frac{F}{F_0}$$

ou, dans le cas qui nous occupe,

$$F = 2{,}34\ F_0. \tag{33}$$

D'autre part, dans le système électromagnétique, la constante $v$ de Maxwell vérifie l'égalité

$$v^2 = \frac{\varepsilon}{1 + 4\pi\varepsilon F_0}.$$

Si $\varepsilon F_0$ est très grand par rapport à $\frac{1}{4\pi}$, cette égalité devient sensiblement

$$v^2 = \frac{1}{4\pi F_0}$$

et comme, en système C.G.S., on a sensiblement $v = 3 \times 10^{10}$, l'égalité précédente devient

$$F_0 = \frac{1}{36\pi}\, 10^{-20}. \tag{34}$$

(*) HELMHOLTZ : *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. I, p. 628.

Les égalités (31), (32), (33), (34) donnent :

$$(35)\qquad \frac{A_d}{A_c} = \frac{2 \times 2{,}34}{36 \times 63}\ \frac{10^{-15}}{T} = 2{,}06\ \frac{10^{-18}}{T}.$$

Les deux actions $A_d$ et $A_c$ seraient donc sensiblement égales entre elles si l'on avait :

$$(36)\qquad T = 2{,}06 \times 10^{-18}.$$

La lumière de la raie D du sodium correspond à $535 \times 10^{11}$ vibrations par seconde ; la période de ces vibrations est donc :

$$T' = 18{,}69 \times 10^{-15}.$$

La comparaison des valeurs de T et de T′ nous montre que la fréquence des vibrations dont T′est la période atteint plus de cent fois la fréquence des vibrations de la lumière du sodium ; une lumière dont T serait la période de vibration serait bien au delà du spectre ultra-violet.

Nous parvenons donc à la proposition suivante :

*Pour que la valeur moyenne des actions électrodynamiques qu'un champ sinusoïdal exerce sur une masse diélectrique soit comparable à la valeur maximum des actions électrodynamiques qu'il exerce sur une masse métallique de même forme, de même grandeur, de même position, il faut que la fréquence de ce champ soit au moins comparable à la fréquence des vibrations lumineuses. Dans les champs dont la fréquence ne surpasse pas celle qu'ont employée Hertz ou M. Tesla, les actions électrodynamiques exercées sur une masse diélectrique sont excessivement faibles.*

### § 7. — *Sur l'expérience de M. Élihu Thomson. Elle ne peut s'expliquer par les actions électrodynamiques exercées sur le diélectrique.*

On connaît la curieuse expérience réalisée tout d'abord par M. Élihu Thomson : Une masse métallique, placée au voisinage d'une bobine, est vivement repoussée lorsque la bobine est parcourue par un courant alternatif.

Certains auteurs et, en particulier, M. Larmor (*), ont pensé que les actions électrodynamiques qui sollicitent le milieu diélectrique produiraient des pressions appliquées à la surface de la masse conductrice plongée dans ce diélectrique et que ces pressions expliquaient les faits observés par M. Élihu Thomson.

(*) J. Larmor : *Aether and Matter*, p. 129.

Mais l'expérience de M. Élihu Thomson peut être reproduite au moyen de courants alternatifs de très faible fréquence, une centaine par seconde tout au plus. Dans ces conditions, les actions électrodynamiques appliquées au diélectrique sont d'une extraordinaire petitesse; elles ne sauraient rendre compte des phénomènes observés.

### § 8. — *Cette expérience ne peut non plus s'expliquer par les actions électrostatiques exercées sur le diélectrique.*

Toutefois, pour un lecteur attentif, il semble plutôt que les pressions invoquées par M. J. Larmor soient les pressions engendrées par les actions électrostatiques que subit le diélectrique. Étudions donc ces dernières actions.

Si $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ sont les trois composantes de la polarisation du diélectrique, et si l'on néglige l'action dépolarisante du diélectrique sur lui-même, on a, en tout point du diélectrique

$$(37) \qquad \mathfrak{A} = \mathrm{F}e_x, \qquad \mathfrak{B} = \mathrm{F}e_y, \qquad \mathfrak{C} = \mathrm{F}e_z,$$

$e_x$, $e_y$, $e_z$ étant donnés par les égalités (10).

En même temps, et au même degré d'approximation, le travail virtuel des actions électrostatiques exercées sur le diélectrique a pour valeur

$$d\mathfrak{T} = \delta\left[\int (\mathfrak{A}e_x + \mathfrak{B}e_y + \mathfrak{C}e_z)d\varpi - \int \frac{\mathfrak{A}^2 + \mathfrak{B}^2 + \mathfrak{C}^2}{2\mathrm{F}}\, d\varpi\right]$$

ou bien, en vertu de l'égalité (37),

$$(38) \qquad d\mathfrak{T} = \frac{1}{2}\,\delta \int \mathrm{F}(e_x^2 + e_y^2 + e_z^2)d\varpi.$$

Si le coefficient de polarisation F du diélectrique a, en tout point, la même valeur invariable, cette formule peut s'écrire

$$(39) \qquad d\mathfrak{T} = \frac{\mathrm{F}}{2}\,\delta \int (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2)d\varpi.$$

Supposons qu'une masse diélectrique 1, dont $\mathrm{F}_1$ est le coefficient de polarisation, soit plongée dans un milieu diélectrique 0, dont $\mathrm{F}_0$ est le coefficient de polarisation ; nous trouverons de même que, dans un déplacement virtuel quelconque de la masse 1, les actions électrostatiques appliquées au système effectuent un travail virtuel.

$$(40) \quad d \quad = \frac{\mathrm{F}_0}{2}\,\delta \int_0 (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2)d\varpi + \frac{\mathrm{F}_1}{2}\,\delta \int_1 (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2)d\varpi.$$

Mais

$$\int (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2) d\varpi + \int_1 (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2) d\varpi$$

représente visiblement la somme $\int (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2) d\varpi$ étendue à l'espace entier extérieur à la bobine; cette somme a une valeur indépendante de la forme et de la position de la masse 1 ; on a donc

$$\delta \int_0 (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2) d\varpi + \delta \int_1 (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2) d\varpi = 0$$

et l'égalité (40) devient

$$d\mathcal{C} = \frac{F_1 - F_0}{2} \delta \int_1 (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2) d\varpi. \tag{41}$$

Deux cas sont à distinguer :

1° *La masse* 1 *est une masse diélectrique plongée dans l'éther ou, pratiquement, dans l'air ;* $(F_1 - F_0)$ est alors positif. D'ailleurs $(e_x^2 + e_y^2 + e_z^2)$, qui a une valeur finie et positive au voisinage de la bobine, a une valeur sensiblement nulle à grande distance de la bobine. *La masse diélectrique, placée à grande distance de la bobine, est attirée vers celle-ci.*

2° *La masse* 1 *est une masse conductrice ;* on a alors $F_1 = 0$ et l'égalité (41) devient :

$$d\mathcal{C} = -\frac{F_0}{2} \delta \int_1 (e_x^2 + e_y^2 + e_z^2) d\varpi. \tag{42}$$

*Les actions électrostatiques qu'une bobine parcourue par des courants alternatifs exerce sur le milieu diélectrique tendent à éloigner de la bobine une masse métallique plongée dans ce milieu.*

Cette proposition serait, selon M. J. Larmor, l'explication de l'expérience de M. Élihu Thomson.

Nous allons voir que cette explication est inadmissible.

Nous pouvons, dans l'égalité (42), remplacer $e_x$, $e_y$, $e_z$ par leurs valeurs(10) ; nous obtiendrons alors pour $d\mathcal{C}$ une expression qui prêtera à des considérations semblables à celles du § 4.

Considérons seulement le cas où les courants de la bobine sont sinusoïdaux ; les seconds membres des égalités (10) devront être réduits à leurs premiers termes et l'égalité (42) prendra la forme

$$d\mathcal{C} = -\frac{\mathfrak{A}^4}{8} F_0 \frac{4\pi^2}{T^2} \cos^2 2\pi \frac{t}{T} \delta \int_1 (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2) d\varpi. \tag{43}$$

Ce travail virtuel est une fonction périodique de $t$, ayant pour période $\frac{T}{2}$; sa valeur moyenne est

$$(44) \qquad d\tau = -\frac{\mathfrak{A}'}{16} F_0 \frac{4\pi^2}{T^2} \delta \int_1 (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)\, d\varpi.$$

Cette expression est analogue à l'expression (20). Des considérations semblables à celles qui ont été développées au § 6 nous permettent alors d'énoncer la proposition suivante :

*Lorsqu'une masse métallique est plongée dans un milieu diélectrique soumis à l'influence d'une bobine que traversent des courants alternatifs, les actions électrostatiques qui sollicitent le milieu engendrent des pressions qui tendent à écarter la masse métallique de la bobine; mais pour que ces pressions soient appréciables, il faut que les alternatives du courant soient au moins aussi fréquentes que les vibrations lumineuses.*

On voit donc que les pressions d'origine électrostatique, aussi bien que les pressions d'origine électrodynamique, sont incapables d'expliquer l'expérience de M. Élihu Thomson.

Les formules précédentes mettent encore en évidence un théorème intéressant.

Imaginons que *des courants sinusoïdaux agissent sur une masse diélectrique solide, de coefficient de polarisation* F, *plongée dans un milieu impolarisable*. Le travail virtuel des actions électrostatiques sera, en vertu de l'égalité (39) et des égalités (10), dont les seconds membres seront réduits à leur premier terme,

$$d\mathcal{C}_s = \frac{\mathfrak{A}'}{8} F \frac{4\pi^2}{T^2} \cos^2 2\pi \frac{t}{T} \delta \int (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2) d\varpi,$$

tandis que le travail virtuel des actions électrodynamiques sera donné par l'égalité (19) :

$$d\mathcal{C}_d = \frac{\mathfrak{A}'}{8} F \frac{4\pi^2}{T^2} \sin^2 2\pi \frac{t}{T} \delta \int (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2) d\varpi.$$

La somme de ces deux expressions donne le travail virtuel total :

$$(45) \qquad d\mathcal{C} = \frac{\mathfrak{A}'}{8} F \frac{4\pi^2}{T^2} \delta \int (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2) d\varpi.$$

Ce dernier est indépendant de $t$. *Les actions électrostatiques et les actions électrodynamiques se composent pour donner des actions indépendantes du temps.*

## § 10. — *L'expérience de M. Élihu Thomson s'explique par l'induction propre de la masse métallique.*

La masse métallique que nous considérons est immobile, mais elle est traversée par des courants variables ; ces courants produisent, en chaque point de la masse, un champ électromoteur d'induction propre dont $\varepsilon_x$, $\varepsilon_y$, $\varepsilon_z$ sont les composantes. Le flux électrique en chaque point n'a plus pour composantes :

$$u = \frac{e_x}{\rho}, \qquad v = \frac{e_y}{\rho}, \qquad w = \frac{e_z}{\rho},$$

mais $u + \mathrm{u}$, $v + \mathrm{v}$, $w + \mathrm{w}$,

u, v, w ayant pour valeurs :

$$(46) \qquad \mathrm{u} = \frac{\varepsilon_x}{\rho}, \qquad \mathrm{v} = \frac{\varepsilon_y}{\rho}, \qquad \mathrm{w} = \frac{\varepsilon_z}{\rho}.$$

Admettons, pour le moment, quitte à discuter cette assertion au § 10, que les quantités $\varepsilon_x$, $\varepsilon_y$, $\varepsilon_z$ puissent se former suivant les règles qui ont servi, au § 1, à former $e_x$, $e_y$, $e_z$.

Considérons les quantités, analogues à F, G, H,

$$(47) \quad \begin{cases} \mathrm{U}(x, y, z, t) = \displaystyle\int_{\varpi} \frac{u' + \mathrm{u}'}{r}\, d\varpi', \\ \mathrm{V}(x, y, z, t) = \displaystyle\int_{\varpi} \frac{v' + \mathrm{v}'}{r}\, d\varpi', \\ \mathrm{W}(x, y, z, t) = \displaystyle\int_{\varpi} \frac{w' + \mathrm{w}'}{r}\, d\varpi', \end{cases}$$

où $u'$, $v'$, $w'$, u', v', w', se rapportent à un point de la masse conductrice $\varpi$ et où les intégrales s'étendent à cette masse entière; nous aurons

$$(48) \qquad \varepsilon_x = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\frac{d\mathrm{U}}{dt}, \qquad \varepsilon_y = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\frac{d\mathrm{V}}{dt}, \qquad \varepsilon_z = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\frac{d\mathrm{W}}{dt}.$$

Notre intention n'est point de développer une théorie rigoureuse, mais une première approximation, en supposant que l'induction propre de la masse, sans être rigoureusement nulle, soit très petite; u, v, w sont très

petits par rapport à $u$, $v$, $w$; en première approximation, les égalités (47) peuvent être remplacées par les égalités

$$(49)\quad \begin{cases} \mathrm{U}(x, y, z, t) = \displaystyle\int_{\varpi} \frac{u'}{r}\, d\varpi', \\ \mathrm{V}(x, y, z, t) = \displaystyle\int_{\varpi} \frac{v'}{r}\, d\varpi', \\ \mathrm{W}(x, y, z, t) = \displaystyle\int_{\varpi} \frac{w'}{r}\, d\varpi'. \end{cases}$$

Supposons maintenant que les courants inducteurs lancés dans la bobine soient sinusoïdaux. Nous aurons, selon les égalités (12)

$$u = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2\rho}\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\,\alpha\cos 2\pi\frac{t}{\mathrm{T}},$$
$$v = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2\rho}\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\,\beta\cos 2\pi\frac{t}{\mathrm{T}},$$
$$w = -\frac{\mathfrak{A}^2}{2\rho}\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\,\gamma\cos 2\pi\frac{t}{\mathrm{T}},$$

en sorte que les égalités (49) deviendront

$$(50)\quad \begin{cases} \mathrm{U}(x, y, z, t) = -\dfrac{\mathfrak{A}^2}{2\rho}\dfrac{2\pi}{\mathrm{T}}\cos 2\pi\dfrac{t}{\mathrm{T}}\displaystyle\int_{\varpi}\frac{\alpha'}{r}\, d\varpi', \\ \mathrm{V}(x, y, z, t) = -\dfrac{\mathfrak{A}^2}{2\rho}\dfrac{2\pi}{\mathrm{T}}\cos 2\pi\dfrac{t}{\mathrm{T}}\displaystyle\int_{\varpi}\frac{\beta'}{r}\, d\varpi', \\ \mathrm{W}(x, y, z, t) = -\dfrac{\mathfrak{A}^2}{2\rho}\dfrac{2\pi}{\mathrm{T}}\cos 2\pi\dfrac{t}{\mathrm{T}}\displaystyle\int_{\varpi}\frac{\gamma'}{r}\, d\varpi'. \end{cases}$$

Les égalités (46) et 48 donnent

$$(51)\quad \begin{cases} \mathrm{u} = -\dfrac{\mathfrak{A}^4}{4\rho^2}\left(\dfrac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2\sin 2\pi\dfrac{t}{\mathrm{T}}\displaystyle\int_{\varpi}\frac{\alpha'}{r}\, d\varpi', \\ \mathrm{v} = -\dfrac{\mathfrak{A}^4}{4\rho^2}\left(\dfrac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2\sin 2\pi\dfrac{t}{\mathrm{T}}\displaystyle\int_{\varpi}\frac{\beta'}{r}\, d\varpi', \\ \mathrm{w} = -\dfrac{\mathfrak{A}^4}{4\rho^2}\left(\dfrac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2\sin 2\pi\dfrac{t}{\mathrm{T}}\displaystyle\int_{\varpi}\frac{\gamma'}{r}\, d\varpi'. \end{cases}$$

Considérons maintenant les actions électrodynamiques exercées sur la masse solide et conductrice $\varpi$.

Ces actions peuvent se décomposer en deux catégories :

1° Les actions que les courants lancés dans la bobine exerceraient sur la masse conductrice traversée par le flux dont $u$, $v$, $w$ sont les composantes; ces actions ont été étudiées au § 3;

2° Les actions que les mêmes courants exerceraient sur la masse métallique traversée par le flux dont u, v, w sont les composantes; ce sont ces dernières que nous allons étudier.

L'expression de leur travail virtuel se tire de l'égalité (13) en y remplaçant $u$, $v$, $w$ par u, v, w; elle est donc

$$
(52)\quad \left\{
\begin{aligned}
d\mathfrak{C} = \frac{\mathfrak{A}^2}{2}\int_{\varpi}\Big[ & \mathrm{u}\left(\frac{d\mathrm{F}}{dx}\,\delta x + \frac{d\mathrm{F}}{dy}\,\delta y + \frac{d\mathrm{F}}{dz}\,\delta z\right)\\
& + \mathrm{v}\left(\frac{d\mathrm{G}}{dx}\,\delta x + \frac{d\mathrm{G}}{dy}\,\delta y + \frac{d\mathrm{G}}{dz}\,\delta z\right)\\
& + \mathrm{w}\left(\frac{d\mathrm{H}}{dx}\,\delta x + \frac{d\mathrm{H}}{dy}\,\delta y + \frac{d\mathrm{H}}{dz}\,\delta z\right)\\
& + \mathrm{u}\left(\mathrm{F}\,\frac{d\delta x}{dx} + \mathrm{G}\,\frac{d\delta y}{dx} + \mathrm{H}\,\frac{d\delta z}{dx}\right)\\
& + \mathrm{v}\left(\mathrm{F}\,\frac{d\delta x}{dy} + \mathrm{G}\,\frac{d\delta y}{dy} + \mathrm{H}\,\frac{d\delta z}{dy}\right)\\
& + \mathrm{w}\left(\mathrm{F}\,\frac{d\delta x}{dz} + \mathrm{G}\,\frac{d\delta y}{dz} + \mathrm{H}\,\frac{d\delta z}{dz}\right)\Big]d\varpi.
\end{aligned}
\right.
$$

Cette expression est générale. Si la masse $\varpi$ est supposée solide, on a, en premier lieu,

$$
\frac{d\delta x}{dx} = 0, \qquad \frac{d\delta y}{dy} = 0, \qquad \frac{d\delta z}{dz} = 0.
$$

En outre, si l'on désigne par $\omega_x$, $\omega_y$, $\omega_z$ les trois composantes de la rotation instantanée dans le déplacement virtuel imposé à la masse $\varpi$, on a

$$
\frac{d\delta z}{dy} = -\frac{d\delta y}{dz} = \omega_x,
$$

$$
\frac{d\delta x}{dz} = -\frac{d\delta z}{dx} = \omega_y,
$$

$$
\frac{d\delta y}{dx} = -\frac{d\delta x}{dy} = \omega_z.
$$

L'égalité (52) devient donc

$$(53)\quad \left\{\begin{aligned} d\mathfrak{C} = \frac{\mathfrak{A}^2}{2}\int_{\varpi}\Big[ & \mathrm{u}\Big(\frac{d\mathrm{F}}{dx}\,\delta x + \frac{d\mathrm{F}}{dy}\,\delta y + \frac{d\mathrm{F}}{dz}\,\delta z\Big) \\ & + \mathrm{v}\Big(\frac{d\mathrm{G}}{dx}\,\delta x + \frac{d\mathrm{G}}{dy}\,\delta y + \frac{d\mathrm{G}}{dz}\,\delta z\Big) \\ & + \mathrm{w}\Big(\frac{d\mathrm{H}}{dx}\,\delta x + \frac{d\mathrm{H}}{dy}\,\delta y + \frac{d\mathrm{H}}{dz}\,\delta z\Big)\Big] d\varpi \\ & + \frac{\mathfrak{A}^2}{2}\,\omega_x\int_{\varpi}\Big(\mathrm{Hv} - \mathrm{Gw}\Big)d\varpi \\ & + \frac{\mathfrak{A}^2}{2}\,\omega_y\int_{\varpi}\Big(\mathrm{Fw} - \mathrm{Hu}\Big)d\varpi \\ & + \frac{\mathfrak{A}^2}{2}\,\omega_z\int_{\varpi}\Big(\mathrm{Gu} - \mathrm{Fv}\Big)d\varpi. \end{aligned}\right.$$

Supposons maintenant que les courants lancés dans la bobine inductrice soient sinusoïdaux; F, G, H sont donnés par les expressions (9) réduites au premier terme; u, v, w sont donnés par les égalités (51).

Nous avons :

$$\int \mathrm{H}\,v\,d\varpi = -\frac{\mathfrak{A}^4}{4\rho^2}\Big(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\Big)^2 \sin^2 2\pi\,\frac{t}{\mathrm{T}}\int\int_{\varpi}\frac{\gamma\beta'}{r}\,d\varpi\,d\varpi',$$

$$\int \mathrm{G}w\,d\varpi = -\frac{\mathfrak{A}^4}{4\rho^2}\Big(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\Big)^2 \sin^2 2\pi\,\frac{t}{\mathrm{T}}\int\int_{\varpi}\frac{\beta\gamma'}{r}\,d\varpi\,d\varpi',$$

égalités qui nous donnent la première des relations :

$$\int_{\varpi}(\mathrm{Hv} - \mathrm{Gw})\,d\varpi = 0,$$

$$\int_{\varpi}(\mathrm{Fw} - \mathrm{Hu})\,d\varpi = 0,$$

$$\int_{\varpi}(\mathrm{Gu} - \mathrm{Fv})\,d\varpi = 0;$$

les deux autres s'obtiennent de même et l'égalité (53) se réduit à :

$$d\mathfrak{C} = -\frac{\mathfrak{A}^6}{8\rho^2}\Big(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\Big)^2 \sin^2 2\pi\,\frac{t}{\mathrm{T}}\int\int_{\varpi}\Big[\frac{\alpha'\Big(\frac{d\alpha}{dx}\,\delta x + \frac{d\alpha}{dy}\,\delta y + \frac{d\alpha}{dz}\,\delta z\Big)}{r} + \frac{\beta'\Big(\frac{d\beta}{dx}\,\delta x + \frac{d\beta}{dy}\,\delta y + \frac{d\beta}{dz}\,\delta z\Big)}{r} + \frac{\gamma'\Big(\frac{d\gamma}{dx}\,\delta x + \frac{d\gamma}{dy}\,\delta y + \frac{d\gamma}{dz}\,\delta z\Big)}{r}\Big] d\varpi d\varpi'.$$

La masse $\varpi$ étant invariable de forme, il est clair que cette égalité peut encore s'écrire

$$(54) \qquad d\mathfrak{T} = -\frac{\mathfrak{A}^6}{8\rho^2}\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \sin^2 2\pi\frac{t}{T}\,\delta\Pi,$$

avec

$$(55) \qquad \Pi = \frac{1}{2}\int\int_{\varpi}\frac{\alpha\alpha' + \beta\beta' + \gamma\gamma'}{r}\,d\varpi\,d\varpi'.$$

L'égalité (54) conduit au résultat suivant :

*Les actions que la bobine inductrice exerce sur la masse métallique parcourue par les courants d'induction propre se composent d'une force et d'un couple; le point d'application, la direction et le sens de la force, la direction d'axe et le sens de rotation du couple demeurent invariables; mais la grandeur de la force et le moment du couple varient périodiquement avec* t *et ont pour période* $\frac{T}{2}$.

Les valeurs moyennes des actions dont nous venons de parler se peuvent tirer du travail virtuel moyen :

$$(56) \qquad d\tau = -\frac{\mathfrak{A}^6}{16\rho^2}\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2\delta\Pi.$$

En vertu d'un théorème bien connu, chacune des trois quantités :

$$\frac{1}{2}\int\int_{\varpi}\frac{\alpha\alpha'}{r}\,d\varpi\,d\varpi', \qquad \frac{1}{2}\int\int_{\varpi}\frac{\beta\beta'}{r}\,d\varpi\,d\varpi', \qquad \frac{1}{2}\int\int_{\varpi}\frac{\gamma\gamma'}{r}\,d\varpi\,d\varpi',$$

est positive; il en est donc de même de leur somme Π. D'ailleurs, cette quantité a une valeur notable au voisinage de la bobine et une valeur extrêmement faible à grande distance de cette bobine. Le travail effectué par les forces que nous étudions est donc assurément positif lorsque la masse métallique, quittant une position voisine de la bobine, s'éloigne extrêmement de celle-ci. *Les actions étudiées ont pour effet de repousser la masse métallique loin de la bobine.*

Proposons-nous de comparer l'ordre de grandeur des actions moyennes exercées sur la masse métallique en vertu de l'induction propre, aux actions maxima exercées sur la même masse en vertu de l'induction de la bobine. Le travail virtuel des premières est donné par l'égalité (56), et le travail virtuel des secondes est donné par l'égalité (30).

Supposons que la masse étudiée soit une sphère de rayon R; supposons, en outre, que les variations de $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, d'un point à l'autre de cette sphère,

soient très petites; désignons par $J^2$ la valeur sensiblement uniforme de $(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)$ à l'intérieur de cette sphère.

Nous aurons

$$\int (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2) d\varpi = \frac{4}{3} \pi R^3 J^2,$$

$$2\Pi = \int\int \frac{\alpha\alpha' + \beta\beta' + \gamma\gamma'}{r} d\varpi d\varpi' = J^2 \int\int \frac{d\varpi\, d\varpi'}{r} = \frac{32}{15} \pi^2 R^5 J^2.$$

L'égalité (30) devient donc

$$(30\ bis) \qquad d\Theta = \frac{\mathfrak{A}^4}{16\rho} \frac{2\pi}{T} \frac{4}{3} \pi\, R^3\, \delta J^2,$$

tandis que l'égalité (56) devient

$$(56\ bis) \qquad d\tau = -\frac{\mathfrak{A}^6}{16\rho^2} \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{32}{15} \pi^2\, R^5\, \delta J^2.$$

Si $A_m$ est la valeur absolue de l'une des actions dont (30 *bis*) est le travail virtuel, et si $A_p$ est la valeur absolue de l'action correspondante tirée de l'expression (56 *bis*) du travail virtuel, nous aurons :

$$(57) \qquad \frac{A_p}{A_m} = \frac{16\pi^2}{5} \frac{\mathfrak{A}^2 R^2}{\rho T} = 31{,}55 \frac{\mathfrak{A}^2 R^2}{\rho T}.$$

Pour accroître ce rapport, on a intérêt à augmenter les dimensions de la masse métallique et la fréquence du courant qui traverse la bobine, et à diminuer la résistance spécifique du métal.

Imaginons que la sphère ait un centimètre de rayon et soit en cuivre rouge ; en système électromagnétique C.G.S, nous aurons

$$\mathfrak{A}^2 = 1, \qquad R = 1, \qquad \rho = \frac{10^5}{63}.$$

L'égalité (27) deviendra donc très sensiblement

$$\frac{A_p}{A_m} = \frac{2}{T} \times 10^{-2}$$

Les deux actions $A_p$ et $A_m$ seront sensiblement égales entre elles si

$$T = 0{,}02$$

ou, en d'autres termes, si le courant a, par secondes,

$$N = 50$$

oscillations. Ces calculs montrent que l'action étudiée ici deviendra perceptible même avec une fréquence modérée du courant inducteur.

### § 10. — *Examen d'une objection. De la non uniformité des courants induits par la bobine dans la masse métallique.*

Les calculs développés au paragraphe précédent prêtent à une objection qu'il nous faut examiner.

L'emploi des égalités (49) n'est légitime que si les flux $u$, $v$, $w$ sont uniformes dans toute la masse métallique; cette uniformité se traduit par une relation vérifiée en tous les points de la masse métallique :

$$\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} = 0 \tag{58}$$

et par une autre relation, vérifiée en tout point de la surface qui limite cette masse, savoir la relation

$$u \cos(n,x) + v \cos(n,y) + w \cos(n,z) = 0, \tag{59}$$

où $n$ est la normale à la surface limite.

Hors ce cas, les formules (49) devraient être remplacées par d'autres formules dépendant de la constante $k$ de Helmholtz; l'emploi des formules (49) ne serait général que si l'on supposait $k = 1$, ce qui serait, selon le langage adopté par Helmholtz, faire l'hypothèse de F.-E. Neumann.

Selon les égalités (12), l'égalité (58) peut s'écrire :

$$\frac{d\alpha_i}{dz} + \frac{d\beta_i}{dy} + \frac{d\gamma_i}{dz} = 0, \tag{60}$$

et c'est là l'égalité (11) que nous savons être vérifiée. Mais, selon les mêmes égalités (12), l'égalité (59) devient l'égalité :

$$\alpha_i \cos(n,x) + \beta_i \cos(n,y) + \gamma_i \cos(n,z) = 0,$$

qui n'est pas vérifiée en général. Donc, *en général, les calculs développés au paragraphe précédent ne sont pas légitimes, à moins que l'on admette, au sujet de la constante de Helmholtz, l'hypothèse de F.-E. Neumann.*

*Toutefois, il est un cas où les calculs précédents demeurent exacts quelle*

*que soit la valeur attribuée à la constante de Helmholtz, et ce cas est précisément celui que réalise le dispositif habituel de l'expérience d'Élihu Thomson.*

*Ce cas est défini de la manière suivante :*

*La bobine inductrice est de révolution autour de l'axe* Oz. *Les flux qui la traversent sont également de révolution autour de* Oz. *La masse métallique est de révolution autour de* Oz *et ne peut subir d'autre déplacement qu'une translation parallèle à* Oz.

Nous allons montrer, en effet, que le vecteur $(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i)$ est, en chaque point M de l'espace, perpendiculaire au plan qui passe par ce point M et l'axe $Oz$ ; dès lors, en chaque point de la surface de la masse métallique, il sera tangent à cette surface et l'égalité (60) sera vérifiée.

A cause de la symétrie du système, il suffit de démontrer qu'en tout point du plan ZOX, le vecteur $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ est parallèle à OY, ou que l'on a

$$\alpha_i = 0, \qquad \gamma_i = 0.$$

L'égalité $\gamma_i = 0$ résulte immédiatement des formules (8), puisque, en tout point de la bobine, $C_i = 0$; occupons-nous donc de la détermination de $\alpha_i$.

Dans ce but, nous décomposerons la bobine en tubes de flux infiniment déliés et nous montrerons que l'on a, pour chacun de ces tubes de flux,

$$\int \frac{A_i}{r} d\omega = 0.$$

Soient :

$\Omega$, la section droite d'un tel tube ;

$\theta$, l'angle fait avec ZOX par le plan passant par OZ et cette section ;

R, le rayon d'une ligne de flux comprise dans ce tube ;

$J_i$, le vecteur dont $A_i$, $B_i$ sont les composantes, et qui est normal à $\Omega$.

Nous aurons

$$\int \frac{A_i}{r} d\omega = - RJ \int_o^{2\pi} \frac{\sin\theta \, d\theta}{r}.$$

Si l'on remarque que, pour un point situé dans le plan ZOX, $r$ reprend la même valeur lorsque $\theta$ croît de $\pi$, la proposition énoncée devient évidente.

# M. A. TURPAIN

Docteur ès sciences, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Poitiers.


## LES PHÉNOMÈNES DE LUMINESCENCE DANS LES TUBES A GAZ RARÉFIÉ ET LES DISPOSITIFS POUR COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE (538.56)

*— Séance du 8 août —*

Les dispositifs de production des courants de haute fréquence emploient tous l'emploi d'une bobine d'induction qui entretient un transformateur auquel est joint un condensateur et un exploseur ou excitateur.

Nous rappelons dans le schéma de la figure 1 l'une des façons d'associer ces divers appareils. Aux deux bornes $b,b'$ du circuit induit de la bobine d'induction sont reliées les extrémités du primaire du transformateur T. Ce circuit primaire est coupé en un point où l'on intercale l'exploseur ou excitateur E, constitué par deux sphères métalliques entre lesquelles se produit une étincelle que l'on souffle énergiquement soit au moyen d'un électro-aimant, soit mieux au moyen d'un jet d'air violent fourni par une soufflerie. Le condensateur C est placé en dérivation. Les extrémités $p,p'$ du circuit secondaire du transformateur T, constituent les pôles du dispositif producteur des courants de haute fréquence.

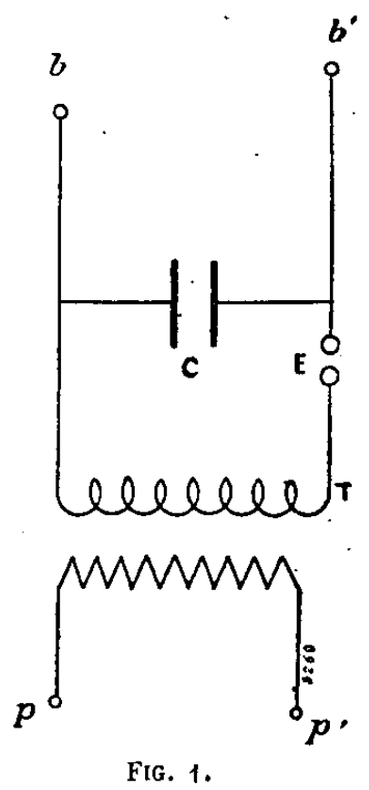


FIG. 1.

Les courants de haute fréquence permettent de produire certains effets lumineux qui peuvent être rapportés à deux catégories distinctes :

1° Les effets de *luminescence* qui se produisent à l'intérieur d'ampoules dont l'atmosphère est amenée à un degré convenable de raréfaction. Ce sont ces effets lumineux qui ont été obtenus pour la première fois par M. Tesla (1) au cours de ses expériences;

2° Les effets d'*incandescence* consistant dans l'entretien de lampes à incandescence au moyen des courants de haute fréquence. L'incandescence de filaments de lampes par ces courants a été obtenue pour la première fois par M. Élihu Thomson (2).

(1) TESLA. — *Electrical Engineer* (New-York), 18 mars 1891.
(2) Élihu THOMSON. — *Electrical Engineer* (New-York), février 1892.

Nous avons cherché si l'emploi des divers appareils (transformateur, condensateur, excitateur) qui composent un dispositif de production de courants à haute fréquence était nécessaire pour obtenir les effets lumineux ci-dessus, et quels étaient ceux de ces appareils dont l'usage est nécessaire.

Les résultats auxquels nous a conduit cette analyse expérimentale sont les suivants :

Les effets lumineux de la première catégorie *(luminiscence)* peuvent être produits dans les mêmes conditions et avec la même intensité, alors qu'on supprime successivement le transformateur, le condensateur et même l'exploseur ou excitateur. Une bobine d'induction en activité suffit seule à les produire.

Les effets lumineux de la seconde catégorie *(incandescence)* nécessitent l'utilisation des dispositifs énoncés ci-dessus. Une seule bobine d'induction ne permet pas de les reproduire. Alors même que le transformateur et le condensateur sont adjoints à la bobine, si l'exploseur ou excitateur est supprimé le phénomène d'incandescence disparaît, seule la luminescence persiste.

Expériences. — Ces résultats découlent des expériences suivantes que nous avons faites :

*Luminescence produite par la bobine de Ruhmkorff seule.* — 1° Si l'on réunit un des pôles *b* de la bobine de Ruhmkorff à l'une des extrémités d'un solénoïde dont l'autre extrémité est libre, on constate qu'une ampoule à gaz raréfié déplacée dans le voisinage du solénoïde manifeste une luminescence comparable à celle obtenue avec le dispositf complet de la figure 1. Le pôle *b'* de la bobine ne reçoit aucun conducteur.

2° Si l'extrémité libre du solénoïde de l'expérience précédente est réunie au pôle *b'* de telle sorte que le circuit induit de la bobine d'induction est fermé par le solénoïde, l'ampoule à gaz raréfié ne donne plus qu'une luminescence très atténuée et qui ne se manifeste qu'au voisinage du cylindre formé par la bobine d'induction (type O. Rochefort de 50 centimètres d'étincelle).

3° Si la bobine est mise en activité alors qu'aucun conducteur ne réunit les pôles *b,b'* qui sont tous les deux libres, un tube ou une ampoule à gaz raréfié déplacé au voisinage de la bobine manifeste une très vive luminescence.

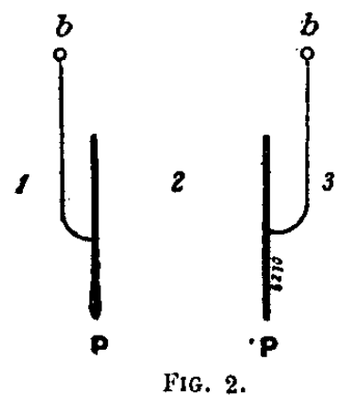


Fig. 2.

4° Si l'on réunit les deux pôles de la bobine d'induction à deux grandes plaques métalliques P (plaques carrées de 75 centimètres de côté) *(fig. 2)*, un même tube à gaz raréfié disposé dans les régions 1 et 3 manifeste une très vive luminescence, alors que déplacé dans la région 2, il ne donne lieu qu'à une luminescence très peu marquée.

5° L'un des pôles de la bobine *b* est relié à une des plaques P. L'autre pôle *b'* est laissé sans conducteur. Une seconde plaque P

est disposée parallèlement à la première et simplement isolée *(fig. 3)*. On constate une luminescence marquée en 1, en 2 et même en 3. Il en est de même si au lieu d'un seul écran métallique P′ on dispose deux et trois écrans métalliques ; la luminescence se manifeste non seulement aux abords de la plaque P reliée à *b*, mais même à travers les trois écrans parallèles à P.

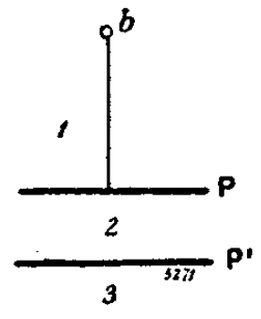


FIG. 3.

*Comparaison de la luminescence produite avec la bobine d'induction seule et de celle obtenue avec le dispositif complet de la figure 1.* — 1° Le dispositif de l'expérience précédente *(fig. 3)* est relié non plus au pôle *b* de la bobine d'induction, mais au pôle *p* du dispositif de production des courants de haute fréquence *(fig. 1)*. On observe une vive luminescence en 1 et en 2, mais aucune luminescence en 3.

2° Le dispositif de la figure 1 a son pôle *p* relié à une plaque P de 75 centimètres de côté, le pôle *p′* étant libre. La bobine d'induction, celle même qui alimente le dispositif *(fig. 1)*, a son pôle *b* relié à la même plaque P, le pôle *b′* étant libre.

Dans ces conditions, on constate que le dispositif *(fig. 1)* donne avec ou sans soufflage magnétique un champ luminescent de même intensité. Cette intensité est moindre que celle obtenue avec la seule bobine. Dans une expérience comparative, toutes choses égales d'ailleurs, un même tube cesse de s'illuminer à 60 centimètres de la plaque P du dispositif 1, alors qu'il s'illumine encore à $1^m,60$ de la plaque P reliée au pôle *b* de la seule bobine d'induction.

3° Étude de l'influence du condensateur C du dispositif *(fig. 1)*. — Les choses étant disposées comme dans l'expérience précédente, la luminescence cesse de se produire :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Avec un condensateur | de $0^{\mu f},025$ | et sans soufflage, | à $1^m$ | » de P. |
| d° | d° | et avec soufflage, | à $1^m,10$ | » |
| d° | de $0^{\mu f},06$ | et avec soufflage, | à $1^m,40$ | » |
| d° | de $0^{\mu f},23$ | et sans soufflage, | à $1^m,73$ | » |
| d° | d° | et avec soufflage, | à $1^m,90$ | » |

Dans les mêmes conditions, le champ produit par la bobine seule produit encore la luminescence du même tube à gaz raréfié à 2 mètres de la plaque P.

*Conditions de production d'incandescence.*— Pour produire l'incandescence, on s'est servi d'un des dispositifs de M. Élihu Thomson, consistant à ne conserver que le primaire du transformateur T de la figure 1. La lampe à incandescence expérimentée est reliée aux deux extrémités d'une spire conductrice disposée concentriquement au solénoïde primaire de T. Dans ces conditions, la mise en activité du dispositif produit l'incandescence du filament de la lampe.

On peut faire varier dans des limites assez éloignées la valeur de la capacité du condensateur C sans que l'incandescence cesse de se produire. On peut même supprimer complètement le condensateur ; cependant, dans ces conditions, l'incandescence se produit moins aisément. Par contre, elle cesse complètement dès qu'on supprime l'excitateur E qui paraît être la partie essentielle du dispositif.

Il était intéressant de rechercher quelle particularité de l'état électrique

des conducteurs constituant le dispositif de la figure 1 les rend propres à produire l'incandescence et pourquoi ce dispositif n'est pas nécessaire pour la production de la luminescence.

A cet effet, nous avons concentré à l'aide de deux fils conducteurs parallèles le champ produit par ces dispositifs et nous avons étudié le champ ainsi concentré à la manière dont on étudie le champ hertzien. Nous nous sommes successivement servis du résonateur de Hertz, du résonateur à coupure ou encore de cloches à gaz raréfié à l'intérieur desquelles sont disposés des résonateurs électriques (1). En déplaçant un pont mobile établi sur les deux fils de concentration, il était aisé de mettre en évidence l'existence d'ondes stationnaires par la constatation des centres et des nœuds successifs qui s'étagent le long des deux fils.

Dans le cas où le champ étudié est celui fourni par le dispositif de la figure 1, (les deux pôles $p$ et $p'$ sont munis de plaques métalliques parallèlement auxquelles sont disposées les plaques de concentration fixées aux extrémités des deux fils de concentration), on a pu mettre nettement en évidence l'existence des ondes électriques stationnaires.

On constate qu'un soufflage énergique de l'étincelle de l'exploseur ou excitateur E augmente l'intensité des phénomènes observés aux sections centrales.

Par contre, il a été impossible de déceler aucun phénomène d'ondes électriques stationnaires dès que l'exploseur ou excitateur E était supprimé et que le champ était simplement emprunté aux dispositifs tels que ceux des figures 2 et 3 qui n'utilisent qu'une seule bobine d'induction.

En intercalant dans une coupure pratiquée sur l'un des fils de concentration une longueur additionnelle égale à la demi-longueur d'onde des oscillations qui excitent le résonateur employé; on produit ce que nous avons appelé le champ hertzien interférent (2).

On constate qu'il est également possible de produire les phénomènes du champ interférent avec le champ emprunté à un dispositif de courants de haute fréquence. Toutefois, il semble beaucoup plus difficile d'obtenir une interférence complète avec ces dispositifs que par l'emploi d'un simple excitateur de Hertz.

Ces diverses expériences qui peuvent être considérées comme une première analyse expérimentale des dispositifs de production des courants de haute fréquence conduisent aux conclusions suivantes:

1° Les effets de *luminescence* doivent être rapportés à de simples phénomènes d'induction susceptibles d'être rapprochés des effets d'illumination produits dans les tubes de Geissler;

(1) A. TURPAIN, *Congrès d'Ajaccio*, 1901.

(2) A. TURPAIN, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898. – *Recherches expérimentales sur les oscillations électriques*. p. 58. Paris, A. Hermann, 1899.

2° Les effets d'*incandescence* nécessitent la production d'ondes électriques dont l'organe nécessaire de production paraît être l'exploseur ou excitateur.

Ces expériences ont été faites avec les ressources du laboratoire de physique de la Faculté des Sciences de Poitiers, que M. le doyen Garbe a bien voulu mettre très aimablement à notre disposition.

---

M. le Dr Stéphane LEDUC

Professeur à l'École de Médecine de Nantes.

## CHAMPS DE FORCE DE DIFFUSION (1) [532.7]

*— Séance du 9 août —*

Si l'on imagine une goutte d'une solution aqueuse quelconque, au milieu d'une masse d'eau distillée, les molécules dissoutes s'éloignent, par diffusion, dans toutes les directions, l'eau se meut en sens inverse pour les remplacer ; la goutte est donc le foyer d'un champ de force, les directions suivies par les molécules en mouvement sont les lignes de force de ce champ.

*Pôle de diffusion positif et négatif.* — Dans l'expérience précédente la pression osmotique est plus forte dans la goutte de solution que dans l'eau pure ; nous désignons sous le nom de pôle positif de diffusion le centre de cette goutte. Si l'on imagine une goutte d'eau au milieu d'une solution aqueuse, le centre de cette goutte est le foyer d'un champ de force se manifestant par l'éloignement de l'eau dans toutes les directions et par le mouvement vers le centre de la goutte de la substance dissoute. Dans cette seconde expérience, la pression osmotique dans la goutte est plus faible que celle du milieu dans lequel elle diffuse, nous désignons son centre comme un pôle négatif de diffusion.

*Photographie des spectres des champs de force de diffusion.* — Sur une plaque de verre on répand une solution concentrée, de nitrate de potasse par exemple, au milieu on laisse tomber une goutte de sang défibriné, d'encre

(1) Nous avons communiqué deux Notes sur ce sujet à l'Académie des Sciences : *Comptes rendus* 17 février 1902 et 26 mai 1902.

de Chine, ou d'eau à laquelle on a mélangé une poudre fine quelconque ; dans les mouvements de la diffusion, les globules du sang ou les particules de poudre, entraînés par les courants d'eau, dessinent les lignes de force et donnent un spectre du champ de force dont on peut, à l'aide d'un appareil horizontal, projeter la formation sur l'écran, et que l'on peut photographier, soit directement, soit sur l'écran.

*Spectre de champ de force de diffusion monopolaire.* — La figure 1, obtenue par une goutte d'encre de Chine dans une solution de nitrate de

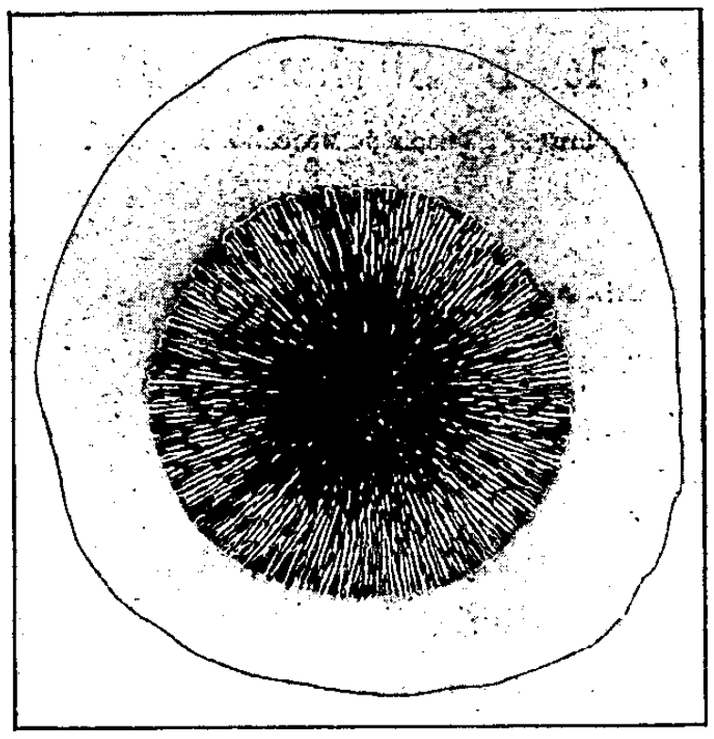


FIG. 1.

potasse, représente le spectre d'un champ de force de diffusion monopolaire négatif.

On répand sur une plaque de verre de l'eau ou une solution non concentrée de nitrate de potasse, on y fait tomber avec précaution une ou deux gouttes de sang étendu qui se répand sur la surface du liquide, on place au centre un cristal de nitrate de potasse vers lequel l'eau se dirige de tous les côtés en entraînant les globules sanguins qui tracent les lignes de force et donnent un champ de force de diffusion monopolaire positif.

*Champ de force de diffusion bipolaire avec deux pôles de même nom.* — Si l'on répète les expériences précédentes en mettant, à deux centimètres de distance environ, deux gouttes de sang ou d'encre de Chine, on obtient un champ ; bipolaire négatif ; avec deux cristaux de nitrate de potasse, un champ bipolaire positif ; les figures 2 et 3 sont des photographies de ces champs elles montrent que les lignes de force, émanant des pôles de diffusion de même signe, se repoussent, comme le font les lignes de force dans un champ magnétique bipolaire formé par deux pôles de

même nom. La répulsion se manifeste par refoulement et par déviation des lignes de force.

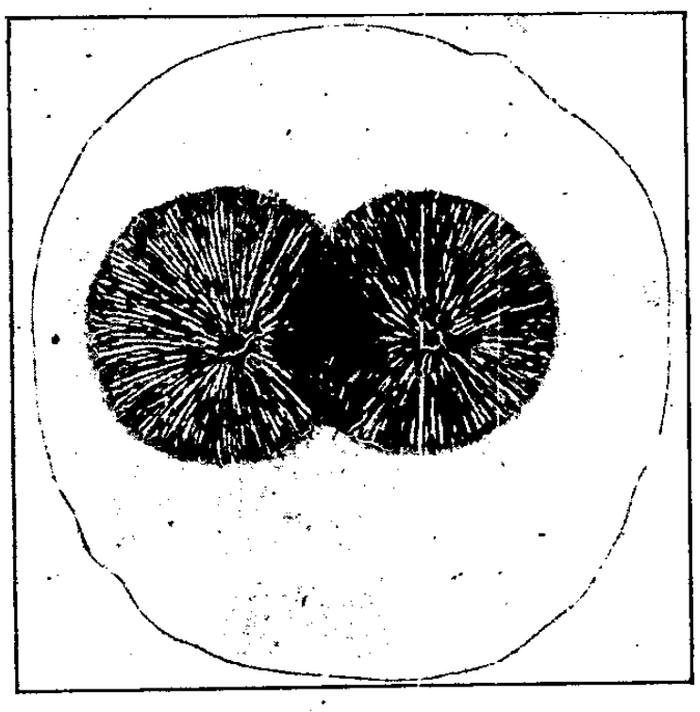


FIG. 2.

*Champ de force de diffusion bipolaire avec deux pôles de noms contraires.* — Sur une plaque de verre on répand une solution non concen-

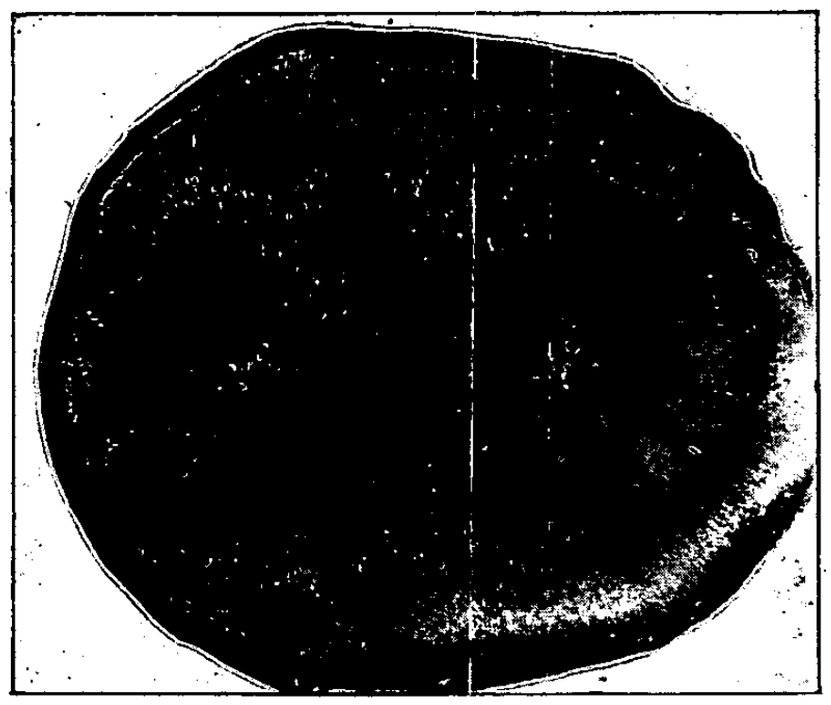


FIG. 3.

trée de nitrate de potasse, on y place un cristal de nitrate de potasse à deux centimètres environ duquel on laisse tomber une goutte de sang défibriné ou d'encre de Chine, la diffusion s'établit, les courants d'eau entraînent les globules de sang ou les particules d'encre de Chine et des-

sinent le spectre du champ de force représenté par la photographie *(fig. 4)*. On voit que les lignes de force unissent les deux pôles de noms contraires, comme cela a lieu dans un champ magnétique produit par deux pôles

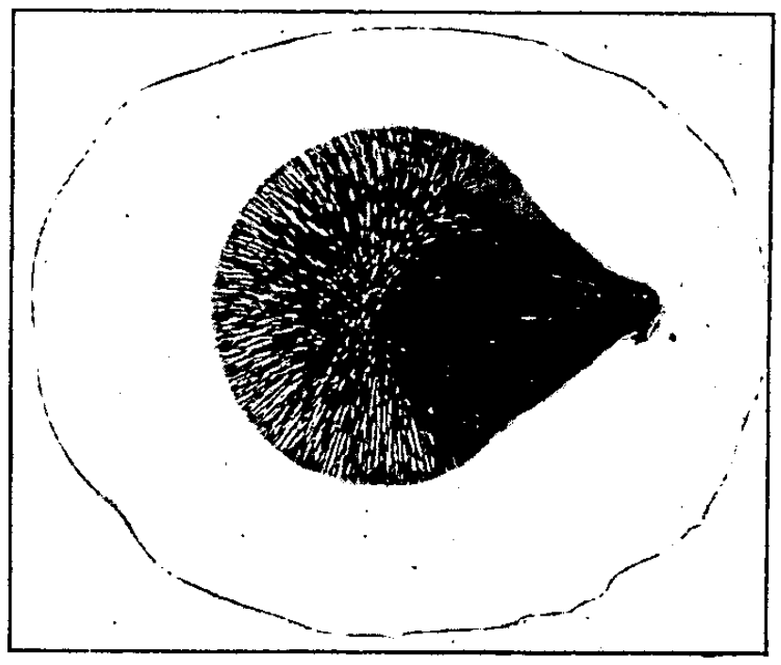


Fig. 4.

différents. On obtient un champ bipolaire avec pôles de noms contraires, à l'aide d'une goutte plus concentrée et d'une goutte moins concentrée que la solution dans laquelle se fait la diffusion.

En résumé, les champs de diffusion présentent les mêmes aspects et ont les mêmes caractères que les champs magnétiques. Les choses se passent comme si des courants d'éther entraînaient la limaille de fer comme l'eau entraîne les globules du sang ou les particules de poudre.

Lorsque des pôles semblables de diffusion produisent des cercles gran-

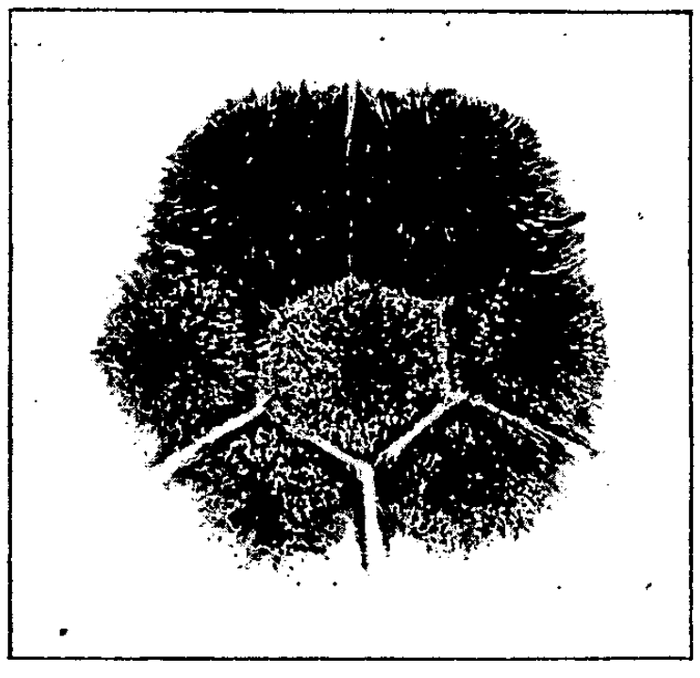


Fig. 5.

dissant les uns à côté des autres, ceux-ci, lorsqu'ils se rencontrent, produisent, par leurs actions réciproques, des polygones, ainsi que le montre

la photographie *(fig. 5)*. Il est évident que des sphères de diffusion grandissant près les unes des autres, par leurs rencontres, produiront des polyèdres formant une structure cellulaire. C'est par ce mécanisme que se forment les cellules artificielles que nous avons présentées l'année dernière au Congrès d'Ajaccio. Si dans une solution de nitrate de potasse, on fait

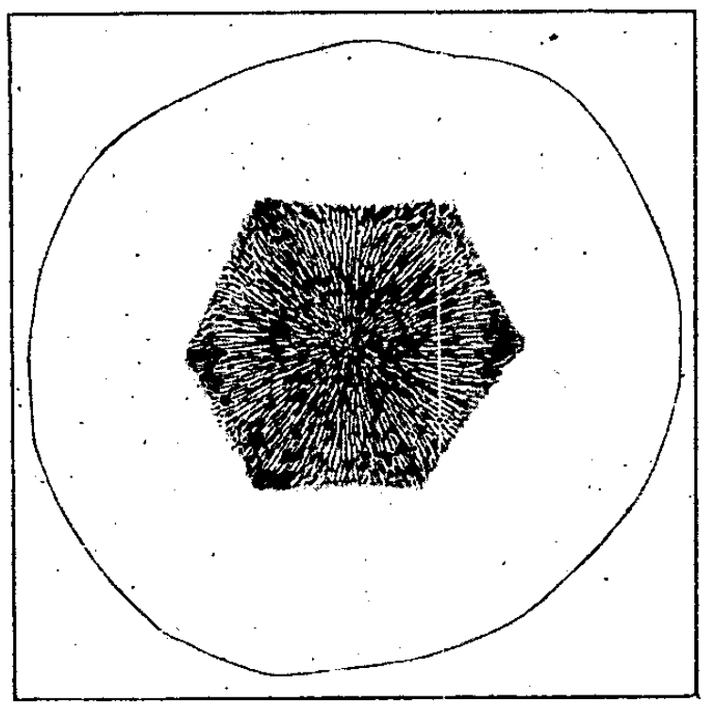


FIG. 6.

diffuser une goutte d'encre de Chine entre six gouttes d'eau, on obtient la figure hexagonale *(fig. 6)*, représentant une cellule artificielle, avec des fibrilles allant du centre aux parois. Cet organisme, d'une sensibilité extrême, réagit à toutes les influences à l'égard desquelles il possède la plus exquise irritabilité.

Les champs de force de diffusion semblent avoir toutes les propriétés des champs de force magnétiques ou électriques : c'est ainsi que l'on constate l'attraction des pôles de noms contraires, la répulsion des pôles de même nom ; par exemple, dans l'expérience suivante: on prépare une solution de gélatine peu concentrée dans une solution saline, la gélatine étant solidifiée, on dispose à sa surface, dans le voisinage l'une de l'autre, une goutte d'eau et une goutte de la solution saline de la gélatine, mais plus concentrée, la diffusion se faisant à travers la masse gélatineuse, on a deux pôles de noms contraires ; on voit les gouttes s'allonger, s'avancer l'une vers l'autre, se rejoindre et se confondre. Lorsque deux gouttes voisines sont toutes deux plus concentrées, ou toutes deux moins concentrées que la solution dans laquelle elles diffusent, elles ne montrent que des phénomènes de répulsion.

Lorsqu'un cristal se forme dans une solution, les molécules dissoutes se dirigent vers son noyau, prenant la place de l'eau qui s'éloigne ; on a un champ de force de cristallisation. En faisant interférer les champs de force

de cristallisation et de diffusion, nous avons pu reproduire et photographier à volonté toutes les formes de feuilles de fougère, etc., que l'on observe dans la cristallisation. Les figures polygonales et les apparences feuilles de fougère observées sur les métaux, antimoine, etc., ont évidemment la même origine.

En projetant, dans une cellule artificielle, un très petit cristal soluble (fécondation de la cellule artificielle), on y voit se succéder, dans le même ordre que dans une cellule vivante, les phénomènes qui suivent la fécondation de cette dernière : production du fuseau, sphères d'attraction, asters, segmentation par dépression des parois et formation d'une cellule fille. Ces aspects successifs se photographient aussi facilement que la cellule elle même. Si, dans une cellule à centre négatif par rapport au milieu, on pratique la fécondation par une goutte d'eau, on a une cellule fille sans les figures de la karyokinèse (amitose); la cellule fille est expulsée par la répulsion qu'exerce sur son centre le centre de la cellule mère (pôles du même nom).

Il est donc vraisemblable que, dans les cellules vivantes, les figures de la karyokinèse, dont toutes les explications données jusqu'ici sont inadmissibles, sont les spectres de champ de force de diffusion.

La notion des champs de force dans les liquides offre une explication physique pour un grand nombre de phénomènes jusqu'ici mystérieux : mouvements amoeboïdes, mouvements Browniens, agglutination, déplacements et orientations désignées sous les noms de tactisme et de tropisme, etc., etc. Cette notion permet d'aborder avec des lois très précises, tous les problèmes de statique, de dynamique et de cinétique dans les liquides et, en particulier, dans la cellule vivante.

---

M. A. LONDE

Directeur du service photographique de la Salpêtrière, à Paris.

## APPAREIL POUR LA MESURE DE LA DURÉE DE COMBUSTION DES ÉCLAIRS MAGNÉSIQUES [77.144.8]

— *Séance du 9 août* —

On utilise beaucoup en Photographie des compositions à base de Magnésium et de comburants divers pour obtenir des clichés à la lumière artificielle. Ces compositions sont désignées sous le nom de *Photo-Poudres*, et la lumière obtenue sous celui d'*Éclair Magnésique*. Ce dernier terme a

été choisi parce que le phénomène paraît être de très courte durée. C'est ainsi que certains auteurs ont avancé que la durée de l'éclair était de l'ordre du 1/100 ou du 1/150 de seconde.

D'autre part avec certains Photo-Poudres on remarque que l'exécution du portrait à la lumière artificielle est à peu près impossible, le modèle affecté par l'apparition soudaine de la lumière ayant le temps de réagir : on constate alors l'occlusion des yeux et même certains mouvements involontaires. Il nous a paru intéressant d'étudier d'une façon précise la durée de combustion des principales préparations ordinairement employées dans la photographie à la lumière artificielle, les résultats obtenus devant avoir, au point de vue pratique, une réelle importance.

Dans ce but, nous avons fait construire par M. Jules Richard un appareil destiné à ces mesures délicates. En voici le principe : une plaque sensible de forme carrée est montée sur un châssis entraîné d'un mouvement rapide de rotation par une petite dynamo. Le tout est enfermé dans une boîte hermétiquement close et la lumière produite lors de la combustion du Photo-Poudre essayé ne pourra atteindre la plaque que par une étroite ouverture. Sur la partie antérieure de la boîte se trouve un diapason élec-

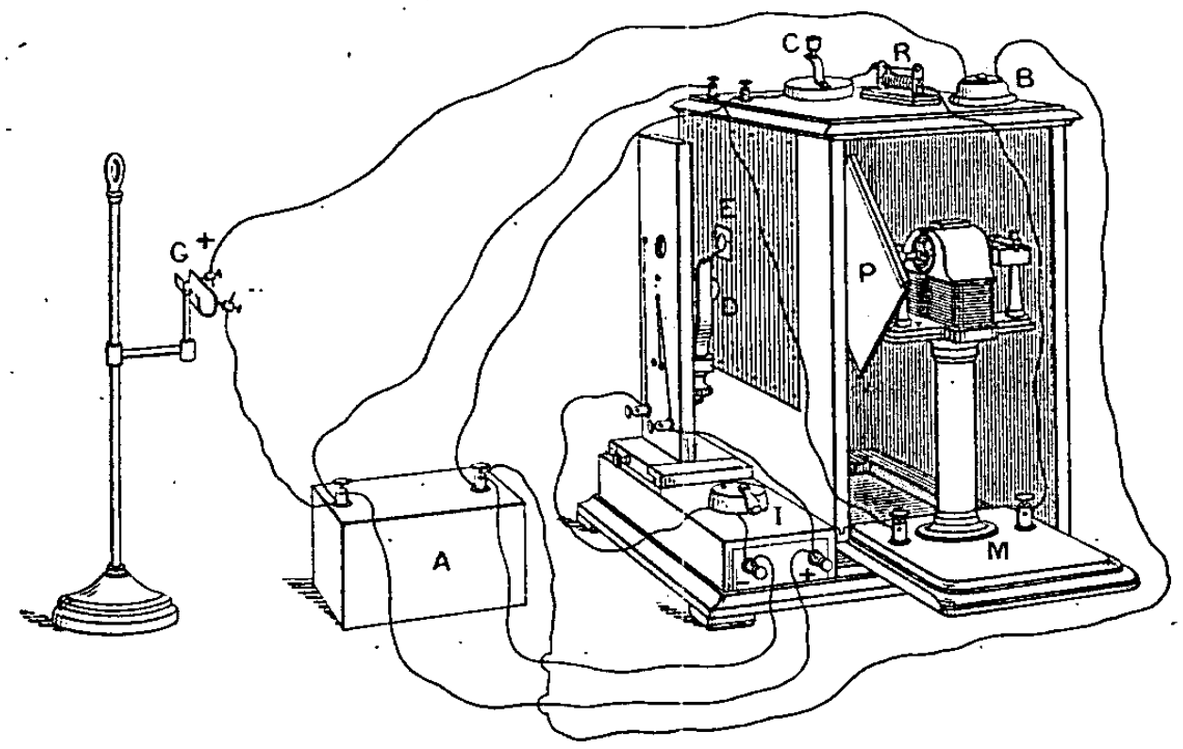



FIG. 1.

trique portant à l'une de ses branches un petit disque percé de l'étroite ouverture dont il vient d'être question *(fig. 1)*.

La charge de Photo-Poudre est placée à une distance donnée en face de l'appareil, dans une gouttière munie d'un inflammateur électrique. Un fil mince de platine traverse la charge et on en provoquera l'inflammation à volonté en fermant le circuit d'une batterie de piles ou d'accumulateurs.

En résumé, il suffira de mettre la plaque en mouvement, de faire vibrer le diapason et d'enflammer la charge. On obtiendra après développement

une sinusoïde de longueur variable suivant la durée de combustion de la poudre essayée. Pour savoir la durée, il suffira, connaissant le nombre de vibrations du diapason, de compter le nombre de vibrations inscrites.

Dans nos expériences nous avons employé un diapason donnant 1000 vibrations simples.

Les résultats obtenus nous ont démontré que la durée de l'éclair magnésique était loin d'atteindre les chiffres que l'on annonçait.

Les préparations les plus rapides que nous ayons trouvées brûlaient en 1/30 de seconde. La plupart varient entre 1/10 et 1/15 de seconde. Nombre brûlent en plus de 1/10 de seconde, quelques-unes même en 1/5 ou 1/4 de seconde. Comme conclusions pratiques, nous devons renoncer actuellement à une application qui eût été fort intéressante: nous voulons parler de l'instantanéité à la lumière artificielle. On comprend en effet facilement que si l'on avait pu réaliser des éclairs de l'ordre du 1/100 ou du 1/150 de seconde, on aurait obtenu les mêmes résultats qu'avec un obturateur donnant ces mêmes vitesses et sans le secours de celui-ci. On aurait pu même effectuer la Chronophotographie sur fond noir par l'allumage successif d'une série d'éclairs à des intervalles déterminés. Ces applications eussent été fort intéressantes dans certains laboratoires scientifiques où l'on ne peut appliquer que rarement les méthodes d'analyse photographique nécessitant des conditions spéciales d'éclairage, conditions qu'on ne rencontre que dans la belle saison. Il faut malheureusement y renoncer jusqu'au jour où l'on aura pu réduire encore la durée de combustion des Photo-Poudres.

La désignation d'éclair magnésique est également impropre pour désigner un phénomène qui a une durée fort appréciable et en tous cas fort éloignée de celle de l'éclair naturel ou de l'étincelle électrique.

En dernier lieu, nous avons eu la confirmation que certaines compositions étaient vraiment trop lentes et ne sauraient être employées pour l'obtention des portraits à la lumière artificielle. En admettant, comme les physiologistes l'affirment, qu'il faille à l'organisme environ 1/10 de seconde pour réagir sous l'influence d'une vive lumière comme celle produite par l'éclair magnésique, on devra systématiquement écarter toutes les compositions qui brûlent en plus de 1/10 de seconde.

Le principe de la plaque tournante que nous avons adopté dans notre appareil nous a permis d'autres recherches sur l'influence du mode d'inflammation adopté, de la disposition de la charge, du poids de celle-ci.

Pour un même poids de Photo-Poudre, la durée de combustion est la plus rapide avec l'inflammation électrique. (Fusion d'un fil mince de platine traversant la charge. *Inflammateur idéal de M. Bouillaud).* Avec le pistolet de M. Bellieni (percuteur frappant sur une amorce en fulminate), les résultats sont sensiblement les mêmes. Avec le procédé Weiss (inflam-

mation par une allumette suédoise), la durée de combustion est augmentée légèrement. Avec la cartouche au papier Bengale et une mèche de fulmicoton (procédé que nous avons préconisé il y a quelques années), la durée de combustion est plus que doublée.

Ce dernier résultat, qui paraît anormal au premier abord, car la température produite par le papier Bengale est considérable, est dû, comme des expériences très nettes nous l'ont prouvé, à la disposition de la charge qui, au lieu d'être en tas ramassé, se trouve en boudin allongé. D'où retard d'inflammation dans la masse et augmentation de la durée de combustion.

Ce fait est intéressant, car il montre très clairement l'influence de la disposition de la charge : plus celle-ci sera étalée, plus la durée de combustion augmentera. En dernier lieu, nous avons étudié l'influence de l'augmentation de la charge. Celle-ci paraît augmenter la durée de combustion, mais dans des limites moins importantes que le mode d'allumage ou la disposition de la charge.

---


## M. A. LONDE

Directeur du service photographique de la Salpêtrière, à Paris.


---

### EXPÉDITEUR A GRANDE VITESSE POUR APPAREIL CHRONOPHOTOGRAPHIQUE A OBJECTIFS MULTIPLES [778.52]

---

*— Séance du 9 août —*

Lorsqu'il s'agit d'analyser par les méthodes chronophotographiques des phénomènes de très courte durée, en obtenant encore des images d'un format acceptable pour l'étude directe, les appareils existant ne sauraient suffire.

Dans les chronophotographes à objectif unique ou dans les cinématographes, la cadence dépasse rarement vingt à vingt-cinq épreuves à la seconde, et encore dans ces conditions, on doit se contenter d'images n'ayant guère plus de 2 à 3 centimètres.

Par suite, si l'on désire analyser un phénomène qui ne dure que 1/10 de seconde, on n'obtiendra guère plus de deux à trois épreuves dans ce laps de temps, nombre qui est évidemment insuffisant pour étudier les différentes phases dudit phénomène.

Nous avons cherché à résoudre ce problème en utilisant notre appareil

chronophotographique à 12 objectifs qui nous sert depuis plusieurs années pour l'étude des mouvements nouveaux chez l'homme (1) et celle des démarches pathologiques. Dans cet appareil, le format des images est déterminé par construction et n'est aucunement lié à la cadence adoptée comme dans le cinématographe ou le chronophotographe. L'intervalle entre chaque épreuve dépendra uniquement du nombre d'émissions d'un courant électrique que l'on pourra obtenir dans l'unité de temps; or, de ce côté, nous avons toute latitude.

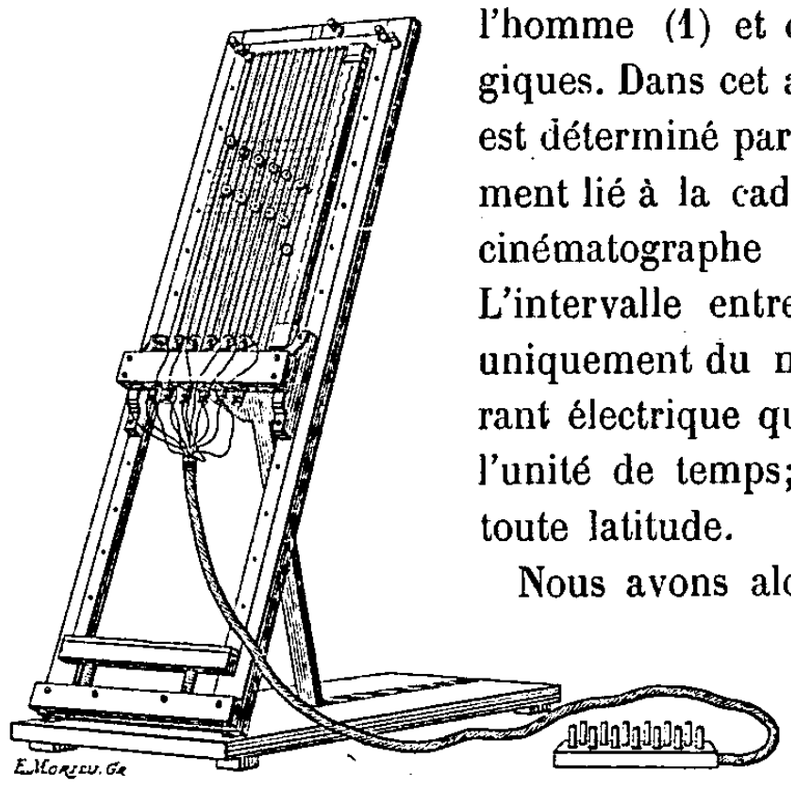


Fig. 1. — Expéditeur à grande vitesse de M. A. Londe. (Vue d'ensemble.)

Nous avons alors combiné un expéditeur à grande vitesse dont la figure 1 représente l'ensemble.

Un chariot métallique coulisse dans un grand cadre à inclinaisons variables. Ce chariot comporte 12 rainures parallèles dans lesquelles se placent 12 ergots. Tout cet ensemble est relié électriquement à l'un des pôles d'une batterie de piles ou d'accumulateurs.

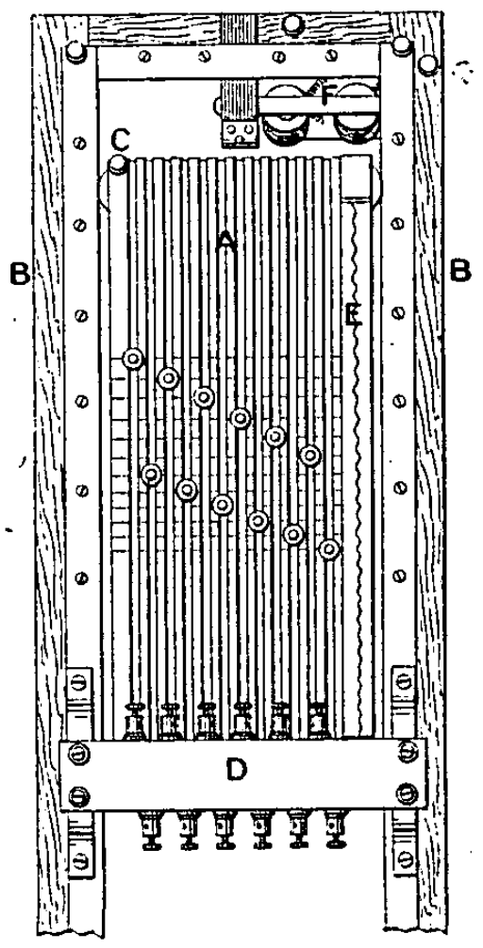



Fig. 2.
A Chariot coulissant.
BB Cadre à inclinaison variable.
D Pont isolé avec ses 12 contacts.
E Sinusoïde donnant la vitesse de chute du cadre.

Lorsque l'on déclenche le chariot, qui tombe sous l'action de la pesanteur, il vient passer sous un pont isolé qui porte à la partie inférieure 12 lames de contact reliées par 12 conducteurs aux déclenchements électriques des obturateurs de notre appareil chronophotographique. Un treizième fil de retour est relié à l'autre pôle de la batterie.

Chaque fois qu'un des ergots viendra en contact avec la lame correspondante, un des obturateurs sera déclenché et ainsi de suite.

L'intervalle de temps entre la prise de chaque vue sera déterminé par l'intervalle qui existera entre chaque ergot. Pour opérer à des intervalles égaux, nous enregistrons la marche du chariot au moyen du diapason sur une lame de verre enfumé *(fig. 2)* et nous disposons les ergots de façon que leurs

(1) *Atlas de Physiologie artistique,* par A. Londe et P. Richer (sous presse).

positions respectives correspondent à des intervalles égaux. La vitesse de chute peut être variée par l'inclinaison du cadre et augmentée encore, si nécessaire, par la traction de forts ressorts.

Avec ce dispositif, nous pouvons obtenir des émissions de courant très rapides dans des intervalles de temps très courts. Si par exemple nous réglons notre appareil pour fonctionner en 1/10 de seconde, nous pouvons obtenir 12 images de grand format (8×8) dans ce laps de temps, tandis que dans les autres méthodes nous n'en aurions eu que deux ou trois.

Nous pouvons même opérer en un temps plus court, si nécessaire, nos douze images étant toujours réparties également sur la durée du phénomène étudié.

La première utilisation que nous avons faite de ce nouvel expéditeur à grande vitesse a été de chronophotographier l'éclair magnésique. En réglant l'intervalle entre chaque épreuve à 1/100 de seconde, nous avons obtenu douze images de l'éclair, la durée de celui-ci étant de 12/100 de seconde.

Nous avons fait diverses constatations intéressantes sur ce phénomène qui n'avait pas encore été étudié jusqu'à présent. Avec l'inflammation électrique la déflagration est immédiate. L'actinisme croît rapidement et atteint son maximum après 2 à 3/100 de seconde ; il reste à peu près stationnaire pendant 5 à 6/100 de seconde pour décroître ensuite. Le volume de la gerbe lumineuse suit une marche parallèle. Ce volume varie d'autre part suivant la composition du photo-poudre et d'après le poids de la charge.

L'analyse chronophotographique de l'éclair a mis, d'autre part, en évidence des projections considérables de matières qui sont dues à la nature explosive du phénomène, puis à la mauvaise composition chimique des préparations et enfin à leur manque d'homogénéité.

Ces projections qui se font en dehors de la gerbe centrale expliquent les résultats si différents que l'on constate souvent dans la pratique.

Une certaine quantité de la charge projetée brûle isolément sans contribuer à l'effet général : quelquefois même elle ne s'enflamme pas et est dispersée autour de l'appareil.

Nous avons rencontré par contre une poudre, la Silencieuse de M. Bonillaud, qui ne donnait lieu à aucun moment à ces projections : ceci doit tenir à la parfaite composition chimique et à l'homogénéité absolue du mélange.

En réalité, le phénomène de l'éclair se compose d'une première période croissante, d'une seconde à peu près stationnaire et correspondant au maximum d'actinisme, et d'une troisième décroissante.

La pratique va pouvoir tirer parti de ces résultats, car, poursuivant nos expériences, nous avons cherché à chronophotographier un modèle vivant pendant la durée de l'éclair.

Nous avons pleinement réussi et avons obtenu douze épreuves instantanées pendant la durée d'un seul éclair. Sur cette série on constate encore mieux les variations de l'actinisme que l'analyse de l'éclair lui-même nous avait révélées.

Au bout de 3/100 de seconde les images sont irréprochables; il en est ainsi pendant 6/100 de seconde. Les trois dernières sont moins venues.

Cette expérience résout une question importante, car elle prouve que l'on peut obtenir des épreuves instantanées (la vitesse des obturateurs était de 1/100 de seconde) pendant la durée de l'éclair.

Il suffira, pour profiter du maximum d'actinisme, de provoquer l'inflammation de la charge de 2 à 3/100 de seconde avant le départ de l'obturateur.

Elle montre également que l'on peut réaliser avec notre expéditeur rapide des chronophotographies pendant la durée d'un seul éclair magnésique.

Nous sommes arrivés à ces résultats nouveaux avec l'aide de l'Association pour l'Avancement des Sciences, et nous sommes heureux de lui transmettre nos sentiments de vive reconnaissance.

Nous sommes engagés dans une série de recherches originales que nous allons continuer et nous espérons que ses encouragements ne nous feront pas défaut.

---

M. H. BOUASSE

Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

## DE LA CAUSE DES PHÉNOMÈNES DE RÉACTIVITÉ [539.413]

*— Séance du 9 août —*

On sait depuis longtemps que de petits cycles de traction, torsion, flexion (cycles qu'on peut désigner sous le nom générique de vibrations), modifient, sinon toujours l'aspect extérieur d'un métal, au moins ses qualités mécaniques. On trouve dans le traité de la résistance des matériaux de Morin (1853), une fort intéressante consultation des directeurs du matériel des malles-poste et des messageries, sur l'usure des essieux.

Ils arrivent à cette conclusion que le service rend les essieux cassants, et que la mesure la plus sûre pour éviter les ruptures, est de les reforger après un parcours de 70.000 kilomètres.

On sait aussi depuis longtemps (les premières expériences remontent au moins à 1840), qu'un fil tordu, détordu et maintenu au couple nul (c'est-à-dire avec une de ses extrémités parfaitement libre), continue à se détordre pendant des heures et des jours. Nous appellerons « réactivité » la cause, quelle qu'elle soit, qui produit ces phénomènes : tout se passe comme si, dans la torsion, un ressort se bandait, qui se débande ensuite lentement au couple nul.

M. Brillouin eut l'idée en 1887 que le second phénomène pourrait bien avoir pour cause les vibrations : fidèle à sa méthode qui consiste à proposer des hypothèses et à suggérer des expériences, tout prêt à les abandonner si le fait ne lui donne pas raison, il rendit un grand service à la question de la réactivité, puisqu'il fut la cause d'abord des travaux de M. Duhem et par suite des travaux qui durent réfuter ce dernier.

Sans m'appesantir sur un historique des mémoires de M. Duhem et de ses élèves, je vais résumer mes dernières expériences dont les conclusions sont en opposition absolue avec celles de ces messieurs. Pour fixer les idées, j'emploie des fils de 1 mètre de long, en cuivre de haute conductibilité étiré de 22 0/0 environ à la filière. Leur diamètre est $0^{mm},545$.

Je désignerai par $P_0$ la charge sous laquelle se fait la torsion, $\alpha_0$ la torsion en tours, $\alpha_1$ la détorsion en degrés, jusqu'au moment de la première lecture après le retour au couple nul, $T_0$ le temps pendant lequel on maintient le fil sous torsion ; généralement les torsions et détorsions se font avec une vitesse de 20 secondes environ par tour.

Le fil casse pour une charge de 7 kilogrammes environ. Sous faible charge on peut le tordre de plusieurs centaines de tours sans qu'il casse ; sous très forte charge, on ne peut que le tordre d'un petit nombre de degrés.

I. — L'expérience montre que les phénomènes de réactivité sont à peu près indépendants de la charge sous laquelle se fait l'opération, pourvu qu'elle reste constante. La loi de la détorsion est très exactement représentée par la formule $p = A \log. (t + B)$, excepté pour les $t$ petits. En d'autres termes, si on choisit des temps d'observation en progression géométrique, $5^m$, $10^m$, $20^m$, $40^m$, etc., après le retour au couple nul, les $\Delta p$ correspondants (détorsion dans les intervalles $5^m$, $10^m$, $20^m$, ...) sont sensiblement égaux.

II. — Ceci posé, cherchons ce qui se passe quand la charge varie.

Si la torsion, le retour au couple nul et l'abandon sous ce couple pendant $n$ minutes se font sous $P_0$ ; si ensuite on installe la charge $P_1$

pendant $m$ minutes : la détorsion pendant ces $m$ minutes est plus grande pour $P_1 \leqslant P_0$ que pour $P_1 = P_0$. L'expérience montre de plus que la détorsion est plus grande si $P_1 > P_0$ que si $P_1 < P_0$.

Cette expérience prouve que le phénomène dépend des conditions sous lesquelles le fil est tordu, détordu, etc., c'est-à-dire, comme nous le répétons depuis 10 ans bientôt, de toute l'histoire antérieure du fil.

III. — Le fil subit sa préparation sous $P_0$ : $n$ minutes après le retour au couple nul, on impose une variation de charge $P = \pi \sin.^2 \omega t$, *accomplie une fois*. $\pi$ restant constant, on fait varier la période de cette traction (soit $\omega$). Il est bien entendu que chaque bout de fil ne sert qu'une fois. La charge maxima est donc $P_0 + \pi$. On détermine la réactivité $\Delta p$ (détorsion), pendant $m$ minutes, (entre les temps $n$ et $m + n$ après le retour au couple nul). On s'arrange bien entendu de manière que la période de la traction soit inférieure à $m$ minutes. L'expérience montre que la réactivité *croît*, à mesure que la période *croît*.

Donc ce n'est pas la variation de charge, considérée seulement en tant que variation, qui produit l'accroissement du phénomène ; la période de cette variation intervient et généralement toutes les conditions de l'expérience.

IV. — *Tractions rythmées. Influence du nombre des périodes.* — Supposons qu'au lieu de produire une seule traction rythmée, pendant les $m$ minutes d'observation, on remplisse ce temps avec des tractions rythmées, il y en aura d'autant plus que leur période sera plus courte. L'expérience montre que l'accroissement de réactivité est loin d'être proportionnel au nombre des périodes : que le plus souvent la réactivité *diminue* quand le nombre des périodes *augmente*, à partir d'un nombre optimum de périodes qui se réduit à un ou deux.

Ce n'est donc pas le nombre des changements qui intervient, mais le temps passé sous les charges maximum et minimum.

V. — *Tractions rythmées. Influence de l'amplitude.* — Maintenons constant le nombre des périodes et faisons-en varier l'amplitude. Portons en ordonnées les réactivités (détorsions) et en abscisses les amplitudes. La courbe tourne sa concavité vers le haut. L'effet de l'accroissement d'amplitude croît plus vite que l'amplitude ; il semble que de très petites amplitudes produisent un effet nul.

Soit donc N le nombre des tractions rythmées, $\pi$ ce qui mesure leur amplitude ; il y a tout à parier que si N croît indéfiniment, si $\pi$ décroît indéfiniment, avec la condition que N $\pi$ reste fini, l'effet de ces vibrations sera rigoureusement nul.

En effet, nous avons montré (IV) que l'effet ne croît pas quand N croît,

(V) que l'effet décroît plus vite que ne décroît $\pi$ ; donc tout concorde à prouver que l'effet est nul dans le cas susdit.

VI. — Essayons de vérifier par l'expérience la conclusion précédente. Une discussion approfondie limite la petitesse des périodes, pour que l'expérience conserve un sens. Quoi qu'il en soit, 3500 cycles de 100 grammes effectués en 40 minutes, produisent un effet à peu près rigoureusement nul sur la réactivité.

*Conclusion.* — Il faut, de toute nécessité, abandonner l'espoir d'expliquer les phénomènes de réactivité par des vibrations. Suivant les probabilités, ces vibrations n'interviennent *pas du tout*, en ce sens qu'elles n'agissent pas directement sur le phénomène. Nous savons qu'elles modifient lentement le métal et par conséquent toutes ses propriétés : elles peuvent modifier de même la grandeur des paramètres dont la réactivité dépend. Voici d'ailleurs une expérience qui limite singulièrement leur action.

VII. — La réactivité a été trouvée rigoureusement la même pour 2 fils conservés 17 mois dans une cave, le premier sous 100 grammes, le second sous 5200 grammes (soit $0^{kg},430$ et $22^{kg},320$ par millimètre carré). Une telle constatation nous rend singulièrement sceptique pour toutes ces expériences extraordinaires, où des charges faibles modifient en rien de temps, sans allongement apparent, la nature d'un métal. On dira que dans une cave les vibrations sont faibles : elles n'en existent pas moins, et 22 kilogrammes par millimètre carré pour du cuivre sont presque la charge moyenne de rupture.

VIII. — On voudra peut-être invoquer les cycles de température. Mes expériences sur ce point ne sont pas complètes ; mais je ne m'avance pas beaucoup, en déclarant que les résultats seront absolument parallèles aux précédents. Les variations de température interviennent, non en tant que variations, mais par la loi de succession des températures et le temps passé sous chaque température. Il est à peine besoin de faire remarquer que cet énoncé est contradictoire de tous ceux de M. Duhem et de ses élèves.

IX. — Enfin, qu'on ne s'imagine pas que j'étudie de petits phénomènes. Ce sont des phénomènes énormes. Un fil tel que ceux que j'emploie, tordu de 10 tours, ramené au couple nul, peut se détordre ensuite, en vingt-quatre heures, de 50° et 100°, davantage même, suivant sa préparation initiale. En observant ces détorsions au 1/12 de degré à l'aide d'un ancien cercle de lunette méridienne, j'ai plus de précision qu'il ne m'en faut.

# M. G. BAKKER

Professeur à l'École supérieure de La Haye.


## VARIATION DE LA DENSITÉ ET DU POTENTIEL D'UN LIQUIDE DANS LA COUCHE CAPILLAIRE [536.2]

— *Séance du 9 août* —

Représentons-nous, dans un vase, un liquide à la partie inférieure, surmonté de sa vapeur saturée. La surface de séparation est supposée horizontale. Menons, perpendiculairement à la couche capillaire plane, une droite sur laquelle nous prendrons la distance $h$. Supposons que la valeur $h = 0$ soit située au milieu de la plus grande des densités, savoir $\rho_1$. La densité $\rho$ en un point intérieur de la couche capillaire peut être regardée comme une fonction de $h$. L'équation différentielle entre $\rho$ et $h$ est donnée par van der Waals, dans sa théorie thermodynamique de la capillarité. En partant du principe de Gibbs sur l'énergie libre minimum, il a trouvé :

$$\frac{2C_2}{1.2}\frac{d^2\rho}{dh^2} + \frac{2C_4}{1.2.3.4}\frac{d^4\rho}{dh^4} + \frac{2C_6}{1.2.3.4.5.6}\frac{d^6\rho}{dh^6} + \cdots = \mu - \mu_1 \qquad (1)$$

$\mu$ représente l'intégrale $\int v dp$ : de plus, $v$ et $p$ se rapportent à une phase homogène dont la densité est la même que celle du point considéré. L'indice $_1$ se rapporte à la densité liquide $\rho_1$ ; on a donc :

$$\mu - \mu_1 = \int_0^h v\frac{dp}{dh}\,dh.$$

Si l'on considère $p$ comme fonction de $\rho$, on aura ainsi :

$$\mu - \mu_1 = \int_{\rho_1}^{\rho} \frac{1}{\rho}\frac{dp}{d\rho}\,d\rho,$$

de sorte qu'on peut calculer $\mu - \mu_1$ au moyen de l'équation d'état.

L'équation de van der Waals donnerait par exemple :

$$p = \frac{RT\rho}{1 - b\rho} - a\rho^2.$$

Les coefficients $C_2$, $C_4$ etc, représentent les intégrales :

$$C_2 = \int_0^\infty u^2\psi(u)du \qquad C_4 = \int_0^\infty u^4\psi(u)du, \qquad \text{etc.,}$$

où $\psi(u)$ est la fonction connue de Laplace.

Je veux démontrer ici la relation (1) par une considération purement statique.

Chaque élément du liquide doit être en équilibre sous l'action de la pression thermique, que nous supposerons indépendante de la direction, et des forces « moléculaires ». (Nous faisons abstraction de la pesanteur). Soit $\theta$ la pression thermique et V le potentiel des forces capillaires en un point déterminé, alors pour toute direction on a :

$$d\theta = -\rho dV. \qquad (2)$$

Si les différentielles $d\theta$ et $dV$ se rapportent à la direction $dh$, $\theta$, V et $\rho$ peuvent être considérés comme des fonctions de $h$. Or, $\theta$ est une fonction de $\rho$ $\left(\text{dans l'équation de van der Waals : } \theta = \frac{RT\rho}{1-b\rho}\right)$; d'autre part, $\theta$, $p$ et $\rho$ dépendent l'un de l'autre par la relation :

$$\theta = p + a\rho^2$$

on a donc : $$d\theta = dp + 2a\rho d\rho = -\rho dV$$

ou : $$vdp + 2ad\rho = -dV \qquad \left\{ dp = \frac{dp}{dh}dh, \text{ etc.} \right\}$$

donc : $$\int_o^h vdp = \mu - \mu_1 = V_1 - V - 2a(\rho - \rho_1).$$

(L'indice 1 se rapporte à la phase liquide, dont la densité est $\rho_1$).

Pour la phase liquide on a :

$$V_1 = -2a\rho_1,$$

d'où : $$V + 2a\rho = \mu_1 - \mu. \qquad (3)$$

En substituant au potentiel V en un point intérieur de la couche capillaire la valeur que van der Waals a trouvée (par une méthode purement statique) :

$$V = -2a\rho - \frac{2C_2}{1.2}\frac{d^2\rho}{dh^2} - \frac{2C_4}{1.2.3.4}\frac{d^4\rho}{dh^4} \qquad (*)$$

(*) *Théorie thermodynamique de la capillarité*, p. 16 $\left(\epsilon = \frac{1}{2}V\right)$.

on trouve :

$$\frac{2C_2}{1.2}\frac{d^2\rho}{dh^2} + \frac{2C_4}{1.2.3.4}\frac{d^4\rho}{dh^4} + \cdots = \mu - \mu_1. \qquad (4)$$

ce qui est l'équation fondamentale dans la théorie de van der Waals.

Dans le *Journal de Physique* [tome IX (1900), p. 395], j'ai démontré que la fonction de force la plus simple pour les forces « moléculaires » est la fonction :

$$\varphi = -f\frac{e^{-qr}}{r}$$

c'est là une fonction de force qui, comme van der Waals l'a démontré, conduit à la continuité de $\rho$ dans la couche capillaire pour toute température ; c'est à-dire que $\frac{d\rho}{dh}$ ne devient jamais infinie si l'on adopte cette fonction pour fonction de force.

La relation différentielle entre V et $\rho$ devient, avec cette fonction de force :

$$\Delta^2 V = q^2 V + 4\pi f\rho$$

ou bien, comme $\rho$ ne dépend que de $h$ dans la couche capillaire :

$$\frac{d^2V}{dh^2} = q^2 V + 4\pi f\rho.$$

En remplaçant $q$ par $\frac{1}{\lambda}$ ($\lambda$ devient alors une ligne), il vient :

$$\lambda^2\frac{d^2V}{dh^2} = V + 2a\rho. \qquad (5) \qquad (a = 2\pi f\lambda^2)$$

Les équations (2) et (4) donnent :

$$\lambda^2\frac{d^2V}{dh^2} = \mu_1 - \mu. \qquad (6)$$

et cette dernière équation nous donne une idée de la variation de V en fonction de $h$, parce que $\mu - \mu_1 = \int_1 v dp$ est connu par l'équation d'état.

Van der Waals a trouvé dans sa théorie thermodynamique (p. 20) cette même équation (6) pour la densité $\rho$ ; mais, comme je l'ai démontré, [*Zeitschrift für phys. Chemie* XXXIV, 2 (1900) p. 171], la relation :

$$C_2\frac{d^2\rho}{dh^2} = \mu - \mu_1$$

ne s'accorde pas avec la fonction de force $\varphi = -f\frac{e^{-\frac{r}{\lambda}}}{r}$.

En effet, on a alors pour la constante capillaire de Laplace, (*)

$$H = \frac{\lambda^2}{2a}\int_1^2 \left(\frac{dV}{dh}\right)^2 dh. \qquad (7)$$

En intégrant par parties, il vient :

$$H = -\frac{\lambda^2}{2a}\int_1^2 V\frac{d^2V}{dh^2}\,dh,$$

d'où, en tenant compte de (5), on a :

$$H = -\frac{1}{2a}\int_1^2 V(V + 2a\rho)dh. \qquad (8)$$

Or, l'équation (5) et l'équation de van der Waals : $-2a\lambda^2\frac{d^2\rho}{dh^2} = V + 2a\rho$ ne peuvent s'accorder que si l'on a :

$$\frac{d^2V}{dh^2} = -2a\frac{d^2\rho}{dh^2}$$

d'où on tirerait : $V + 2a\rho = C_1 h + C_2$.

Pour $h = 0$, on a : $V = -2a\rho_1$ et pour $h = h_1 =$ l'épaisseur de la couche capillaire : $V = -2a\rho_1$. Donc : $V = -2a\rho$.

En substituant dans (8) il viendrait :

$$H = 0.$$

L'équation de van der Waals : $-2a_1\lambda^2\frac{d^2\rho}{dh^2} = V + 2a\rho$ n'est donc pas en accord avec la fonction de force :

$$\varphi = -f\frac{e^{-\frac{r}{\lambda}}}{r}.$$

Pour cette fonction de force, la figure 1 (Voir page 21 de la théorie de van der Waals) représente V en fonction de $h$ (au lieu de $\rho$).

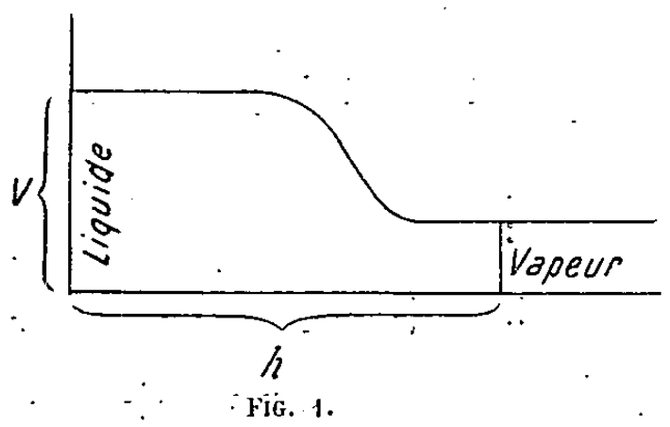


FIG. 1.

A la fin de sa théorie, van der Waals donne une autre expression de H.

(*) *Journal de Physique*, tome IX (1900), p. 396.

En supposant que $\varphi = -f\frac{e}{r}$ $^{-\frac{r}{\lambda}}$ représente la fonction de force, on a :

$$H = 2a\lambda^2 \int_1^2 \left(\frac{d\rho}{dh}\right)^2 \left(1 + \frac{1}{2a}\frac{d\mu}{d\rho}\right)^2 dh.$$

Cette formule peut se déduire très simplement des équations (2) et (7). La différenciation de (3) donne :

$$\frac{dV}{dh} = -\frac{d\rho}{dh}\left(\frac{d\mu}{d\rho} + 2a\right);$$

en substituant dans (7), on a :

$$H = 2a\lambda^2 \int_1^2 \left(\frac{d\rho}{dh}\right)^2 \left(1 + \frac{1}{2a}\frac{d\mu}{d\rho}\right)^2 dh.$$

*Remarque.* — On peut trouver, de la manière suivante, l'équation différentielle qui définit le potentiel V considéré comme fonction de $h$.

En multipliant les membres de (5) par $2\frac{dV}{dh}$, on trouvera :

$$2\lambda^2 \frac{dV}{dh}\frac{d^2V}{dh^2} = 2V\frac{dV}{dh} + 4a\rho\frac{dV}{dh},$$

ou, comme : $d\theta = -\rho dV$ :

$$\frac{\lambda^2}{4a}\left(\frac{dV}{dh}\right)^2 = \frac{V^2}{4a} - \frac{V_1^2}{4a} - (\theta - \theta_1) \qquad (\theta_1 = \text{pression thermique de la phase liquide}).$$

et comme : $V_1 = -2a\rho_1$ et $\theta_1 = p_1 + a\rho_1^2$ :

il vient :
$$\frac{\lambda^2}{4a}\left(\frac{dV}{dh}\right)^2 = p_1 - \theta + \frac{V^2}{4a}. \qquad (9)$$

En adoptant pour $\theta$ l'expression $\theta = \frac{RT\rho}{1 - b\rho}$ de van der Waals et éliminant $\theta$ et $\rho$ entre cette relation et les équations (5) et (9) on trouve la relation cherchée :

$$\lambda^2(A + BV^2)\frac{d^2V}{dh^2} - B\lambda^4\frac{d^2V}{dh^2}\left(\frac{dV}{dh}\right)^2 + \lambda^2(C + BV)\left(\frac{dV}{dh}\right)^2 = p_1 + AV + CV^2 + BV^3,$$

dans laquelle : $A = \frac{bp_1 + RT}{2a}$, $B = \frac{b}{8a^2}$ et $C = \frac{1}{4a}$.

M. Camille TISSOT

Lieutenant de vaisseau, Professeur à l'École navale, à Brest.

## QUELQUES OBSERVATIONS SUR LE PHÉNOMÈNE DE L'ARC CHANTANT

[537.832:734]

*— Séance du 9 août —*

On sait en quoi consiste le phénomène de l'arc chantant de Duddell. Si l'on met en dérivation sur un arc alimenté par un courant continu (ou alternatif), un condensateur et une self, l'arc rend, pour un réglage convenable, un son continu de caractère musical.

La hauteur de ce son subit d'incessantes variations, mais ces variations sont très légères, de sorte qu'elle oscille autour d'une valeur constante qui se trouve déterminée par celle de la réactance du circuit dérivé. On a, en effet, en désignant par T la période du son obtenu, par L la self-induction et C la capacité du circuit en dérivation : $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

Pour la réussite de l'expérience certaines précautions sont nécessaires. On doit ne faire usage que de charbons homogènes (sans mèches) et donner au circuit dérivé qui comprend la self, une résistance inférieure à 2 ohms. D'ailleurs, l'expérience montre que le phénomène se produit d'autant mieux que la résistance est plus faible, la capacité plus grande et la self plus petite. En fait, les sons aigus ou suraigus se produisent et surtout se maintiennent beaucoup plus aisément que les sons graves.

Le son prend naissance pour un réglage de l'arc qui correspond à la limite de l'arc sifflant, au point de passage à l'arc normal.

Au moment où s'établit le phénomène, il se produit une chute brusque de l'intensité dans le circuit d'alimentation. Cette intensité conserve ensuite une constance remarquable, si bien que la meilleure manière de maintenir le réglage de l'arc est de suivre les indications d'un ampèremètre placé en circuit.

Le son musical continu ne se produit que pour le réglage particulier de l'arc qui correspond à la limite de l'arc sifflant. Mais, si l'on vient à fermer le circuit dérivé de réactance après avoir établi l'arc normal, on entend se produire dans l'arc un petit bruit sec.

Ce bruit est en réalité un son musical de très courte durée. On en peut mettre le caractère en évidence d'une manière très nette en intercalant successivement dans le circuit dérivé, après l'avoir ouvert et fermé rapi-

dement, un nombre croissant de spires. Ce nombre peut être choisi, par exemple, de façon que les notes rendues correspondent aux accords de la gamme. L'artifice est de même nature que celui qui consiste à jeter l'une après l'autre sur le sol des planchettes de bois convenablement choisies.

*Phénomènes sonores dans le circuit.* — Lorsqu'un courant alimente un arc chantant, il se produit un phénomène remarquable de résonance acoustique en tous les points du circuit où existe un contact imparfait.

On sait que l'on peut faire chanter un second arc ordinaire (produit entre charbons), ou même un arc métallique placé sur le même circuit d'alimentation. Le phénomène en question est sans doute de même nature, mais il se produit spontanément sans exiger de réglage.

Il est presque constant, notamment, au passage dans les interrupteurs. Néanmoins le son produit — qui est l'exacte reproduction de celui de l'arc — ne devient particulièrement intense que si les contacts sont imparfaits, légèrement oxydés par exemple. Le phénomène s'obtient aisément en fermant le circuit par une barrette de cuivre (légèrement oxydée), reposant sans pression sur deux plaques de même métal. L'effet se produit avec tous les métaux ou avec contact charbon-métal. Bien que moins intense que le son de l'arc lui-même, le son qui prend naissance aux contacts s'entend parfaitement à distance, dans toute une salle par exemple.

Nous avons recherché les conditions optima qui permettent de réaliser l'expérience, et avons obtenu les meilleurs résultats avec des contacts comprenant du cuivre et du zinc ou du plomb.

Le son n'est pas dû à un mouvement vibratoire d'ensemble du système métallique, car on ne le fait pas disparaître en saisissant à pleine main la pièce de contact. Mais on en réduit considérablement l'intensité en exerçant sur les contacts une certaine pression. Si ces contacts sont propres, le phénomène est peu intense et disparaît complètement par une pression modérée.

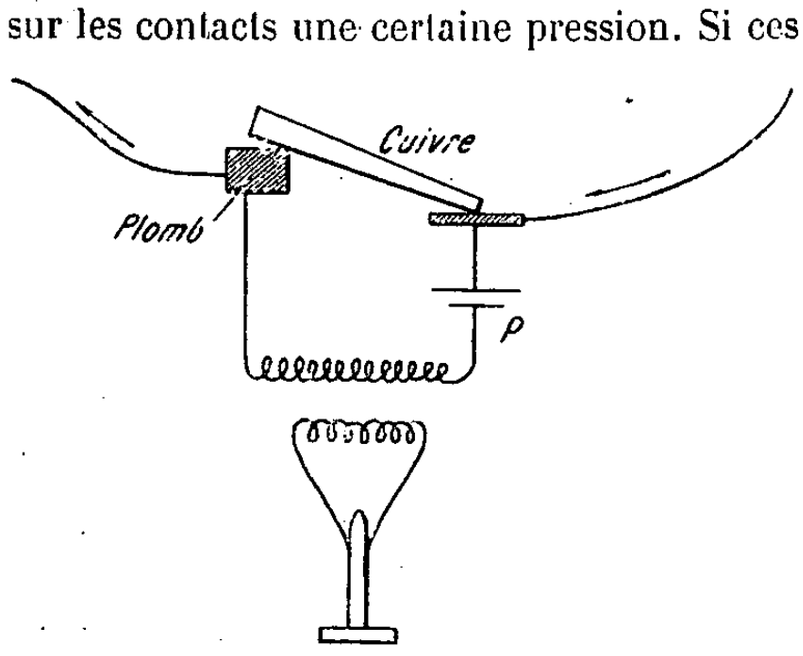


FIG. 1.

Le phénomène est dû sans doute à des variations périodiques dans la valeur des résistances de contact.

Si l'on dispose, en effet, le contact imparfait dans le circuit d'un élément de pile auxiliaire comprenant une bobine à deux fils, un téléphone mis dans le circuit secondaire de la bobine rend avec intensité le

son de l'arc. Bien qu'il paraisse s'agir ici de vibrations moléculaires, il est intéressant de rapprocher le phénomène de ceux que l'on obtient dans diverses circonstances avec des contacts imparfaits.

On peut remarquer tout d'abord l'analogie que présente le dispositif de contact figuré ci-dessus avec celui qui est connu sous le nom de « berceau de Trevelyan. »

On connaît l'expérience classique qui consiste à poser en équilibre sur un bloc de plomb une masse de cuivre chauffée. Le système entre en vibration, soit spontanément, soit sous l'influence du choc le plus léger. Selon les conditions du contact, il se produit une succession de chocs rythmiques plus ou moins rapprochés ou un son musical de hauteur variable.

On provoque des phénomènes vibratoires tout à fait identiques en prenant les pièces métalliques froides — ou à la même température — et en faisant passer dans le contact un courant continu d'une intensité convenable. L'explication, très simple, est fournie dans les deux cas par la production de dilatations locales aux points de contact.

En réglant convenablement les conditions de l'expérience, c'est-à-dire en modifiant la position du contact et la pression, on arrive à obtenir un son directement perceptible et suffisamment intense avec un courant de 1 à 2 ampères.

Mais en se servant d'un téléphone, intercalé dans le circuit d'une pile auxiliaire, comme il a été indiqué plus haut, on obtient des sons pour des courants beaucoup plus faibles.

Le phénomène sonore qui prend naissance dans ces conditions a été signalé par M. Ferrié.

M. Ferrié, qui l'a étudié avec beaucoup de soin, le produisait de la manière suivante :

Le contact était constitué par une plaque P et une pièce M (pointe mousse), susceptible d'être déplacée très légèrement à l'aide d'une vis micrométrique V. Le contact M-P était intercalé dans un circuit comprenant une pile et l'un des enroulements d'une bobine à deux fils. L'autre enroulement était relié à un téléphone. M. Ferrié a obtenu le phénomène avec les différents métaux ou avec contact charbon-métal. En constituant le contact imparfait par le dispositif plus grossier du « berceau », nous avons obtenu de meilleurs résultats, bien que le réglage de la pression des contacts exige de nombreux tâtonnements.

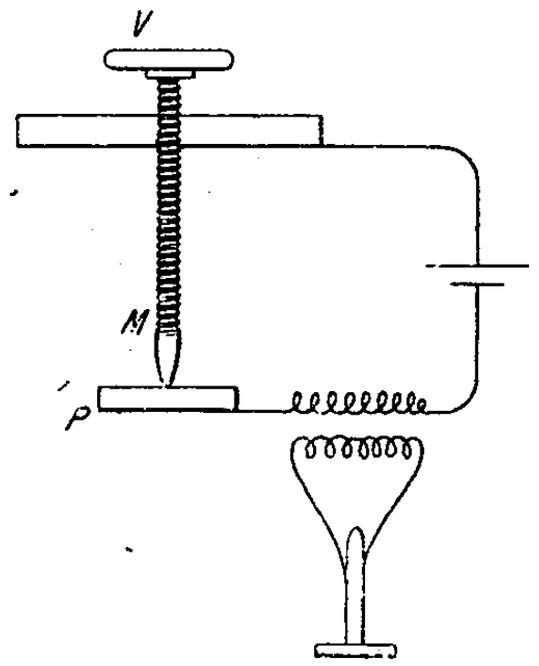


FIG. 2.

Il paraît y avoir une analogie étroite entre tous ces phénomènes et celui

qui se produit dans les contacts du circuit qui alimente un arc chantant.

L'explication évidente qui vaut pour les uns semble devoir s'étendre aux autres. Ainsi ce seraient des dilatations locales aux points de contact qui rendraient compte de la production des sons. (*)

Il y a lieu de noter que ce sont précisément les contacts où entrent des métaux très dilatables, comme le plomb et le zinc, et peu conducteurs de la chaleur, qui permettent la production la plus aisée de ces phénomènes.

Mais le son ne paraît être persistant (avec le dispositif Ferrié), qu'à la condition qu'il puisse se produire un certain synchronisme entre les éléments mécaniques et électriques du système.

On arrive, en effet, bien plus aisément à faire chanter directement un contact par le passage d'un courant continu en disposant en dérivation sur ce contact un circuit de réactance analogue à celui d'un arc chantant.

Mais on peut faire un autre rapprochement capable de présenter un certain intérêt.

Le système grossier de contact imparfait que nous avons désigné sous le nom de « berceau », est susceptible, en effet, de se comporter à volonté soit comme un cohéreur véritable, soit comme un cohéreur auto-décohérent, soit même comme un anti-cohéreur, c'est-à-dire comme un cohéreur dont la résistance s'accroît par le passage d'une onde.

Il suffit, pour provoquer ces différents phénomènes, d'intercaler le contact dans le circuit d'une pile, ou mieux d'un potentiomètre, et de régler convenablement la pression du contact et l'intensité du courant.

On retrouve ainsi les conditions de l'expérience de M. Turpain, qui utilisait les propriétés du cohéreur à contact unique pour se servir du téléphone comme détecteur des ondes (dès l'année 1894).

Si on laisse de côté le phénomène du cohéreur proprement dit, qui paraît assez complexe, les états du contact qui correspondent à l'auto-décohéreur et à l'anti-cohéreur sont sans doute susceptibles d'être expliqués de la même manière que les phénomènes signalés plus haut, c'est-à-dire par des dilatations locales provoquées par des effets thermiques au contact et donnant lieu à des variations de résistance.

Nous ne faisons que signaler en passant les relations étroites que présentent entre eux les phénomènes dont les contacts imparfaits sont le siège, car nous comptons en faire l'objet d'une étude spéciale.

*Application de l'arc chantant à la mesure des faibles coefficients de self-induction.* — La relation $T = 2\pi\sqrt{LC}$ qui existe entre la période du son obtenu et les constantes du circuit de réactance se vérifie très exactement, ainsi que nous nous en sommes assuré par des mesures directes. Les self

(*) Dilatation des métaux mêmes ou de la couche gazeuse plus ou moins adhérente qui sépare les contacts.

étaient constituées par des enroulements de forme géométrique susceptibles d'être calculés.

La mesure des capacités exige des précautions spéciales. En pratique, en effet, les condensateurs que l'on utilise doivent présenter une capacité notable et être capables de supporter d'assez grandes différences de potentiel. On ne peut guère réaliser les conditions voulues que par l'emploi de condensateurs industriels soigneusement construits. Mais on sait combien est variable la valeur que fournit la mesure de la capacité de pareils condensateurs selon le temps de charge (parfois du simple au décuple). Aussi faut-il prendre soin de mesurer la capacité sous une durée de charge voisine de celle qui correspond à la période du courant qui prend naissance dans l'arc. On arrive aisément à ce résultat soit à l'aide d'un électro-diapason ou d'un commutateur tournant, soit plus simplement à l'aide d'un pendule interrupteur.

L'application de la relation $T = 2\pi \sqrt{LC}$ fournit un procédé commode pour obtenir rapidement, soit une valeur approchée, soit même une mesure suffisamment exacte des coefficients de self les plus faibles. Elle permet surtout d'obtenir une comparaison immédiate entre des enroulements différents.

A la condition d'employer un condensateur de capacité notable ($6^{\gamma}$ à $8^{\gamma}$ par exemple), on peut en effet obtenir un son avec une simple boucle de conducteur de 20 centimètres de diamètre.

Aussi avons-nous fait usage du procédé pour déterminer les constantes des dispositifs Blondlot (excitateurs et résonateurs), que nous utilisons dans les expériences de télégraphie sans fil. C'est à ce titre que nous signalons la méthode dont la pratique nous a paru avantageuse.

La mise en œuvre du procédé suppose la mesure de la hauteur du son. Très simple en principe, la mesure directe est rendue ici un peu délicate à cause de l'acuité des sons que l'on a à comparer.

Toutefois, s'il s'agit d'une évaluation approximative, on peut se contenter d'établir l'unisson avec une sirène entraînée par un petit moteur électrique commandé par un rhéostat.

Les méthodes d'enregistrement optique permettent d'obtenir plus de précision.

En regardant l'image de l'arc dans un miroir tournant animé d'une vitesse modérée, on la voit se dissocier nettement en un chapelet de points lumineux — plus exactement on aperçoit une bande striée.

Pour fixer cette image, il suffit de la recevoir sur une plaque ou un papier sensible.

C'est le procédé que nous avons employé, ayant à notre disposition un miroir tournant que nous avions utilisé pour obtenir des photographies d'étincelles d'excitateurs.

Dans le cas présent, la vitesse de rotation du miroir doit être très réduite, 5 tours par seconde au maximum. Aussi peut-on substituer au miroir un dispositif plus simple, en recevant l'image de l'arc sur un papier sensible enroulé sur un tambour animé d'un mouvement de rotation. On enregistre alors simultanément les vibrations d'un électro-diapason, soit directement, soit optiquement en munissant l'une des branches du diapason d'un miroir.

Pour obtenir l'enregistrement simultané des vibrations de l'arc chantant et d'un électro-diapason, nous avons d'abord employé le dispositif expérimental suivant :

L'arc A est au foyer d'une lentille LL′, et les rayons réfléchis par le miroir *m* du diapason sont aussi reçus par une lentille *ll′* qui les concentre sur le miroir M.

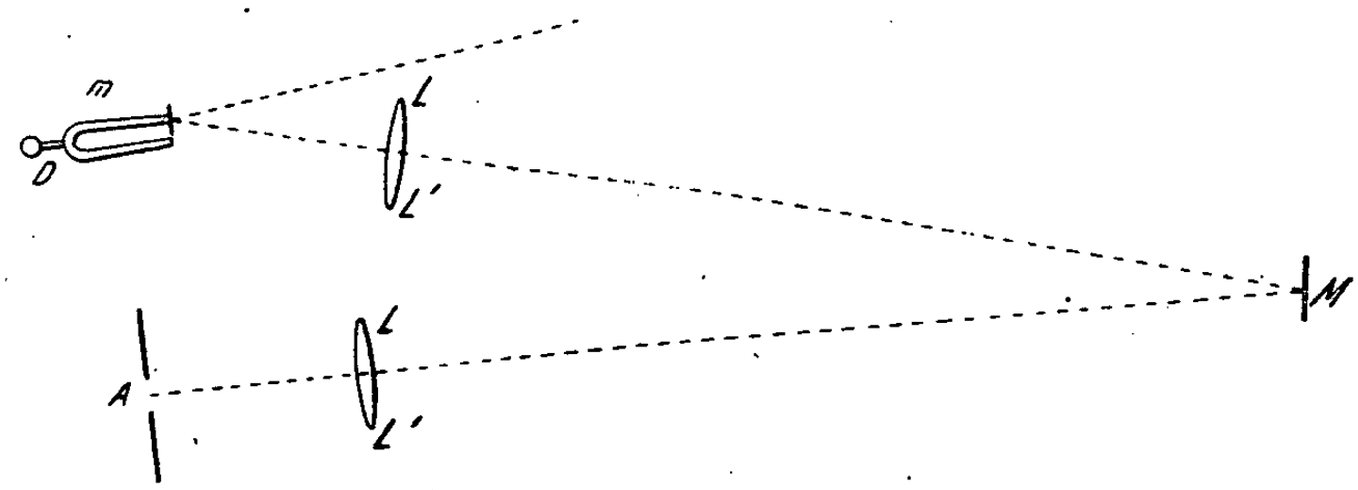



FIG. 3.

On obtient ainsi, à côté de l'épreuve de l'arc dissocié, un tracé sinusoïdal complet.

Mais, à la vitesse nécessaire pour obtenir une bonne dissociation de l'arc, la sinusoïde du diapason se trouve très aplatie. Aussi est-il préférable d'obtenir le tracé du diapason sous forme de ligne ponctuée.

En supprimant la lentille *ll′* et faisant tomber le bord du faisceau réfléchi sur le miroir M, on obtient le même résultat que si l'on coupait la sinusoïde par une parallèle à l'axe des temps.

Les images sont plus nettes en substituant au diapason à miroir un diapason portant des plaques munies de fentes. Le tracé fourni par le diapason présente alors simplement l'aspect d'une droite pointillée.

La distance entre les milieux de deux traits successifs correspond à une demi-période. La mesure de la période de l'arc est alors très facile et tout à fait indépendante de la régularité de la vitesse du miroir.

Nous avons joint au présent travail quelques-uns des clichés obtenus.

Le caractère périodique du phénomène apparaît nettement et se traduit

sur les épreuves par une série de protubérances équidistantes qui se détachent en noir sur le fond de la bande ombrée fixée sur la plaque.

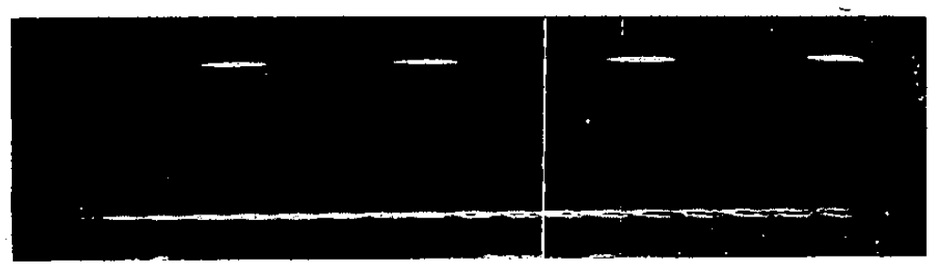


FIG. 4.

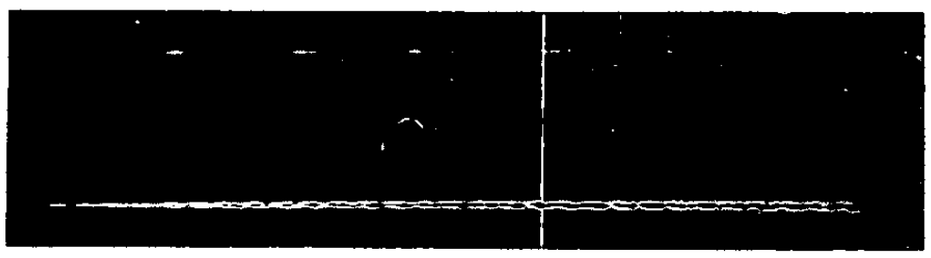


FIG. 5.

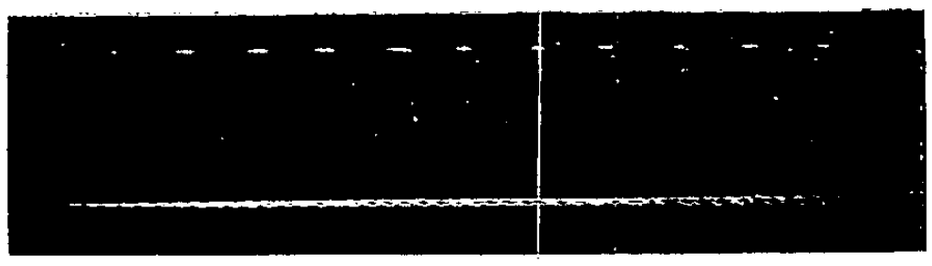


FIG. 6.

Ces épreuves permettent d'obtenir avec précision la mesure de la période. Elles montrent nettement les contractions périodiques de la gaine gazeuse qui entoure les charbons, contractions auxquelles est dû évidemment le phénomène sonore.

---

M. Ulysse LALA et M. J. RODA-PLIUS

Docteur ès Sciences. Licencié ès Sciences.

---

## ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET THÉORIQUE SUR LE MÉTRONOME [531-53]

---

*— Séance du 9 août —*

Le métronome, instrument employé pour marquer la mesure d'exécution d'un morceau de musique, a été inventé, paraît-il, par Stœckel à la fin du XVIII^e^ siècle. Mais, il a été amené à sa forme actuelle par Nicolas Winkel,

puis par J.-N. Maëlzel et présenté à l'Académie des Sciences dans le commencement du XIX^e siècle par Fétis.

Réduit à ses parties essentielles, il se compose d'une mince tige métallique graduée oscillant devant une échelle sur laquelle sont marqués les degrés du mouvement; une petite masse mobile peut glisser le long de cette tige et en déplaçant par son poids le centre de gravité du système selon la hauteur à laquelle elle est placée, elle ralentit ou accélère les oscillations.

Un système particulier d'échappement dont la description ne saurait trouver place dans cette note permet de percevoir les battements.

Si l'on porte en abscisses les distances de l'axe d'oscillation au centre de gravité de la masse mobile, et en ordonnées les nombres correspondants d'oscillations simples de l'instrument en une minute, la courbe obtenue affecte la forme d'une ligne droite.

Nos mesures ont été effectuées avec un métronome enregistreur Verdin (n^os 26588 du *Constructeur* et 1305 du *Catalogue du Laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Toulouse*) et la courbe sensiblement linéaire

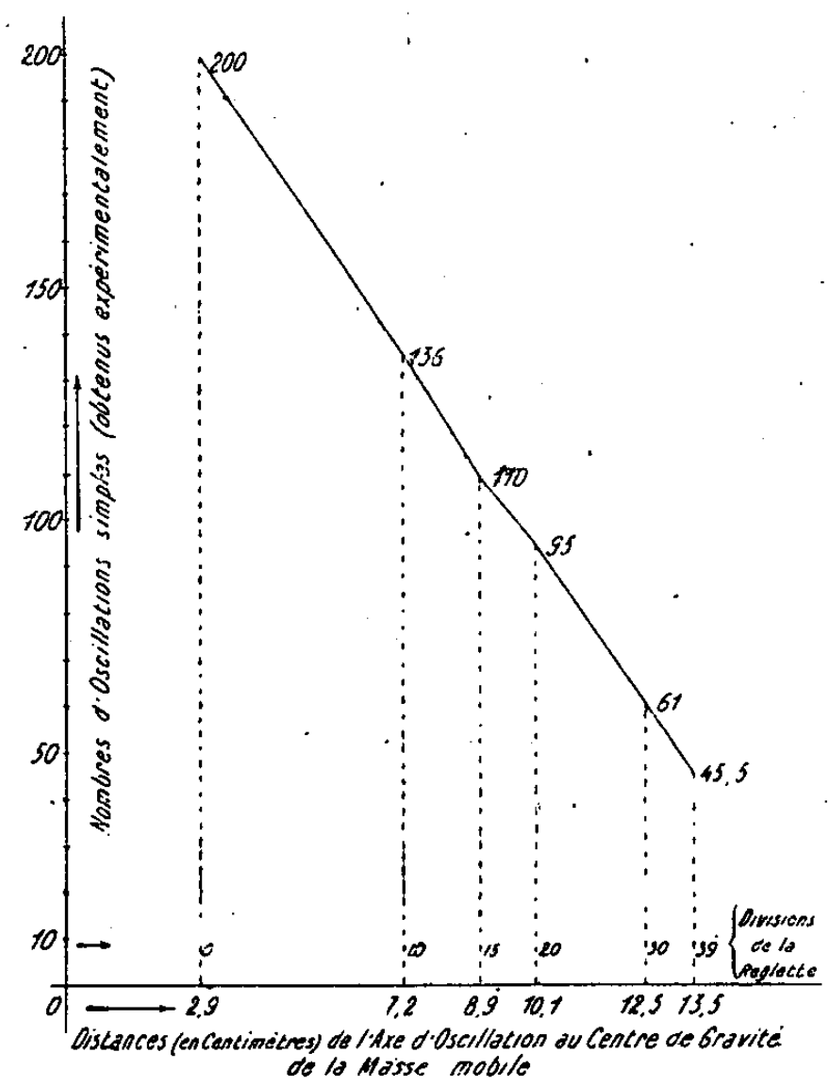



FIG. 1.

de la figure 1 est la représentation graphique des indications du tableau résumant les expériences.

| NUMÉROS des DIVISIONS TRACÉES sur la réglette. | DISTANCES de ces DIVISIONS A L'AXE mesurées sur la tige. | NOMBRES D'OSCILLATIONS SIMPLES PAR MINUTE | |
|---|---|---|---|
| | | N MESURÉ — Détermination expérimentale. | N LU — Indication du métronome. |
| 39 | 13cm,55 | 45,5 | 40 |
| 30 | 12cm,50 | 61 | 58 |
| 20 | 10cm,10 | 95 | 92 |
| 15 | 8cm,90 | 110 | 112 |
| 10 | 7cm,20 | 136 | 144 |
| 0 | 2cm,90 | 200 | 208 |

Devant ce remarquable résultat nous nous sommes proposé, sur le conseil de M. le professeur H. Bouasse, d'étudier la graduation, peut-être encore empirique, employée par les constructeurs de métronomes.

D'après une propriété appliquée déjà successsivement par Helmholtz (entretien des diapasons) et Cornu (synchronisation des horloges), et rappelée par M. H. Bouasse dans son mémoire *Sur les oscillations à peu près sinusoïdales à longue période* (*), le mouvement du métronome étant entretenu par des impulsions symétriques au passage à la position d'équilibre, on a le droit d'assimiler l'appareil à un pendule composé.

Dans ces conditions, la durée d'une oscillation simple est donnée par la formule :

$$(1) \qquad T = \pi\sqrt{\frac{M}{lg\Sigma m}}$$

dans laquelle les lettres ont les significations suivantes :

$\pi = 3{,}1415\ldots\ldots$,
T durée d'oscillation,
$g$ accélération de la pesanteur,
M moment d'inertie du système par rapport à l'axe de suspension O,
$\Sigma m$ masse totale de l'instrument,
$l$ distance à l'axe O du centre de gravité G de l'ensemble du système *(fig. 2)*.

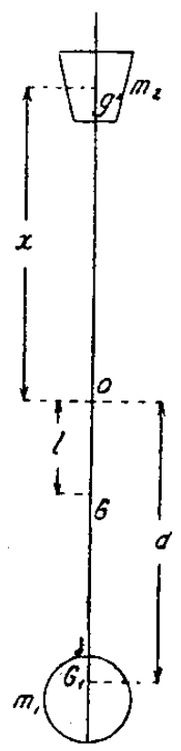


FIG. 2.

Désignons encore par :

$m_1$ la masse fixe de la tige, $G_1$ son centre de gravité ;

(*) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1re série, t. XI, année 1897, p. F. 23.

$m_2$ la masse mobile sur la tige, $g_1$ son centre de gravité ;
$x$ la distance du centre de gravité $g_1$ de la masse mobile à l'axe O :
$d$ la distance du centre de gravité $G_1$ de la masse fixe à l'axe O.

Exprimons que G est le centre de gravité du système total. Le théorème des moments nous donne :

$$m_2(x + l) = m_1(d - l),$$

d'où

$$l = \frac{m_1 d - m_2 x}{m_1 + m_2}. \tag{2}$$

Calculons le moment d'inertie M du système oscillant par rapport à l'axe de rotation projeté en O. Il est égal à la somme des moments d'inertie relatifs aux masses $m_1$ et $m_2$. Si l'on désigne par $M_1$ et $M_2$ les moments d'inertie de $m_1$ et $m_2$ par rapport à des axes parallèles à O et passant par leurs centres de gravité respectifs $G_1$ et $g_1$, les moments d'inertie de ces masses par rapport à l'axe O sont :

$$M_1 + m_1 d^2, \qquad M_2 + m_2 x^2.$$

Le moment d'inertie total cherché M est donc :

$$M = M_1 + M_2 + m_1 d^2 + m_2 x^2$$

et peut s'écrire : $$M = A + m_2 x^2,$$

en posant pour abréger :

$$A = M_1 + M_2 + m_1 d^2. \tag{3}$$

En observant que $$\Sigma m = m_1 + m_2,$$

si nous remplaçons dans la formule (1) les symboles M, $l$, $\Sigma m$ par leurs valeurs, il vient :

$$T = \pi \sqrt{\frac{1}{g} \cdot \frac{A + m_2 x^2}{m_1 d - m_2 x}}. \tag{4}$$

Désignons par N le nombre des oscillations simples par minute, alors :

$$T = \frac{1}{N}$$

d'où : $$N^2 = \frac{g}{\pi^2} \frac{m_1 d - m_2 x}{A + m_2 x^2}.$$

Remarquons que pour la valeur $x_0$ de $x$ telle que le centre de gravité G du système soit sur l'axe O, la durée d'oscillation T sera infinie puisque $l = 0$ entraîne :

$$m_1 d = m_2 x_0 ,$$

d'où :

$$\text{(5)} \qquad N^2 = B \frac{x_0 - x}{A + m_2 x^2},$$

en posant : $$B = \frac{g m_2}{\pi^2}.$$

Par suite :

$$\text{(6)} \qquad N = + \sqrt{B \frac{x_0 - x}{A + m_2 x^2}}.$$

Observons que si $$x > x_0$$

$l$ devient négatif ; le centre de gravité G du système total est alors au-dessus de l'axe de suspension O et l'équilibre est instable. Mais, si alors on *retourne le système*, le phénomène est continu, car on a :

$$\text{(7)} \qquad N = + \sqrt{B \frac{x - x_0}{A + m_2 x^2}},$$

et nous aurons une illustration complète du mouvement en construisant les courbes (6) et (7), la première dans l'intervalle $x = -\infty$ à $x = x_0$ et la seconde dans l'intervalle $x = x_0$ à $x = +\infty$.

I. — Construction de la courbe représentée par l'équation (6) qui donne :

$$\frac{dN}{dx} = \frac{B}{2N} \frac{m_2 x^2 - 2 m_2 x_0 x - A}{(A + m_2 x^2)^2}.$$

L'équation dérivée :

$$m_2 x^2 - 2 m_2 x_0 x - A = 0$$

a une racine négative $x'$ qui correspond à un maximum $N_0$ de N et une

racine positive $x''$ plus grande que $2x_0$, car le résultat de la substitution de $2x_0$ dans l'équation est négatif. On a le tableau des variations suivant :

| $x$ | $-\infty$ | | $x' = x_0 - \sqrt{\frac{m_2 x_0^2 + A}{m_2}}$ | | 0 | | $x_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{dN}{dx}$ | | Positif | | 0 | Négatif | Négatif | $-\infty$ |
| N | 0 | Croît | Maximum $N_0$ | | Décroît | Décroît | 0 |

La tangente au point ($x = x_0$, $N = 0$) est perpendiculaire à l'axe des $x$.

II. — Courbe représentée par l'équation (7) d'où l'on tire :

$$\frac{dN}{dx} = -\frac{B}{2N}\,\frac{m_2 x^2 - 2m_2 x_0 x - A}{(A + m_2 x^2)^2}.$$

C'est la racine positive $x''$ (plus grande que $2x_0$) de l'équation dérivée qui correspond ici à un maximum $N_1$ plus petit que $N_0$ comme un calcul très simple le montre immédiatement, car alors le numérateur de N est identique dans les deux cas, tandis que le dénominateur est plus grand dans le second cas que dans le premier.

Le tableau suivant résume d'ailleurs la discussion :

| $x$ | $x_0$ | | $x'' = x_0 + \sqrt{\frac{m_2 x_0 + A}{m^2}}$ | | $+\infty$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{dN}{dx}$ | $+\infty$ | Positif | 0 | Négatif | |
| N | 0 | Croît | Maximum $N_1$ | Décroît | 0 |

L'ensemble des deux courbes (6) et (7) est représenté par la figure 3. On remarquera que $x_0$ étant la demi-somme des racines de l'équation dérivée, le point d'abscisse $x_0$ est le milieu de l'intervalle qui sépare les deux points $x'$ et $x''$ qui correspond aux deux maxima.

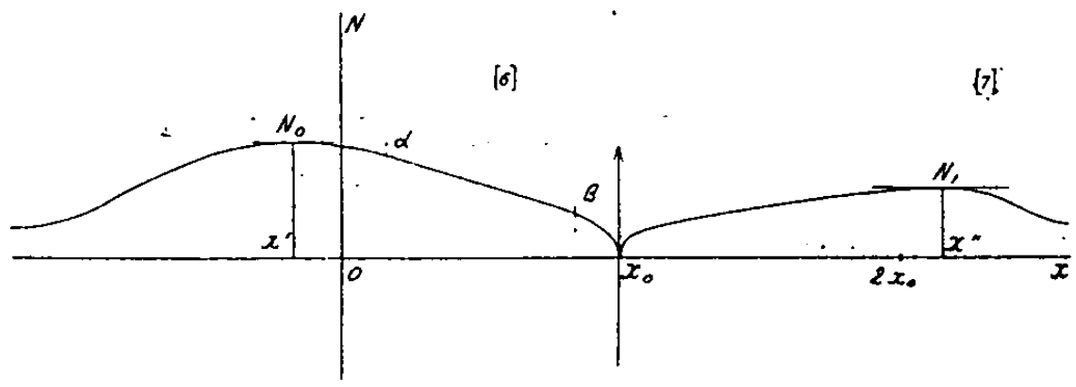



FIG. 3.

Une partie $\alpha\beta$ de la courbe *(fig. 3)* est sensiblement rectiligne ; elle

correspond au mode d'emploi ordinaire du métronome et explique les résultats expérimentaux indiqués au début de cette étude.

*Examen d'un cas particulier.*

Considérons une tige de masse $m_1$ sur laquelle peuvent se déplacer deux boules sphériques identiques dont nous appellerons $m$ la masse commune, et, pour plus de simplicité, imaginons que l'axe de rotation O du système passe par le centre de gravité (milieu) de la tige.

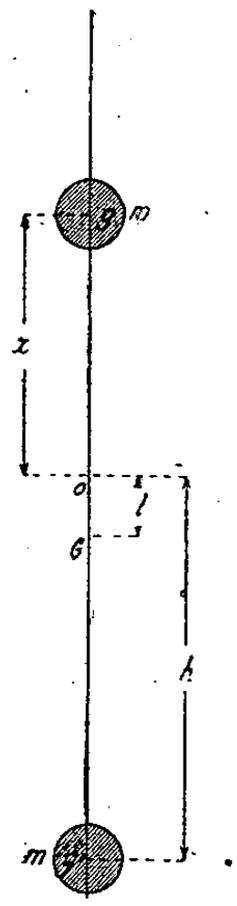


FIG. 4.

Avec les notations indiquées sur la figure 4, l'équation qui exprime que G est le centre de gravité de tout le système est :

$$m(x + l) + m_1 l = m(h - l),$$

d'où l'on tire : $$l = \frac{m(h - x)}{2m + m_1}.$$

Le moment d'inertie $M_0$ du système total par rapport à l'axe O étant égal à la somme des moments d'inertie de ses éléments constitutifs, on a :

$$M_0 = (M + mh^2) + (M + mx^2) + M_1 = A + mx^2,$$

en appelant M le moment d'inertie de chaque boule par rapport à un axe passant par son centre de gravité, $M_1$ le moment d'inertie de la tige relativement à l'axe considéré O, parallèle aux bases, et posant :

$$A = 2M + mh^2 + M_1.$$

Alors $$\frac{1}{N^2} = T^2 = \frac{\pi^2}{gm}\frac{A + mx^2}{h - x},$$

d'où $$N = \sqrt{B\frac{h - x}{A + mx^2}}$$

avec $$B = \frac{gm}{\pi^2}.$$

Si la tige est un cylindre creux de longueur L et de rayons $R_0$ et $R_1$ et si on appelle $r$ le rayon commun des deux sphères, on sait que l'on a :

$$M = \frac{2}{5}mr^2,$$

$$M_1 = m_1\left(\frac{R_0^2 + R_1^2}{4} + \frac{L^2}{12}\right),$$

de sorte que :

$$A = m\left(\frac{4}{5}r^2 + h^2\right) + m_1\left(\frac{R_0^2 + R_1^2}{4} + \frac{L^2}{12}\right)$$

et l'on peut aisément alors, avec un tel appareil simplifié dont un modèle a été réalisé au Laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Toulouse, vérifier les résultats annoncés.

Nota. — Reprenons le métronome étudié. On peut, au lieu d'opérer comme pour l'établissement de la figure 1, se contenter de mesurer les distances des traits marqués sur la planchette de l'instrument et correspondants à des nombres d'oscillations par minute indiqués par l'appareil. En adoptant encore le mode de représentation graphique déjà employé *(fig. 1)*, on doit naturellement trouver la partie $\alpha\beta$ de la courbe générale *(fig. 3)* indiquée précédemment. La courbe actuelle *(fig. 5)*, sorte de première étude de la graduation marquée, résulte des indications résumées dans le tableau ci-après :

| DISTANCES comptées à partir de la base A LA DIVISION 208 | DIFFÉRENCES | NOMBRES D'OSCILLATIONS indiquées par l'instrument. | DIFFÉRENCES |
|---|---|---|---|
| 0 | | 208 | |
| | 11,7 | | 16 |
| 11,7 | | 192 | |
| | 10,4 | | 16 |
| 22,1 | | 176 | |
| | 9,4 | | 16 |
| 31,5 | | 160 | |
| | 9,7 | | 16 |
| 41,2 | | 144 | |
| | 19,1 | | 32 |
| 60,3 | | 112 | |
| | 5,3 | | 8 |
| 65,6 | | 104 | |
| | 4,5 | | 8 |
| 70,1 | | 96 | |
| | 5,7 | | 8 |
| 75,8 | | 88 | |
| | 4,5 | | 8 |
| 80,3 | | 80 | |
| | 4,9 | | 8 |
| 85,2 | | 72 | |
| | 4,3 | | 6 |
| 89,5 | | 66 | |
| | 6,0 | | 10 |
| 95,5 | | 56 | |
| | 4,0 | | 8 |
| 99,5 | | 48 | |
| | 3,8 | | 8 |
| 103,3 | | 40 | |

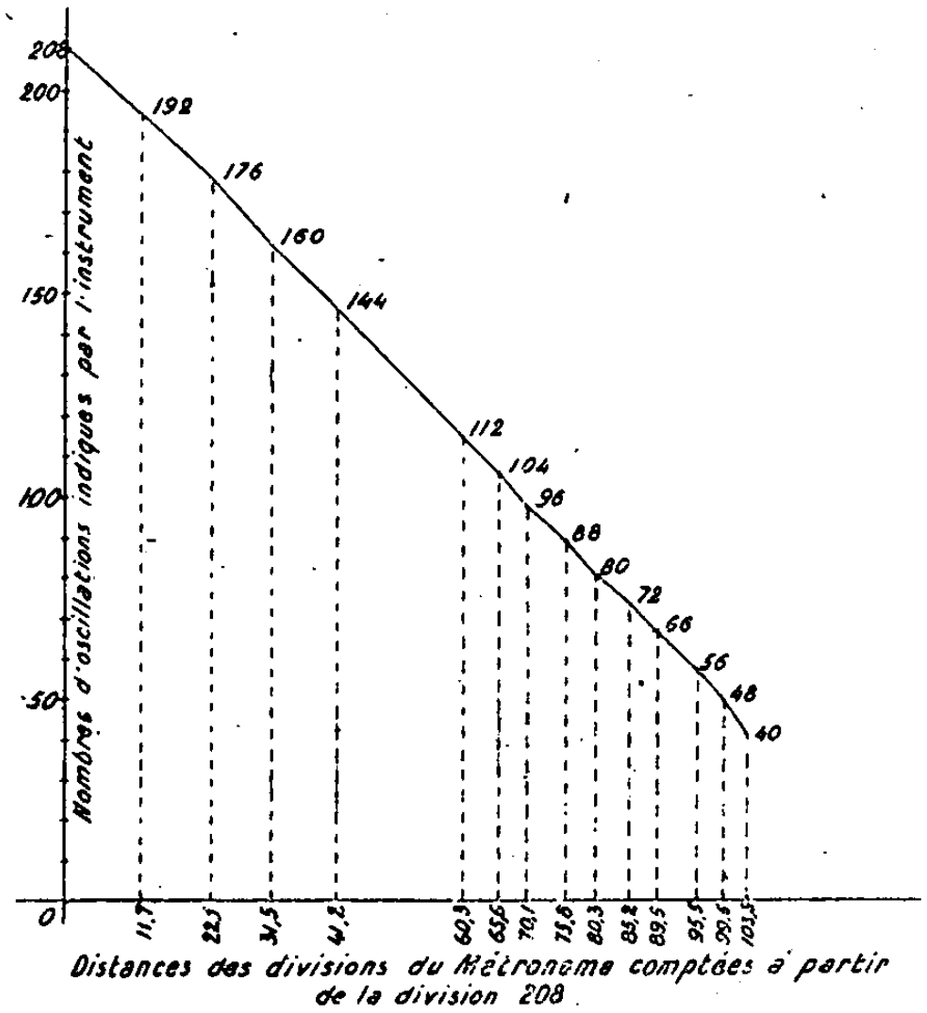



FIG. 5.

(Laboratoire d'enseignement de la Physique de la Faculté des Sciences de Toulouse.)

---

M. Ph. PELLIN

Ingénieur des Arts et Manufactures
Constructeur d'instruments de précision, à Paris.

---

## ÉTUDE SUR LES POLARIMÈTRES ET SACCHARIMÈTRES A CHAMP UNIQUE, CHAMPS JUXTAPOSÉS A DEUX OU PLUSIEURS PLAGES, CHAMPS CONCENTRIQUES A DEUX OU PLUSIEURS PLAGES.

[568.2]

---

*— Séance du 9 août —*

Les polarimètres et saccharimètres sont des appareils d'invention essentiellement française. On doit en effet à Biot une méthode d'analyse optique des substances à pouvoir rotatoire, fondée sur les phénomènes de polarisation circulaire découverts par Arago en 1811.

Le polarimètre de Biot se composait :

1° D'une glace noire recevant la lumière incidente sous un angle de 54° 35 (compté à partir de la normale) et la réfléchissant suivant l'axe de l'appareil ;

2° D'une plaque de quartz, taillée perpendiculairement à l'axe et d'une épaisseur de $3^{mm},75$ donnant la couleur dite teinte sensible et faisant office de polariscope ;

3° D'un analyseur biréfringent, monté sur l'alidade d'un cadran divisé qui en indiquait l'azimut.

Enfin entre le polariseur et l'analyseur se trouvait une gouttière destinée à recevoir les tubes contenant les solutions soumises à l'analyse.

Dans tous les polarimètres actuels on retrouve les mêmes éléments que dans le polarimètre de Biot. En effet, ils se composent tous d'un polariseur (généralement prisme de Nicol à faces obliques ou perpendiculaires ou d'un prisme de Foucault), d'un analyseur toujours prisme de Nicol à faces obliques ou perpendiculaires, d'un polariscope et d'une lunette de Galilée visant le champ du polariscope ou du polariseur, si celui-ci fait office de polariseur-polariscope.

Dans ces appareils on compense la rotation du rayon polarisé, donné par l'interposition de la substance active, par la rotation mesurée du polariseur ou de l'analyseur.

Ces appareils prennent le nom de saccharimètres lorsqu'ils servent spécialement à l'analyse des matières sucrées.

C'est Biot qui a baptisé ces appareils du nom de saccharimètres.

Dans les saccharimètres, la compensation de la rotation du plan de polarisation s'obtient par l'interposition du compensateur à lames de quartz de Soleil père, 1845.

Ce compensateur se compose de deux lames prismatiques de quartz, taillées perpendiculairement à l'axe, de même rotation et accolées en sens inverse à une lame parallèle de quartz perpendiculaire à l'axe et de rotation inverse à celle des lames prismatiques, constituant ainsi un ensemble à faces parallèles.

Les épaisseurs de quartz droit et de quartz gauche se compensent optiquement au zéro du compensateur, et le déplacement de lames prismatiques permet d'introduire une lame de quartz gauche d'une épaisseur variable de 0 à 1 millimètre.

Ce compensateur, avec quelques modifications de détail, se retrouve dans tous les saccharimètres actuels.

Les polarimètres et saccharimètres peuvent se diviser, au point de vue du champ observé, en trois classes :

1° Ceux dans lesquels le zéro et le point cherché sont caractérisés par un même phénomène occupant tout le champ observé.

*Polarimètre-saccharimètre Biot.* — Dans cet appareil le zéro et le point cherché sont caractérisés par un champ unique présentant la couleur teinte sensible *(fig. 1)*.

*Polarimètre Mittcherlisch.* — Cet appareil est composé de deux nicols. On observe l'extinction.

*Polarimètre ou polaristrobomètre de Wild.* — On observe en lumière convergente le maximum d'éclat ou la disparition des franges données par

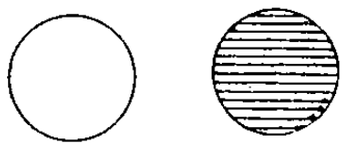


FIG. 1.

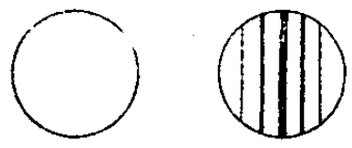


FIG. 2.

un polariscope de Savart, composé de deux plaques de quartz taillées à 45° de l'axe et dont les axes sont croisés.

Si l'appareil est éclairé par de la lumière ordinaire on a des franges colorées situées symétriquement par rapport à une frange noire ; avec la lumière monochromatique, toutes les franges sont noires *(fig. 2)*.

La compensation s'obtient par la rotation mesurée de l'analyseur.

2° Ceux dans lesquels le zéro et le point cherché sont caractérisés par l'égalité de deux ou plusieurs phénomènes occupant des champs juxtaposés.

Le premier saccharimètre qui présenta des champs juxtaposés est le saccharimètre Soleil.

Le polariscope de cet appareil est composé de deux lames de quartz perpendiculaires à l'axe, l'une en quartz droit, l'autre en quartz gauche, donnant la couleur dite teinte sensible, lorsque le compensateur est à zéro. Le déplacement du compensateur fait virer la teinte d'une moitié du polariscope vers le rouge et celle de l'autre moitié vers le vert. La teinte sensible donnée simultanément par les deux champs contigus caractérise le zéro et le point cherché *(fig. 3)*.

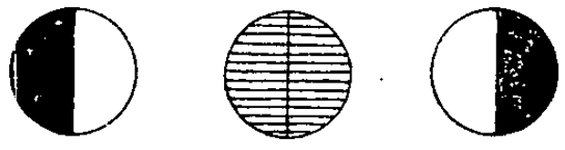


FIG. 3.

*Saccharimètre de Sénarmont.* — Le polariscope de cet appareil est formé par la juxtaposition de deux doubles prismes de Soleil ; chacun de ces doubles prismes est constitué de deux prismes rectangles en quartz dont l'axe est perpendiculaire à l'une des faces formant le champ ; l'un des prismes est en quartz droit, l'autre en quartz gauche ; ils sont collés au baume de Canada, de manière à former un parallélipipède.

Les deux parallélipipèdes ainsi obtenus sont juxtaposés avec leurs plans diagonaux croisés. Lorsque le polariseur et l'analyseur sont à l'extinction, que le compensateur est au zéro optique, les deux franges noires données

par l'égalité de quartz droit et gauche, dans chaque parallélipipède, sont en prolongement l'une de l'autre.

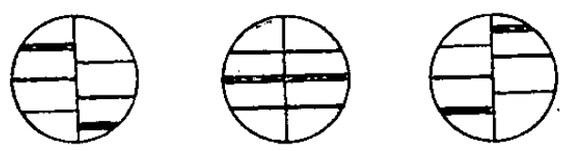


FIG. 4.

Le déplacement du compensateur décale les franges en sens inverse.

Le zéro et le point cherché sont donc caractérisés par le raccordement de ces deux franges noires *(fig. 4)*.

Pour le polarimètre-saccharimètre de MM. Cornu et Jules Duboscq (1873), qui a servi de point de départ à tous les saccharimètres à pénombres, M. Cornu, rapporteur de la classe XV, Exposition universelle 1878, s'exprime ainsi dans son rapport :

L'ancien saccharimètre Soleil a fait place dans les laboratoires et dans l'industrie à un polarimètre à pénombres dont le principe est beaucoup plus simple et la précision plus grande.

La sensibilité de l'appareil est due d'abord à l'emploi d'un prisme polariseur à champ dédoublé, présentant deux plans de polarisation légèrement inclinés l'un sur l'autre, dispositif dont l'idée est due à un physicien anglais, M. Jelett, ensuite à l'emploi d'une lumière monochromatique combinée avec un angle convenable entre les plans de polarisation des deux moitiés du champ. Jules Duboscq a amené l'appareil sous sa forme définitive, en mettant le polariseur à double champ en avant de l'appareil, au lieu de le mettre en analyseur comme l'avait indiqué M. Jelett. La ligne de séparation des deux champs, visée à l'aide d'une petite lunette de Galilée, devient presque invisible, ce qui donne une grande précision à l'observation de l'égalité des deux parties du champ *(fig. 2)*. L'instrument est symétrique.

M. Laurent a mis à profit d'une manière ingénieuse l'une des lois expérimentales, des lames minces cristallisées, découvertes par Biot, pour rendre variable à volonté l'angle des plans de polarisation du champ de vision. Il dispose sur la moitié du champ du polariseur une plaque de quartz parallèle d'une épaisseur d'une demi-onde et convenablement orientée. L'appareil n'est pas symétrique.

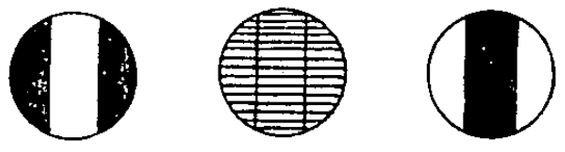


FIG. 5.

M. Jobin a rendu l'appareil symétrique en disposant la plaque demi-onde au milieu du champ ; il constitue ainsi un champ à trois plages juxtaposées *(fig. 3)*.

Le professeur Landolt obtient l'effet des deux ou trois plages juxtaposées en disposant un ou deux prismes de Glan en avant d'un polariseur Glan occupant tout le champ.

Enfin, en appliquant aux polarimètres à pénombres le compensateur Soleil, on constitue des saccharimètres à pénombres dont le premier type

fut exécuté par Prasmowki en 1873. L'avantage de cette disposition est de pouvoir substituer à la lumière monochromatique la lumière d'une lampe ordinaire.

3° Ceux dans lesquels le zéro et le point cherché sont caractérisés par deux ou plusieurs phénomènes occupant des champs concentriques.

Le polarimètre-saccharimètre Ph. Pellin est constitué comme les appareils précédents par un polariseur avec polariscope, un analyseur Nicol à faces normales et une lunette.

La compensation s'obtient soit par la rotation mesurée de l'analyseur, soit par l'interposition d'un compensateur Soleil.

La plaque de quartz parallèle d'une demi-onde, qui forme polariscope, est entaillée, évidée ou découpée d'une façon particulière, de manière à fournir une ou plusieurs plages dans un champ concentrique.

On peut obtenir l'apparence des champs concentriques de plusieurs manières :

1° On enlève la partie centrale de la lame de quartz de manière à ne laisser dans le champ qu'une partie annulaire ;

2° La lame de quartz peut être découpée en forme de disque, être collée au centre d'un disque monoréfringent transparent qui lui sert de support ;

3° La lame peut affecter la forme annulaire de façon à réserver entre ses bords intérieurs et extérieurs deux zones, l'une enveloppante, l'autre enveloppée, la lame et les deux zones ayant un centre commun.

Si on vise avec une petite lunette astronomique (dont l'axe optique est mieux défini que celui de la lunette de Galilée, et qui a l'avantage de donner un anneau oculaire) ces polariscopes spéciaux à lame perforée, centrale ou annulaire, dont on a eu soin d'orienter convenablement l'axe optique par rapport à la section principale du polariseur et si, suivant la nature de l'appareil, on fait tourner l'analyseur ou on déplace les lames prismatiques du compensateur, on obtient comme champ de vision, une plage centrale obscure sur fond clair *(fig. 6)*, ou des plages annulaires

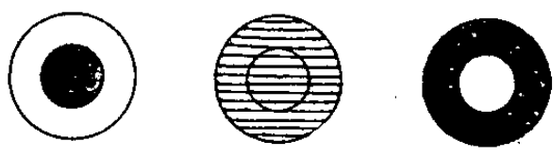


FIG. 6.

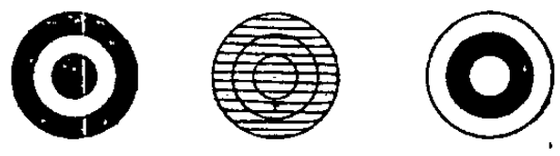


FIG. 7.

concentriques alternativement claires ou obscures qui s'enveloppent les unes les autres *(fig. 7)*.

On voit ainsi un relief très apparent qui disparaît lorsqu'il y a égalité de pénombres et ce phénomène correspond au zéro ou au point cherché, lorsqu'on a introduit la matière active entre le polariseur et l'analyseur.

Avec le champ de vision à plages concentriques, la position de l'œil est parfaitement définie et correspond à l'axe optique de la lunette astrono-

mique qui vise toujours le centre des plages. De plus, pour régler l'instrument, on n'a pas à se préoccuper de la position géométrique verticale de la section de la lame qui doit coïncider avec l'axe optique de la lame. Il suffit de faire tourner sur elle-même la bonnette qui porte ces polariscopes pour les orienter facilement.

L'appareil est symétrique dans tous ses azimuts.

La précision est de moins d'une minute.

Ces champs concentriques peuvent aussi se réaliser sans polariscopes, il suffit d'entailler ou de découper suivant leur axe deux ou plusieurs polariseurs disposés à la suite l'un de l'autre, mais ce procédé est plus délicat et plus coûteux que la disposition des polariscopes que je viens de décrire.

---


# M. A. TURPAIN

Docteur ès sciences, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Poitiers.


## SUR LES PROPRIÉTÉS DES ENCEINTES FERMÉES RELATIVES AUX ONDES ÉLECTRIQUES [538.56]

*— Séance du 9 août —*

Il est d'usage constant, en télégraphie sans fil, de protéger, au moyen d'enceintes métalliques fermées, les dispositifs récepteurs (en particulier les cohéreurs), contre l'action nuisible d'excitateurs par trop voisins. C'est ainsi qu'on conserve les cohéreurs en réserve en les enveloppant dans du papier d'étain et en les enfermant dans des étuis de fer-blanc. De même, le plus souvent, l'ensemble des dispositifs récepteurs (cohéreur, frappeur, relais), est disposé à l'intérieur d'une enceinte métallique qui n'offre comme orifices que ceux nécessaires pour le passage des conducteurs reliant les appareils ainsi enfermés aux autres dispositifs utilisés. Ces conducteurs sont eux-mêmes souvent des fils sous plomb (appelés conducteurs anti-inductés) dont l'enveloppe aurait un effet protecteur assez mal défini.

Nous nous sommes proposés d'étudier aussi complètement qu'il nous a été possible les effets que l'emploi des enceintes fermées permet d'obtenir tant au point de vue de la pénétration des ondes à leur intérieur que de la concentration des ondes produites dans ces enceintes.

Avant d'énoncer les principaux résultats auxquels nous avons été con-

duits, nous résumerons les diverses expériences entreprises et les faits constatés.

Certaines des propriétés des enveloppes fermées relatives aux ondes électriques ont été étudiées par M. Branly (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXVII, p. 43, 4 juillet 1898). Ce savant a constaté un certain nombre des faits énoncés ci-dessous que nos expériences ne font par suite que confirmer. Les expériences de M. Branly ont eu surtout pour but de montrer à quelle distance un radioconducteur enfermé dans une caisse à parois métalliques, dont une des faces est pourvue d'ouvertures de formes variées, cesse d'être influencé par les ondes issues d'un radiateur. M. Branly a ainsi nettement mis en évidence le passage très facile que des fentes verticales offrent aux ondes émises par un excitateur d'axe horizontal. Des fentes horizontales cessent d'offrir passage aux ondes à des distances six à huit fois moindres; des ouvertures circulaires ($0^{cm2},7$) ou carrées (4 centimètres carrés), à des distances trois à huit fois moindres, alors que la surface découverte est quarante fois plus grande que celle offerte par la fente comparée.

## Dispositifs utilisés.

*Transmetteur*. — Le dispositif transmetteur T *(fig. 1)* est constitué par une bobine d'induction B pouvant donner des étincelles de 8 centimètres de longueur; cette bobine alimente un petit excitateur à deux sphères de 1 centimètre de rayon; les sphères sont distantes de $0^{mm},5$. L'étincelle excitatrice éclate dans l'air. La bobine d'induction est alimentée par le courant de deux piles au bichromate associées en série.

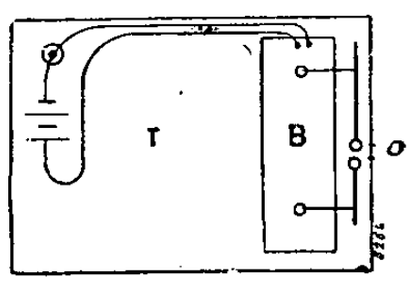


Fig. 1.

Le tout peut être contenu à l'intérieur d'une caisse de bois tapissée de feuilles d'étain de $0^{mm},05$ d'épaisseur. La caisse mesure 30 centimètres de longueur, 22 centimètres de largeur et 20 centimètres de hauteur. Un couvercle recouvert de feuilles d'étain ferme hermétiquement la caisse. Une ouverture circulaire *o* de 7 millimètres de diamètre est pratiquée dans une paroi de la caisse à la hauteur du plan horizontal contenant l'axe de l'excitateur (à 14 centimètres du fond) et juste en face de l'étincelle excitatrice. L'axe de l'excitateur est placé parallèlement à la face de la caisse munie de cette ouverture et à 4 centimètres de cette ouverture. Cette ouverture *o* peut d'ailleurs être supprimée à l'aide d'une petite feuille d'étain.

On peut aisément, en appuyant sur une portion mobile du revêtement d'étain du couvercle, agir de l'extérieur sur un bouton de contact qui ferme le circuit du transmetteur.

*Récepteur*. — Le récepteur R *(fig. 2)* est constitué par un cohéreur à limaille *c* disposé avec son frappeur, un relais Claude *r* et une sonnerie d'appel *s* à l'intérieur d'une caisse recouverte de feuilles d'étain et ayant comme dimensions : 42 centimètres de longueur, 25 centimètres de largeur et 24 centimètres de hauteur. Cette caisse, qui peut être fermée par un couvercle métallique, est également percée d'une ouverture circulaire *o'* de 7 millimètres de diamètre pratiquée dans une face à 14 centimètres du fond. L'axe du cohéreur est horizontal, parallèle à la face ainsi percée, à 14 centimètres du fond et à 6 centimètres de cette face. L'ouverture *o'* se trouve juste en face de l'intervalle occupé par la limaille. On peut à volonté supprimer cette ouverture.

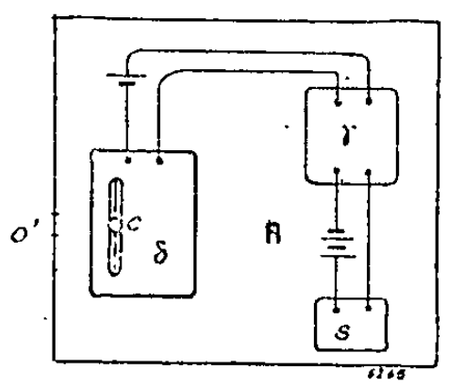


FIG. 2.

Les cohéreurs employés sont des cohéreurs à limaille soit du type cohéreur magnétique de M. Tissot, soit du type à limaille d'or ou d'argent. La plupart de ces cohéreurs ont été mis aimablement à notre disposition par M. Tissot. L'un d'eux avait assuré des communications télégraphiques sans fil à 65 milles (120 kilomètres). Le cohéreur était adapté à un dispositif récepteur δ tel que ceux en usage dans la marine française et construits, sur les indications de M. Tissot, par M. O. Rochefort qui nous a obligeamment prêté ce récepteur.

*Conducteurs*. — Les ouvertures *o*, *o'* dont les caisses R et T sont munies peuvent recevoir :

1° Soit les extrémités d'un tube de verre A de 3 mètres de longueur recouvert sur toute sa surface d'un revêtement de feuille d'étain;

2° Soit celles du même tube conducteur A à l'intérieur duquel on a disposé suivant l'axe un fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre recouvert de gutta ;

3° Soit encore les extrémités d'un conducteur B formé d'un fil sous plomb de $10^{m},50$ de longueur.

## EXPÉRIENCES.

*1. Emploi des enceintes seules*. — *a)* Le transmetteur T étant à l'air libre et le récepteur R dans son enceinte complètement close (l'ouverture *o'* est supprimée), on ne constate aucune action de T sur R. (Ce fait a déjà été signalé par M. Branly.)

*b)* Dans ces conditions, si une fente de moins de 1 millimètre de large est ménagée, par un faible glissement du couvercle, T agit sur R, et cela que la fente soit placée parallèlement à la longueur ou parallèlement à la largeur de la caisse. (Ce fait a été également signalé par M. Branly.)

Inversement, si R est à air libre et T disposé dans son enceinte on constate les mêmes faits :

*a')* Inaction, si l'enceinte est complètement close.

*b')* Action, si une fente se trouve ménagée. (Ces fait ont été signalés par M. Branly.)

*c)* R et T étant disposés dans leurs enceintes repectives et les ouvertures *o* et *o'* débouchées l'une et l'autre, on ne constate aucune action de T sur R, alors que la distance qui sépare les deux caisses est de 1 mètre.

*II. Emploi d'un fil conducteur.* — *a)* On réunit les deux enceintes par un fil conducteur isolé qui pénètre à travers les orifices *o* et *o'* sans être en contact avec le revêtement métallique des caisses (Le fil est en contact

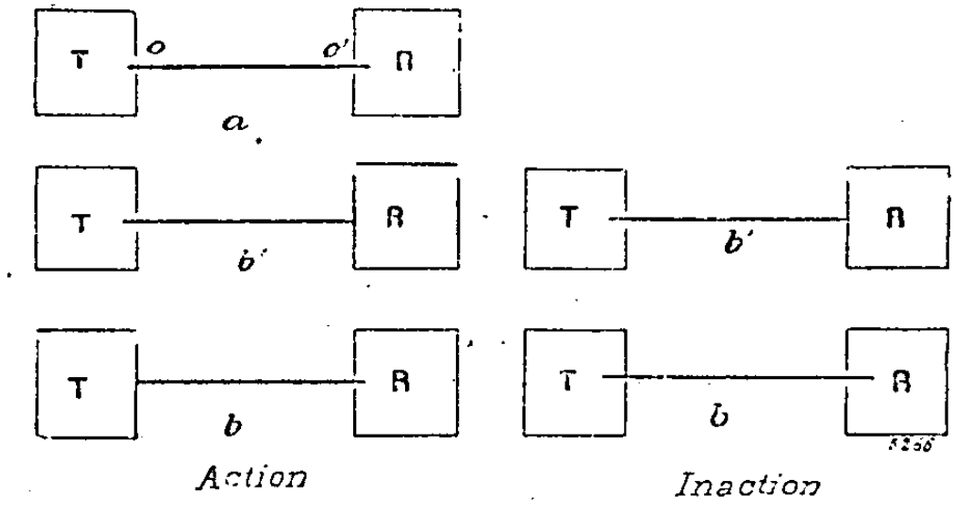



FIG. 3.

avec l'une des sphères de l'excitateur et aboutit à 2 centimètres du cohéreur) : On constate que T agit sur R *(fig. 3, a)*.

*b)* Si l'on vient à fermer l'orifice *o* du transmetteur (le fil est alors en contact avec le revêtement de l'enceinte) toute action de T sur R cesse *(fig. 3, b)*. Mais il suffit de découvrir T pour qu'il actionne à nouveau R *(fig. 3, b)*.

*b')* On constate la même suite de faits en fermant l'orifice *o'* du récepteur R, (celle *o* du transmetteur étant ouverte) et en découvrant le récepteur R *(fig. 3, b')*.

*III. Emploi du tube conducteur A.* — *a)* On réunit R et T par le tube conducteur A dont les extrémités sont engagées dans les orifices *o* et *o'*. Le tube pénètre dans les enceintes sans qu'il y ait contact avec le revêtement : T agit sur R. C'est une variante de l'expérience *II, a (fig. 4, a)*.

*b)* L'orifice *o* de R est fermé de manière qu'il y ait contact entre le revêtement conducteur et le tube A : T cesse d'agir sur R et cela alors même que l'on découvre T *(fig. 4, b, $b_1$)*.

*c)* Si dans les mêmes conditions on découvre R, alors que T est couvert ou découvert, T agit sur R *(fig. 4, c)*.

*b')* L'orifice *o'* de R laisse passer librement le tube conducteur A sans qu'il y ait contact entre le tube et le revêtement métallique de l'enceinte R ;

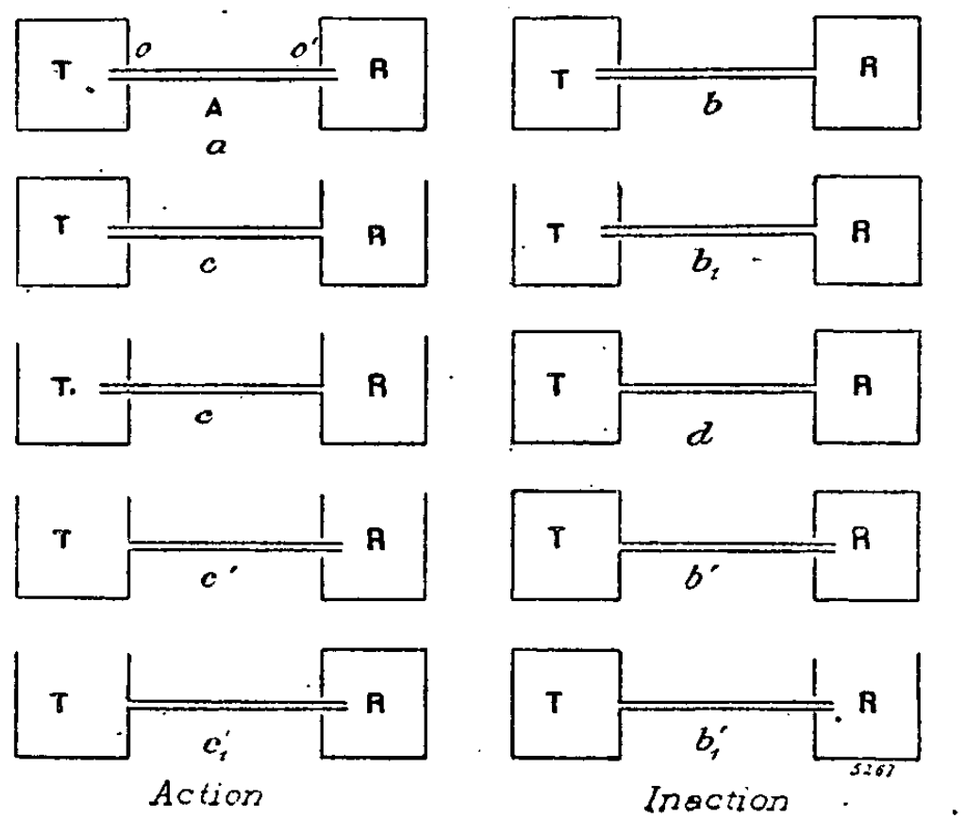



FIG. 4.

on bouche l'orifice *o* de telle sorte qu'il y a contact entre l'enceinte métallique de T et le tube A. Dans ces conditions, si R et T sont tous deux couverts, il n'y a aucune action de T sur R. Si l'on découvre R en laissant T couvert, T n'agit pas sur R *(fig. 4, b', b'1)*.

*c')* Mais si T est découvert, que R soit couvert ou non, T agit sur R *(fig. 4, c', c'1)*.

*d)* Enfin, lorsque les deux enceintes contenant R et T sont en contact avec le tube A *(fig. 4, d)* de manière que l'ensemble des enceintes et du tube forme une enceinte métallique complètement close, T n'agit pas sur R. Non seulement quand les deux caisses sont couvertes, mais alors même qu'elles sont découvertes soit toutes les deux, soit l'une ou l'autre, T n'agit pas sur R.

Si l'on reprend les dispositifs dans lesquels on constate que T agit sur R (Expériences III, *a*, *c*, *c'*) et que l'on ferme le tube A en un point $\alpha$ par une cloison métallique, on constate que la fermeture du tube n'empêche aucunement l'action de T sur R.

*IV. Emploi d'un câble à revêtement conducteur.* — Au lieu de faire communiquer les deux enceintes par un simple tube métallique A, on établit les communications avec un conducteur isolé à revêtement métallique. Ce conducteur est formé soit par le tube A dans l'axe duquel a été disposé un fil conducteur recouvert de gutta, soit encore par le câble conducteur sous plomb B de $10^m,50$ de longueur.

*a)* Dans ces expériences, le revêtement de plomb du conducteur est en contact continu avec le revêtement d'étain des enceintes. Le fil conducteur de cuivre qui forme l'âme du câble met en communication l'une des sphères de l'excitateur avec l'un des pôles du cohéreur. Comme on devait s'y attendre, on constate une action de T sur R *(fig. 5, a)*.

*b)* Vient-on à dénuder le câble sur une longueur de quelques centimètres (4 centimètres) de son revêtement de plomb et à mettre à nu le fil de cuivre

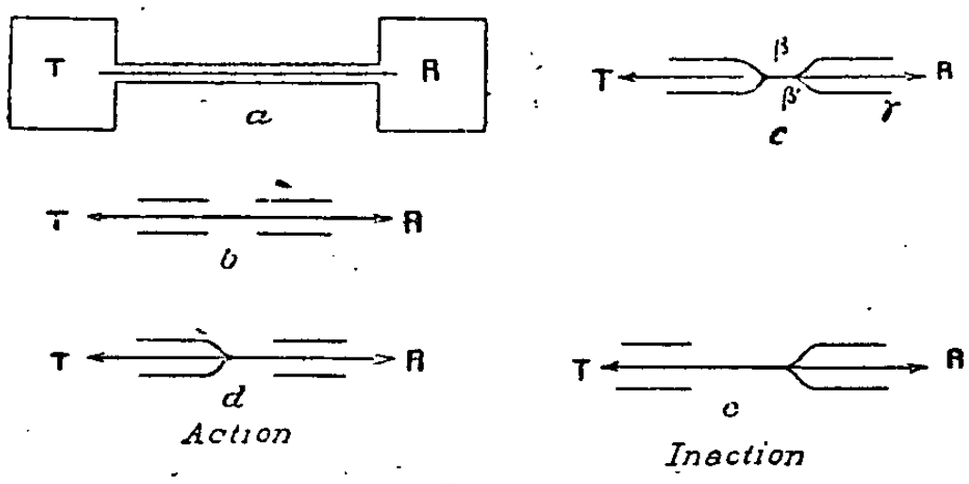



FIG. 5.

axial, sans établir de contact entre ce fil de cuivre et le revêtement de plomb? l'action de T sur R continue à se manifester *(fig. 5, b)*.

*c)* Mais si l'on réunit par un morceau de feuille d'étain les deux tronçons de tube de plomb et le fil conducteur de cuivre, T n'agit plus sur R *(fig. 5, c)*.

*d)* Si la communication n'a lieu qu'entre le fil axial de cuivre et le tronçon de tube de plomb allant au transmetteur T, T agit sur R *(fig. 5, d)*.

*e)* Si, au contraire, la communication est établie entre le fil axial de cuivre et le tronçon de tube de plomb allant au récepteur R, T n'agit plus sur R *(fig. 5, e)*.

Ainsi, dès qu'on détache la portion ββ' (voir *fig. 5, c)* de l'enveloppe d'étain de manière à supprimer la communication avec *r*, T agit sur R. Le rétablissement du contact continu entre *r* et le fil supprime l'action de T sur R.

CONCLUSIONS. — On peut résumer ainsi ces diverses expériences:

1° Chaque fois que T et R sont placés chacun dans une enceinte métallique complètement close, il n'y a aucune action possible de T sur R. (Fait signalé déjà par M. Branly.)

2° Si l'enceinte métallique qui contient T ou R est munie d'une seule petite ouverture circulaire à laquelle s'adapte un tube conducteur reliant les deux dispositifs, aucune action de T sur R n'est possible dans ces conditions. Mais il suffit de découvrir l'enceinte munie du tube pour que l'action ait lieu.

Les ondes qui ne pouvaient sortir de l'enceinte munie du tube ou y pénétrer peuvent alors agir de T sur R et se trouvent alors concentrées par le tube qui relie T et R.

Il faut noter en effet que les deux dispositifs T et R, disposés à l'air libre cessent d'agir l'un sur l'autre à une distance de 1 mètre.

3° Alors que la communication entre les deux enceintes est impossible lors même qu'un tube conducteur relie les bords des ouvertures circulaires pratiquées dans chaque enceinte, l'action de T sur R se manifeste si le tube conducteur pénètre dans les enceintes sans en toucher le revêtement. Mieux encore, T agit sur R si le tube conducteur est muni suivant son axe d'un conducteur reliant les deux dispositifs.

4° Cette action de T sur R au moyen d'un câble à revêtement métallique peut même avoir lieu, alors que le câble est dénudé de son revêtement métallique sur une petite longueur, pourvu qu'il n'y ait pas communication entre le tronçon de câble allant vers le récepteur R et l'âme du câble. T agit sur R, alors même que le tronçon provenant du transmetteur T est en contact avec l'âme du câble.

Applications. — Dans les expériences précédentes, les dispositifs transmetteur et récepteur sont incapables d'agir l'un sur l'autre à l'air libre à plus d'un mètre de distance. On doit rapprocher de ce fait celui de la communication possible entre T et R placés à $10^{m},50$ l'un de l'autre, au moyens d'enceintes métalliques et de câbles à revêtement conducteur.

Ces expériences indiquent les conditions dans lesquelles devront être placés les dispositifs producteurs d'onde et les dispositifs récepteurs pour être utilisés dans la télégraphie hertzienne avec fil, alors que le fil conducteur est constitué par un câble.

Les câbles sous-marins ou souterrains sont tous munis de revêtement métallique. Le revêtement métallique devra être continué autour du conducteur axial jusqu'au voisinage des dispositifs récepteur et transmetteur du poste télégraphique. Ces dispositifs devront être situés dans une enceinte métallique fermée mise en relation par une ouverture avec le revêtement du câble. Dans ces conditions une concentration très puissante des ondes électriques sera obtenue.

Si l'on se contentait de relier le conducteur axial du câble aux appareils récepteur et transmetteur à la manière habituellement usitée en télégraphie ordinaire, aucune concentration des ondes ne pourrait être obtenue, les ondes passant du conducteur axial au revêtement métallique au point de la ligne où commence le câble, et étant de là disséminées dans le sol ou dans l'eau.

Ces expériences peuvent également fournir quelques renseignements

utiles sur l'emploi des enceintes fermées en télégraphie sans fil. En particulier, il y aurait peut-être avantage à renfermer les organes transmetteurs d'une part, les organes récepteurs d'autre part, dans des enceintes métalliques closes, munies chacune d'une seule ouverture circulaire à laquelle viendrait aboutir un câble sous plomb mettant en relation chaque dispositif avec l'antenne.

D'après l'expérience *IV*, *d*, il ne doit y avoir aucun inconvénient à relier le revêtement du câble qui vient du transmetteur au conducteur même de l'antenne. En ce qui concerne le récepteur, la mise en contact du revêtement du câble avec l'antenne, constituera une très efficace et très commode protection des organes récepteurs contre les ondes issues du poste. Il suffirait au moment de la réception de supprimer cette relation, assurée par exemple au moyen d'une bague mobile, tout en maintenant les dispositifs récepteurs dans leur enceinte métallique.

La nécessité des prises de terre pour la réception et pour la transmission, obligera toutefois à pratiquer dans chaque enceinte une seconde ouverture circulaire.

Ces expériences ont été faites au Laboratoire de physique de la Faculté des Sciences de Poitiers, dont les ressources ont été très bienveillamment mises à ma disposition par M. le doyen Garbe.

---

M. J. BERGONIÉ

Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

---

## MÉTHODES ET APPAREILS POUR LA DÉTERMINATION DES CONSTANTES PHYSIQUES DES ÉTOFFES A VÊTEMENT

---

*— Séance du 11 août —*

Coulier, Hammond, Rubner et bien d'autres ont déjà essayé de déterminer certaines constantes physiques des étoffes; c'est en effet sur la connaissance de ces constantes que reposent les progrès de l'hygiène du vêtement. Dans l'impossibilité où l'on est aujourd'hui de définir une étoffe par sa composition en textiles et par son mode de tissage tellement l'industrie et la mode les font varier, il est rationnel de recourir pour apprécier la valeur vestimentaire d'une étoffe à des déterminations physiques qui étant

la résultante de leur composition textile et du tissage les rendront comparables les uns aux autres.

Parmi ces constantes physiques des étoffes, j'ai été amené à m'occuper de deux des plus importantes : 1° le pouvoir isolant des étoffes ou leur résistance au passage pour la chaleur, ou encore leur *résistivité thermique* ; 2° leur perméabilité pour les gaz, ou résistance au passage d'un courant gazeux ou *résistivité aérodynamique*. Nous demandons en effet à notre vêtement, l'hiver de nous conserver notre chaleur, l'été de permettre l'évaporation de la sueur à la surface de notre corps pour empêcher la température de s'élever. Dans le premier cas son utilité sera directement proportionnelle à sa résistance thermique ; dans le second elle sera inversement proportionnelle à sa résistivité aérodynamique.

*Détermination de la résistivité thermique d'une étoffe.* — Pour déterminer la résistivité thermique d'une étoffe, il suffit d'établir une différence de température (potentiel thermique) entre les deux faces de cette étoffe et de mesurer l'intensité du flux thermique qui la traverse. De ces données par la relation :

$$I = \frac{E}{R},$$

dans laquelle I désigne l'intensité du flux, ou le nombre de calories qui ont traversé l'étoffe dans l'unité de temps ; E, la différence de température entre les deux faces de l'étoffe, et R, la résistance thermique de l'étoffe.

D'ailleurs la résistance thermique d'une étoffe est liée à sa résistivité thermique, $\rho$, par la relation :

$$R = \rho \frac{l}{s},$$

dans laquelle $l$ est la longueur parcourue par le flux, c'est-à-dire l'épaisseur de l'étoffe, et $s$, la section, c'est-à-dire la surface de l'étoffe exposée au flux.

Pour déterminer $\rho$, il faut donc connaître d'abord $l$ et $s$.

La valeur de $s$ est assez facile à déterminer ; pour cela, je découpe à l'emporte-pièce, dans l'étoffe, un disque de 12 centimètres de diamètre et ce disque est serré entre deux anneaux plats en bois ayant 8 centimètres de diamètre intérieur. La partie libre de l'étoffe traversée par le flux calorifique a donc une surface de 50 centimètres carrés.

La valeur de $l$ est beaucoup plus difficile à fixer. Rien en effet n'est difficile à mesurer et même à définir comme l'épaisseur d'un tissu. Pour le moment, nous laisserons $l$ indéterminé dans ce qui va suivre, nous réservant de revenir plus tard sur cette constante si délicate des étoffes.

L'appareil qui a servi à la détermination de la constante R, ou résistance thermique des étoffes pour vêtement, est décrit ci-après.

Il se compose, d'un récipient plat, cylindrique, ayant 8 centimètres de surface de base et 2 centimètres de hauteur, ce qui fait une capacité de 100 centimètres cubes à peu près. Cette sorte de capsule, close de toutes parts, porte une tubulure de remplissage, par laquelle peut également passer un thermomètre maintenu par un bouchon de caoutchouc qui obture en même temps la tubulure. Cette capsule est enfermée dans une enveloppe de bois, cylindrique, remplie de bourre de soie. Sa face supérieure libre est en argent, de 2 centimètres d'épaisseur. On a poli, noirci, avec soin (noir à l'argent), cette face, de manière à lui donner un pouvoir émissif aussi grand que possible. La face inférieure repose sur une platine chauffante construite par Parvillée, semblable à celles des bouillottes de la même maison, platine dans laquelle un courant de 110 volts fournit la chaleur nécessaire. La face supérieure de la capsule, réservoir de chaleur, et le bord de l'enveloppe en bois, sont affleurés. Cette dernière porte, noyés dans sa masse, des boulons sur lesquels on visse par des écrous les anneaux de bois maintenant les éprouvettes d'étoffe.

Pour opérer, une éprouvette d'étoffe étant mise en place, on fait passer le courant et l'on amène à 40° la température de l'eau. Cette température est indiquée par un thermomètre médical gradué en dixièmes et portant la graduation centigrade de 34° à 44°. Au moment où cette température est atteinte, on coupe brusquement le courant, et l'on abandonne le tout au refroidissement dans une enceinte dont on note la température. En même temps, l'on met en marche un compteur de temps et l'on note le temps que met le thermomètre à descendre à 35°. Soit $t$ ce temps en secondes. La quantité de chaleur qui a traversé l'étoffe sera, dans *toutes les expériences*, toujours la même. Soit Q cette quantité.

On a

$$Q = It.$$

D'autre part, la différence de température au commencement et à la fin de la mesure est aussi toujours la même. Ces températures ont été choisies d'ailleurs, s'éloignant aussi peu que possible de la température physiologique de l'homme.

Appelons E cette différence, qui est une constante dans toutes les expériences, et nous avons :

$$I = \frac{E}{R},$$

ou encore :

$$\frac{Q}{t} = \frac{E}{R},$$

d'où

$$R = \frac{Et}{Q}.$$

Pour une autre expérience, sur une étoffe de résistance R′ nous aurons de même :

$$R' = \frac{Et'}{Q},$$

et le rapport de leurs résistances thermiques aura pour valeur :

$$\frac{R}{R'} = \frac{t}{t'}.$$

Les quantités à mesurer sont donc très simples, les mesures sont très faciles et très rapides. On peut en faire rapidement un grand nombre, ce qui est indispensable.

*Détermination de la résistance aérodynamique d'une étoffe.* — De même pour déterminer la résistance aérodynamique d'une étoffe, il suffit d'établir une différence de pression d'air entre les deux faces de cette étoffe et de mesurer l'intensité du courant d'air qui prend naissance. Le même raisonnement, les mêmes quantités ou des quantités analogues, les mêmes formules donneraient les mêmes résultats.

Mais la mesure de volumes gazeux est toujours difficile et dans tous les cas peu rapide. On s'est arrêté à un autre moyen et après essais on a fait construire l'appareil.

Cet appareil se compose d'un ventilateur à force centrifuge, du modèle de ceux employés dans l'industrie. La buse de ce ventilateur porte un manchon terminé par un anneau plat de 8 centimètres de diamètre, sur lequel vient se fixer la rondelle d'étoffe maintenue par un autre anneau, se fixant, par des écrous, sur des boulons noyés dans le premier anneau. Un tuyau d'aluminium prolonge le tout de 50 centimètres.

Sur le trajet du courant gazeux sont placés deux manomètres métalliques gradués en millimètres d'eau. Ils donnent la pression de l'air de part et d'autre de la rondelle d'étoffe.

Le ventilateur est mu par un moteur électrique, au moyen d'un couplage élastique ; un tachymètre donne à chaque instant la vitesse de l'arbre commun. Le moteur enroulé en série peut avoir des vitesses très variables que l'on règle au moyen d'un rhéostat.

Pour faire une expérience, après avoir fixé le tissu entre les deux rondelles, on met en marche le ventilateur et l'on augmente sa vitesse jusqu'à ce que l'on obtienne entre les deux faces du tissu une différence de pression toujours la même E. On lit à ce moment la vitesse, I, donnée par le tachymètre. Si l'on suppose, ce qui n'est pas très éloigné de la vérité pour des vitesses assez grandes, que le débit du ventilateur est proportionnel à sa vitesse, on a :

$$I = \frac{E}{R},$$

ou

$$R = \frac{E}{I};$$

pour un autre tissu :

$$R' = \frac{E}{I'}$$

d'où

$$\frac{R}{R'} = \frac{I'}{I}$$

C'est-à-dire que, les résistances aérodynamiques étant inversement proportionnelles aux débits, on les mesurera par une simple lecture du tachymètre.

Dans un prochain travail je ferai connaître les résultats des déterminations faites avec ces appareils.

---

M. V. JAMET

Professeur au Lycée de Marseille.

## SUR LE THÉORÈME DE MALUS CONCERNANT LES FAISCEAUX DE RAYONS NORMAUX A UNE SURFACE [535.13]

*— Séance du 11 août —*

On sait que la théorie des ondulations, universellement adoptée aujourd'hui pour expliquer les phénomènes de l'optique, conduit à la proposition suivante : « *Si tous les rayons d'un faisceau sont normaux à une surface S, et rencontrent une surface réfringente* Σ, *les rayons réfractés sont normaux à une même surface.* » Cette proposition, toutefois, avait été établie par

Malus bien avant que la théorie des ondulations eût pris naissance. Beaucoup plus récemment, M. Darboux, dans ses *Leçons sur la théorie des surfaces*, en a donné une démonstration fondée sur la théorie des complexes et des congruences de droites. Nous nous proposons d'apporter à l'étude de cette question une nouvelle et très modeste contribution, en présentant la démonstration suivante du théorème précité.

Soit MP un rayon lumineux, normal, en M, à une surface S, et rencontrant en P une surface réfringente $\Sigma$. Considérons la surface S comme l'enveloppe d'une sphère dont le centre, situé en P, a pour coordonnées trois fonctions $x$, $y$, $z$, de deux variables $u, v$, qui, une fois connues, fixent la position du point P sur $\Sigma$. Le rayon de cette sphère sera égal à PM; nous le désignerons par R, et ce sera aussi une fonction des deux variables $u$, $v$. L'équation de la sphère sera :

$$(1) \qquad (X - x)^2 + (Y - y)^2 + (Z - z)^2 = R^2,$$

et les coordonnées X, Y, Z, du point où elle touche son enveloppe devront vérifier les équations

$$(2) \qquad (X - x)\frac{dx}{du} + (Y - y)\frac{dy}{du} + (Z - z)\frac{dz}{du} + R\frac{dR}{du} = 0.$$

$$(3) \qquad (X - x)\frac{dx}{dv} + (Y - y)\frac{dy}{dv} + (Z - z)\frac{dz}{dv} + R\frac{dR}{dv} = 0.$$

Ce point (désigné ci-dessus par M) sera donc dans le plan représenté par l'équation :

$$(4) \quad \begin{cases} \dfrac{dR}{dv}\left[(X - x)\dfrac{dx}{du} + (Y - y)\dfrac{dy}{du} + (Z - z)\dfrac{dz}{du}\right] \\ -\dfrac{dR}{du}\left[(X - x)\dfrac{dx}{dv} + (Y - y)\dfrac{dy}{dv} + (Z - z)\dfrac{dz}{dv}\right] = 0, \end{cases}$$

Or, ce plan contient aussi la normale PN à la surface $\Sigma$ ; car son équation est vérifiée si l'on y remplace $X - x$, $Y - y$, $Z - z$ par les paramètres directeurs de cette normale, savoir les déterminants fonctionnels qu'on peut former avec deux des trois fonctions $x$, $y$, $z$.

Imaginons ensuite une deuxième sphère du rayon R′ concentrique à la première, et supposons que R′ soit aussi une fonction de $u$ et de $v$. Elle touchera son enveloppe en un point M′ situé dans le plan qui a pour équation :

$$(5) \quad \begin{cases} \dfrac{dR'}{dv}\left[(X - x)\dfrac{dx}{du} + (Y - y)\dfrac{dy}{du} + (Z - z)\dfrac{dz}{du}\right] \\ -\dfrac{dR'}{du}\left[(X - x)\dfrac{dx}{dv} + (Y - y)\dfrac{dy}{dv} + (Z - z)\dfrac{dz}{dv}\right] = 0. \end{cases}$$

et pour que les deux droites PM, PM′ soient dans un plan contenant aussi PN, il faut que les équations (4) et (5) représentent le même plan. Ceci exige que l'on ait :

$$\frac{\frac{dR}{dv}}{\frac{dR'}{dv}} = \frac{\frac{dR}{du}}{\frac{dR'}{du}}.$$

On en déduit :

$$\frac{dR}{dv}\cdot\frac{dR'}{du} - \frac{dR}{du}\cdot\frac{dR'}{dv} = 0,$$

ce qui ne peut avoir lieu que si R′ est une fonction de R.

Supposons donc cette condition remplie, et soit

$$R' = f(R).$$

Le théorème sera démontré si nous pouvons déterminer cette fonction $f$ de telle sorte que PM, PM′ fassent avec la normale PN à la surface $\Sigma$ des angles dont le sinus ait un rapport constant. A cet effet, nous nous proposons de calculer l'angle $i$ que fait NM avec NP, et pour abréger l'écriture, nous posons :

$$\left(\frac{dx}{du}\right)^2 + \left(\frac{dy}{du}\right)^2 + \left(\frac{dz}{du}\right)^2 = E,$$

$$\frac{dx}{du}\cdot\frac{dx}{dv} + \frac{dy}{du}\cdot\frac{dy}{dv} + \frac{dz}{du}\cdot\frac{dz}{dv} = F,$$

$$\left(\frac{dx}{dv}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dv}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dv}\right)^2 = G.$$

Puis nous observons que l'angle $i$ remplit la condition :

$$(6)\quad \begin{cases} \left(\frac{dy}{du}\frac{dz}{dv} - \frac{dy}{dv}\cdot\frac{dz}{du}\right)(X - x) + \left(\frac{dz}{du}\frac{dx}{dv} - \frac{dz}{dv}\cdot\frac{dx}{du}\right)(Y - y) \\ \quad + \left(\frac{dx}{du}\cdot\frac{dy}{dv} - \frac{dx}{dv}\cdot\frac{dy}{du}\right)(Z - z) = R\sqrt{EG - F^2}\cos i. \end{cases}$$

Nous parviendrons à exprimer l'angle $i$ en fonction de $x$, $y$, $z$, R, et de leurs dérivées successives, en éliminant les binômes $X - x$, $Y - y$, $Z - z$

entre les équations (1), (2), (3) et (6). La résolution des équations linéaires (2), (3), (6) nous donnera les formules suivantes :

$$-(X-x)=\frac{\frac{dR}{du}\left(G\frac{dx}{du}-F\frac{dx}{dv}\right)+\frac{dR}{dv}\left(E\frac{dx}{dv}-F\frac{dx}{du}\right)+\sqrt{EG-F^2}\left(\frac{dy}{du}\frac{dz}{dv}-\frac{dy}{dv}\frac{dz}{du}\right)\cos i}{EG-F^2}R$$

$$-Y-y)=\frac{\frac{dR}{du}\left(G\frac{dy}{du}-F\frac{dy}{dv}\right)+\frac{dR}{dv}\left(E\frac{dy}{dv}-F\frac{dy}{du}\right)+\sqrt{EG-F^2}\left(\frac{dz}{du}\frac{dx}{dv}-\frac{dz}{dv}\frac{dx}{du}\right)\cos i}{EG-F^2}R$$

$$-(Z-z)=\frac{\frac{dR}{du}\left(G\frac{dz}{du}-F\frac{dz}{dv}\right)+\frac{dR}{dv}\left(E\frac{dz}{dv}-F\frac{dz}{du}\right)+\sqrt{EG-F^2}\left(\frac{dx}{du}\frac{dy}{dv}-\frac{dx}{dv}\frac{dy}{du}\right)\cos i}{EG-F^2}R$$

Élevons au carré les deux membres de chacune de ces trois formules, et ajoutons-les membre à membre. En tenant compte de la relation (1) nous trouvons une équation qui équivaut à la suivante :

$$\sin^2 i=\frac{G\left(\frac{dR}{du}\right)^2-2F\frac{dR}{du}\cdot\frac{dR}{dv}+E\left(\frac{dR}{dv}\right)^2}{EG-F^2}.$$

De même, en désignant par $i'$ l'angle que fait la normale à la surface $\Sigma$ avec le rayon de la deuxième sphère qui aboutit au point où elle touche son enveloppe, on trouverait :

$$\sin^2 i'=\frac{G\left(\frac{dR'}{du}\right)^2-2F\frac{dR'}{du}\cdot\frac{dR'}{dv}+E\left(\frac{dR'}{dv}\right)^2}{EG-F^2}$$

et, par conséquent :

$$\frac{\sin^2 i}{\sin^2 i'}=\frac{G\left(\frac{dR}{du}\right)^2-2F\frac{dR}{du}\cdot\frac{dR}{dv}+E\left(\frac{dR}{dv}\right)^2}{G\left(\frac{dR'}{du}\right)^2-2F\frac{dR'}{du}\cdot\frac{dR'}{dv}+E\left(\frac{dR'}{dv}\right)^2}.$$

En vertu de la relation :

$$R'=f(R).$$

Cette dernière égalité se transforme comme il suit :

$$\frac{\sin^2 i}{\sin^2 i''}=\frac{1}{\overline{f''(R)}^2}.$$

Donc, pour que le rayon MP se réfracte suivant PN', il faut que $f'(R)$ soit

une constante. Nous désignerons cette constante par $-n$, et nous trouverons successivement :

$$f'(\mathrm{R}) = \frac{d\mathrm{R}'}{d\mathrm{R}} = -n.$$

$$\mathrm{R}' + n\mathrm{R} = \mathrm{C}, \tag{7}$$

C désignant une nouvelle constante.

Telle est l'équation qui définit la fonction cherchée $f$. Elle montre que les rayons MP, après avoir été réfractés par la surface $\Sigma$, sont normaux à la surface-enveloppe des sphères analogues à la sphère de centre P et de rayon R', égal à C — $n$R, décrite de P comme centre. Enfin, la formule (7) est la traduction algébrique d'une loi bien connue, qui se déduit également de la théorie des ondulations.

---


# M. Ch. FÉRY

Chef des Travaux pratiques à l'École de Physique et de Chimie de Paris.


---

## LES LOIS NOUVELLES DU RAYONNEMENT ET LEUR APPLICATION A LA MESURE DES HAUTES TEMPÉRATURES [535.23]

---

*— Séance du 11 août —*

### I

C'est depuis 1880 que, grâce à Stefan, on connaît la loi si simple qui régit l'émission totale d'un corps noir. Peut-être à cause même de sa simplicité elle ne fut pas admise sans restriction, et on peut dire que son emploi n'est devenu général que depuis que MM. Boltzmann, Wien, Lummer et d'autres, l'ont démontrée théoriquement.

Elle peut s'exprimer de la manière suivante : La puissance totale de la radiation envoyée par un corps noir à la température absolue T, sur un autre corps noir à la température $t$, est donnée par la relation :

$$\mathrm{P} = a(\mathrm{T}^4 - t^4),$$

dans laquelle $t^4$ devient rapidement négligeable devant $\mathrm{T}^4$, dès que la température du corps émissif est un peu élevée.

Contrairement à ce qu'on aurait pu croire *a priori*, la loi relative à une radiation élémentaire est plus compliquée.

A vrai dire, on ne connaît pas encore cette loi d'une manière rigoureuse, bien qu'on sache qu'elle est de la forme exponentielle.

M. Wien a proposé la relation :

$$P = a\lambda^{-5} e^{-\frac{b}{\lambda T}}.$$

M. Planck indique la formule :

$$P = \frac{a\lambda^{-5}}{e^{\frac{b}{\lambda T}} - 1}.$$

Ces deux formules, qui ne diffèrent d'ailleurs que pour de grandes valeurs du produit $\lambda T$, ne s'appliquent qu'aux corps noirs, dont le type le plus parfait est constitué, d'après la conception de Kirchoff, par une enceinte fermée ne portant qu'une ouverture très étroite pour la sortie de la radiation.

## II

Je me suis proposé d'appliquer ces formules nouvelles à l'évaluation des températures élevées pour lesquelles aucune méthode directe n'est applicable.

Si on veut se servir de la loi de Stefan, il faut éviter d'interposer sur le trajet du faisceau calorifique des matières transparentes exerçant une absorption sélective sur quelques radiations, ce qui fausserait dans une proportion impossible à calculer *a priori* la loi du phénomène. D'autre part, au point de vue expérimental, il est extrêmement commode d'employer un système convergent, qui augmente d'une façon considérable la sensibilité de l'appareil thermométrique, tout en le soustrayant aux causes perturbatrices provenant du rayonnement parasite des corps voisins.

Le sel gemme semble tout indiqué pour cette application, mais sa faible résistance à l'air humide en proscrit l'emploi dans un appareil devant sortir du domaine des laboratoires de recherches. Après quelques essais, mon choix s'est fixé sur la fluorine, dont l'absorption à partir de 900° devient très sensiblement proportionnelle à l'intensité du faisceau à mesurer.

Comme appareil thermométrique, j'ai choisi le couple thermo-électrique Fer-Constantan en lui donnant la forme de fils ou de lames extrêmement

minces. On évite ainsi, dans une grande mesure, les pertes de chaleur, par conductibilité métallique, de la soudure chauffée.

L'appareil prend alors la forme d'une lunette à objectif en fluorine, et dont le réticule est formé par les deux fils dont le point de croisement constitue la soudure chaude du couple.

Des précautions spéciales, dans le détail desquelles je ne puis entrer ici (1), sont prises pour rendre les indications indépendantes de la surface de la source rayonnante et de sa distance.

La force thermo-électrique du couple Fer-Constantan est bien représentée par la formule :

$$E = at + bt^2,$$

où $a = 0.000038$,

et $b = 0.000000103$.

L'élévation de température de la soudure chaude n'excédant guère 20 degrés, le terme en $t^2$ est assez petit pour que la loi puisse être représentée dans ces limites par une droite.

Cette lunette dont la résistance électrique n'est que de 1 ohm environ, bien que les fils qui constituent le couple aient moins de $0^{mm},01$, est reliée à un galvanomètre à bobine mobile dont la résistance est de 12 ohms et qui donne 1 millimètre de déviation sur une échelle placée à 1 mètre pour un courant de $8 \times 10^{-9}$ ampères.

Cet appareil m'a d'abord permis de vérifier la loi de Stéfan entre 800 et 1500 degrés, en employant comme source rayonnante un petit four à résistance de platine enroulé sur un tube de corindon artificiel aggloméré par un silicate alcalin très étendu. Cette matière offre l'avantage d'être très réfractaire, de ne pas attaquer le platine comme les terres riches en silice et de se comporter déjà par elle-même comme un corps noir. Voici les résultats obtenus :

| Température du four indiquée par un couple Le Châtelier. | Température d'après la loi de Stefan. | Différence en degrés. |
|---|---|---|
| 844 | 860 | + 16 |
| 914 | 925 | + 11 |
| 990 | 990 | 0 |
| 1054 | 1060 | + 6 |
| 1120 | 1120 | 0 |
| 1192 | 1190 | — 2 |
| 1260 | 1250 | — 10 |
| 1328 | 1320 | — 8 |
| 1385 | 1380 | — 5 |
| 1458 | 1450 | — 8 |

(1) *Comptes rendus de l'Académie*, 28 avril 1902, et *Rayonnement calorifique et lumineux de quelques oxydes*, Gauthier-Villars, 1902.

Pour appliquer la loi du rayonnement d'une radiation élémentaire à la mesure des hautes températures, j'ai employé une disposition très voisine de celle indiquée par M. Le Châtelier pour son pyromètre optique; elle n'en diffère que par le moyen employé pour ramener à l'égalité la radiation à mesurer et celle d'une petite lampe de comparaison.

Si on remarque que la loi de l'absorption est une exponentielle, $I = I_0 e^{-Kx}$, il est facile de voir qu'au moment de l'équilibre on a, en adoptant la formule de Wien donnée précédemment :

$$Kx = \frac{B}{M} + C.$$

K, B et C sont des constantes qui dépendent de la longueur d'onde, de la nature du prisme et de son angle.

La source rayonnante étant encore le petit four électrique, on a obtenu les résultats suivants en lumière rouge $\lambda = 0^{\mu},659$ (obtenue par interposition d'un verre rouge foncé devant l'oculaire du pyromètre optique) :

| Température du four indiquée par le couple. | Température mesurée au pyromètre optique à absorption. | Différence en degrés. |
|---|---|---|
| 1100 | 1098 | — 2 |
| 1130 | 1137 | + 7 |
| 1180 | 1169 | — 11 |
| 1230 | 1227 | — 3 |
| 1290 | 1288 | — 2 |
| 1400 | 1397 | — 3 |
| 1460 | 1457 | — 3 |
| 1500 | 1507 | + 7 |

On voit que, dans ces limites, la loi de Wien est vérifiée avec le même degré d'exactitude que la loi de Stefan.

## III

J'ai appliqué les deux appareils pyrométriques que je viens de décrire, et dont la maison Pellin a entrepris la construction, à la détermination de la température du cratère positif de l'arc électrique.

Des divergences assez grandes existent en effet dans les valeurs obtenues par divers expérimentateurs pour cette température qui correspond, d'après M. Violle, à un point physique de transformation : le point d'ébullition du carbone.

La loi de Stefan m'a conduit à une température de 3490 degrés; celle de Wien fournit 3867 degrés. Je pense pouvoir attribuer cette différence, qui ne dépend pas de la nature des charbons (l'expérience ayant été refaite au moyen de charbons graphitiques très purs), à ce que le carbone, à cette température, ne se comporte plus comme un corps noir parfait, pour lequel seules ces formules sont rigoureusement applicables.

Je me propose d'employer les mêmes dispositifs à l'évaluation de la température du soleil, bien que celui-ci ne se comporte sans doute pas comme un corps noir.

---

M. WICKERSHEIMER

Ingénieur en chef des Mines, à Paris.

## MARCHE DU RAYON LUMINEUX DANS LES MILIEUX CRISTALLISÉS [532.2]

*— Séance du 11 août —*

Les vibrations de l'éther, dans un corps cristallisé, sont représentées par les équations (1) suivant les notations habituelles (*) :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{d^2u}{dt^2} = e\left(\Delta u - \dfrac{d\theta}{du}\right) \\ \dfrac{d^2v}{dt^2} = f\left(\Delta u - \dfrac{d\theta}{dy}\right) \\ \dfrac{d^2w}{dt^2} = g\left(\Delta u - \dfrac{d\theta}{dz}\right) \end{cases}$$

avec :

$$(2)\quad \begin{cases} u = p\cos(ax + by + cz - st + \varphi) \\ v = q\cos(ax + by + cz - st + \varphi) \\ w = r\cos(ax + by + cz - st + \varphi) \end{cases}$$

$u$, $v$, $w$, désignant les composantes de la vibration d'un point quelconque $(x, y, z)$ du solide cristallisé ; $e$, $f$, $g$, des coefficients distincts caractéristiques du cristal. Pour chercher les conditions de propagation d'une vibration par onde plane, il faut identifier le groupe (1) avec le groupe (2).

(*) J'ai adopté les notations du cours professé à l'École polytechnique, par M. Sarreau.

On obtient ainsi les équations de condition :

$$(3)\begin{cases} (\omega^2 - e)p = -el(lp + mq + nr) \\ (\omega^2 - f)q = -fm(lp + mq + nr) \\ (\omega^2 - g)r = -gn(lm + mq + nr) \end{cases}$$

avec :

$$l = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}, \qquad m = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}, \qquad n = \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$$

$\omega$ étant la vitesse de propagation.

De ces équations, on déduit immédiatement l'identité :

$$(4)\ \frac{pl}{e} + \frac{qm}{f} + \frac{rn}{g} + \left(lp + mq + nr\right)\left[\frac{l^2}{\omega^2 - e} + \frac{m^2}{\omega^2 - f} + \frac{n^2}{\omega^2 - g}\right] = 0.$$

Comme on ne peut avoir simultanément :

$$(4')\qquad \frac{pl}{e} + \frac{qm}{f} + \frac{rn}{g} = 0 \qquad \text{et} \quad lp + mq + nz = 0.$$

on aura donc simultanément :

$$(5)\qquad \frac{l^2}{\omega^2 - e} + \frac{m^2}{\omega^2 - f} + \frac{n^2}{\omega^2 - g} = 0 \qquad \text{et} \quad pl + qm + rn = 0.$$

L'équation (4') nous apprend que la direction du rayon lumineux, dont les cosinus directeurs sont $l$, $m$, $n$, est perpendiculaire à la droite $\left(\frac{p}{e}, \frac{q}{f}, \frac{r}{g}\right)$; elle ne peut donc l'être à la vibration, comme le supposait Fresnel.

En d'autres termes, *il y a une composante de la vibration suivant le rayon et une autre qui lui est perpendiculaire.*

Si nous considérons $l$, $m$, $n$, comme les coordonnées d'un point, la première des équations (5) représente une infinité de cônes du 2e degré. A chaque valeur particulière de $\omega$ correspond un cône déterminé. L'équation est du 2e degré en $\omega^2$ (le calcul ne faisant pas de distinction entre les deux directions opposées sur le même rayon.

Il en résulte qu'à chaque rayon qui se réfracte correspondent seulement deux vitesses distinctes de propagation.

La condition pour que l'équation susdite ait ses racines égales est, après réduction :

$$(6)\qquad l^2(f - g) + m^2(g - e) + n^2(f - e) = 0.$$

C'est exactement l'équation qu'on obtiendrait en éliminant $\omega$ entre la première des équations (5) et sa dérivée par rapport à $\omega$ ; cela revient à dire que le cône (6) est l'enveloppe des cônes (5).

Il en résulte que pour les rayons qui sont des génératrices de contact du cône enveloppe, les deux vitesses de propagation se confondent : *c'est le cône optique de Fresnel.*

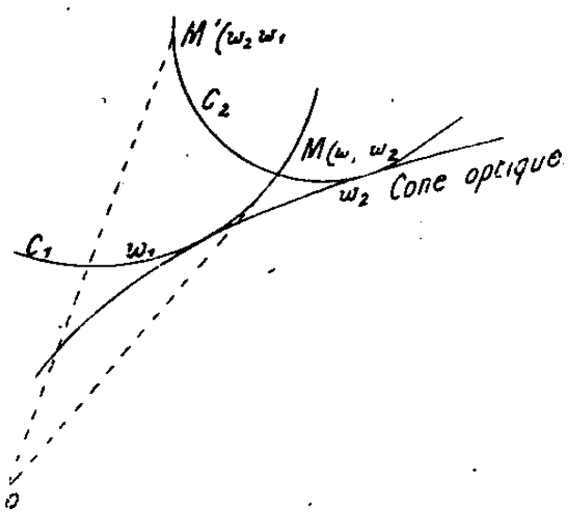



FIG. 1.

Soient $C_1$ et $C_2$ deux cônes *(fig, 1)*; $\omega_1$ et $\omega_2$ deux valeurs de la vitesse; en les portant dans (5) on a les équations des deux cônes qui se coupent suivant quatre génératrices (réelles ou imaginaires). Soient OM et OM′ deux de ces génératrices. Chacune correspond à deux vitesses $\omega_1$ et $\omega_2$ et on a deux couples opposés $(\omega_1\ \omega_2)$, $(\omega_2\ \omega_1)$.

Chacun de ces couples correspond, en général, à un rayon incident différent. Pour chacun d'eux, les rayons OM, OM′ seront donc, tour à tour, rayon extraordinaire et rayon ordinaire. Nous aurons ainsi pour les 4 génératrices d'intersection six groupes, mais dont 4 seulement sont distincts, ainsi qu'il est facile de le voir.

Il est facile de voir que deux cônes (5) ne peuvent se toucher.

Soit en effet l'équation d'un plan :

$$\alpha x + \beta y + \gamma z = 0. \tag{7}$$

Cherchons les conditions pour qu'il soit tangent au cône

$$\frac{x^2}{\omega^2 - e} + \frac{y^2}{\omega^2 - f} + \frac{z^2}{\omega^2 - g} = 0, \tag{8}$$

écrivons :

$$\omega^2 - e = \mathrm{U}; \qquad \omega^2 - f = \mathrm{V}; \qquad \omega^2 - g = \mathrm{W}.$$

Éliminant $z$ entre (7) et (8) et écrivant que les racines de la résultante sont égales, on obtient l'équation :

$$\gamma^2 \mathrm{W} + \beta^2 \mathrm{V} + \alpha^2 \mathrm{U} = 0. \tag{9}$$

Cherchons maintenant si le plan tangent peut être commun à deux cônes ; prenons, à cet effet, deux valeurs $\omega_1$ et $\omega_2$ de $\omega$ ; on aura :

$$\gamma^2 \mathrm{W}_1 + \beta^2 \mathrm{V}_1 + \alpha^2 \mathrm{U}_1 = 0, \tag{10}$$

$$\gamma^2 \mathrm{W}_2 + \beta_2 \mathrm{V}_2 + \alpha^2 \mathrm{U}_2 = 0, \tag{11}$$

retranchant membre à membre,

$$\gamma^2(W_1 - W_2) + \beta_2(V_1 - V_2) + \alpha^2(U_1 - U_2) = 0, \tag{12}$$

or

$$W_1 - W_2 = \omega_1^2 - \omega_2^2 = V_1 - V_2 = U_1 - U_2$$

Donc, divisant (12) par $\omega_1^2 - \omega_2^2$ on a :

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 0, \tag{13}$$

équation qui exprime une impossibilité.

Donc, enfin, le cône optique contient toutes les droites pour lesquelles les rayons ordinaires et extraordinaires sont confondus et il n'y en a pas en dehors de ce cône jouissant de cette propriété.

Si l'on suppose $g = f$ ; alors le cristal est à un axe et l'équation (6) devient :

$$\frac{m}{n} = \pm \frac{e - f}{e - g}$$

qui représente deux plans passant par l'axe des $z$.

---

M. J. RENOUS

Ingénieur des Arts et Manufactures

ET

M. A. TURPAIN

Docteur ès Sciences, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Poitiers.

---

## SUR LE PROBLÈME DE LA TARIFICATION MOBILE [621.317]

---

*— Séance du 11 août —*

Le problème de la tarification mobile a pour objet de changer au cours d'une même journée et à volonté le régime de marche des compteurs d'énergie disposés sur un réseau de distribution électrique. En permettant de faire varier aux diverses heures du jour le prix de l'hectowatt, la solution de ce problème permet de faire suivre à ce prix les variations mêmes qu'éprouvent sur le réseau les demandes d'énergie au cours d'une

même journée. L'application de cette solution sur un réseau a donc pour effet de régulariser la consommation d'énergie du réseau. Elle présente donc un intérêt capital pour l'industrie de l'éclairage électrique.

Nous nous sommes proposé d'utiliser les ondes électriques de Hertz pour permettre de ralentir ou d'accélérer à volonté la marche de compteurs d'énergie disposés en un point quelconque d'un réseau de distribution électrique, et cela sans disposer entre les compteurs et la station de production de l'électricité d'autres conducteurs que ceux nécessaires à la distribution de la lumière ou de l'énergie. Cette variation de marche des compteurs se produit en même temps pour tous les compteurs du réseau par une simple manœuvre effectuée soit à la station productrice de l'énergie électrique, soit en tout autre point du réseau où se trouve installé le dispositif susceptible d'actionner la partie du compteur qui règle sa vitesse.

Le principe de ce dispositif est le suivant :

A la station où l'on produit l'énergie électrique ou en tout autre point du réseau, on dispose un appareil producteur d'ondes électriques ou excitateur E, entretenu en activité par une bobine d'induction.

Les ondes produites par l'excitateur sont concentrées par un fil métallique jusque sur le compensateur du réseau, réseau que nous supposons être constitué par une distribution à trois fils.

Aux différents points du réseau où l'énergie électrique est consommée, points en chacun desquels doit se trouver un compteur, les choses sont disposées de la manière suivante :

Un cohéreur muni de son frappeur et associé à un relais peut être impressionné par les ondes électriques que le fil compensateur concentre et propage. Lorsque le cohéreur est impressionné, un courant traverse le relais. La palette du relais se trouve alors actionnée et ferme un circuit dont le courant a pour effet d'agir sur le compteur pour en accroître ou pour en diminuer la vitesse.

Si le compteur est du genre le plus ordinairement usité, un compteur Élihu Thomson, le passage du courant dans ce compteur lorsque de l'énergie électrique est dépensée, a pour effet de déterminer la rotation d'un axe dont est solidaire un disque de cuivre. La vitesse de rotation de ce disque est rendue uniforme par son déplacement dans un champ magnétique. Lorsque sous l'influence d'une émission d'ondes électriques par l'excitateur E, le cohéreur est rendu conducteur, le relais associé au cohéreur est actionné et sa palette ferme le circuit d'une pile dans un électro-aimant qui a pour effet d'amener un aimant permanent en fer à cheval à ajouter l'action du champ magnétique qui l'entoure à celui qui agit déjà sur le disque de cuivre du compteur. La vitesse de rotation de l'arbre du compteur est ainsi diminuée.

Trois aimants permanents sont ainsi disposés au voisinage du disque de

cuivre du compteur et les effets produits par des abaissements successifs de la palette du relais sont d'amener successivement un, puis deux, puis les trois aimants à ajouter leurs champs magnétiques à celui qui agit pour régulariser la vitesse de rotation du disque de cuivre du compteur. Un nouvel abaissement de la palette du relais produit la suppression du champ des trois aimants, permettant ainsi au disque de cuivre de prendre la vitesse de rotation la plus grande qu'il puisse acquérir. Les abaissements suivants de la palette du relais répètent la même succession d'effets, rétablissent successivement un, deux, puis les trois aimants permanents dans la position qui leur permet d'agir sur le disque du compteur.

On peut donc ainsi donner au compteur quatre régimes de marche différents, et il serait possible en utilisant plus de trois aimants permanents de multiplier le nombre des régimes de marche que le compteur peut présenter.

Il suffit, comme on le voit, pour amener tous les compteurs à affecter une marche donnée, d'envoyer un certain nombre de trains d'ondes électriques sur le compensateur. Chaque train d'ondes ayant pour effet de produire dans chaque dispositif de compteur un abaissement de la palette du relais de ce dispositif, on pourra passer d'un régime à l'autre à volonté. Il sera possible, d'ailleurs, de s'assurer que le régime désiré est bien celui imposé aux compteurs en ayant soin de disposer, à l'endroit même où se trouve l'excitateur E des ondes, un compteur et un dispositif de réception des ondes. La marche que ce compteur présentera sera celle même que tous les compteurs du réseau présenteront.

Le courant qui circule dans le circuit comprenant le cohéreur et le relais doit être emprunté à une source d'électricité dont le potentiel ne dépasse pas 1 volt 5 à 2 volts. On peut utiliser à cet effet une pile spéciale, mais on peut également, pour n'avoir pas à se préoccuper de son entretien, se servir du courant de la distribution, que l'on emprunte au moyen d'une dérivation comprenant une résistance assez forte pour en abaisser la tension à la valeur voulue. valeur que l'on peut faire varier d'ailleurs par la manœuvre convenable d'un rhéostat approprié.

Au lieu de relier directement l'un des pôles du cohéreur au fil compensateur de la distribution, ce qui rend le cohéreur sensible à tous les à-coups de courants qui se produisent sur le réseau (allumage ou extinction de lampes, etc.), il est nécessaire d'effectuer cette mise en relation d'une manière telle que le cohéreur soit insensible à ces effets perturbateurs et ne soit compensé que par les ondes électriques envoyées sur le compensateur. La relation entre le cohéreur et le compensateur s'effectue par l'intermédiaire d'une bobine construite d'une manière spéciale. Cette bobine est obtenue par l'enroulement parallèle de deux conducteurs disposés comme le montre la figure 1. On choisit une longueur convenable

de fil conducteur $l$ soigneusement isolé, longueur pouvant varier suivant les cas entre 10 et 30 mètres, et on dispose parallèlement à ce fil, côte à côte de part et d'autre un même conducteur isolé de longueur double $m, n, p$. On enroule ensuite ces deux conducteurs ainsi disposés sur une même bobine en les maintenant constamment bien voisins l'un de l'autre et de telle sorte que le fil $l$ soit maintenu entre les deux portions de fil $mn$, $np$. Les spires de cet enroulement doivent être espacées les unes des autres de 1 centimètre environ. L'extrémité $m$ du fil $mnp$ est reliée à l'une des électrodes du cohéreur ; l'extrémité $p$ du même fil est isolée. L'extrémité $l$ du fil $l$ est reliée au fil compensateur du réseau ; l'autre extrémité du fil $l$ est libre et isolée.

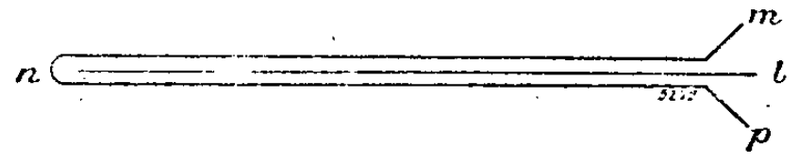


FIG. 1.

Les expériences que nous avons faites en mettant en œuvre les parties essentielles des dispositifs que nous venons de décrire, nous ont montré que l'on pourrait utiliser le cohéreur comme nous venons de l'indiquer à la solution du problème de la tarification mobile sans qu'il y ait lieu de craindre que les à-coups de courants se produisant sur le réseau influencent d'une manière intempestive les cohéreurs distribués sur le réseau.

---

M. DAUVÉ

Professeur de physique au collège Monge, à Beaune (Côte-d'Or).

---

## SUR L'HYDROGÈNE NAISSANT

[537.332:546.11]

---

*— Séance du 11 août —*

Je me propose d'expliquer les différences que l'on observe dans l'action de l'H dit naissant.

On peut rapporter, à mon avis, les réactions attribuées à l'H naissant à deux types distincts :

*Premier type de réactions dues à l'H naissant.* — Ce sont les réactions dues à H + Calories (MM. Berthelot, Tommasi) : telles sont l'action de l'H produit par un appareil à H en activité sur $SO^2$ ou sur $AzO^3H$ fumant, c'est-à-dire la production de $H^2S$ et de $AzH^3$ ; ces réactions se produisent,

d'après les idées admises aujourd'hui, parce qu'elles tendent à faire diminuer l'énergie libre du système constitué par l'ensemble des corps réagissants.

*Deuxième type de réactions dues à l'H naissant.* — Elles sont dues à l'H à l'état d'ion, c'est-à-dire à l'H possédant une charge électrique : telle est la réduction bien connue du AgCl, en suspension dans l'eau acidulée, par Zn. Cette réduction, qui a été attribuée à l'H naissant, est due en réalité à la double action du Zn et de l'H à l'état d'ion. En effet : 1° elle est due à l'action du Zn, puisqu'elle n'a lieu que si AgCl touche le Zn ; 2° elle n'est pas due à l'H naissant qui donne lieu aux réactions du premier type, puisqu'elle n'a pas lieu sous l'action de l'amalgame de sodium. On ne peut d'ailleurs expliquer la différence d'action de H dit naissant engendré : 1° dans l'action de $SO^4H^2$ sur Zn ; 2° par l'action de l'eau sur l'amalgame de Na, par la considération des quantités de chaleur dégagées dans ces deux réactions puisque :

$SO^4H^2 + Zn + Aq = 38$ cal et Amalgame de Na + Aq = 112 cal. ;

Voici donc comment on peut, à mon avis, expliquer la réduction de AgCl.

*Première phase.* — Sous l'action d'un acide libre (HCl, $SO^4H^2$), AgCl donne naissance à un sel d'argent qui entre en dissolution.

On sait, en effet, que AgCl est légèrement soluble dans HCl en formant vraisemblablement un chlorure double d'Ag et d'H ; quant à la formation de $SO^4Ag^2$ en partant de AgCl et de $SO^4H^2$ elle est légèrement endothermique, mais, avec le concours de la chaleur dégagée lors de la formation du $SO^4Zn$, elle est exothermique. Or Zn précipite Ag de ce sel comme cela a lieu avec les autres sels d'argent solubles (azotate, acétate.)

*Deuxième phase.* — On se trouve dès lors en présence d'un couple dont les électrodes sont constituées par Zn et Ag et dont l'électrolyte est une solution acide du sel d'argent formé : l'électrolyse de l'acide libre donne H qui réduit le sel d'Ag et occasionne un dépôt d'Ag sur l'électrode d'Ag ; les choses se passent donc comme dans un élément Daniell monté avec de l'eau acidulée par $SO^4H^2$ où le dépôt de Cu sur l'électrode de Cu s'opère également avec le concours de l'H.

A l'appui de cette explication, je citerai le fait suivant : Si on soumet le AgCl, en suspension dans l'eau acidulée, à l'action d'un courant, on décompose encore le AgCl ; ici, il se forme encore un sel d'argent qui entre en dissolution : le courant électrolyse encore la solution acide et l'H transporté à la cathode décompose encore le sel d'argent comme précédemment.

On conçoit en outre que l'H qui est ainsi transporté par un courant ait

une puissance d'action que ne possède pas l'H simplement déposé par l'électrolyse, lequel a alors perdu sa qualité d'ion, c'est-à-dire sa charge électrique.

A côté de cette réduction de Ag, on doit placer la réduction de l'Sb par le Zn en présence du Pt, réaction fréquemment employée en analyse qualitative. On pourrait encore être tenté ici d'attribuer la précipitation de l'Sb à l'action combinée de l'H et du Pt : on sait, en effet, que le Pt hydrogéné peut déplacer certains métaux, en particulier l'Sb : or, il est facile de vérifier que le Pt ne joue que le rôle d'électrode destinée à recevoir le dépôt électrolytique ; on peut, en effet, comme je l'ai constaté, remplacer le Pt par le Ni, l'Au, l'Ag et le dépôt de Sb se fait tout aussi bien : on n'a donc, en réalité, qu'une réduction de Sb par Zn, avec le concours de l'H.

*Remarque.* — Mais alors, si H naissant, dans les réactions du deuxième type, agit en vertu de son état électrique, son action ne peut-elle pas dépendre, dans une certaine mesure, des éléments qui régissent le courant qui le transporte et ne peut-on pas expliquer ainsi les différences d'action de l'H produit par tel ou tel couple ?

En résumé, ce qu'on a appelé H naissant est de l'H appartenant aux deux types :

H + énergie calorifique,
H + énergie électrique.

---

M. DAUVÉ

Professeur de Physique au Collège Monge, Beaune (Côte-d'Or).

---

## SUR LA VITESSE DU DÉPLACEMENT RÉCIPROQUE DES MÉTAUX DE LEURS SOLUTIONS SALINES

[537.332]

*— Séance du 11 août —*

Je me suis proposé d'évaluer le poids de métal précipité dans un temps donné par une surface égale à 1 centimètre carré du métal précipitant.

*Première série d'essais.* — J'ai précipité du sulfate de cuivre pur par du Zn électrolytique décapé au papier de verre 00. Un parallélipipède de Zn, dont chaque base est un carré de 1 centimètre de côté et ayant au début 6 millimètres d'épaisseur, fut enchâssé dans une plaque d'ébonite de 1 centimètre d'épaisseur dans laquelle on avait pratiqué de part en part un trou

carré de 1 centimètre de côté; l'une des bases du morceau de zinc faisait saillie, toujours de la même quantité $\left(\frac{1}{2}\text{ millimètre}\right)$, sur l'une des faces de la plaque d'ébonite; la partie libre du trou pratiqué dans la plaque d'ébonite était bouchée avec un morceau de liège enduit d'un vernis; on recouvrait d'un enduit à base de cire la petite portion de la surface latérale du morceau de zinc qui faisait sallie sur la plaque d'ébonite; dans ces conditions, il n'y avait qu'une des bases du morceau de zinc, c'est-à-dire juste une surface de zinc égale à 1 centimètre carré, qui pouvait recevoir l'action du sulfate de cuivre. La plaque d'ébonite était soutenue verticalement et recevait un mouvement de rotation autour d'un axe vertical. La solution de sulfate de cuivre était placée dans un verre de Bohême fixé sur un support spécial à l'intérieur d'une cuve en bois dans laquelle circulait de l'eau comme dans un réfrigérant d'alambic. La petite traverse à l'une des extrémités de laquelle était suspendue la plaque d'ébonite supportait à son autre extrémité un petit thermomètre qui plongeait dans la solution et possédait le même mouvement que le morceau de zinc, ce qui contribuait à agiter la solution précipitée. La surface de zinc agissante était dirigée suivant un diamètre des cercles que décrivaient les différents points du système en mouvement et de telle façon qu'elle tende à s'éloigner du liquide dans lequel elle plongeait et non à le refouler. On versait 25 centimètres cubes de solution dans le vase de verre et, après avoir mis le système en marche pendant quelque temps, on faisait descendre le zinc dans la solution en même temps qu'on mettait en marche un chronomètre. L'expérience durait 1.000 secondes, c'est-à-dire 16 minutes 40 secondes. On prélevait alors 20 centimètres cubes de la solution précipitée et on y dosait le cuivre par la méthode électrolytique; 20 centimètres cubes de la solution avaient d'ailleurs été soumis au même essai avant l'action du zinc : la différence des nombres obtenus donnait les $\frac{4}{5}$ du poids du cuivre disparu de la solution. Les nombres trouvés dans des conditions identiques avec une même solution furent très différents. C'est ainsi qu'avec une solution de $SO^4Cu$ à 1 molécule-gramme par litre, six expériences donnèrent pour le poids du Cu disparu dans 20 centimètres cubes de la solution : $15^{mmg},5$, $18^{mmg}$, $20^{mmg},9$, $19^{mmg},3$, $16^{mmg},3$, et $15^{mmg},5$. En examinant la plaque de zinc on trouve des points de corrosion disposés d'une façon invariable. Qu'on se figure une toile carrée tendue par ses quatre arêtes sur un châssis carré : sous l'action de son propre poids cette toile formera des plis dont la forme est bien connue; or le mode de groupement des points de corrosion que présente la lame de zinc après l'attaque rappelle ces plis; il est donc naturel d'attribuer à la pesanteur les divergences signalées plus haut. Ayant essayé de disposer horizontalement la

face agissante du zinc, je trouvai des résultats encore plus différents; or il est à remarquer que dans ces dernières expériences, la portion de liquide précipité qui reste adhérente à la plaque d'ébonite est, en raison même de la disposition horizontale de celle-ci, beaucoup plus considérable que dans les premières expériences; la viscosité de la solution précipitée joue peut-être un rôle important dans le phénomème en ce sens que le zinc, malgré le mouvement de rotation qu'il possède, reste peut-être en contact avec une couche de liquide qui n'effectue que de rares échanges avec la solution au sein de laquelle elle se meut : or, dans le mode opératoire indiqué ci-dessus, c'est précisément cette couche de liquide qui échappe à l'analyse.

*Deuxième série d'essais.* — Une petite cuvette en ébonite peu profonde pouvant recevoir au moins 5 centimètres cubes de la solution destinée à être précipitée a son fond percé d'un trou carré de 1 centimètre de côté dans lequel on place le morceau de zinc. La couche de vernis joue ici un double rôle : 1° soustraire à l'attaque la portion de la surface latérale du zinc qui fait saillie au-dessus du fond de la cuvette; 2° rendre la cuvette étanche. La précipitation dure 5 minutes, ou moins, selon les cas. La cuvette porte latéralement un petit robinet en ébonite qui permet l'écoulement de la solution précipitée et son remplacement par de l'eau au moment où l'on veut faire cesser la précipitation. La plaque de zinc est pesée avant et après l'expérience. Après l'expérience, elle est frottée avec un tampon de coton imbibé d'alcool fort pour détacher le vernis et le métal précipité, puis séchée à l'étuve. Avec un peu d'habitude, nécessaire pour éliminer les erreurs que comporte l'évaluation de la durée de l'expérience, on arrive à des résultats très satisfaisants. En opérant avec diverses solutions de $SO^4Cu$, à des températures voisines de 15°, j'ai trouvé, avec des expériences durant 5 minutes, pour les poids du Zn qui s'est substitué au Cu :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Solution de $SO^4Cu$ à | $\frac{1}{10}$ | molécule-gramme par litre | $1^{mmg},3$. |
| — | $\frac{2}{10}$ | — | $2^{mmg},8$. |
| — | $\frac{3}{10}$ | — | $6^{mmg}$. |
| — | $\frac{4}{10}$ | — | $8^{mmg},9$. |
| — | $\frac{5}{10}$ | — | $10^{mmg},1$. |
| — | $\frac{6}{10}$ | — | $10^{mmg},48$. |
| — | $\frac{8}{10}$ | — | $10^{mmg},6$. |
| — | $\frac{10}{10}$ | — | $11^{mmg},1$. |

Si l'on construit la courbe qui représente ces résultats, en portant en abscisses les concentrations et en ordonnées les poids de Zn dissous, on trouve que cette courbe ressemble de très près à celle obtenue en portant en abscisses les concentrations et en ordonnées les conductibilités spécifiques des solutions correspondantes. Une solution de chlorure cuivrique à $\frac{2}{10}$ molécule-gramme par litre dissout, en 50 secondes seulement, $2^{mmg},05$ de Zn, ce qui est en rapport avec la forte conductibilité spécifique de cette solution. Une solution d'acétate de cuivre dissout, en 5 minutes, $1^{mmg},9$ de Zn. De plus, une solution de $SO^4Cu$ à $\frac{2}{10}$ molécule-gramme par litre, qui dissout $2^{mmg},8$ de Zn en 5 minutes, dissout un poids de Zn double en 10 minutes, triple en 15 minutes, quadruple en 20 minutes, quintuple en 25 minutes : c'est ainsi qu'une telle solution avait dissous, au bout de 25 minutes, $13^{mmg},9$ de Zn alors que $2^{mmg},8 \times 8 = 14$ milligrammes. Or on sait, d'une part, que la conductibilité spécifique du $SO^4Cu$ et du $SO^4Zn$ dissous sont sensiblement les mêmes à égalité de concentration et que, d'autre part, la force électromotrice d'un couple Daniell varie relativement peu avec la composition des liquides qui y entrent : le dernier résultat énoncé s'accorde donc avec ces faits. On conçoit, par les considérations qui précèdent, l'intérêt que peut présenter l'étude de la précipitation des métaux, en tenant compte du facteur temps ; peut-être est-il possible d'arriver, par cette voie, à avoir une idée, au moins approximative, de l'intensité des courants qui entrent en jeu dans ce phénomène, de l'épaisseur de la couche liquide qui sépare le métal précipité du métal précipitant et enfin de la composition de ce liquide : tel est le but des recherches que je poursuis en ce moment.

---


# M. A. TURPAIN

Docteur ès Sciences, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Poitiers.


## LA PRÉVISION DES ORAGES AU MOYEN DU COHÉREUR [551.5]

*— Séance du 11 août —*

Nous avons eu l'occasion cette année d'essayer des dispositifs de prévision d'orage que nous avons installés sous les auspices du Syndicat Agricole de Saint-Émilion. Ces essais avaient pour but principal de compléter les

moyens de défense contre la grêle par le tir au canon, moyens que les propriétaires de Saint-Émilion emploient avec quelques succès depuis près de trois ans.

Avant de décrire les dispositifs qui ont été employés et les résultats qu'ils ont permis d'obtenir, nous rappellerons brièvement les essais antérieurement faits dans le but d'appliquer le cohéreur à l'étude des orages.

L'un des premiers expérimentateurs qui ont utilisé le cohéreur pour des communications télégraphiques sans fil, M. Popoff (1), a appliqué le même tube à limaille à l'observation des décharges électriques d'origine atmosphérique. — Il crut pouvoir conclure de ses expériences que, conformément aux prévisions de M. O. Lodge, les décharges atmosphériques étaient oscillantes. Un cohéreur n'est pas sensible qu'aux seules décharges oscillantes, aussi la conclusion de M. Popoff ne peut être acceptée d'une manière exclusive. Toutefois, le succès des essais du physicien russe légitime l'emploi de cohéreur pour l'étude des orages.

M. Boggio Lera (2) a cherché à inscrire les indications du cohéreur. A cet effet, il associait au cohéreur une série de relais de sensibilités différentes. Le dispositif qu'il imagina ainsi sous le nom d'*électroradiographe* permettait, lorsque les décharges atmosphériques devenaient de plus en plus intenses, d'actionner un nombre de relais de plus en plus grand. L'inscription se fait sous la forme d'un trait d'autant plus large que les relais actionnés sont plus nombreux. M. Boggio Lera a pu ainsi observer et enregistrer la marche des orages qui se sont produits pendant l'été de 1899 dans la région avoisinant Catane (Sicile).

En 1900, M. Th. Tommasina a utilisé le cohéreur autodécohérable à poudre de charbon qu'il a imaginé pour écouter à distance au moyen d'un téléphone un orage lointain. Ce procédé d'observation, assez délicat, ne laisse aucune trace du phénomène étudié.

Tout récemment, M. Fenyi (4) a utilisé le cohéreur qu'il a imaginé, et qui se compose de deux aiguilles à coudre disposées en croix, pour l'observation des orages. Le directeur de Haynald-Observatoire a pu ainsi suivre et étudier les orages qui pendant l'été de 1901 se sont produits dans un rayon de 100 kilomètres autour de Kaloska (Hongrie).

Dans le dispositif que nous avons installé à Saint-Emilion, l'antenne est soutenue au moyen d'un mât disposé au point le plus élevé du domaine de Château-Pavie, au sommet d'un tertre contre lequel est construit le poste d'observation qui a été aménagé dans des conditions de confort excellentes

(1) POPOFF: (*Journal de la Société Physico-Chimique russe*, vol. XXVIII-XXIX. — 1896).

(2) BOGGIO LERA : (*Atti della Academia Gioenia di Scienza di Catania*, 20 janvier 1900).

(3) TH. TOMMASINA : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 26 novembre 1900. — Voir A. TURPAIN. *Les applications pratiques des ondes électriques*, (C. NAUD, Paris, 1902)

(4) J. FENYI : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 27 janvier 1902.

par l'aimable propriétaire de Château-Pavie, M. Ferdinand Bouffard, qui s'est intéressé tout particulièrement à ces expériences.

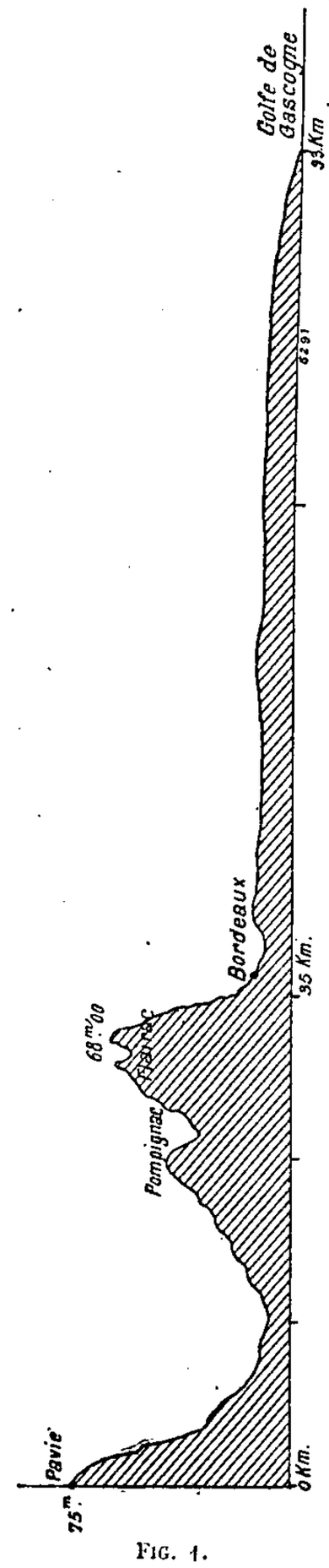


FIG. 1.

Le choix du point culminant de Château-Pavie était particulièrement heureux. Dans la région de Bordeaux, en effet, les orages affectent une direction assez constante. En nous référant aux observations des orages de cette région, réunies avec un très grand soin et pendant de nombreuses années par M. Lespiault, doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Bordeaux, nous savions que les orages se déplacent d'une manière presque constante dans la direction de l'O.-S.-O. — E.-N.-E. En particulier, les orages qui assaillent le plus ordinairement Saint-Émilion, naissent vraisemblablement dans le golfe de Gascogne, abordent la côte vers Arcachon, traversent Bordeaux, se dirigeant sur Libourne, Saint-Émilion pour se perdre dans le département de la Dordogne. L'orage met en moyenne deux heures pour traverser le département de la Gironde, d'Arcachon à Saint-Émilion. Afin de nous rendre compte des obstacles qui se trouvent placés sur le trajet habituel de l'orage nous avons tracé la coupe du terrain dans la direction O.-S.-O. — E.-N.-E., depuis le mât disposé à Château-Pavie jusqu'à la mer. Le pied du mât de Pavie se trouve à 75 mètres au-dessus du niveau de la mer et, ainsi que le montre le graphique représentant cette coupe de terrain *(fig. 1)*, sur une longueur de 95 kilomètres environ, un seul coteau (Cenon) de peu de largeur d'ailleurs et d'altitude inférieure à celle de Pavie (68 mètres) se trouve interposé. Il n'y avait donc pas à craindre que les ondes d'origine atmosphérique soient assez notablement absorbées par d'importants rideaux d'arbres et de coteaux. Il semble au contraire qu'elles peuvent atteindre l'antenne disposée à Pavie, et cela dès leur production dans le golfe de Gascogne. A ce point de vue, la station choisie pour disposer l'antenne pouvait être considérée comme très favorablement placée.

Le mât, d'une hauteur de 15 mètres, permet de hisser à son sommet une vergue de 7 mètres de longueur à l'une des extrémités de laquelle est fixée l'antenne. Cette fixation est faite avec de très grandes précautions d'isolement. A cet effet, une cloche de porcelaine C à fort isolement *(fig. 2)* est

fixée par un collier *c* à l'extrémité de la vergue V. Une tige d'ébonite *e* est soudée au soufre dans l'axe de la cloche ; cette tige soutient une cordelette paraffinée *d* qui retient une seconde tige d'ébonite *e'* de 30 centimètres de longueur à laquelle est attachée l'extrémité du conducteur A servant d'antenne, au moyen d'une cordelette paraffinée *d'*.

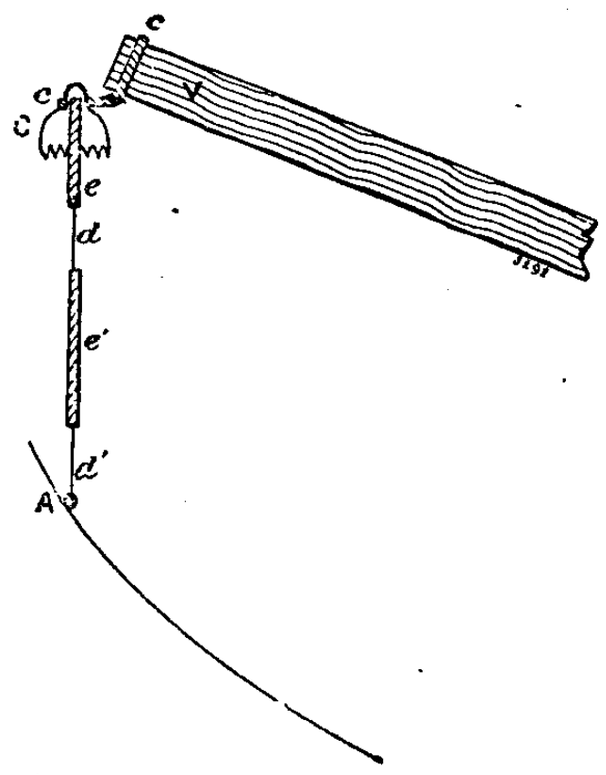



FIG. 2.

L'antenne a été constituée successivement par un fil de cuivre nu de 2 millimètres de diamètre et par une bande de toile métallique de 50 centimètres de largeur. L'élévation de la vergue soutenant l'antenne et la disposition du poste d'observation au-dessous du tertre au sommet duquel le mât est fixé permettent de donner à l'antenne une longueur de 23 mètres. L'antenne pénètre dans le poste en passant à travers une glace de 50 centimètres de hauteur et de 38 centimètres de largeur, au centre de laquelle elle est fixée par deux pièces de cuivre formant écrou, à chacune desquelles est soudé le fil conducteur.

Les appareils installés dans le poste d'observation, qui constituent le

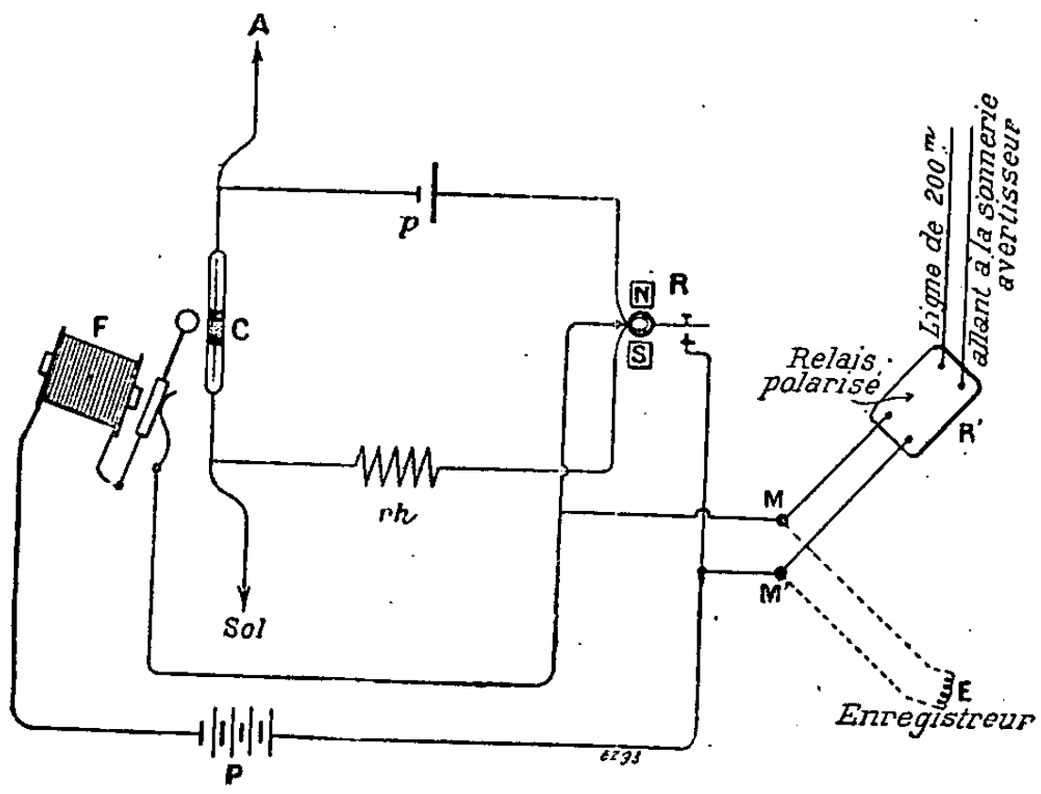



FIG. 3.

dispositif récepteur des ondes d'origine atmosphérique, sont représentés schématiquement dans la figure 3.

L'antenne A est reliée à l'une des électrodes d'un cohéreur C dont

l'autre électrode est reliée au sol. Cette communication avec le sol est amenée au moyen d'un câble de paratonnerre enterré dans le sol et qui aboutit au fond d'un puits situé à 80 mètres environ du poste. Ce paratonnerre établi avec toutes les précautions usuelles constitue une condition de sécurité indispensable, un coup de foudre pouvant en effet frapper l'antenne.

En dérivation sur le cohéreur est inséré un circuit comprenant un élément de pile *p* et le cadre mobile d'un relais Claude R. Lorsque le relais est actionné, sa palette ferme le circuit d'une pile P qui actionne le frappeur F chargé de décohérer par choc le cohéreur.

Cette même pile P est chargée de faire fonctionner l'avertisseur.

Comme le poste d'observation se trouve assez éloigné des habitations, il était nécessaire que l'avertisseur soit disposé assez loin de ce poste. Cet avertisseur est constitué par une forte sonnerie reliée au poste par une ligne télégraphique de 200 mètres environ. Le relais Claude commande un relais polarisé R′ qui lui-même met en action la sonnerie. On ne pouvait songer en effet à actionner directement la sonnerie par le relais Claude, étant donné la délicatesse du contact de ce relais et l'intensité du courant nécessaire au fonctionnement de la sonnerie-avertisseur qui donne naissance, à chaque rupture, à une assez forte étincelle.

Chaque fois que le cohéreur est influencé par une décharge atmosphérique lointaine, la sonnerie-avertisseur est actionnée. En général, tant que les appels sont peu fréquents et non prolongés, ils correspondent à un orage assez éloigné et ne doivent faire qu'attirer l'attention. S'ils deviennent fréquents et prolongés ils correspondent à un orage qui se rapproche et qui vraisemblablement atteindra le lieu d'observation. On peut se débarrasser des appels isolés qui sont susceptibles de déranger inutilement les personnes chargées de surveiller l'avertisseur. Il suffit à cet effet de faire commander la sonnerie par un dispositif spécial qui ne la met en action que lorsque le cohéreur est impressionné d'une manière fréquente et prolongée. On y arrive aisément de la manière suivante: chaque chute de résistance du cohéreur met en action un électro-aimant dont la palette ouvre un très petit orifice d'un réservoir de mercure et permet ainsi l'écoulement d'une petite quantité de mercure. Ce mercure tombe dans un entonnoir effilé porté par l'un des bras d'un fléau de balance convenablement équilibré. Le fléau ne peut basculer, et par là actionner la sonnerie-avertisseur, que lorsqu'une quantité de mercure correspondant à trois ou quatre ouvertures du réservoir est contenue dans l'entonnoir. L'inflexion du fléau et par suite l'appel ne se produira donc que si les impressions du cohéreur ont été assez fréquentes pour que l'entonnoir dont est muni le fléau n'ait pas eu le temps entre chaque impression d'évacuer la quantité de mercure reçue du réservoir et correspondant à l'impression précédente.

Tout en laissant le cohéreur susceptible d'actionner l'avertisseur, on peut également le charger d'inscrire les impressions qu'il reçoit. Cette inscription, qui, associée aux dispositifs d'appel ci-dessus décrits, constitue un très utile organe d'un préviseur d'orage disposé dans le but de protection agricole ci-dessus indiqué, peut être considérée comme l'organe essentiel d'un préviseur d'orages destiné à des recherches météorologiques.

Pour produire cette inscription dans le dispositif que nous avons organisé à Château-Pavie, nous nous sommes servi d'un baromètre enregistreur de Richard. L'enregistrement se faisait sur le cylindre même qui sert à l'inscription des pressions barométriques. Un style commandé par un électro-aimant E relié aux deux bornes MM′ du dispositif de la figure 3, trace sur le papier de l'enregistreur un trait continu. Ce trait, sorte de ligne de foi, dessine un arc de la circonférence de section du cylindre enregistreur, et cela tant que le cohéreur n'est pas impressionné. Chaque impression du cohéreur se traduit par un trait perpendiculaire à la ligne de foi. On peut donc savoir, par l'inspection de la ligne de foi, combien de fois et à quel moment le cohéreur a été impressionné. Il est intéressant de faire en sorte que les courbes tracées par le style du baromètre et par celui de l'électro-aimant se correspondent. L'observation d'un très grand nombre de courbes parallèles ainsi tracées permettra, sans nul doute, d'utiles comparaisons.

On peut enfin, lorsqu'un orage est signalé, en suivre les diverses phases en s'aidant d'un téléphone simplement intercalé en série avec le cohéreur dans le circuit de la pile *p (fig. 3)*. Le relais R est alors inutilisé. Ce procédé que nous avons très peu utilisé dans les expériences faites à Château-Pavie, par suite de l'attention soutenue qu'il nécessite, peut être utilement mis en œuvre dans les recherches météorologiques.

Les cohéreurs qui doivent être employés dans ces recherches doivent répondre à certaines conditions que nous allons maintenant examiner.

En réalité les décharges atmosphériques que le cohéreur d'un dispositif préviseur d'orages est chargé de déceler peuvent être comparées aux décharges que l'on produit entre les deux sphères d'un transmetteur de télégraphe sans fil, à cela près que ces décharges atmosphériques se produisent avec une mise en jeu d'énergie extrêmement grande comparée à celle utilisée dans les dispositifs de télégraphie sans fil.

On est donc amené à se servir pour les préviseurs d'orages de cohéreurs bien moins sensibles que ceux utilisés en télégraphie sans fil.

Les cohéreurs très sensibles sont en effet susceptibles de déceler des décharges atmosphériques par trop lointaines pour être rapportées à des orages susceptibles d'atteindre le lieu d'observation. De plus, il offrent l'inconvénient qu'alors même que l'orage est encore assez éloigné, l'action des décharges est assez violente pour mettre hors d'usage le cohéreur qui

doit être tenu d'autant plus à l'abri des puissantes décharges qu'il est plus sensible. Cet effet nuisible de l'orage sur les cohéreurs, qu'ils soient sensibles ou non, explique le fait suivant fréquemment observé: Quand un cohéreur a fonctionné pour signaler un orage et qu'il n'a pas été soustrait suffisamment à temps aux décharges atmosphériques, par son insertion dans un étui métallique, on constate qu'il a perdu toute sensibilité. On doit donc vérifier la sensibilité du cohéreur après chaque orage en le soumettant par exemple aux ondes produites par un radiateur portatif constitué par un simple trembleur.

Nous avons utilisé avec le plus de succès le cohéreur magnétique de M. Tissot, tel que le construit M. O. Rochefort. — On le disposait sur un des récepteurs de télégraphie sans fil que cet habile constructeur a réalisés pour le service de la Marine et que M. O. Rochefort avait très aimablement mis à notre disposition. Ce récepteur est muni d'un frappeur convenablement shunté. Dans le circuit du cohéreur se trouve intercalé un rhéostat qui permet de donner au circuit une résistance convenable.

Le procédé d'inscription que nous avons décrit ci-dessus peut être utilisé non seulement pour permettre de savoir si le cohéreur a été impressionné mais encore pour suivre d'une manière au moins approchée la marche d'un orage. Il faut alors disposer un certain nombre de cohéreurs de sensibilités différentes et qui vont en croissant. Tous ces cohéreurs ont l'une de leurs électrodes réunie à l'antenne et l'autre au sol. Au lieu d'utiliser un nombre de relais égal à celui des cohéreurs on peut se servir d'un galvanomètre apériodique sensible dont les déviations sont d'autant plus grandes que le nombre des cohéreurs impressionnés est lui-même plus grand. Il est aisé de faire en sorte que ces déviations différentes soient utilisées pour actionner au moyen d'un nombre convenable d'électro-aimants autant de styles inscripteurs qu'on utilise de cohéreurs.

Si l'on emploie quatre cohéreurs que nous désignerons par 1, 2, 3 et 4 et dont les sensibilités sont telles qu'ils puissent être impressionnés par des décharges atmosphériques se produisant à 100, 200, 300 et 400 kilomètres du poste d'observation, on conçoit que l'observation des tracés produits par les quatre styles inscripteurs correspondant aux quatre cohéreurs, permette de savoir si l'orage annoncé comme éclatant à 400 kilomètres du lieu d'observation s'approche du lieu d'observation en se dirigeant sur lui, ou s'il suit une direction qui ne l'en approche que momentanément. Si l'orage suit la direction MM′ *(fig. 4)*, les cohéreurs 4, 3, 2, 1 seront successivement impressionnés et ces impressions successives seront annoncées par l'observation des tracés correspondant à ces quatre cohéreurs. Ces tracés présenteront des indices d'impressions à des époques différentes et de plus en plus rapprochées à partir du tracé relatif au cohéreur 1 jusqu'au tracé relatif au cohéreur 4. Si l'orage a cheminé

suivant NN′ *(fig. 4)*, la lecture des tracés relèvera l'impression successive des cohéreurs 4, 3, 2 puis 3 et enfin 4, indiquant ainsi que l'orage après

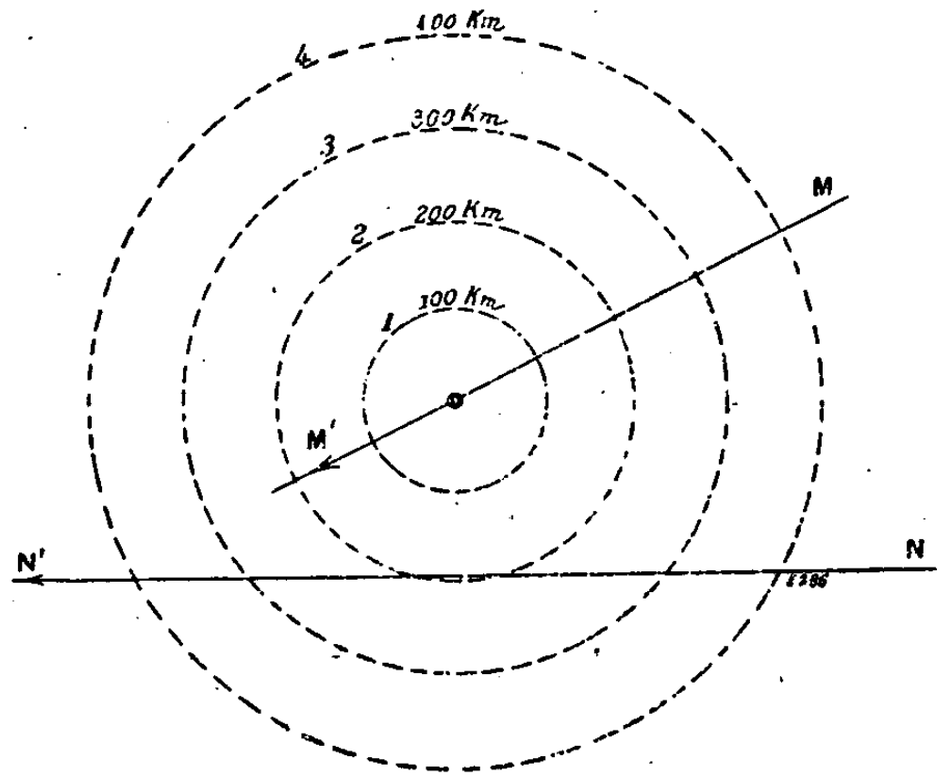



FIG. 4.

s'être approché du préviseur jusqu'à entrer dans la zone comprise entre 100 et 200 kilomètres, s'en est ensuite éloigné.

Nous nous proposons de réaliser ce procédé d'inscription des orages au moyen de plusieurs cohéreurs de sensibilités graduées, augurant bien de son emploi par les résultats que nous a fournis, au cours des expériences poursuivies à Château-Pavie, l'inscription au moyen d'un seul cohéreur actionnant un style inscripteur unique.

Pour terminer cette étude de l'application du cohéreur à la prévision des orages, nous indiquerons les résultats que nous avons obtenus à l'aide du dispositif qui a été installé à Saint-Émilion.

Les accidents qui sont inévitables dans toute période d'installation et d'essai ne nous ont pas permis de pouvoir observer tous les orages qui se sont produits dans la région depuis l'installation faite à Château-Pavie, le 19 juin 1902. Sur cinq orages qui, dans la période s'étendant du 19 juin au 5 août 1902, ont atteint Saint-Émilion, trois seulement se sont produits alors que le préviseur était en état de les déceler. Ces trois orages ont été prévus 4 heures, 3 heures et 2 heures et demie avant leur arrivée au poste d'observation. De plus, deux orages qui sans atteindre le poste se sont produits à quelque distance ont pu être décelés durant le temps pendant lequel ils étaient le plus rapprochés du lieu d'observation.

Parmi ces diverses observations nous signalerons en particulier celle qui a été faite le jour même où le préviseur venait d'être install . A 11 heures 30 du matin, l'installation était à peine achevée que le cohéreur était fortement impressionné et nous crûmes tout d'abord devoir rapporter

ce fait à une sensibilité exagérée du dispositif. Le ciel en effet était serein et sans aucun nuage à l'horizon, A. midi, une sonnerie ininterrompue se fit entendre pendant quelques instants. A une heure nous entendîmes un premier coup de tonnerre lointain. De deux à trois heures de l'après-midi de fréquents appels se firent entendre. A quatre heures l'orage éclatait sur Pavie et peut-être l'artillerie du domaine et des domaines environnants qui, depuis quelques instants canonnait sans interruption les nuées, prévint-elle la chute de grêle qui paraissait imminente. Au moment où l'orage atteignait le poste, le cohéreur fut placé hors circuit et l'antenne mise en relation directe avec le sol par mesure de sécurité.

Lorsque l'orage eut commencé à s'éloigner, il fut possible, en remettant le cohéreur dans le circuit, de suivre son éloignement pendant plus d'une heure.

---

M. NOGIER

Préparateur au Laboratoire de Physique médicale de la Faculté de Médecine de Lyon.

## NOUVELLE PILE ÉLECTRIQUE A L'ALUMINIUM [537,35:546.66]

*— Séance du 13 août —*

Au cours de recherches que nous avions entreprises sur l'aluminium, nous avons eu l'occasion de constater la grande altérabilité à l'air humide de l'amalgame de ce métal. Le phénomène, nouveau pour nous, n'était cependant pas inconnu. M. Kraukoff, nous l'avons vu par la suite, l'avait déjà étudié (*J. de Physique*, III, 3, p. 139, et *Annales de Physique et de Chimie*, VI, 17, 248).

Aussi nous ne nous attarderons pas sur le phénomène chimique lui-même. Là n'est pas l'objet des observations nouvelles que nous avons faites. Pourtant nous indiquerons la méthode que nous employons pour amalgamer facilement nos lames d'aluminium.

On prépare une solution concentrée de bichlorure de mercure (sublimé corrosif), que l'on acidule fortement avec HCl. On y plonge la lame d'aluminium à amalgamer et au bout de quelques instants une couche continue de mercure s'est déposée sur le métal. On lave à grande eau et la lame est prête à servir aux expériences.

A peine a-t-on séché la lame ainsi préparée qu'un curieux phénomène se produit. « L'amalgame foisonne », dit M. Kraukoff. En observant de près ce qui se passe, voici ce que nous avons constaté. Le métal devient d'abord subitement brûlant à tel point qu'une bague de ce métal préparée comme ci-dessus et passée au doigt brûle fortement l'opérateur. A cet instant précis naît sur la surface du métal une sorte de givre qui monte rapidement et grandit comme une véritable forêt. A l'aide d'une forte loupe ou du microscope, on peut voir pousser cette végétation singulière et ce n'est pas un spectacle peu curieux que de voir s'élever cette sorte de coton blanchâtre, semblable à des icebergs sortant de la mer.

On peut balayer cette végétation ; elle est rapidement remplacée par une nouvelle et nous avons pu obtenir ainsi des épaisseurs de 25 à 30 millimètres de cette substance neigeuse.

Pendant cette formation, le poids de la lame augmente. On le démontre en mettant un petit fragment d'aluminium amalgamé sur le plateau d'une balance sensible. On lui fait équilibre de l'autre côté avec de la fine grenaille de plomb. A mesure que le givre recouvre la lame et grandit, on voit l'équilibre être rompu au profit de l'aluminium.

Des analyses de la substance formée nous ont montré que c'était de l'alumine pure. Si l'on se souvient de sa formule chimique $Al^2O^3$, l'augmentation de poids notée précédemment n'a rien d'étonnant. Au début il y avait $Al^2$, bientôt 3 O empruntés à la vapeur d'eau de l'air viennent s'ajouter au poids primitif du métal.

Avant d'aller plus loin, disons tout de suite que toutes les qualités d'aluminium que l'on trouve dans le commerce ne se prêtent pas également bien à ces expériences. La formation et la décomposition de l'amalgame ne sont possibles qu'avec de l'aluminium très pur. Nos recherches nous ont montré, en effet, qu'il existait à ce sujet une différence essentielle entre le métal et ses fontes (ferro-aluminium et ferro-aluminium carburé). Certains échantillons pris à Lyon dans les mêmes maisons que les précédents et qui nous avaient été vendus pour de l'aluminium pur, nous ont donné des résultats négatifs. L'amalgame ne se forme pas ou se forme difficilement, de plus *il ne se décompose pas*. Il y a là, croyons-nous, le principe d'une méthode nouvelle et très simple pour distinguer l'aluminium pur de celui qui ne l'est pas.

Mais si, au lieu de laisser exposée à l'air la lame d'aluminium amalgamée, on la plonge dans l'eau ordinaire ou dans l'eau distillée, l'eau est rapidement décomposée, même à la température ordinaire. On voit l'hydrogène se dégager en bulles nombreuses qui viennent éclater à la surface du liquide. On a, en effet, d'après la formule :

$$Al^2 + 3H^2O = Al^2O^3 + 6H.$$

A chaud, le dégagement d'hydrogène *pur* est très rapide et permet de préparer en quelques instants de grandes quantités de ce gaz. Ce procédé est non seulement plus simple et moins dangereux que celui qui consiste à faire réagir $SO^4H^2$ sur Zn ou sur Fe, il est aussi plus économique. De la considération des formules et des poids atomiques, il vient :

$$\underbrace{Al^2}_{2\times 27} + 3H^2O = Al^2O^3 + 6H$$

$$\begin{array}{lll} 54 & & 6 \\ Zn + SO^4H^2 & = SO^4Zn + & 2H \\ 66 \quad 98 & & 2 \\ Fe + SO^4H^2 & = SO^4Fe + & 2H \\ 56 \quad 98 & & 2 \end{array}$$

Pour produire 6 grammes d'hydrogène, il faut donc :

54 grammes d'Al
198 — de Zn
168 — de Fe

sans compter qu'il faut ajouter dans le cas du fer ou du zinc 294 grammes de $SO^4H^2$ et que le gaz obtenu par ces deux derniers procédés est souillé de multiples impuretés. Ceux qui ont besoin d'hydrogène pur en grande quantité (chimistes, aéronautes) auraient peut-être avantage à se servir de notre procédé.

Sur les conseils de notre maître, M. le professeur agrégé Bordier, nous avons recherché si, dans ce phénomène chimique, il n'y aurait pas un dégagement notable d'électricité et c'est précisément là la partie la plus originale de nos expériences.

L'hypothèse s'est trouvée vérifiée de point en point et le type de pile électrique que nous avons réalisé est assurément le plus simple que l'on puisse concevoir.

C'est le plus simple, en effet, au point de vue de la *construction*, car notre élément de pile se compose d'une lame d'aluminium amalgamé et d'une baguette de charbon de cornue plongeant dans de l'*eau pure ;* c'est aussi le plus simple *au point de vue chimique*, car il n'y a pas, comme dans les piles ordinaires, deux ou plusieurs actions chimiques successives (formation d'un oxyde transformé à son tour en sel par action de l'acide), il n'y a là qu'un *simple phénomène d'oxydation*, ainsi que le montre formule que nous donnions plus haut.

La simplicité de cette réaction chimique est à rapprocher, quoique dans un autre ordre d'idées, du dégagement d'électricité que M. Raphaël

Dubois, de Lyon, a observé au moment de l'action des zymases oxydantes.

La force électromotrice de ce singulier élément de pile aluminium-charbon est de 1 volt 3 ; elle monte à 2 volts si l'on ajoute à l'eau du chlorure de sodium et à plus de 2 volts si l'on emploie comme pôle positif, au lieu de charbon, une lame de Cu plongeant dans une dissolution de $SO^4Cu$.

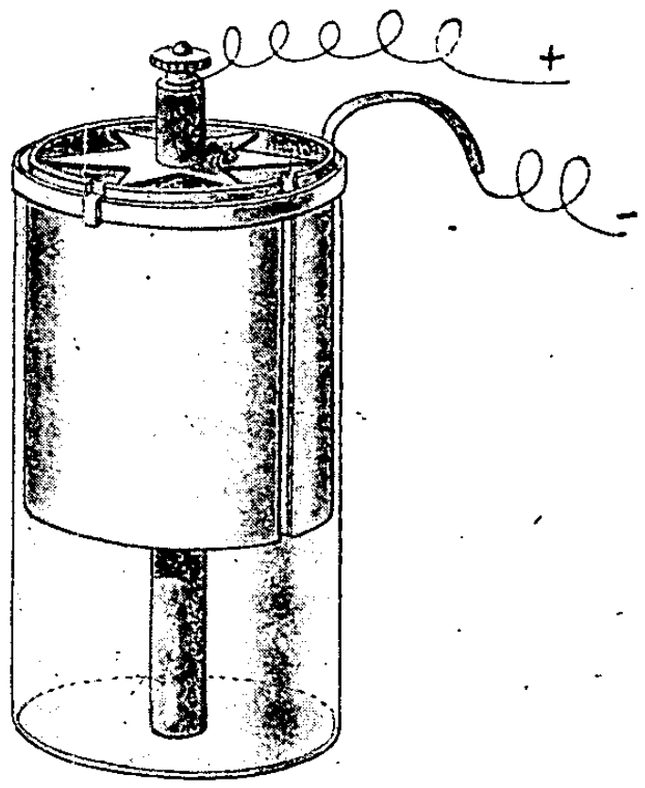



Fig. 1. — Pile à l'aluminium.

Il nous reste maintenant à dire quelques mots sur la disposition que nous avons adoptée comme semblant la meilleure *(fig. 1)*

Le résultat de l'oxydation de l'aluminium étant de l'alumine qui tombe au fond des vases, nous avons imité le dispositif de la pile Callaud. La lame d'aluminium en forme de demi-cylindre ouvert suivant une de ses génératrices est suspendue par de petits crochets sur le bord d'un vase rempli *d'eau*. Au centre est une tige de charbon de cornue (ou mieux un vase poreux à bioxyde de manganèse), maintenue verticale par un disque isolant percé de trous ou par une étoile en fibre végétale ainsi que le représente notre dessin.

Deux points restent encore à éclaircir : l'intensité du courant fourni par cet élément de pile et la question de la polarisation.

L'intensité du courant de la pile telle que nous l'avons décrite et sans autre liquide excitateur que de l'eau pure est de 15 milliampères.

Si on entoure le charbon de coke et de bioxyde de manganèse comme dans la pile Leclanché, l'intensité peut atteindre 450 milliampères.

Cette pile se polarise-t-elle ? On serait tenté de répondre oui et non. Oui, car si l'on relie les deux fils à un voltmètre, on voit la force électromotrice baisser lentement de quelques dixièmes de volt. Non, car passé cela la pile conserve une force électromotrice sensiblement constante jusqu'au moment où la lame d'aluminium rongée et détruite par la réaction chimique disparaît.

Le reproche grave que l'on peut faire à la pile dont nous parlons est, en effet, une usure perpétuelle même en circuit ouvert, tant que la lame d'aluminium plonge dans l'eau. Il est vrai que l'on peut éviter l'usure de l'aluminium soit en retirant de l'eau les lames de ce métal, soit préférablement en jetant l'eau qui remplit les éléments de pile.

Outre un intérêt de curiosité, cette nouvelle pile électrique ne pour-

rait-elle pas remplacer les piles-jouets que l'on donne aux enfants et qui comportent toutes des sels corrosifs ou toxiques ? Il y a là une question d'hygiène et de sécurité qui se trouve ainsi résolue.

---


## M. C. CAMICHEL

Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.


---

### CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA PHOTOMÉTRIE [537.24]

*— Séance du 19 août —*

Les méthodes photométriques fondées sur l'observation directe de l'égalité de deux plages lumineuses ou sur la disparition de franges dans des spectres cannelés permettent rarement d'obtenir des mesures dont l'exactitude dépasse le $\frac{1}{100}$. On peut, il est vrai, employer des procédés d'atténuation de la lumière présentant un degré d'exactitude supérieur au précédent, par exemple celui que j'ai adopté dans mon spectrophotomètre construit par M. Pellin : deux nicols immobiles, entre lesquels se trouve quartz perpendiculaire à l'axe d'épaisseur variable; cet appareil, traversé par des rayons bien parallèles, permet d'atténuer un faisceau de lumière dans un rapport connu à $\frac{1}{300}$ près, et cela sans aucune difficulté. Mais l'œil qui apprécie, en définitive, le moment où l'égalité des deux plages est obtenue, est loin de donner pareille approximation, même si l'on prend, comme je l'ai fait dans mon spectrophotomètre, toutes les précautions pour que les plages soient larges, homogènes et parfaitement contiguës, même si l'on essaye un balancement des deux plages, que j'obtiens en faisant déplacer dans son plan le miroir de mon photomètre. Ce dernier procédé ne m'a pas donné de bons résultats en raison des difficultés pratiques qu'il présente.

Les appareils à disparition de franges sont fatigants et en outre ils exigent l'emploi de sources lumineuses intenses, difficiles à maintenir constantes. Si l'on ajoute aux raisons précédentes, la remarque que l'œil ne permet des mesures que dans une région du spectre lumineux assez restreinte, comprenant une partie du rouge, l'orangé, le jaune, le vert et le commencement du bleu, on est conduit tout naturellement à étudier l'emploi d'autres méthodes photométriques dans lesquelles l'œil n'interviendra

pas et qui permettront l'observation de radiations que l'œil ne voit pas, ou qu'il voit difficilement. Ces méthodes sont fondées sur les actions chimiques de la lumière.

Éliminons tout d'abord l'action de la lumière sur le mélange de chlore et d'hydrogène : elle présente de grandes difficultés en raison de la complication des mesures, et des perturbations énormes provenant de traces d'impuretés dans le mélange gazeux. Le travail classique de Bunsen et Roscoë est trop connu pour qu'il soit nécessaire d'insister. Une autre méthode consiste à employer les plaques photographiques. M. Bouasse, dans un travail du plus grand intérêt, a étudié l'hétérogénéité des plaques photographiques et il a indiqué une méthode photométrique irréprochable, fondée sur l'emploi de plaques photographiques du commerce. Cette méthode a l'inconvénient d'être d'un emploi assez pénible et d'exiger un grand nombre de mesures pour constater l'égalité de deux faisceaux lumineux. J'ai cherché s'il n'était pas possible, tout en employant des plaques photographiques ordinaires, d'imaginer une méthode simple pour la comparaison de deux intensités lumineuses et quelle était l'approximation des mesures en employant ce procédé.

Je vais résumer en quelques mots les principaux résultats de mes recherches.

## ÉTUDE DE L'HOMOGÉNÉITÉ D'UNE PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE.

a) *Clichés correspondant à des intensités égales et à des poses égales.* — L'appareil employé est représenté dans les figures 1 et 2.

On voit que l'on peut faire sur une même plaque photographique, dans une région convenablement choisie, par exemple au centre, une série de petites photographies correspondant à une intensité rigoureusement constante, et à une durée de pose également invariable. La lampe L ne subit pas pendant la durée d'une expérience (dix minutes environ) de variations appréciables, si l'on a soin d'employer une lampe ayant fonctionné déjà pendant trois ou quatre heures, et une batterie d'accumulateurs capable de donner un courant quinze ou vingt fois plus fort que celui de la lampe. Avec ces précautions, la lampe à incandescence est de beaucoup supérieure aux lampes à pétrole et à huile. L'obturateur m'avait été prêté par M. Bouasse, auquel j'adresse ici tous mes remerciements.

Quand on veut faire une expérience, on commence par placer la plaque photographique dans son support sur le chariot de la vis micrométrique. La plaque $p$ de l'obturateur $o$ est dans la position *1*. En mettant, pendant un temps très court, les deux godets $g$ et $h$ en communication, le pendule se met en mouvement et vient se coller contre l'électro-aimant $e$. La plaque est impressionnée, on fait avancer le chariot micrométrique d'un certain

nombre de tours et l'on recommence une deuxième pose. On fait ainsi sur une plaque 13 × 18, et dans la région centrale, une douzaine d'impressions photographiques. Leurs dimensions sont celles de la fenêtre *i* (voir *fig. 1*), par exemple 8 millimètres de haut sur 3 de large; elles sont séparées par 1 millimètre. La plaque photographique ayant reçu les impressions lumineuses est développée, dans l'obscurité la plus complète, dans un bain d'oxalate de potasse et de sulfate ferreux bien homogène et présentant une profondeur de 3 à 4 centimètres. On n'agite pas pendant le développement pour éviter l'action de l'air sur le cliché. Le développement terminé, au bout de dix minutes, on lave la plaque et on la fixe. Les diverses impressions photographiques observées sur un fond uniformément éclairé paraissent avoir la même intensité dans tous les clichés, si les opérations ont été faites avec soin. Il faut pour déceler une hétérogénéité de la plaque, employer un procédé plus précis que l'observation directe; c'est la méthode de M. Bouasse que j'ai adaptée au but que je poursuivais.

Fig. 1

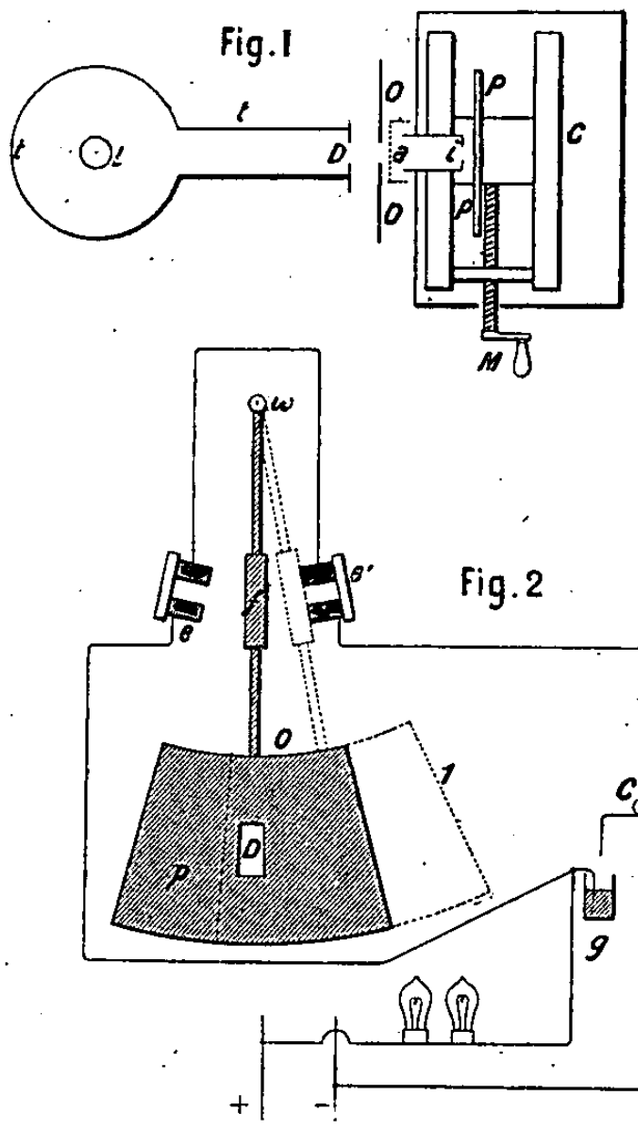



Fig. 2

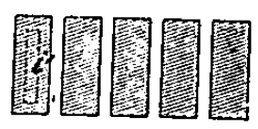


Fig. 3

b) *Étude au moyen de la pile thermo-électrique des impressions photographiques.* — La même lampe à incandescence qui a servi dans la première partie des expériences, éclaire la lentille *e*, en forme l'image d'une portion du filament sur l'ouverture *i'*, qui a remplacé la fenêtre *i*. Quelques millimètres du filament de la lampe à incandescence de 15 volts donnent un flux de chaleur beaucoup plus grand que la même longueur du filament d'une lampe à 110 volts de même puissance: la longueur totale du filament de la lampe à 110 volts étant beaucoup plus grande que celle de la lampe de 15 volts; la lentille *e'* forme sur la pile linéaire ϖ l'image de l'ouverture *i'*. La pile ϖ est reliée à un galvanomètre ; elle est formée par du fer et du constantan; le galvanomètre à fil de quartz, modèle Thomson, a comme résistance intérieure 5 ohms.

Le cliché est replacé exactement dans sa position primitive, la gélatine du côté d'où vient la lumière, on remplace la fenêtre *i*, qui a par exemple

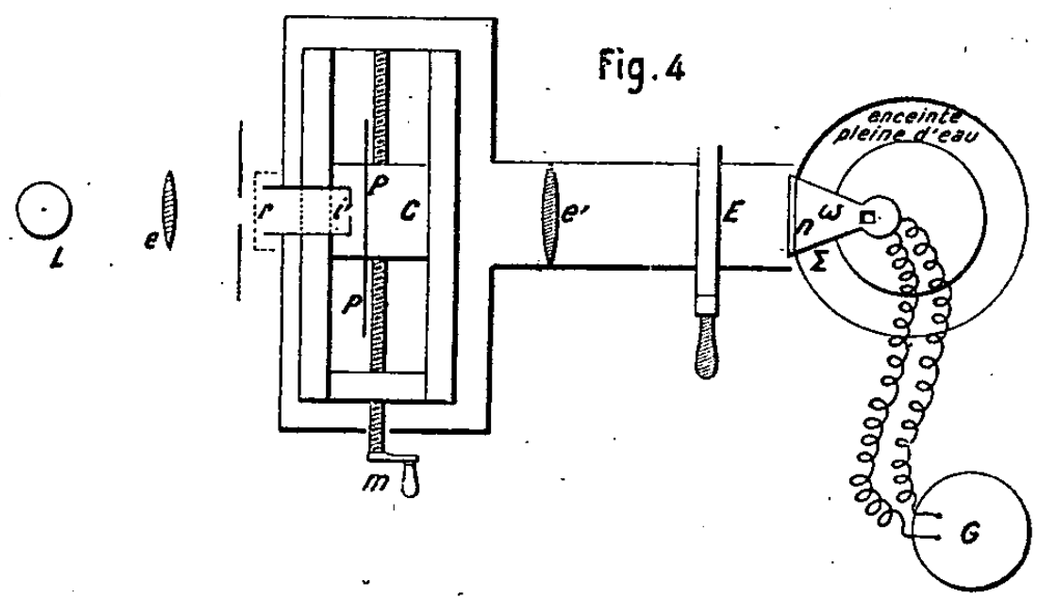


Fig. 4

$8 \times 3$ millimètres, par une fenêtre *i'* qui se place exactement au milieu de la précédente et qui n'a que $6 \times 1$ millimètre. On peut ainsi étudier exactement la partie centrale des diverses impressions photographiques. On amène pour cela le chariot de la vis micrométrique dans les positions qu'il avait pendant la première série d'expériences. Un métronome est placé au voisinage de l'appareil : au battement 1, on ouvre l'obturateur *a* ; au battement 2, on enlève brusquement l'écran E, la déviation galvanométrique est notée, on remet, au battement 5 par exemple, l'écran E, et au battement 6, l'obturateur *a*.

A chaque fois le cliché est donc chauffé de la même façon. On étudie ainsi les parties centrales des diverses impressions photographiques. En

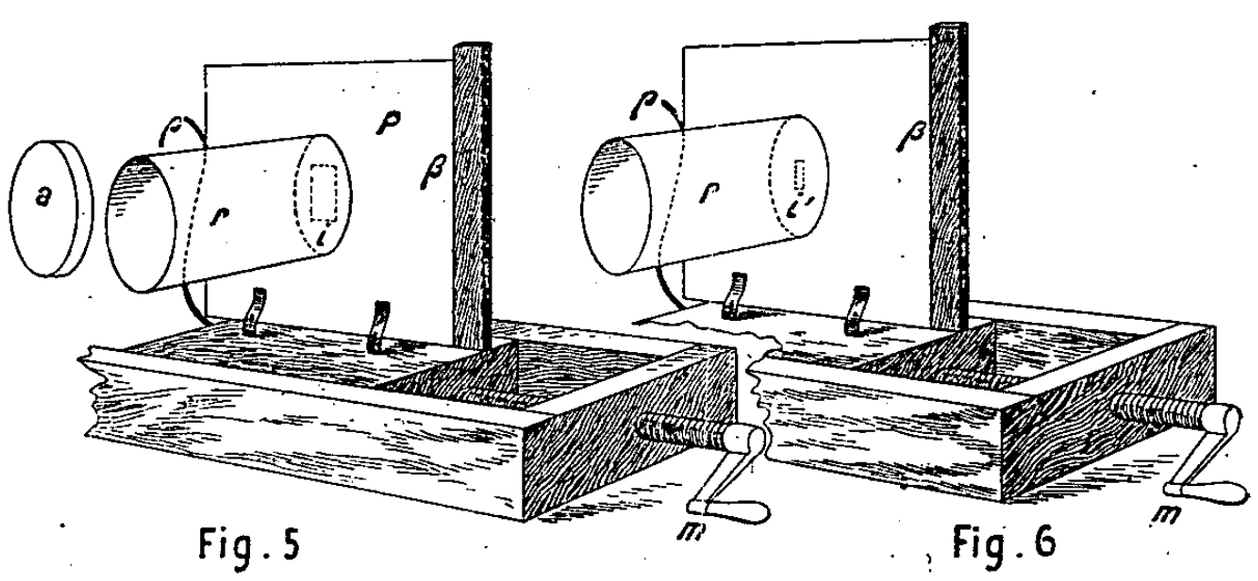


Fig. 5 Fig. 6

prenant toutes les précautions désirables pour éviter les perturbations sur la pile thermo-électrique et sur le galvanomètre (les expériences avaient lieu la nuit), on obtient des déviations remarquablement concordantes. Parmi les clichés observés, le plus grand nombre (environ 80 0/0) ne présentent que des variations très faibles dans leur opacité, quand on étudie

une région parallèle aux grands côtés du cliché et ayant 3 ou 4 centimètres de long sur 1 centimètre de large.

On peut définir l'homogénéité d'une façon arbitraire très simple : soit $\alpha$ la déviation galvanométrique correspondant au centre d'une première impression photographique, soit $\alpha'$ la déviation galvanométrique correspondant à une impression photographique éloignée de 4 centimètres de la première, le rapport $\frac{\alpha - \alpha'}{\alpha}$ peut servir à définir l'homogénéité. Mes expériences montrent, par exemple, que pour les plaques Lumière (marque bleue) 13 $\times$ 18, étudiées parallèlement à leur grand côté, et dans la région centrale, 80 0/0 des clichés donnent:

Valeur absolue de $\left|\frac{\alpha - \alpha'}{\alpha}\right| < \frac{1}{200}$.

Ce résultat est très important : il indique la possibilité d'une méthode photométrique fondée sur l'emploi de ces plaques.

Voici un exemple :

| | Déviations galvanométriques. — Centimètres. |
|---|---|
| 1re impression | 14,10 |
| 2e — | 14,13 5 |
| 3e — | 14,12 |
| 4e — | 14,16 |
| 5e — | 14,16 |
| 6e — | 14,19 |
| 7e — | 14,19 |
| 8e — | 14,18 |

On voit que l'opacité diminue progressivement d'une façon très régulière ; il faut, en effet, remarquer qu'on ne peut pas apprécier plus du $\frac{1}{10}$ de millimètre dans les déviations galvanométriques, les légères irrégularités des nombres précédents sont donc de l'ordre des erreurs d'expérience.

### COMMENT PEUT-ON DÉDUIRE DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS UNE MÉTHODE PHOTOMÉTRIQUE?

Supposons deux sources A et B avec le dispositif décrit plus haut, on forme sur un même cliché : 1° une photographie avec la source A, 2° une photographie avec la source B dont l'intensité a été réduite dans le rapport $\frac{1}{K_1}$ ( $K_1 > 1$); 3° une photographie avec A ; 4° une photographie avec B, dont l'intensité est réduite dans le rapport $\frac{1}{K_2}$ ($K_2 > 1$); 5° une photographie avec A, etc.

Toutes ces photographies correspondent à la même durée de pose. Le cliché développé est étudié avec la pile thermo-électrique. Les photographies impaires donnent le degré d'homogénéité de la plaque; si cette homogénéité est jugée insuffisante, on recommence l'expérience avec une autre plaque. En cherchant les impressions photographiques consécutives, qui donnent la même déviation galvanométrique, il est possible, par une série d'approximations successives, de déterminer dans quel rapport l'intensité de la source B doit être réduite pour qu'elle produise le même effet que A. La comparaison des intensités lumineuses par ce procédé donne des résultats exacts à plus du $\frac{1}{100}$ ; elle est plus longue que les méthodes photométriques directes, mais moins compliquée qu'on ne pourrait le croire, la confection et l'étude des clichés étant très rapide. Il est d'ailleurs nécessaire de remarquer que les méthodes photométriques ordinaires exigent souvent qu'on recommence un grand nombre de fois la même mesure, et même que diverses personnes fassent successivement la même détermination; leur simplicité n'est qu'apparente. La méthode photométrique proposée peut rendre des services pour l'étude du spectre lumineux et ultra-violet, et dans d'autres questions d'actualité, comme l'étude de l'absorption des radiations par les verres employés pour la photographie du ciel.

---

M. le Dr FOVEAU DE COURMELLES

Président de la Société des Gens de Science, à Paris.

## DE QUELQUES MOYENS DE COMPARAISON D'INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE CHIMIQUE

[535.244]

*— Séance du 13 août —*

Les énergies photo-chimiques produisent des brûlures, des érythèmes, enfin les phénomènes électrolytiques ou tout au moins supposés tels. En attendant leurs applications industrielles ou physiques, la photothérapie notamment, utilisant avec succès contre certaines tuberculoses et dermatoses, les rayons chimiques, bleus, violets et ultra-violets de diverses sources électriques ou de radiateurs chimiques spéciaux, il importe de pouvoir déterminer simplement la valeur photo-chimique de ces lumières. Les

papiers photographqiues sensibles sont tout indiqués pour cela à la condition de les prendre absolument semblables à eux-mêmes, d'opérer pour un grand nombre d'expériences avec la même pochette de papier et de se placer en des conditions rigoureusemont comparables. Pour cela, j'ai donc pris d'abord du papier au citrate d'argent Lumière et l'ai placé devant mon radiateur chimique modifié, mais dont le premier modèle à incandescence par charbon spécial et solution bleue a été présenté par M. Lippmann à l'Institut le 24 décembre 1900, et le second à arc voltaïque continu à l'Académie Royale de Médecine de Belgique, le 29 décembre 1900.

Devant l'arc voltaïque obtenu presque en vase clos où des petits orifices, laissent échapper les gaz de combustion et où des miroirs réfléchissent et dirigent toute la lumière ou à peu près, formé des charbons positif et négatif de 10 et 9 millimètres, avec circulation d'eau froide complète ayant lieu au centre entre deux quartz de 3 millimètres d'épaisseur et distants de 5 millimètres, et avec des intensités de 5, 10 et 15 ampères, le noircissement est manifestement proportionnel à ces intensités.

Si l'on opère devant des tubes de Crookes à la même distance du foyer des rayons, ici de l'anticathode, avec les mêmes puissances électriques de 5, 10 et 15 ampères pour un même voltage de 110 volts, le papier au citrate ne donne plus rien ; ce qui prouve sans conteste — indépendamment des incommodités d'un outillage plus complexe et plus dispendieux, malgré quelques auteurs qui les préfèrent — l'infériorité manifeste des rayons X sur les divers radiateurs chimiques, tels que le mien ou ses nombreux dérivés. On me permettra d'ajouter que mon radiateur à miroir parabolique et foyer très près du patient, le premier en date d'ailleurs et non breveté, est encore celui qui a donné jusqu'ici — sans préjudice de ses moindres dépenses d'achat et par séance — les meilleurs résultats thérapeutiques *(Société de Dermatologie et de Syphiligraphie de Paris*, du 1er mai 1902) ; et qu'au point de vue photo-chimique on constate, par le papier au citrate d'argent, que les 5 ampères habituellement nécessaires à son usage correspondent aux 20 et 30 des appareils qui l'ont imité ou suivi. D'autre part, on règle à volonté, ce qui est impossible avec les rayons X, l'intensité des réactions.

Pour étudier la puissance photo-chimique des rayons X sur le papier au citrate, j'ai employé des tubes de Crookes nombreux et variés, durs ou mous et n'ai rien obtenu, avec des intensités dans le circuit primaire de 5, 10 et 15 ampères.

En dirigeant sur du sélénium en un circuit téléphonique les rayons lumineux, j'ai eu aussi des résultats proportionnels à la puissance chimique.

J'ai encore eu des résultats négatifs avec le papier au citrate et l'arc voltaïque continu, en interposant à 50 centimètres sur le trajet des rayons un

verre bleu de Prusse (verre à vitrail), de même avec une lampe à incandescence de 50 bougies avec ou sans verre bleu placé à 20 centimètres de distance. Ces expériences étaient motivées par les résultats curatifs annoncés par l'emploi de lampes à incandescence avec verre bleu à distance ou enveloppant par les docteurs Minine, de Saint-Pétersbourg, et Gustave Kayser, de Vienne (Autriche). Le Dr Minine préconise une lampe à incandescence quelconque de 32 bougies et un verre bleu placé à 70 centimètres sur la région lupique ou suppurante. Le Dr Gustave Kayser emploie des lampes spéciales à verre bleu et précise bien que la nature du verre est très importante pour sa perméabilité aux rayons chimiques (j'ai essayé d'obtenir un positif sur papier au citrate avec l'arc à travers le négatif, bien entendu, je n'ai rien obtenu); il a aussi impressionné à travers des patients du papier sensible (il n'en dit pas la nature). Les malades — n'étaient leurs différences physiologiques et leurs perméabilités si différentes aux rayons X, aux courants de haute fréquence, comme aux autres sources lumineuses — seraient, on le voit, des réactifs très sensibles — sauf à l'arc alternatif impuissant sur eux, paraît-il (?) — et des moyens de comparaison des intensités photo-chimiques : les phlyctènes ou brûlures qu'ils accusent étant en fonction à la fois de leur nature propre et de l'intensité lumineuse.

J'ai essayé aussi, comme moyen de comparaison, le radiomètre de Crookes et les tubes de Geissler à distance; il ne m'ont rien donné devant l'arc voltaïque continu, alors que la rotation ou l'illumination est parfaitement proportionnelle à l'intensité du primaire devant le tube de Crookes ou le résonnateur de haute fréquence, comme le sont déjà la coloration cathodique ou la longueur d'effluve de ces appareils. L'acétylène, en mon radiateur avec échappement des gaz de combustion par une cheminée verticale, est supérieur aux rayons X pour le papier au citrate; toutes ces expériences ont duré un temps uniforme de 15 secondes.

Restait à essayer le papier le plus sensible, au gélatino-bromure d'argent, qu'il faut développer comme l'on sait, et qui s'impressionne rapidement à travers le verre, même avec une bougie, une lampe à incandescence... et il m'a permis les comparaisons suivantes, dans l'ordre décroissant de puissance photo-chimique, l'arc voltaïque continu restant, bien entendu, en première ligne : les rayons X, les effluves de haute fréquence, les effluves statiques avec prédominance pour le pei ne en aluminium de préférence à tout autre métal, la lampe à incande scence à verre spécial bleu et blanc, la lampe à incandescence avec verre bleu spécial sur le trajet, et enfin la lampe à incandescence à verre ordinaire et sans autre verre sur le trajet des rayons...

M. B. BAILLAUD

Directeur de l'Observatoire de Toulouse.

## APPLICATION DU PHOTOMÈTRE A COIN A LA DÉTERMINATION DES GRANDEURS PHOTOGRAPHIQUES DES PLÉIADES

*— Séance du 13 août —*

J'ai annoncé, il y a déjà deux ans, qu'il me paraissait possible d'appliquer le photomètre à coin (Wedge Photometer) à la mesure des grandeurs photographiques des étoiles. On peut, en effet, éteindre au moyen du coin, l'image noire d'une étoile ou le fond d'un cliché éclairé par une source constante comme on éteint une étoile brillante sur le ciel. Il y a cependant, entre les deux expériences, une différence sensible. Quand l'image brillante d'une étoile est éteinte par le coin dans le champ d'une lunette, le fond du ciel l'est aussi, tandis que l'image noire d'une étoile devient invisible sur un fond encore lumineux, ce qui compliquerait nécessairement une théorie. D'autre part l'image photographique d'une étoile brillante est bien plus large que la tache centrale de l'image d'une étoile dans le champ d'une lunette. On arrive à éteindre non un point, mais une plage, ce qui complique encore le phénomène.

Les observations d'extinction sur le ciel ont été reconnues difficiles. Elles exigent de l'observateur un assez long exercice. On devait s'attendre à ce qu'il en serait de même dans l'application aux clichés photographiques. C'est la principale raison pour laquelle j'ai laissé écouler deux ans sans donner une suite à ma première publication insérée aux *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*. Dans cette période, la méthode a été appliquée à l'étude de quatre-vingt-dix clichés du catalogue photographique international et, sauf quelques-uns, au début, presque tous ces clichés ont été mesurés par un même observateur, M^lle^ X., une des auxiliaires de l'Observatoire.

Des occupations trop nombreuses, et l'état de ma santé m'ont empêché de donner à ces mesures toute l'attention qu'il eut été utile. Elles ont été faites presque sans aucune des précautions en usage dans les recherches photométriques. Notamment je n'ai pu m'assurer de la constance de la source lumineuse, ni faire, dans le laboratoire une étude minutieuse du coin employé.

Au cours des deux années, cependant, certaines recherches particulières

ont été faites qui ont permis de préciser les questions à résoudre pour donner à la méthode toute la précision dont elle est susceptible. Ces questions seront mises à l'étude sans nouveau retard, je l'espère du moins.

Il était, en dehors de cela, nécessaire, de se rendre compte de ce que l'on peut attendre de l'instrument. Le présent travail donne, je crois, à cette question, une réponse pleinement satisfaisante.

J'ai utilisé deux clichés des Pléïades, à poses de cinq minutes, obtenus dans de très bonnes conditions par M. Montangerand dont l'habileté n'est plus à louer, l'un en 1900, l'autre en 1902. Ces clichés ont été mesurés par M^lle^ X., chacun deux fois. Chaque mesure est d'ailleurs la moyenne de deux extinctions, de sorte que les nombres employés sont chacun la moyenne de quatre lectures.

J'ai comparé les mesures du cliché de 1902 aux grandeurs données par M. Gaultier, astronome à l'observatoire d'Alger, et publiées par lui dans deux catalogues annuels présentés à ce Congrès. Je me suis borné aux étoiles dont la distance à Alcyone ne dépasse pas quarante-cinq minutes d'arc, afin d'éliminer, dans la mesure du possible, les erreurs qui résultent de ce que les surfaces focales des objectifs d'Alger et de Toulouse ne sont pas planes et n'ont pas la même courbure. Il y a lieu de remarquer que cette précaution ne supprime pas complètement la cause d'erreur et qu'il peut subsister entre les diverses régions de la partie employée du champ des écarts correspondant à plusieurs dixièmes de grandeur. Le nombre des étoiles discutées a été 167, de la grandeur 3,93 (Alcyone) à la grandeur 11,92.

J'ai combiné par des moyennes les lectures du photomètre et les gran-

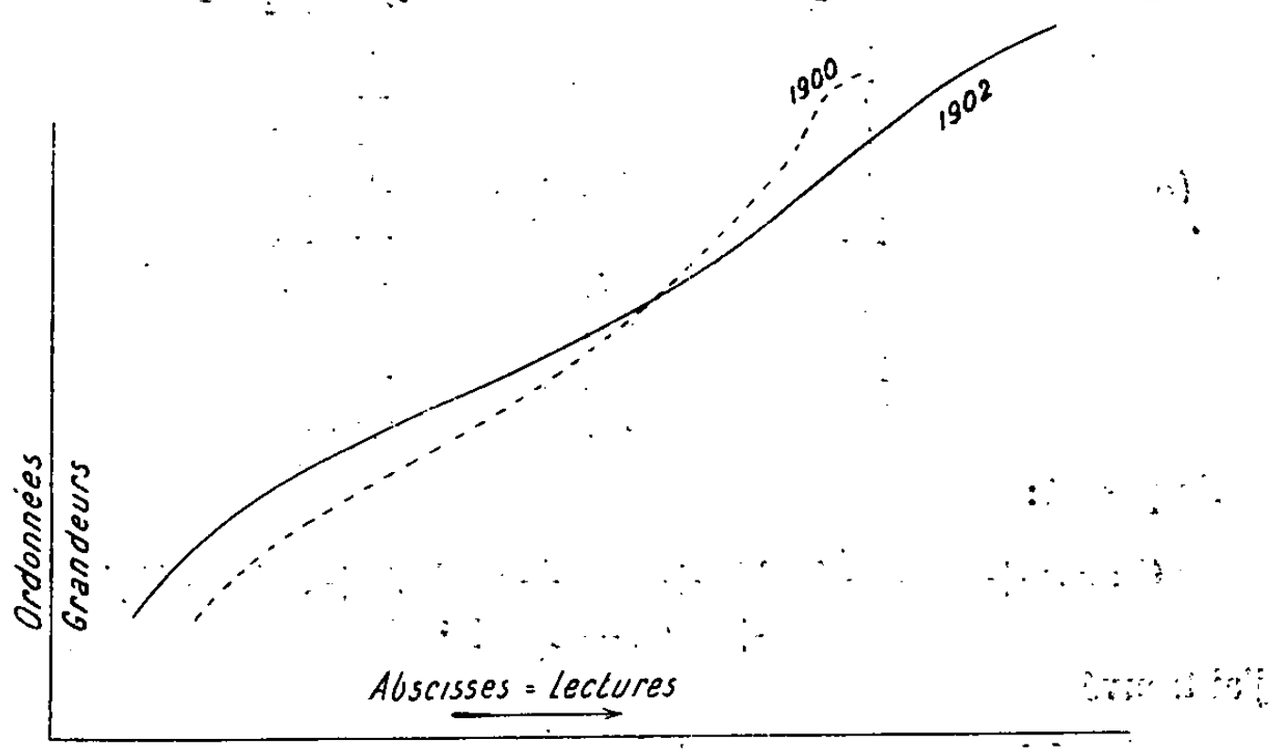



FIG. 1.

deurs correspondantes, pour chaque intervalle d'une grandeur entière jusqu'à la grandeur 10, puis par demi-grandeur jusqu'à 11, ensuite par

tiers de grandeur. J'ai représenté ces moyennes par une courbe en prenant les lectures pour abscisses, les grandeurs pour ordonnées.

J'ai fait de même pour le cliché de 1900 pour lequel le nombre des étoiles mesurées s'est trouvé très notablement moindre, surtout à l'égard des étoiles faibles. J'ai relié les points obtenus par un trait continu pour chaque cliché. La figure 1 reproduit les courbes dont l'examen est intéressant.

Dans le cliché de 1900 le premier point de la courbe correspond à la grandeur 4,39 et à la lecture 4,20 ; le dernier à la grandeur 11,15 et à la lecture 12,27.

Dans le cliché de 1902 les coordonnées du premier point sont 4,39 et 3,50 ; celles du dernier 11,81 et 14,70. Sur cette courbe, à la grandeur 11,15 correspond l'abscisse 13,50.

On voit que de 1900 à 1902, l'échelle des lectures s'est élargie très sensiblement. L'observatrice en avait eu d'ailleurs un sentiment très net depuis un assez grand nombre de mois.

Les deux courbes ont des formes analogues. On voit qu'on ne peut songer à obtenir une représentation algébrique entière sans aller jusqu'au quatrième degré.

J'ai déterminé par la méthode de Cauchy, pour le cliché de 1902, la formule représentant le mieux les onze points employés. Les moyennes étaient :

| | Grandeurs. | Lectures. | Résidus. |
|---|---|---|---|
| | 4,39 | 3,50 | + 0,01 |
| | 5,52 | 4,40 | — 0,02 |
| | 6,64 | 6,21 | — 0,09 |
| | 7,61 | 8,34 | — 0,05 |
| | 8,53 | 9,95 | — 0,05 |
| (A) | 9,53 | 11,33 | + 0,02 |
| | 10,24 | 12,22 | + 0,04 |
| | 10,76 | 12,89 | + 0,06 |
| | 11,18 | 13,53 | + 0,05 |
| | 11,48 | 14,11 | — 0,11 |
| | 11,81 | 14,70 | + 0,18 |

En posant :

$$G = x + y\,(L - 10{,}11) + z\,(L - 10{,}11)^2 + t\,(L - 10{,}11)^3 + u\,(L - 10{,}11)^4$$

j'ai trouvé

$$x = 8{,}66$$
$$y = 0{,}660$$
$$z = 0{,}0495$$
$$t = -\,0{,}00397$$
$$u = -\,0{,}00160$$

et les résidus ont eu les valeurs inscrites dans la troisième colonne du tableau A.

La moyenne des valeurs absolues de ces résidus est de 6 centièmes. Elle ne dépasse pas un seizième de grandeur.

L'affaiblissement de ces résidus pouvant tenir au grand nombre des étoiles de chaque groupe, j'ai calculé les résidus relatifs à chacune des étoiles. La moyenne des valeurs absolues a été 26 centièmes de grandeur.

On estimera sans doute que ce résultat, 1/4 de grandeur, est aussi petit qu'il fût possible de l'espérer. Il démontre à la fois l'exactitude des mesures de M. Gaultier (qui a mesuré les diamètres) et celles de l'observatrice de Toulouse. Les grandeurs conclues des mesures de Toulouse seront publiées avec l'ensemble des recherches faites jusqu'à ce jour.

---


# M. A. RATEAU

Ingénieur au Corps national des Mines, à Paris.


## EXPÉRIENCES SUR L'ÉCOULEMENT DE LA VAPEUR D'EAU PAR DES ORIFICES

*— Séance du 13 août —*

Malgré l'intérêt que présente le phénomène de l'Écoulement des vapeurs en raison de sa connexion étroite avec les théories thermodynamiques, les physiciens paraissent s'être jusqu'à présent désintéressés de son étude. Cela tient sans doute d'abord à ce que les expériences que l'on peut faire à ce sujet exigent un matériel assez compliqué et assez coûteux qui ne se trouve que dans les usines, et ensuite à la grande difficulté qu'il y a à faire des mesures quelque peu précises. Aussi les seules recherches expérimentales que nous ayons nous sont-elles données par des Ingénieurs.

Préoccupé de vérifier avec autant d'exactitude que possible les formules de la thermodynamique en vue de leur application au calcul des turbines à vapeur, j'ai entrepris dans l'hiver de 1895-96, à Saint-Étienne, toute une série d'expériences dont j'ai donné les résultats complets dans un mémoire inséré dans la livraison de janvier 1902 des *Annales des Mines*.

Peut-être ne sera-t-il pas inutile de rappeler ici les résultats que j'ai obtenus, lesquels, disons-le de suite, s'accordent parfaitement avec les formules thermodynamiques et avec les tables de Regnault. Ils permettent même

d'évaluer l'équivalent mécanique de la calorie à 431 kilogrammètres, chiffre très voisin de celui qui est maintenant admis.

Avant de décrire sommairement la méthode expérimentale que j'ai employée, je rappellerai la théorie de l'écoulement des vapeurs.

*Théorie.* — L'écoulement des fluides élastiques par des tuyères ou par des orifices en mince paroi diffère beaucoup de l'écoulement des liquides dès que le rapport $\frac{p}{P}$ de la pression d'aval $p$ à la pression d'amont P est notablement inférieur à l'unité.

Soient :

$s$, la section transversale de la tuyère en un point quelconque;
V, la vitesse d'écoulement du fluide en ce point;
Q, le débit en volume du fluide dans la section $s$;
$\varpi$, le poids spécifique moyen du fluide à l'état où il se trouve (homogène ou hétérogène) en traversant la section $s$.

On a tout d'abord pour expression du débit Q :

$$Q = Vs;$$

et le débit en poids I, égal à $\varpi Q$, est lié à la section $s$ et à la vitesse V par la formule ci-après :

$$I = \varpi V s. \qquad (1)$$

Si $\varpi$ est constant, ce qui est le cas des liquides, la section $s$ est inversement proportionnelle à V, et V augmente toujours, par conséquent, quand $s$ décroît. Mais il n'en est plus de même avec les fluides élastiques : à mesure que la pression s'abaisse, $\varpi$ décroît pendant que V croît, en sorte que le produit $\varpi V$, d'abord croissant, passe par un maximum pour décroître ensuite. Dans le cas des gaz, le maximum a lieu pour un rapport $\frac{p}{P}$ des pressions égal à 0,52 ; et, avec la vapeur d'eau, il a lieu quand ce rapport est voisin de 0,58, quelle que soit la pression P d'amont.

Ainsi, lorsque la pression d'aval $p$ est plus basse que 0,58 P, il est nécessaire que la tuyère d'écoulement, d'abord convergente, devienne ensuite divergente, si l'on veut que la vapeur continue de s'y détendre de manière que la vitesse atteigne la valeur qui correspond à la chute de pression de P à $p$; et le rapport de la section finale $s_1$ de la tuyère à la section $s$ au col (*) devra varier avec le rapport $\frac{p}{P}$ des pressions. Dans le

(*) J'appelle « col » de la tuyère convergente-divergente, la partie la plus étroite.

col, la pression est toujours égale à 0,58 P, et la vitesse (qui ne dépend que de P) ne diffère pas, ainsi qu'Hugoniot l'a établi (*), de la vitesse du son dans le fluide à l'état où il s'y trouve.

Si, la tuyère étant construite, on abaisse la pression d'aval $p$ au-dessous de la valeur $p_1$ qui correspond au rapport $\frac{s_1}{s_c}$ des sections de sortie et du col, la pression du fluide à la fin de la tuyère n'est pas $p$, mais $p_1$, laquelle est dans un rapport fixe avec la pression d'amont P. A la sortie de la tuyère, le fluide entrant brusquement dans une enceinte où la pression est plus basse que la sienne, fait en quelque sorte explosion ; c'est pourquoi on voit la veine fluide se renfler en forme de paraboloïde. Le renflement de la veine cesse dès que la pression d'aval atteint la valeur $p_1$.

Quant au débit de vapeur, il est indépendant de la pression d'aval si celle-ci est inférieure à 0,58 P, tandis qu'il en dépend, au contraire, quand $p$ est plus grand que 0,58 P. Il y a donc lieu de distinguer deux cas très différents. Dans le premier, le calcul du débit ne dépend que de P et la formule est simple; dans le deuxième, il dépend à la fois de P et de $p$.

Pour les deux cas, d'ailleurs, c'est la section la plus rétrécie de la tuyère (au col, si elle est convergente-divergente, ou à la sortie, si elle est seulement convergente) qu'il faut faire intervenir dans le calcul du débit.

Ce qui précède ne s'applique, bien entendu, qu'aux tuyères proprement dites. S'il s'agit d'orifices en mince paroi, le coefficient de contraction K, qui varie beaucoup avec le rapport $\frac{p}{P}$ des pressions, complique le phénomène.

*Formule de la vitesse.* — La vitesse V de la vapeur peut se calculer par deux voies différentes : ou bien par la mécanique ordinaire, quand on connaît le volume spécifique $v$ et la pression $p$, ou bien par la thermodynamique, quand on dispose des constantes calorifiques de la vapeur, c'est-à-dire des tables de Regnault pour la vapeur d'eau.

La première méthode donne la formule générale dite de Weisbach :

$$\frac{V^2}{2g} = \int_p^P v\,dp \qquad (2)$$

que l'on pourra intégrer si l'on a la relation entre $v$ et $p$.

Il faut toujours supposer, dans l'écoulement des fluides par les tuyères, que la détente est adiabatique, car le fluide reste si peu de temps dans la tuyère (quelques dix-millièmes de seconde) qu'il ne peut céder ou recevoir une quantité de chaleur appréciable. Or, on sait que, pour le cas de la

(*) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CIII, 1886, p. 100.

détente adiabatique de la vapeur d'eau initialement saturante, Zeuner a montré (*) qu'on avait approximativement, dans de larges limites de pression :

$$pv^{\gamma} = \text{constante}, \tag{3}$$

comme pour les gaz, mais avec $\gamma = 1{,}135$ au lieu de 1,41.

En portant $v$, tiré de cette relation, dans la formule précédente, on obtient V en fonction de P et $p$. Tenant compte, d'autre part, de la formule empirique, indiquée par Zeuner ($\varpi = 0{,}587\ p^{0{,}94}$), qui donne le poids spécifique de la vapeur en fonction de la pression, on trouve pour formule du débit, lorsque $p$ égale 0,58 P :

$$\mathrm{I} = 15{,}26\ \mathrm{P}^{0{,}97}, \tag{4}$$

I étant le débit de vapeur en grammes par seconde et par centimètre carré d'orifice.

Cette formule a été donnée par le Dr Grashof (*Theoretische Maschinenlehre*, t. I, § 111).

D'après la deuxième méthode, développée par Zeuner l'énergie cinétique $\frac{V^2}{2g}$ de l'unité de poids du fluide doit, quand la détente dynamique s'est effectuée de P à $p$, être égale à l'énergie représentée par le diagramme entropique.

D'après cela, si la vapeur est initialement saturante, on peut écrire :

$$\mathrm{V}^2 = 2g\,\mathrm{E}\,\theta\left(\frac{r}{\mathrm{T}_0} + \frac{\mathrm{C}\theta}{2\mathrm{T}'}\right), \tag{5}$$

C étant la chaleur spécifique du liquide, $r$ la chaleur de vaporisation, $\mathrm{T}_0$ la température d'amont, $\mathrm{T}_1$ la température d'aval, $\theta$ la chute $\mathrm{T}_0 - \mathrm{T}_1$ de température, et T′ étant voisin de la moyenne arithmétique $\frac{1}{2}(\mathrm{T}_0 + \mathrm{T}_1)$ des températures extrêmes.

Telle est, sous son expression la plus simple, la formule qui sert à calculer la vitesse d'écoulement de la vapeur. On voit qu'elle suppose la connaissance : 1° des températures qui correspondent aux pressions ; 2° de la chaleur de vaporisation du liquide ; 3° de la chaleur spécifique du liquide. Ces renseignements sont donnés, en ce qui concerne l'eau, par les tables de Regnault, avec une approximation plus que suffisante pour la pratique.

*Calcul du débit en poids.* — Pour calculer le débit en poids, il faut d'abord avoir calculé la vitesse, puis évaluer le poids spécifique de la

(*) *Théorie mécanique de la chaleur.* Traduction Arnthal et Cazin, p. 331.

vapeur dans la section de la tuyère considérée, enfin tenir compte de la quantité de liquide qui s'est formée pendant la détente adiabatique et qui est entraînée dans la vapeur, en faisant avec elle un mélange probablement homogène.

Le poids spécifique $\varpi$ de la vapeur d'eau se déduit des tables de Regnault, à l'aide de la formule de Clapeyron. Il a été calculé une fois pour toutes et se trouve habituellement dans une colonne supplémentaire des tables tirées de celles de Regnault. Quant à la quantité de liquide formée, il faut la calculer d'après le diagramme d'entropie, ou la relever sur un abaque tracé une fois pour toutes, comme celui que j'ai donné dans mon rapport au Congrès international de Mécanique appliquée.

Si on néglige le volume spécifique du liquide vis-à-vis de celui de la vapeur (qui est plusieurs centaines de fois plus grand), on aura pour le débit en poids,

$$I = \frac{\varpi s V}{x},$$

$x$ étant le titre en vapeur.

Inversement, étant donné un poids I de fluide coulant par une tuyère, on peut, par cette formule, calculer la section transversale nécessaire à l'écoulement de ce poids I quand la pression a pris une valeur quelconque $p$.

*Formule pratique du débit.* — Lorsque la tuyère d'écoulement est convergente, et que la pression d'aval $p$ est plus petite que 0,58 P, le débit ne dépend que de la pression d'amont P, parce qu'alors la pression $p$ à la sortie de la tuyère est toujours égale à 0,58 P. Si l'on fait le calcul du débit I par unité de section de l'orifice de sortie de la tuyère, ou plutôt le calcul du rapport $\frac{I}{P}$ qui varie peu, on trouve des résultats tels que, si on porte en abscisse le log P et en ordonnée la vapeur trouvée pour le rapport $\frac{I}{P}$, les points ainsi obtenus viennent se ranger presque rigoureusement sur une ligne droite depuis P = 1 kilogramme par centimètre carré jusqu'à P = 13 kilogrammes par centimètre carré. Les écarts ne dépassent pas 1 millième, ainsi qu'on le voit sur la figure de la figure 3, où les points théoriques calculés sont marqués par des points entourés de cercles. L'on peut donc écrire la formule empirique très simple suivante :

$$\frac{I}{P} = a - b \log P, \tag{6}$$

$a$ et $b$ étant deux constantes dont les valeurs les plus convenables sont : $a = 15{,}20$ et $b = 0{,}96$, le débit étant, nous le répétons, estimé en

grammes par seconde et par centimètre carré de l'orifice de sortie de la tuyère. Nous verrons que nos expériences conduisent à augmenter un peu le coefficient 15,20 et à le porter à la valeur 15,26.

*Expériences.* — Les auteurs qui ont opéré avant nous ou après nous — Minary et Resal en 1861, M. Parenty en 1891, Napier en 1866, Peabody et Kunhard en 1888-90, Miller et Read en 1895, Rosenhain en 1899 — ont tous employé la même méthode consistant à recueillir la vapeur, après qu'elle a traversé la tuyère ou l'orifice en essai, dans un condenseur de surface et à peser l'eau formée pendant un certain laps de temps. Mais cette méthode, outre qu'elle est d'une exécution assez laborieuse, ne peut pas donner une exactitude suffisante, à cause, d'une part, de la variation continuelle de la pression aux chaudières et, d'autre part, de l'eau entraînée par la vapeur. Les résultats trouvés doivent être en général erronés par excès.

Pour s'affranchir de ces causes d'erreur, il faut s'arranger de façon à exécuter toutes les lectures dans un instant très court, lorsque le régime permanent de l'écoulement est suffisamment établi. Les expériences deviennent alors rapides et précises. Je suis parvenu à ce résultat par l'application d'une méthode nouvelle, indirecte, consistant à condenser la vapeur qui s'est écoulée par la tuyère dans un courant d'eau très froide et à mesurer simultanément le débit total du courant et l'élévation de température de l'eau. Cette méthode est fondée sur l'emploi d'un éjecto-condenseur.

Le débit total du courant d'eau, après condensation de la vapeur, est évalué par l'écoulement de ce courant à travers une tuyère conique, sous une hauteur de charge que l'on mesure avec soin. Connaissant le débit Q total et l'élévation de température $\theta$, on en déduit le débit X de vapeur en poids, d'après la chaleur spécifique C de l'eau et la chaleur totale de formation $\lambda$ de la vapeur d'eau, par la formule :

$$X = Q \frac{C\theta}{\lambda - Ct_0},$$

$t_0$ étant la température initiale de l'eau.

Chaque expérience individuelle ne durait pas plus de une à deux minutes ; il a été dès lors possible d'en faire sans trop de peine plusieurs centaines.

Comme précision, j'espérais tout d'abord atteindre presque le millième en raison du soin que j'avais mis à restreindre les causes d'erreur ; mais le déplacement du zéro de l'un de mes thermomètres pendant le cours des expériences est venu troubler mes mesures plus que je ne m'y attendais. J'estime maintenant qu'en reprenant ces expériences avec des instru-

ments de mesures plus précis, il serait aisé d'avoir l'approximation du millième.

La figure 1 représente le schéma de mon dispositif.

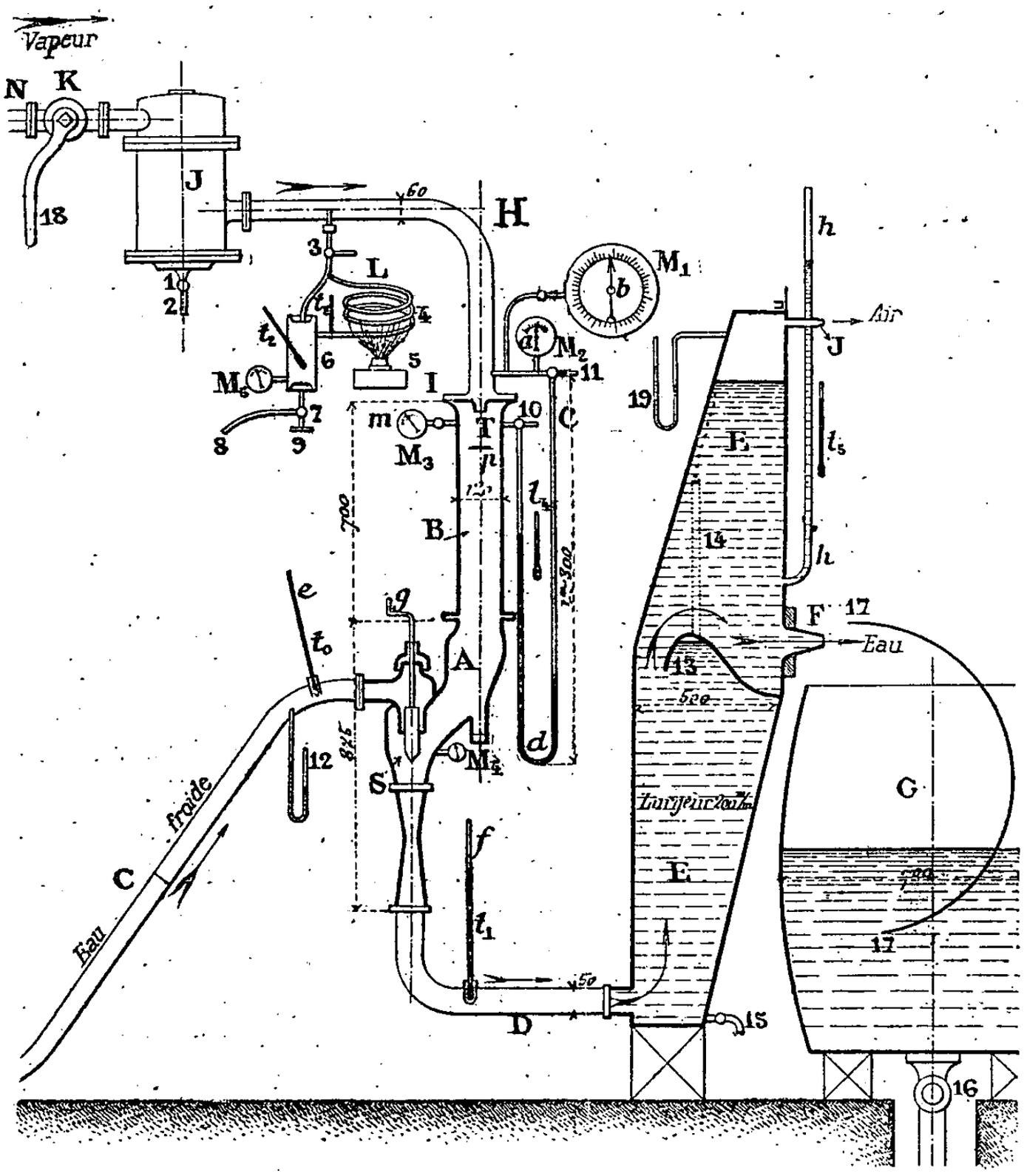



Fig. 1.

A est l'éjecto-condenseur qui reçoit la vapeur par le tuyau B et l'eau froide par le tuyau C. L'eau chaude contenant la vapeur condensée vient par le tuyau D dans la chambre métallique E, où l'air entraîné se sépare, puis elle s'écoule au dehors par l'orifice calibré F à une pression mesurée par le manomètre à eau *hh*.

L'accroissement de température de l'eau est mesuré par les thermomètres *e* et *f* gradués en vingtièmes de degré.

La tuyère en essai est placée en T à l'entrée du tuyau B. Elle reçoit là

vapeur par un tuyau N muni d'un robinet K et sur lequel est disposéun séparateur d'eau J et un appareil L destiné à mesurer l'humidité restante.

Enfin les pressions P et $p$ à l'amont et à l'aval de la tuyère sont mesurées par des manomètres métalliques spéciaux $M_1$, $M_2$, $M_3$ ou par un manomètre à mercure.

J'ai pu ainsi opérer sur différentes tuyères convergentes et sur un orifice en mince paroi, dans une étendue de pressions allant de $0^{kg},10$ à 12 kilogrammes par centimètre carré.

Le graphique de la figure 3 traduit les résultats obtenus dans les cas où la pression d'aval $p$ était inférieure à 0,58 P. Sur ce graphique, les points indiquent le rapport $\frac{I}{P}$ (qui est peu variable), du débit I (en grammes par seconde et par centimètre carré de section), à la pression d'amont P en kilogrammes par centimètre carré, en fonction du log de la pression P en abscisse.

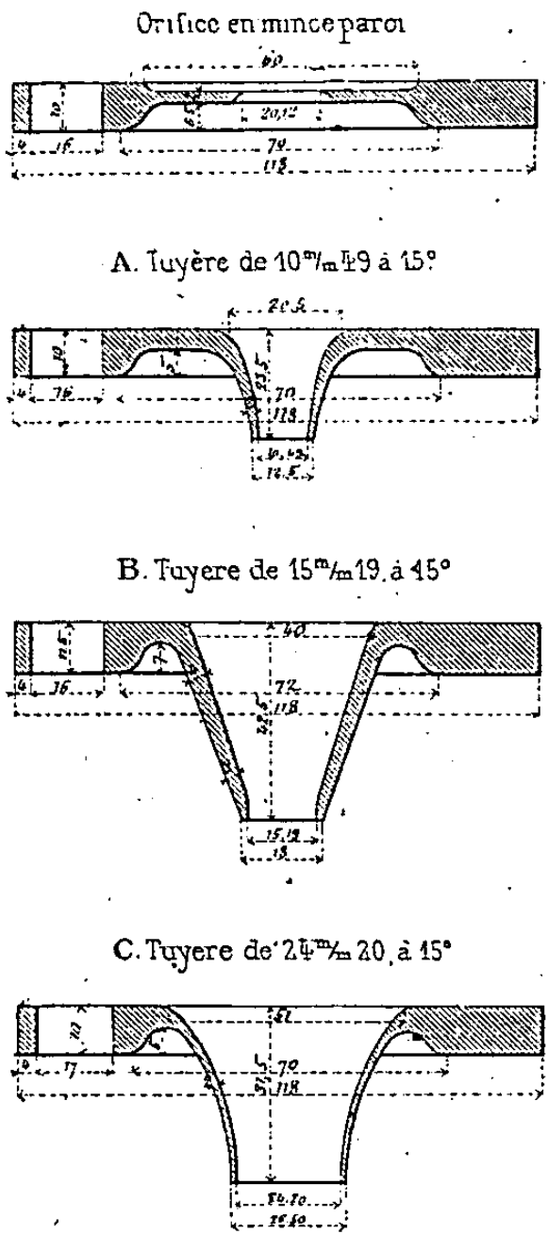



FIG. 2.

On voit que les points expérimentaux s'écartent assez peu de la droite théorique AB calculée d'après les tables de Regnault en partant de la valeur 425 pour l'équivalent mécanique de la calorie.

L'écart moyen, par excès, est d'environ 7 millièmes. Il se réduirait à peu de chose en augmentant de quelques unités l'équivalent mécanique.

La formule pratique du débit de la vapeur initialement saturante et sèche par des tuyères convergentes, est donc, lorsque $p < 0{,}58\ P$ :

$$\frac{I}{P} = 15{,}26 - 0{,}96 \log P,$$

entre $P = 1$ et $P = 12$ kilogrammes par centimètre carré.

Quand la pression d'aval est plus grande que 0,58 P, l'écoulement ne dépend pas seulement de la pression d'amont P, mais aussi de la pression d'aval $p$. On peut présenter les résultats sous une forme facile à discuter en prenant le rapport du débit constaté I au débit maximum $I_m$, qui a lieu quand la pression d'aval est inférieure à 0,58 P. Ce rapport $\frac{I}{I_m}$ ne dépend

plus alors, à très peu de chose près, que du rapport $\frac{p}{P}$ entre les pressions. On peut donc porter les points sur un graphique et construire la courbe de $\frac{I}{I_m}$ en fonction de $\frac{p}{P}$.

Ces points se rangent assez bien sur une courbe de forme elliptique,

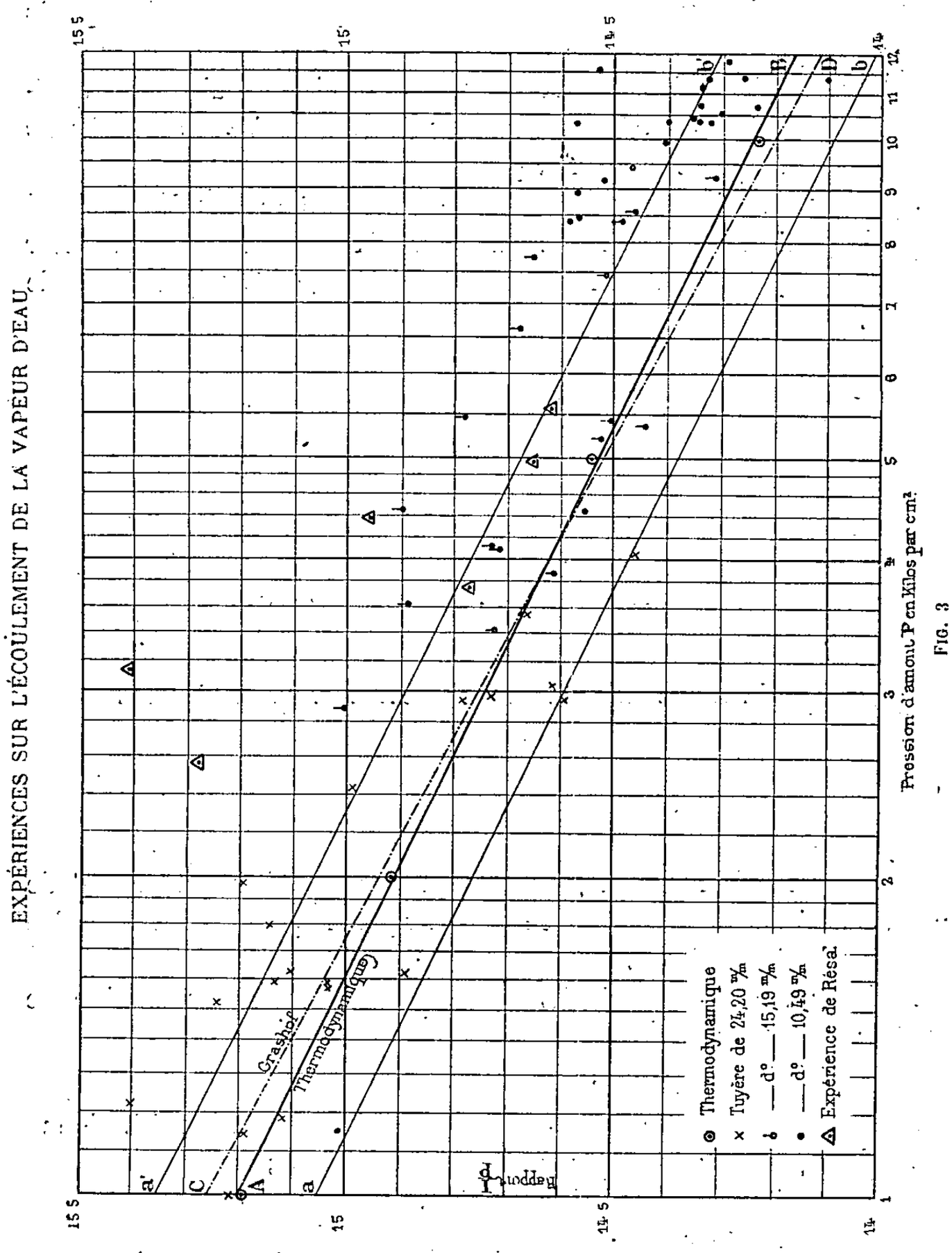



FIG. 3

comme l'a signalé le premier M. H. Parenty. Toutefois l'on constate des écarts assez notables, ainsi d'ailleurs que cela a lieu avec les expériences de Hirn sur l'écoulement de l'air sec.

*Orifice en mince paroi.* — L'orifice en mince paroi ne se comporte pas de la même manière que les tuyères convergentes. Le débit ne devient pas maximum pour $p$ égal ou un peu inférieur à 0,58 P ; il croît constamment à mesure que $p$ s'abaisse.

Les expériences montrent que le coefficient de dépense, d'abord égal à 0,61 pour de faibles différences de pressions, va en croissant assez régulièrement jusqu'à la valeur 0,87 qui est atteinte pour des pressions $p$ très faibles.

Tous ces résultats s'accordent bien avec ceux qui se déduisent des expériences de Hirn sur l'air. Je le montre dans mon *Mémoire des Annales des Mines*, auquel on peut se reporter pour les détails.

J'y analyse aussi le phénomène de l'écoulement d'un liquide chaud qui offre des particularités très remarquables et qui semble notamment prouver qu'il peut se présenter dans les fluides des discontinuités de pression et de vitesse.

---


## M. P. JUPPONT

Ingénieur des Arts et Manufactures, à Toulouse.


---

### SUR L'IDÉALITÉ DU PRINCIPE DIT DE L'ACTION ET DE LA RÉACTION

---

*— Séance du 13 août —*

La recherche de la valeur philosophique des postulats qui servent de base à la mécanique est l'un des chapitres les plus importants de la synthèse des sciences énergétiques.

Il est couramment admis (1) que ces postulats sont au nombre de quatre :

1° L'Inertie de la matière ;
2° La proportionnalité de la force à son effet mesuré par l'accélération ;
3° L'indépendance des effets des forces simultanées ;
4° L'Égalité de l'action et de la réaction.

Ces quatre postulats ne sont pas indispensables.

Le système dans lequel l'énergie est définie à l'aide du produit de la

(1) Maurice LÉVY : *Éléments de cinématique et de mécanique*, 1902, p. 152.

masse par son potentiel, permet d'édifier la mécanique sur cette définition, jointe au principe de la conservation de l'énergie, si l'on accepte de mesurer expérimentalement la matière par les constantes des lois de Képler.

$$M = L^3T^{-2} \text{ donne la masse,}$$

$$q = L^2T^{-1} \text{ donne la quantité } q = \frac{M}{v}.$$

Afin de prouver combien est fragile l'édifice des quatre postulats classiques, nous allons examiner le principe de l'égalité de l'action et de la réaction.

Les esprits les plus éminents le considèrent comme un critérium absolu de la véracité de telle ou telle hypothèse ; c'est ainsi que M. Poincaré (1) en parlant des théories électro-optiques dit : « Ce que nous avons de plus satisfaisant, c'est la théorie de Lorentz.....

... Néanmoins, elle a encore un défaut grave,... elle est contraire au principe de l'action et de la réaction ».

Nous n'admettons pas cette méthode de critique, parce que pour nous le postulat de l'égalité de l'action et de la réaction ne s'applique pas aux phénomènes réels ; il n'est qu'un corollaire de la loi de l'inverse du carré de la distance ; comme elle, il n'est rigoureux que dans les milieux abstraits et sans réalité physique.

Loi de Newton et principe de l'action de la réaction sont des abstractions géométriques et non des lois énergétiques applicables à la matière.

Avant d'entrer dans la discussion du quatrième postulat de la mécanique, recherchons ce que l'on entend par action et par réaction.

Quelques citations empruntées à différents auteurs, à diverses époques, vont nous édifier sur l'imprécision de ces termes.

A l'époque de Newton, le sens du mot *action* était comme de nos jours pour bien des esprits, synonyme de *cause* et *réaction*, synonyme *d'effet*.

Le P. de Chales (2), dans sa proposition cinquième, énoncé déjà (3) à propos des déformations du ressort, le théorème : « Le ressort agit autant d'un côté qu'on lui résiste de l'autre ».

C'est évidemment un cas particulier dans lequel on vérifie le principe de l'égalité de l'action et de la réaction et l'auteur termine sa démonstration en disant : « Je prouve ainsi par raison la mesme proposition, considérant le *progrez de l'action*, par laquelle le ressort agit et se remet dans son état naturel ».

(1) POINCARÉ : *Rapports présentes au Congrès international de physique de 1900* (tome I, p. 24).

(2) R. P. de CHALES, de la Compagnie de Jésus, 1682 : *Traité du mouvement local et du ressort*, p. 86. (ouvrage posthume ; Chales, 1621-1678).

(3) Les *Philosophiæ naturalis Principia Mathematica* de Newton sont de 1687.

Dans l'Encyclopédie, les articles « Action (1) et Réaction (2) » sont de d'Alembert. Nous ne les citerons que partiellement: « *Action* est un terme dont on se sert en méchanique pour désigner quelquefois l'*effort* que fait un corps ou une *puissance* (3) contre un autre corps ou une autre puissance, quelquefois l'*effet* même qui résulte de cet effort.

»... Si nous nous demandons ce qu'on doit entendre par *action*, en n'attachant à ce terme que des idées claires, nous répondrons que c'est le *mouvement* qu'un corps produit réellement, ou qu'il tend à produire dans un autre...

» La *Réaction* (3) est l'action d'un corps sur un autre dont il éprouve l'action.

» Les péripatéticiens définissent la réaction d'un corps l'impression qu'il exerce sur la partie même de l'agent qui l'a affecté, comme fait l'eau jetée sur le feu, qui en même temps qu'elle s'y échauffe éteint le feu. »

Au XVIII^e^ siècle, le sens du terme action n'était donc pas comme aujourd'hui limité à celui de la force, mais l'emploi que fait d'Alembert des termes: *effet*, *puissance*, *effort*, *mouvement*..., pour faire comprendre ce qu'est l'action, n'aboutit cependant pas à une définition rigoureuse.

D'Alembert termine l'article Réaction par des considérations qui ont été souvent mal reproduites dans les ouvrages ultérieurs; il dit: « Ces actions produisent des changements égaux, non pas à la vérité dans les vitesses, mais dans les *mouvements* des deux corps, c'est-à-dire dans les *produits de leurs masses par leurs vitesses.* »

Il y a là une première spécialisation de la troisième loi de Newton, puisque d'Alembert la rapetisse au théorème des quantités de mouvement qui n'en est qu'un cas particulier, applicable à des masses dont on connaît les trajectoires.

De l'équation $F.T = Mv$, qui exprime la relation de l'impulsion et des quantités de mouvement, il n'y a qu'un pas à faire pour obtenir la forme moderne du principe de Newton, il faut admettre entre les deux corps agissant et réagissant dont on connaît le mouvement relatif une liaison telle que leur vitesse soit là même ; c'est ce qui arrive notamment lorsque la vitesse est nulle ; c'est le cas du corps posant sur un plan rigide, du ressort en équilibre, de la corde tendue, etc..., tous exemples qui accompagnent généralement l'énoncé du postulat dans nos ouvrages classiques.

Nous pourrions citer de nombreux exemples de définitions confuses de l'action et de la réaction, nous nous bornerons à un seul.

(1) *Encyclopédie*, I, p. 119, col. 2. Paris, 1751.

(2) *Encyclopédie*, XIII, p. 837, col. 1. Neufchâtel, 1765.

(3) Puissance à cette époque se disait « d'une force appliquée à une machine et qui tend à produire du mouvement (*Encyclopédie* XIII, p. 555, col. 2), c'est l'inverse de résistance passive ».

Savérien (1) dit : « La réaction c'est la résistance que fait un corps à un autre qui le choque. Cette résistance emploie toujours une partie de la force du corps qui donne le choc, et c'est cette même partie qui est employée dans son mouvement. C'est pour cela que l'on dit que l'action est égale à la réaction » ! !

Mais tous les savants n'ont pas accepté ce postulat pour une vérité absolue :

Laplace (2) indique que « le principe de l'action égale à la réaction souffre quelque difficulté lorsque le mode d'action des forces est inconnu. Aussi Huygens, qui avait fait de ce principe la base de ses recherches sur le choc des corps élastiques, ne le trouva pas suffisant pour établir l'attraction de molécule à molécule ».

Poncelet (3), tout en reconnaissant ce postulat comme un des principaux fondements de la mécanique, montre que l'on en déduit que « l'action d'une force s'opère ou se transmet en chacun des points de *la droite matérielle* qui l'unit à la résistance ». Mais ajoute cet illustre savant : « Il ne faut pas oublier le temps de la transmission... ».

Nos considérations personnelles sur les milieux inaltérants (4) établissent toute l'importance de l'observation de Poncelet au point de vue de la rigueur du principe de l'action et de la réaction.

M. Charles Lagrange (5) admet « l'existence d'une force motrice qui tout en s'exerçant entre deux atomes n'a pas nécessairement la même valeur suivant qu'on la considère comme émanant du premier atome ou du second, et par là, ajoute-t-il, j'ai porté atteinte à la généralité d'un principe... auquel on a accordé droit de cité dans la physique et jusque dans la mécanique rationnelle ».

C'est dans ces branches de la science que ce principe est le plus souvent utilisé, non comme hypothèse, mais comme postulat.

Nous terminerons nos citations en rappelant les définitions de ce principe données par deux maîtres éminents, M. Violle et M. Maurice Lévy.

M. Violle (6) l'énonce ainsi :

*Lorsque deux points matériels* m′ *et* m *sont en présence, chacun des points exerce sur l'autre une force dirigée suivant la droite qui les unit ; et la réaction de* m′ *sur* m *est égale et contraire à l'action de* m *sur* m′.

M. Maurice Lévy (7) lui donne la forme :

(1) Savérien de la Société Royale de Lyon : *Dictionnaire universel de mathématiques et de physique*, II, p. 364. Paris, 1753.

(2) Laplace : *Exposition du système du monde*, p. 384, 5e édition. Paris, janvier 1824.

(3) Poncelet : *Introduction à la mécanique industrielle*, 2e édition. Paris, 1839, pp. 49 et 150.

(4) P. Juppont : *Bulletin de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse*, 1901.

(5) Charles Lagrange : *Étude sur le système des forces du monde physique*. Bruxelles, 1892, p. 649.

(6) Violle : *Cours de physique*, 1883, tome I, p. 168.

(7) Maurice Lévy : *Éléments de cinématique et de mécanique conformes au programme d'admission à l'École centrale*, 1902, p. 182.

*Toutes les forces de l'Univers existent par paires égales et opposées.*

*Ainsi ; si un point matériel* A *subit l'action d'une force* F, *on peut affirmer que sur la droite indéfinie, suivant laquelle elle agit, il existe quelque part un autre point matériel* B *qui subit l'action d'une force* F′ *dirigée comme* F *suivant la droite* AB *égale à* F *et de son sens opposé.*

« L'une des deux forces F ou F′, celle qu'on veut, prend le nom d'action ; alors l'autre se nomme réaction et le postulat qui affirme à la fois la coexistence et l'égalité des deux forces se nomme le principe de l'égalité de l'action et de la réaction. »

Pour expliquer comment en suite de cette définition l'Univers n'est pas en équilibre (1), c'est-à-dire immuable, M. Maurice Lévy ajoute : « Les deux forces sont appliquées à des points différents A et B pouvant n'avoir entre eux aucun lien matériel, ayant seulement la vertu réelle ou apparente, comme les aimants ou les corps électrisés, de s'attirer ou de se repousser soit distance, soit au contact ; alors s'ils sont libres, chacun obéira à la force qui le sollicite ».

Nous ne discuterons pas la valeur philosophique des énoncés qui précèdent et des commentaires qui les accompagnent, nous nous contenterons ici de leur opposer les textes de Newton (2) :

Troisième loi. — *L'action est toujours égale et opposée à la réaction, c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et dans des directions contraires.*

Pour simplifier le langage et exprimer que deux grandeurs vectorielles sont égales, de sens contraire et dans le prolongement l'une de l'autre nous dirons qu'elles sont *contrégales*.

Le quatrième postulat devient avec ce nouveau terme : « Lorsque deux corps agissent l'un sur l'autre, l'action de l'un est toujours contrégale à la réaction de l'autre ».

Pour définir l'action et la réaction, Newton s'exprime comme suit dans la scholie qui fait suite aux corollaires de sa troisième loi (3) :

« Je ne me suis pas proposé de donner ici un traité de méchanique, j'ai voulu seulement montrer combien la troisième loi du mouvement est vraie et combien son usage est étendu, car si on estime *l'action de l'agent par sa force multipliée par sa vitesse*, et qu'on estime de même *la réaction du corps résistant par la vitesse de chacune de ses parties, multipliées par les forces qu'elles ont* pour résister : en vertu de leur cohésion, de leur attrition, de leur poids et de leur accélération, *l'action et la réaction*

(1) Maurice Lévy : *loc. cit*, p. 183.

(2) *Principes mathématiques de la philosophie naturelle de Newton de feue Mme la Marquise du Chastelet.* Paris, 1759, p. 18.

(3) *Principes mathématiques*, etc., *loc. cit.*, p. 35.

*se trouveront égales entre elles dans les effets de toutes les machines.* Et toutes les fois qu'une action s'exerce par le moyen d'une machine et qu'elle parvient à être imprimée dans un corps résistant, sa dernière détermination est toujours contraire à la détermination de la réaction de ce corps. »

L'action de Newton n'est donc pas une force, mais le produit $F.v$ d'une force F par la vitesse $v$ de son point d'application ; elle s'exerce non pas entre des points matériels (qui sont des abstractions), mais dans les systèmes matériels de toutes les machines.

La différence entre l'interprétation classique actuelle et la pensée de Newton est donc considérable.

Dans notre technique actuelle, le produit $Fv$ de la force par la vitesse de son point d'application est la puissance, ou travail par unité de temps ; c'est dans le système à trois grandeurs ;

$$Fv = MLT^{-2}.\ LT^{-1}, = ML^2.\ T^{-3} = WT^{-1},$$

W étant l'énergie.

Dans le système à deux grandeurs c'est :

$$Fv = L^4T^{-4},\ LT^{-1}, = L^5T^{-5} = WT^{-1} = v^5.$$

L'action et la réaction peuvent être assimilées à des vecteurs. Pour qu'il y ait contrégalité de forces dans l'hypothèse de la troisième loi de Newton, il faut et il suffit que la vitesse du point d'application de l'action soit contrégale à la vitesse du point d'application de la réaction.

Si d'autre part nous remarquons que les deux grandeurs comparées action et réaction doivent l'être au même moment, pendant la même durée T, sans quoi leur rapprochement n'aurait aucune signification mécanique, il en résulte que l'action produite à chaque instant, $FvT$, est un travail qui est égal au travail de réaction.

L'énergie d'action pendant un temps donné est contrégale à l'énergie de réaction ; leur somme est constamment nulle ; c'est le principe de la conservation de l'énergie.

Dans l'énoncé moderne qui confond l'action avec une force, si l'on admet qu'il y a transmission par l'intermédiaire d'un milieu, pour que la loi de contrégalité de l'action et de la réaction existe, il faut qu'il y ait conservation absolue du mode d'énergie transmis, c'est-à-dire que le milieu propagateur soit inaltérant.

Cette inaltérance des milieux (1) est la condition nécessaire à l'existence

(1) P. JUPPONT : *Essai d'energétique (Bulletin de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse)*, 1901.

de la loi de l'inverse du carré de la distance ; or, nous savons qu'un milieu inaltérant est irréel, il en résulte que la contrégralité des forces d'action et de réaction n'est rigoureuse que par abstraction, dans les théorèmes de la mécanique rationnelle ; mais qu'elle ne peut exister dans les phénomènes naturels qui sont tous soumis à la dégradation de l'énergie.

Pour supprimer toute confusion terminologique, nous proposons d'énoncer la troisième loi de Newton de la manière suivante :

*La puissance active est contrégale à la puissance réactive dans les effets de toutes les machines et de tous les corps.*

Nous réservons le terme *action* pour le principe de la *moindre action* dont l'origine est la définition de la *quantité d'action* de Maupertuis (1) : produit $ML^2T^{-1}$ de la masse par la vitesse et par le chemin parcouru.

De la troisième loi de Newton on déduit directement le colloraire suivant :

« *Lorsque la vitesse de la masse active est égale à celle de la masse réactive, la force active est égale à la force réactive.* »

C'est l'énoncé que nous proposons pour remplacer le postulat classique actuel de l'action et de la réaction.

---


## M. SWYNGEDAUW

Maître de Conférences à l'Institut de Physique de Lille.


### SUR L'INFLUENCE DE LA CAPACITÉ SUR L'AMORTISSEMENT DE LA DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR [537.224]

*— Séance du 13 août —*

La théorie classique de la décharge de lord Kelvin fait dépendre l'amortissement des oscillations uniquement du rapport $\frac{R}{L}$ de la résistance à la self-induction du circuit.

Cette théorie suppose les résistances constantes pendant toute la durée du phénomène ; mais dans le cas général, une décharge ne se produit que grâce à une étincelle et il en résulte une perturbation sur laquelle j'ai déjà insisté plusieurs fois.

(1) DE MAUPERTUIS : *Accord de différentes lois de la nature qui avaient jusqu'ici paru incompatibles. Histoire de l'Académie Royale des Sciences,* année 1744, p. 417.

Je rappellerai seulement que l'énergie dépensée dans l'échauffement de l'espace explosif est une fraction d'autant plus grande de l'énergie potentielle totale que la capacité est plus faible.

Si on veut caractériser l'amortissement de la décharge par le rapport de la différence de potentiel initiale entre les armatures du condensateur et du voltage, après une demi-oscillation, l'amortissement ainsi déterminé dépend essentiellement de la *capacité* du condensateur; il croît en sens inverse de cette dernière.

Nous allons le démontrer par les expériences suivantes :

*Premier genre d'expériences.* — Soient deux jarres C, C′ réunies par leurs armatures externes par un fil métallique continu *(fig. 1)*. Joignons l'armature interne de C à l'armature interne de C′ par l'intermédiaire d'un fil métallique interrompu par un excitateur I. Chargeons l'une d'elles C à un potentiel V. Lorsque les boules de ce dernier sont assez voisines, une étincelle éclate en I ; la jarre C se décharge dans la jarre C′ ; la charge primitive de C se répartit entre les deux condensateurs C et C′, et si Vo est le potentiel initial de C et V*f* le potentiel final commun des deux jarres, si C et C′ représentent les capacités respectives de C et C′, on a :

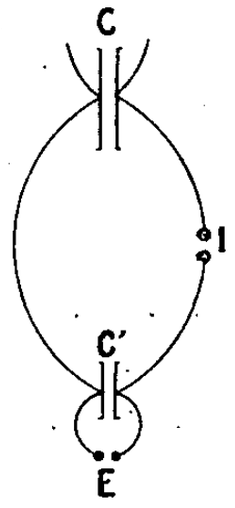


FIG. 1.

$$V_f = Vo \frac{C}{C + C'}.$$

Ce potentiel final $V_f$ peut être atteint d'une façon continue ou par une série d'oscillations suivant la forme et la nature du circuit de décharge.

Il est facile d'établir l'équation différentielle du mouvement de l'électricité s'il y a oscillations, et si l'on suppose que les résistances sont constantes dès les premiers instants de la décharge, la différence de potentiel entre les bornes de C′ varie suivant la loi suivante :

$$V' = V' \left[ 1 - e^{-\frac{t}{\theta}} \left[ \cos 2\pi \frac{t}{T} + \frac{1}{2\pi} \frac{T}{\theta} \sin 2\pi \frac{t}{T} \right] \right],$$

où $\theta$ représente la constante de temps et T la période d'oscillation de la décharge.

Si l'amortissement est faible, il est facile de voir que V peut atteindre une valeur plus grande que $V_f$ et même sensiblement double de cette valeur, le rapport du potentiel maximum $V_m$ au potentiel final $V_f$ est d'autant plus grand que la capacité de C′ est plus faible.

Ce potentiel V*m* est accessible à l'expérience.

Nous avons démontré antérieurement que dans l'obscurité, les potentiels

explosifs d'un excitateur soigneusement poli à la toile d'émeri fin après chaque étincelle, ne dépendent pas de la rapidité avec laquelle s'est faite la charge de l'excitateur. Cette remarque permettra de connaître le potentiel maximum V*m* atteint entre les armatures de C′ pendant la décharge. Pour cela, réunissons les armatures de C′ aux boules d'un excitateur E par des fils très courts, et déterminons la distance critique δ de cet excitateur, c'est-à-dire la plus grande distance explosive à laquelle nous puissions éloigner les boules de E pour observer en E une étincelle, quand le condensateur C, chargé à un potentiel toujours le même V*o*, se décharge dans la jarre C′.

La distance explosive δ est la distance explosive du potentiel maximum $V_m$. Le potentiel V*o*, auquel on décharge C dans C′, et le potentiel $V_m$ se détermine par l'électromètre de MM. Bichot et Blondlot, $V_f$ se tire de la formule (1).

L'expérience montre que le rapport $\frac{V_m}{V_f}$ tend vers l'unité lorsque la capacité du condensateur C′, qui reçoit la décharge de C, diminue en tendant vers zéro.

Dans les expériences suivantes, les jarres sont réunies par des fils de 1 mètre à 2 mètres de long et 8 dixièmes de millimètre de diamètre, le potentiel initial est donné en unités électrostatiques CGS ; les excitateurs étaient des boules en laiton.

| C | C′ | $V_o$ | $\frac{V_m}{V_f}$ |
|---|---|---|---|
| — | — | — | — |
| 0,005 microfarad | 0,007 microfarad | 87 | 1,56 |
| 0,013 — | 0,0002 — | 60 | 1,20 |
| 0,013 — | 0,00002 — | 66 | 1,09 |

Lorsqu'on réunit les armatures externes par une bobine de $10^{-4}$ quadrant environ :

| C | C′ | Vo | $\frac{Vm}{Vf}$ |
|---|---|---|---|
| — | — | — | — |
| 0,005 microfarad | 0,007 microfarad | 87 | 1,89 |
| 0,013 — | 0,0002 — | 60 | 1,24 |
| 0,013 — | 0,00002 — | 66 | 1,14 |

Dans ce dernier cas, le potentiel maximum $V_m$ est plus grand que dans le premier ; cela tient à ce fait que les fils qui joignent les armatures de C′ à l'excitateur E ont une résistance et un coefficient d'induction négligeables devant le reste du circuit dans le second cas et qu'ils ne le sont pas dans le premier ; dans le second cas, cas $V_m$ représente réellement le potentiel entre les armatures ; il n'en est pas ainsi dans le premier.

*Conclusions.* — Les expériences précédentes conduisent à la conclusion annoncée :

*La diminution de la capacité d'un condensateur produit une augmentation d'amortissement des oscillations de la décharge contraire aux prévisions de la théorie de lord Kelvin.*

Les résultats numériques rapportés montrent que l'écart de cette théorie et de l'expérience peuvent être considérables pour les décharges de faibles capacités, de l'ordre de quelques unités électrostatiques C. G. S.

*Deuxième genre d'expériences.* — Cette influence de la capacité sur l'amortissement peut se montrer également par la décharge simple d'un condensateur dans le circuit d'une bobine *(fig. 2)*. Chargeons un condensateur C dont les armatures comprennent un circuit contenant une bobine et un excitateur I avec un intervalle explosif entre boules de laiton. Entre les extrémités de la bobine on jette en dérivation un nouvel excitateur E. On maintient les boules de I à une distance telle que le potentiel explosif est constant et égal à 82, CGS.

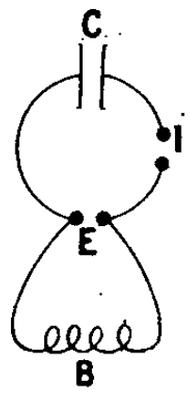


FIG. 2.

On détermine la distance critique de la décharge et on détermine ensuite le potentiel maximum $V_m$ correspondant, atteint pendant la décharge entre les extrémités de la bobine par l'électromètre.

La bobine avait une self-induction de $10^{-4}$ quadrants en fil de 8 dixièmes de millimètre de diamètre.

$$C = 0{,}005 \text{ microfarad.} \qquad \frac{V_m}{V_i} = 0{,}98;$$

$$C = 200 \text{ CGS} \qquad \frac{V_m}{V_i} = 0{,}78,$$

$$C = 20 \text{ CGS} \qquad \frac{V_m}{V_i} = 0{,}39.$$

Sans doute, dans ces dernières expériences, la capacité de la bobine intervient, mais l'erreur qu'on peut commettre de ce fait n'est pas de l'ordre de grandeur du fait à constater et nous voyons encore très nettement démontrée la proposition annoncée.

La décharge est d'autant plus amortie que la capacité du condensateur est plus faible.

En résumé, la théorie que lord Kelvin a donnée des décharges de condensateurs ne représente pas les faits dans les premiers instants de la décharge ; l'amortissement, en particulier, est beaucoup plus grand que celui que donnent les formules simples classiques, et on s'exposerait à de graves erreurs en les appliquant aux décharges de condensateurs de faible capacité, tels que les excitateurs de Hertz.

M. Ulysse LALA

Chef des Travaux de Physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse,

ET

M. J. SARDING

Préparateur de Physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.

## DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DU MOMENT D'INERTIE D'UNE POULIE ÉVIDÉE (MACHINE D'ATWOOD) [R 2 c]

Le problème de la détermination des moments d'inertie qui présente une importance particulière en mécanique appliquée, se pose aussi très fréquemment à l'occasion de recherches expérimentales effectuées dans les laboratoires de physique.

Dans ce dernier cas, la forme relativement compliquée des pièces à étudier ne permet pas la détermination par le calcul du moment d'inertie cherché, car, l'assimilation du corps à une masse de forme géométriquement définie ne donnerait qu'une approximation grossière simplement suffisante pour fournir une idée de l'ordre de grandeur de la quantité cherchée. Le physicien se trouve ainsi naturellement conduit à déterminer expérimentalement le moment d'inertie dont la connaissance lui est nécessaire.

La question se pose dès le début de l'étude de la Physique à propos de la machine d'Atwood dont on néglige généralement dans les cours élémentaires l'influence de la masse de la poulie qui cependant participe au mouvement. Or, si la masse du fil peut ordinairement être négligée sans inconvénient, il n'en est pas de même de celle, beaucoup plus considérable, de la poulie, et cela justifie dans une certaine mesure la boutade de M. H. Laurent déclarant dans son *Traité de Mécanique rationnelle*, précisément à propos de la machine d'Atwood, que cet appareil permet « aux professeurs de physique de nos lycées de fausser le jugement de leurs élèves ».

En raison de l'importance de l'axe relativement au reste de la poulie, on ne peut supposer la masse de celle-ci répartie sur sa circonférence et se contenter d'ajouter simplement cette masse à celle des poids (égaux et additionnel) à entraîner. Mais on démontre aisément (1) que le terme additif est égal à :

$$g\frac{MK^2}{R^2},$$

(1) Voir VIOLLE : *Cours de Physique*, tome I, page 185.

en appelant M la masse de la poulie, R le rayon de sa gorge et $MK^2$ son moment d'inertie par rapport à son axe de sorte que $K^2$ représente le carré du rayon de giration. Ce terme correctif se réduit naturellement à $g$M, poids de la poulie, si l'on suppose K = R, c'est-à-dire la masse de la poulie distribuée sur sa périphérie, ce que nous venons de dire ne pouvoir admettre à cause de l'axe.

De là résulte pour l'expression de l'accélération du mouvement :

$$g' = g \frac{p}{2P + p + g \frac{MK^2}{R^2}},$$

en appelant P la valeur commune des deux poids égaux et $p$ celle du poids additionnel.

Il est donc nécessaire, pour pouvoir faire la correction indispensable dans des expériences faites sérieusement avec la machine d'Atwood, de déterminer préalablement le rayon R et le moment d'inertie $MK^2$. Dans ce but, quelle méthode expérimentale devra-t-on adopter de préférence?

Telle est la question à laquelle nous nous proposons de répondre dans la présente note.

La première méthode qui, dans le cas actuel, se présente naturellement à l'esprit est celle qui consiste à utiliser la machine et à déduire de la loi de son mouvement, le moment d'inertie $MK^2$ entrant dans le terme correctif.

Ecrivons en effet l'équation du mouvement :

$$\frac{2P + p}{g} R \frac{dv}{dt} + MK^2 \frac{d\omega}{dt} = pR.$$

En observant que :

$$\omega = \frac{v}{R}, \qquad \text{d'où } \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{R} \frac{dv}{dt},$$

elle devient :

$$\frac{2P + p}{g} R \frac{dv}{dt} + \frac{MK^2}{R} \frac{dv}{dt} = pR.$$

Or, dans le système CGS que nous adopterons ici, la masse $\frac{2P + p}{g}$ est exprimée par le même nombre que $[2P + p]$ grammes et la force $p$ grammes doit s'écrire $pg$ dynes, de sorte qu'en posant :

$$\frac{dv}{dt} = g',$$

l'équation du mouvement devient :

$$(2P + p)^{gr-m} Rg' + \frac{MK^2}{R} g' = pgR,$$

d'où l'on déduit : $$MK^2 = R^2\left[\frac{pg}{g'} - (2P + p)\right].$$

Nous sommes, par conséquent, conduits à opérer comme si nous voulions vérifier la loi des espaces afin de déterminer expérimentalement l'accélération $g'$ qui est le double de l'espace parcouru durant la première seconde de chute. Alors, connaissant par des mesures préalables R, P et $p$, on peut aisément calculer $MK^2$.

Voici les résultats de trois expériences effectuées par cette méthode avec l'appareil installé dans le Laboratoire d'Enseignement de la Physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse, en adoptant pour $g$ la valeur 981 *cm* et observant que pour cet appareil les constantes de la poulie sont :

Masse $M = 253\ gr$
Rayon $R = 8{,}75\ cm.$

| EXPÉRIENCES | $p^{gr-m}$ | $p^{gr}$ | $(2P + p)^{gr-m}$ | DURÉE de CHUTE (secondes) | ESPACE PARCOURU (centimètres) | $g^{cm}$ | $MK^2$ | $K^2$ | K RAYON de giration |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 90 | 5 | 185 | 4 | 120,0 | 15,00 | 10871 | 42,97 | 6,55 |
| 2 | 50 | 5 | 105 | 3 | 89,7 | 19,93 | 10802 | 42,69 | 6,53 |
| 3 | 97 | 2 | 196 | 7 | 142,2 | 5,80 | 10892 | 43,05 | 6,56 |

Les valeurs, fort concordantes, fournies par ces expériences pour le rayon de giration K permettent de conclure que la méthode peut donner des résultats très satisfaisants (1). Mais, cette conclusion n'est absolument légitime que si l'on s'impose l'obligation d'observer un certain nombre de précautions.

(1) La moyenne des valeurs de K est ici 6,55. Observons que si nous assimilions simplement la poulie à un disque, cela donnerait $K^2 = \frac{1}{2} R^2 = 38{,}28$, d'où $K = 6{,}18$ valeur trop petite, mais de l'ordre de grandeur du résultat expérimental. D'autre part, on peut, dans le cas actuel, signaler une coïncidence assez curieuse : si on suppose successivement la masse totale répartie uniformément sur le contour de la poulie, puis sur une circonférence concentrique ayant un rayon moitié du précédent, on a dans le premier cas $K = R = 8{,}75$ et dans le second $K = \frac{R}{2} = 4{,}37$ et la moyenne de ces deux nombres si différents et manifestement inexacts est précisément 6,56, c'est-à-dire la valeur de K déterminée expérimentalement !

Il importe tout d'abord de mesurer avec la plus grande précision possible le rayon de gorge R de la poulie qui intervient par son carré dans $MK^2$. On peut pour cela, soit mesurer le diamètre à l'aide d'un cathétomètre et déduire de sa moitié la profondeur de la gorge, soit enrouler plusieurs fois sur cette gorge un fil dont la longueur permettra de calculer sa circonférence et par suite son rayon. Les deux méthodes successivement appliquées fournissent évidemment le même résultat et se contrôlent mutuellement.

Il faut aussi que le métronome employé à la mesure des temps ait été préalablement étalonné par comparaison, par exemple, avec un compteur à secondes lui-même vérifié d'avance. Dans nos expériences l'étude préalable du compteur à secondes résultait de son emploi dans des séries de détermination faites avec un pendule reversible.

Enfin, il est encore nécessaire d'obtenir très exactement la valeur de l'accélération $g'$. Or, cette accélération $g'$ est représentée par le double de l'espace parcouru pendant la première seconde de chute. C'est donc cet espace qu'il faut évaluer avec précision et pour cela, il est nécessaire, conformément à une judicieuse observation de M. le professeur H. Bouasse dans un des remarquables articles qu'il vient de faire paraître récemment sur l'enseignement de la Physique (1), de déterminer l'espace parcouru pendant le nombre maximum de secondes compatible avec la hauteur de l'appareil et d'en déduire l'espace parcouru durant la première seconde. L'erreur absolue que l'on commet dans l'appréciation de la coïncidence de deux bruits (choc et métronome) est évidemment la même au bout de quatre secondes, par exemple, qu'à la fin d'une seule; mais, celle qui en résulte sur l'évaluation de l'espace parcouru en une seconde se trouve alors, dans le cas actuel, divisée par 4.

Au premier abord, on pourrait supposer que l'erreur se trouve divisée par 16 puisque l'espace que l'on cherche est le $\frac{1}{16}$ de celui que l'on mesure. Mais, observons que si l'on déterminait directement l'espace parcouru en une seconde, comme la vitesse à la fin de la première seconde n'est que le quart de celle possédée par le mobile au bout de la quatrième seconde, l'espace parcouru par ce mobile en un temps excessivement petit à la fin de la première seconde est le quart de celui parcouru dans le même temps extrêmement court à la fin de la quatrième seconde. Par conséquent, l'erreur résultant de la mesure sur une seconde de chute n'est que le quart de celle faite sur l'espace parcouru en quatre secondes.

Pour préciser, si nous admettons une erreur possible de $\frac{1}{n}$ de seconde,

(1) BUGUET : *Journal de Physique, Chimie et Histoire naturelle élémentaires*, n° 184. — Naturellement c'est cette méthode qui est utilisée par les élèves du laboratoire de physique de la Faculté des Sciences de Toulouse.

quantité toujours assez petite pour que son carré doive être négligé, nous avons :

$$\text{espaces parcourus en} \begin{cases} 1 \text{ seconde} : & \frac{1}{2} g' \\ \left(1+\frac{1}{n}\right) \text{sec.} : & \frac{1}{2} g' \left(1+\frac{1}{n}\right)^2 = \frac{1}{2} g' \left(1+\frac{2}{n}+\frac{1}{n^2}\right), \end{cases}$$

et puisque $\frac{1}{n^2}$ est négligeable, l'erreur est donc, dans ce cas,

$$\frac{1}{2} g' . \frac{2}{n} .$$

De même, on a :

$$\text{espaces parcourus en} \begin{cases} 4 \text{ secondes} : & \frac{1}{2} g' . 4^2 \\ \left(4+\frac{1}{n}\right) \text{sec.} : & \frac{1}{2} g' \left(4+\frac{1}{n}\right)^2 = \frac{1}{2} g' \left(4^2+\frac{8}{n}+\frac{1}{n^2}\right). \end{cases}$$

et, dans les mêmes conditions, l'erreur est ici :

$$\frac{1}{2} g' . \frac{8}{n} .$$

c'est-à-dire quatre fois la précédente.

Or, si l'on admet que l'oreille peut confondre deux bruits produits à $\frac{1}{20}$ de seconde d'intervalle, c'est-à-dire que l'erreur commise dans l'appréciation de la coïncidence du choc sur le curseur plein avec le battement du métronome, peut s'élever à $\frac{1}{20}$ de seconde, il en résulte, ici, les conséquences suivantes.

Dans l'expérience n° 1, par exemple, où l'on a :

$$g' = 15\ cm,$$

car :

$$\text{espaces parcourus en} \begin{cases} 4 \text{ secondes} : e_4 = 120\ cm \\ 1 \text{ seconde} : e_1 = 7,5\ cm \end{cases}$$

si le choc du curseur a lieu $\frac{1}{20}$ de seconde *avant* le battement de la quatrième seconde, le mobile n'aura mis que $\left(3+\frac{19}{20}\right)$ sec. pour effectuer son mouvement et parcouru seulement, en ce temps, 117 centimètres au lieu

de 120. De l'adoption de ce nombre pour quatre secondes résulterait pour $g'$ et $MK^2$ les valeurs 14,62 et 11.552,9 au lieu de 15 et 10.871 ce qui nous conduirait à $K = 6{,}75$, nombre très différent de celui obtenu 6,55, $\left(\frac{1}{30} \text{ environ}\right)$.

Si la même erreur $\left(\frac{1}{20} \text{ de seconde sur quatre secondes}\right)$ était commise en sens inverse, l'espace parcouru en $\left(4 + \frac{1}{20}\right)$ sec., pris pour celui relatif à quatre secondes, serait 123 centimètres et donnerait $MK^2 = 10.267$, d'où $K = 6{,}37$ qui diffère encore comme précédemment de $\frac{1}{30}$ environ, mais cette fois par défaut, du nombre 6,55.

Ces valeurs numériques montrent bien l'extrême importance d'une détermination rigoureuse de $g'$. Pour obtenir $g'$ avec le maximum de précision, il faut donc réaliser une durée de chute aussi longue que possible. Ceci conduit à adopter une masse additionnelle $p$ très faible mettant en mouvement une masse considérable (exemple : expérience n° 3). Mais cette nouvelle condition ne peut être réalisée que dans des limites assez étroites, car, si le poids additionnel devient trop petit relativement à l'ensemble du système mobile, l'inertie de l'appareil (frottements), ordinairement absolument négligeable, peut être du même ordre de grandeur que la valeur de $p$ adoptée et par suite, empêcher le mouvement. C'est là un très grave inconvénient qui s'ajoute à ce fait que la méthode actuelle de détermination du rayon de giration, relativement à son axe, d'une poulie évidée, ne s'applique qu'au cas où cette poulie est, ou peut être, disposée d'une manière analogue à celle réalisée dans la machine d'Atwood (1).

Pour ces raisons, on est conduit à se demander si un autre procédé expérimental ne pourrait pas être employé préférablement au précédent et à étudier, dans ce but, ce que peut donner l'application des lois du mouvement pendulaire.

Il suffit, pour cela, de suspendre la poulie par un fil métallique fin et après l'avoir écartée légèrement de sa position d'équilibre, de la laisser osciller sous la seule influence de son poids. La valeur du rayon de giration K nécessaire pour le calcul de $MK^2$, moment d'inertie autour de l'axe, résulte alors de la formule du pendule composé relative aux faibles amplitudes :

$$t = \pi \sqrt{\frac{l + \frac{K^2}{l}}{g}}$$

(1) Dans son *Traite de Physique (loc. cit.)*, malheureusement inachevé, M. Violle indique une méthode un peu différente, mais équivalente à celle que nous venons d'exposer et sujette aux mêmes observations.

$\pi$ et $g$ étant connus, les seules déterminations expérimentales nécessaires pour déduire $K^2$ de cette formule sont celles de $t$ et de $l$, distance du point de suspension à l'axe de la poulie (centre de gravité), et comme on peut obtenir la masse M par une pesée, le moment d'inertie $MK^2$ s'en déduit.

Donnons, à titre d'exemple, les résultats de deux expériences relatives à la poulie de la machine d'Atwood considérée précédemment, poulie pour laquelle on a :

$$M = 253\ gr.$$

| EXPÉRIENCES | DISTANCE $l$ $cm.$ | DURÉE de 1000 OSCILLATIONS simples secondes | DURÉE d'une OSCILLATION simple secondes | $K^2$ | MOMENT D'INERTIE $MK^2$ | RAYON de GIRATION K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 38,570 | 631,50 | 0,6315 | 42,427 | 10.734 | 6,51 |
| B | 23,143 | 501,10 | 0,5011 | 42,559 | 10.767 | 6,52 |

L'examen de la formule utilisée montre qu'il est indispensable de mesurer la durée d'oscillation $t$ avec une très grande précision. En ce qui nous concerne, nous nous servions du compteur étalonné dont nous avons déjà parlé et nous déduisions la durée $t$ d'une oscillation simple de celle observée pour un minimum de 1000 oscillations, car la plus faible erreur dans l'évaluation de $t$ altère les résultats d'une manière complètement inadmissible. Si, par exemple, chose fort possible, on commettait une erreur de une seconde dans l'évaluation de la durée de 1000 oscillations, on prendrait alors dans l'expérience A, $632^{sec},5$ au lieu de $631^{sec},5$ pour valeur de ce temps. Cela conduirait à $K^2 = 47,05$ au lieu de 42,43, d'où $K = 6,85$, valeur différant par excès de $\frac{1}{20}$ environ du nombre trouvé 6,51. Observation analogue dans le cas d'un temps trop faible.

Remarquons; en outre, que les durées d'oscillations des pendules simples de longueurs $38^{cm},57$ et $23^{cm},143$ égales aux distances $l$ des expériences A et B sont respectivement $0^{sec},6225$ et $0^{sec},4805$ et diffèrent seulement de $0^{sec},009$ et de $0^{sec},0206$ des durées $0^{sec},6315$ et $0^{sec},5011$ des pendules composés constitués, dans ces expériences A et B, avec la poulie considérée.

D'autre part, afin que le terme $\frac{K^2}{l}$ intervienne utilement, il faut prendre $l$ suffisamment petit, car, si l'on observe que :

$$l + \frac{K^2}{l}$$

peut s'écrire : $$l\left(1+\frac{K^2}{l^2}\right).$$

on voit que si $l$ est trop grand, $\frac{K^2}{l^2}$ étant négligeable, la formule :

$$t=\pi\sqrt{\frac{l+\frac{K^2}{l}}{g}}$$

se réduit à celle du pendule simple :

$$t=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Cette observation est très importante, car la longueur du pendule simple ayant même durée d'oscillation que le pendule composé constitué par la poulie évidée et son fil de suspension diffère très peu de la valeur de $l$ intervenant dans $l+\frac{K^2}{l}$.

C'est ainsi que dans notre expérience A où l'on a $t=0^{sec},6315$ pour $l=38^{cm},57$, la longueur du pendule simple ayant même durée d'oscillation que le pendule composé est $39^{cm},67$ dont l'excès sur la précédente est seulement de $1^{cm},10$. Pour l'expérience B nous avons $t=0^{sec},5011$ avec $l=23^{cm},143$ et la longueur du pendule simple de même durée d'oscillation est $24^{cm},982$, soit $1^{cm},839$ de plus que le pendule composé, différence encore très faible.

Mais alors, puisqu'en raison du rôle de $\frac{K^2}{l}$, la distance $l$ doit être prise aussi petite que possible, cette condition augmente la difficulté de la mesure précise de $t$ car, à mesure que $l$ décroît, les oscillations deviennent plus rapides d'où nouvelle raison pour déduire la valeur de $t$ de la durée totale d'un très grand nombre d'oscillations : 1000 au moins.

Le pendule constitué par la poulie et le fil métallique de suspension, fin et *court*, est suspendu à une potence par l'intermédiaire d'une pince soutenant le fil ; — il est bon de disposer au-dessous, un filet de protection afin d'éviter les déformations qui pourraient affecter la poulie en cas de chute due à une rupture possible du fil métallique. Ce dispositif permet de mesurer aisément au cathétomètre, avec la précision que comporte l'emploi de cet instrument, la distance $l$ du point de suspension au centre de l'axe de la poulie, indiqué dans notre cas particulier par une petite cavité. D'ailleurs, cette mesure était contrôlée par les suivantes faites

également au cathétomètre : déterminations de la distance du point de suspension au point le plus bas de la poulie (fil horizontal du réticule tangent à l'image du disque) et du diamètre total de la poulie; — la valeur de $l$ est alors la différence entre la première longueur et la moitié de la seconde.

Une précaution essentielle à prendre dans cette méthode expérimentale résulte de la nécessité d'assurer la stabilité du plan d'oscillation du pendule, stabilité qui serait compromise si le fil métallique possédait une torsion même légère. Nous avons pu constater qu'il suffit pour voir, même dans ce cas, le pendule osciller dans un plan fixe un temps suffisant pour effectuer les mesures, d'opérer de la manière suivante :

On écarte légèrement le pendule de la position d'équilibre et on le maintient par un fil de soie, attaché en un point fixe, dans cette position initiale. On attend le temps nécessaire pour que les petits mouvements résultant de cette opération soient absolument éteints, et le cathétomètre installé devant l'appareil permet de contrôler le complet état de repos du système. On brûle alors le fil d'attache et on commence seulement à mettre en marche le compteur à secondes et à compter les oscillations dès que l'amplitude de celles-ci est de l'ordre de grandeur permettant l'application correcte de la formule.

On est naturellement conduit à supposer qu'une suspension bifilaire doit assurer davantage la stabilité du plan d'oscillation du pendule composé. L'expérience nous a montré qu'il n'en était pas ainsi et que la suspension bifilaire ne permettait l'observation que d'un nombre d'oscillations beaucoup trop faible.

En résumé, la conclusion qui nous paraît résulter de nos expériences est la suivante : la méthode d'oscillation, appliquée correctement, présente au point de vue expérimental beaucoup moins d'incertitudes que celle du mouvement rectiligne, et de plus, fait très important, elle est générale, pouvant toujours s'appliquer. Les deux méthodes donnent d'ailleurs des résultats concordants.

# M. A. COTTON

Maître de conférences suppléant à l'École normale supérieure, à Paris.


## QUELQUES REMARQUES SUR LA PHOTOMÉTRIE CHIMIQUE ET PHOTOGRAPHIQUE CAS DES RADIATIONS INVISIBLES [535.242]

*— Séance du 13 août —*

Je désirerais présenter, à propos du sujet intéressant mis à l'ordre du jour des discussions du Congrès, quelques remarques. Les unes, d'un caractère plutôt théorique, concernent le problème général de la mesure des intensités, tel qu'il se présente aujourd'hui à l'esprit des physiciens. Les autres se rapportent à l'application pratique de la photographie aux recherches spectrophotométriques.

I. — Dans les mesures photométriques usuelles, on utilise, comme on sait, des *étalons*. On cherche à choisir ces étalons de façon qu'ils soient, autant que possible, faciles à réaliser, et bien définis, par suite bien comparables entre eux. Supposons ces conditions remplies : les résultats obtenus sont alors, eux aussi, comparables entre eux, et suffisent à tous les besoins de la photométrie pratique, mais ils ne sont pas reliés à tout l'ensemble des résultats acquis par la science. Les physiciens, comme on sait (1), sentent de plus en plus la nécessité d'établir ce lien : un faisceau de radiations apporte avec lui de l'énergie : c'est cette énergie qu'il faudrait mesurer en valeur absolue, avec les unités qui sont employées dans tout le reste de la physique. Supposons, pour simplifier, le faisceau parallèle et monochromatique, il faudrait, pour achever de le définir d'une manière précise, dire combien d'*ergs*, de *joules* ou de *calories* (2) reçoit, chaque seconde, 1 centimètre carré d'une surface plane orientée normalement au faisceau. La *période* vibratoire caractérisant en outre, d'une façon tout à fait précise, la nature de la radiation simple constituant le faisceau, celui-ci est alors suffisamment connu.

Dans le cas d'un faisceau parallèle de radiations complexes, dont le spectre est plus ou moins étendu, il faudrait faire les déterminations pré-

(1) M. C. E. Guillaume a insisté tout particulièrement sur cette nécessité.

(2) Les rapports entre ces unités sont actuellement connus avec une précision qui est suffisante *dans le cas actuel*.

cédentes pour chacune des radiations simples (1) constituant le faisceau. Il ne suffit pas de mesurer *l'énergie totale*, il faut connaître la valeur de l'énergie en tous les points du spectre, en y comprenant, bien entendu, les parties invisibles, aussi importantes, pour le physicien, que celles pour lesquelles l'œil humain est adapté. Il est, en effet, de toute évidence que les effets produits par le faisceau sur un appareil récepteur quelconque, sur une plaque photographique par exemple, dépendent directement de la composition spectrale du faisceau, de l'importance relative des radiations qui le constituent, et dont les effets ne s'ajoutent pas. D'autre part, deux faisceaux de composition différente peuvent bien paraître identiques à l'œil, rendre les mêmes services dans la pratique, ils n'apparaîtront jamais comme identiques à celui qui possède un spectroscope, et à celui qui connaît l'importance des radiations invisibles.

II. — Examinons donc rapidement les procédés qui permettraient de faire directement la mesure complète et absolue d'un rayonnement. Il y a d'abord une méthode qui donnerait directement cette énergie en unités mécaniques, et qui servira peut-être plus tard, bien qu'il puisse sembler audacieux de la proposer dès aujourd'hui. Elle consisterait à utiliser la répulsion (Maxwell-Bartoli) qu'éprouve un corps exposé à un rayonnement qu'il réfléchit ou qu'il absorbe, répulsion qui est liée directement à la quantité à mesurer par une relation extrêmement simple. Les travaux récents de Lebedev *(Drudes Annalen)* semblent bien confirmer ces prévisions théoriques. Ils montrent bien aussi que ces actions mécaniques, pour diverses raisons, ne sont pas très faciles à mesurer ; mais je ne crois pas que ce soit une raison pour rejeter, *a priori*, l'idée de les appliquer à la mesure du rayonnement. La difficulté semble résider surtout dans la nécessité où l'on se trouverait de placer l'appareil de mesure dans un vide très parfait, plutôt que dans la petitesse des forces en jeu. Boys a mesuré des couples bien plus petits que ceux qui intervenaient dans les expériences de Lebedev ; et, en outre, pourrait-on affirmer qu'il est impossible de trouver, pour la mesure des actions mécaniques très faibles mais *constantes*, des appareils plus sensibles que le fil de torsion aujourd'hui employé? Théoriquement en effet, il suffirait de supprimer les actions étrangères et d'attendre assez longtemps pour que le mouvement du corps devienne sensible ; je reviendrai tout à l'heure sur cette intervention du *temps*.

La méthode en question pour la mesure d'un rayonnement aurait un avantage qui lui est propre, et qu'il est bon, je crois, de faire ressortir. En mesurant l'action subie par un miroir parfaitement réfléchissant (qu'il est

(1) Je n'insiste pas sur ce qu'il faut entendre par là dans le cas d'un spectre continu : la mesure porte nécessairement, non sur une radiation simple, mais sur un intervalle étroit pris dans le spectre. Le rapport de l'énergie mesurée à la largeur de l'intervalle, tend vers une limite lorsque cette largeur décroît : c'est ce rapport qui définit la valeur relative à une radiation donnée.

souvent plus facile d'obtenir qu'un corps parfaitement absorbant), *elle permettrait de mesurer un rayonnement sans l'altérer*, tandis que, dans les autres méthodes, on le détruit.

III. — Dans la méthode *thermique*, on transforme en chaleur cette énergie apportée par le faisceau : c'est le principe des appareils servant à mesurer les intensités dans l'infra-rouge.

On se borne le plus souvent à mesurer l'élévation de température du corps thermométrique, mais sans en déduire la valeur, en calories, de la quantité de chaleur gagnée par ce corps pendant un temps connu. Pour obtenir cette valeur, il faudrait déterminer en degrés (et non pas en unités arbitraires) l'élévation de température du corps soumis au rayonnement; en outre il faudrait connaître la capacité calorifique de cette partie de l'appareil. Si le corps était parfaitement absorbant, si on pouvait tenir un compte rigoureux des pertes de chaleur dues à diverses causes; on aurait alors, par une sorte d'opération calorimétrique, la valeur absolue cherchée.

On comprend que de telles opérations soient difficiles, et on s'explique ainsi que les mesures absolues ainsi faites (1) soient très peu nombreuses. Elles se rapportent presque uniquement à l'énergie totale; et les résultats directs des mesures sur la répartition de l'énergie dans les spectres infra-rouges sont le plus souvent exprimés encore en unités arbitraires.

Il faut remarquer que, dans l'emploi de la méthode thermique, on ne cherche pas à augmenter le temps pendant lequel le corps est soumis au rayonnement, bien qu'il semble au premier abord qu'on pourrait ainsi accumuler les effets d'un faisceau très peu intense. C'est que les pertes de chaleur (par rayonnement ou autrement) croissent en même temps, et que le régime permanent est vite atteint. En fait, dans l'emploi du bolomètre, de la pile thermoélectrique, etc., on mesure toujours les *impulsions* observées au galvanomètre au moment où l'on expose l'appareil au rayonnement.

Il serait peut-être intéressant à ce point de vue, pour l'étude de la méthode thermique de la partie la plus réfrangible du spectre, d'essayer de recouvrir le récepteur absorbant (un bolomètre pour fixer les idées) d'un écran transparent pour l'ultra-violet, mais réfléchissant pour les rayons infra-rouges émis par le corps thermométrique, (argent en couche mince par exemple). C'est en accumulant, par un procédé de ce genre (avec un simple écran de verre), les effets du rayonnement, que Melloni, il y a fort longtemps, a réussi à mettre en évidence, avec des appareils fort imparfaits, le rayonnement calorifique très faible que la lune envoie sur la terre. C'est peut-être ainsi qu'on pourrait appliquer la méthode thermique à ces

(1) On a déterminé d'une autre façon la valeur absolue de l'énergie totale d'un faisceau, en comparant la chaleur qu'il apporte à celle qu'apporte un courant électrique connu.

régions violette et ultra-violette du spectre, où les appareils employés à la façon ordinaire ne sont plus assez sensibles pour qu'on puisse mesurer ou même constater quelque chose.

IV. — Examinons enfin, au même point de vue, la méthode *chimique*, consistant à employer l'énergie lumineuse à produire des réactions bien connues, pour lesquelles les données thermochimiques nécessaires soient bien déterminées. Il suffirait alors théoriquement de mesurer les masses qui ont réagi, et précisément la méthode aurait l'avantage que l'on pourrait, en prolongeant la durée de l'action, augmenter ces masses.

M. Berthelot (1) a insisté sur l'importance capitale qu'aurait la solution de ce problème. Mais en cherchant à le résoudre, il a précisé les conditions auxquelles devrait satisfaire la réaction utilisée. Elle doit d'abord être *endothermique* : si elle était exothermique en effet, il n'y aurait pas *équivalence* entre la cause et l'effet, (il pourrait y avoir, tout au plus, dans certains cas, *proportionnalité;* comme nous le verrons tout à l'heure).

M. Berthelot a donc cherché des réactions endothermiques provoquées par la lumière, il en a trouvé bien peu (2). Mais il ne suffit pas que la réaction soit endothermique, il faut en second lieu, que la réaction *inverse* ne se produise pas spontanément (comme ce serait le cas du chlorure d'argent). En troisième lieu, et c'est là surtout ce qui est difficile, il faudrait s'assurer que *toute* l'énergie apportée par le faisceau a été utilisée à produire la réaction.

Or, on peut dire qu'il n'en est jamais ainsi. Les radiations efficaces elles-mêmes, celles qui produisent la réaction, sont toujours affaiblies déjà par l'absorption ordinaire, c'est-à-dire transformées en chaleur par leur passage à travers les vases servant aux expériences, les corps en présence ou les produits de leur réaction (3). Il y a donc une partie de l'énergie qui n'est pas mesurée par la réaction chimique : il faudrait en tenir compte.

On doit à M. G. Lemoine d'avoir mis en relief l'importance très grande de cette « absorption physique » dans son grand travail sur la réaction provoquée par la lumière sur le mélange de chlorure ferrique et d'acide oxalique dissous (4). Cette réaction est tout à fait la même que celle que l'on détermine en chauffant le mélange à une température suffisamment élevée et que M. Lemoine avait étudiée antérieurement. Cette réaction est exothermique, et il ne saurait y avoir, dans ce cas, équivalence entre l'énergie

(1) *Annales de Ch. et Ph.* (7), XV, p. 332, 1898.

(2) Décomposition de l'acide azotique, de l'acide iodique, de l'oxyde de mercure, du chlorure d'argent pur. On ne peut dire encore s'il en est de même de l'action chlorophylienne.

(3) M. Berthelot indique même comme règle générale que ces derniers sont particulièrement absorbants; les corps solides par exemple exposés à la lumière ne sont souvent altérés qu'à la surface par suite de la formation d'un enduit opaque.

(4) LEMOINE : *Ann. de Ch. et Ph.* (7), VI, p. 432, 1895.

lumineuse et l'énergie chimique mise en jeu, qui se déduit de la mesure des masses qui ont réagi.

V. — Ces réactions exothermiques ne pourraient servir à des mesures absolues : pourrait-on au moins les appliquer à des mesures *relatives*, si on connaissait la relation reliant, dans chaque cas, les masses qui ont réagi à l'intensité?

La loi la plus simple que l'on puisse espérer trouver est une relation de proportionnalité entre les deux : c'est celle à laquelle M. Lemoine est arrivé pour la réaction particulière qu'il a étudiée dans des limites assez étendues. Mais il n'est arrivé à cette loi simple qu'en calculant l'intensité réellement agissante, en tenant compte de l'absorption très marquée produite par le chlorure ferrique lui-même. Cette correction est difficile à faire : elle n'est pas la même pour les diverses radiations, elle est plus ou moins importante suivant l'épaisseur de la cuve, la concentration initiale et la composition du liquide qui change progressivement à mesure que la lumière agit. On voit par là qu'il est difficile d'imaginer un procédé de photométrie chimique fondé sur cette réaction, même si on ne se proposait que des mesures relatives.

Or cette réaction, comparée à d'autres réactions exothermiques provoquées par la lumière, apparaît cependant comme particulièrement simple. C'est ainsi que la réaction commencée à la lumière ne se continue pas à l'obscurité ; qu'un éclairement antérieur de l'une ou l'autre des deux solutions, avant leur mélange, a paru à M. Lemoine être sans effet ; que la réaction s'effectue toujours régulièrement sans qu'on la voie s'accélérer de plus en plus, etc... Ces diverses complications s'observent très souvent : les deux dernières, par exemple, ont été constatées par M. Duclaux (1), dans l'étude de l'altération qu'éprouvent à la lumière, en présence de l'oxygène de l'air, les solutions d'acide oxalique. D'autres encore peuvent intervenir. Sans parler des cas où la réaction est *explosive*, qui sont très rares (2), il faudrait citer ceux où la réaction ne se produit pas, même si l'exposition à la lumière est prolongée très longtemps, lorsque l'intensité lumineuse est trop faible (3).

Tout cela empêche que l'on puisse mesurer le rapport entre deux éclairements, en comparant directement les actions chimiques qu'ils produisent, pendant le même temps, sur un même réactif exposé successivement à tous les deux. En revanche, si dans ces conditions on observe que deux faisceaux, ayant exactement la *même composition spectrale*, produisent les

(1) DUCLAUX. *Ann. Institut Pasteur*, p. 131, 1896.

(2) La réaction du chlore sur l'hyodrogène, en présence de la lumière solaire, n'est explosive que si les gaz sont purs et mesurés avec exactitude.

(3) C'est le cas de l'action de la lumière sur le sulfure de carbone en présence de l'oxygène, étudiée récemment par M. BERTHELOT *Ann. de Ch. et Ph.*, (7) XIV. p. 155, 1898.

*mêmes* actions, on peut en conclure qu'ils ont la même intensité : *le réactif sensible à la lumière peut remplacer l'observation directe, mais son emploi suppose encore que l'on amène à l'égalité les deux faisceaux à comparer.*

Ce qu'on vient de dire sur la *photométrie chimique* s'applique également à la *photométrie photographique*, qui en est un cas particulier. La photométrie photographique doit se faire, autant que possible, en séparant les diverses radiations simples par un appareil dispersif, et, dans son emploi, il faut bien se garder d'employer telle ou telle relation reliant le *noir* du cliché à l'intensité lumineuse et au temps de pose Les deux faisceaux, de même nature, à comparer, doivent impressionner, *pendant le même temps*, deux régions aussi identiques que possible d'une même plaque; ces deux régions sont ensuite traitées simultanément par le révélateur et les divers bains : on agit sur l'un des faisceaux jusqu'à ce que les *noirs* obtenus soient identiques : la plaque photographique remplace ainsi tout simplement l'observation directe, et dans certains cas, avec tout avantage.

VI. — Ces conditions, auxquelles doit satisfaire une mesure spectrophotométrique par la photographie, peuvent paraître évidentes; elles n'ont pourtant jamais, à ma connaissance, été remplies en toute rigueur dans les recherches publiées jusqu'ici (1). Je voudrais maintenant examiner rapidement comment on pourrait concevoir un dispositif où ces remarques seraient utilisées.

Imaginons qu'on photographie côte à côte, l'un au-dessus de l'autre, par exemple, sur la même plaque, deux spectres. Le premier serait le spectre à étudier, l'autre un spectre de comparaison donné par un étalon, mais qui serait disposé de façon que *son éclat varierait linéairement lorsqu'on se déplacerait du haut en bas en suivant une image de la fente* (2). Comparons deux bandes, dans le prolongement l'une de l'autre, correspondant dans les deux spectres à la même région. La partie du cliché correspondant au premier spectre présentera dans cette bande une intensité uniforme; tandis que l'autre présentera un *noir* dont l'intensité croîtra du haut en bas, suivant une loi plus ou moins compliquée qu'il serait; utile de connaître à peu près, pour se placer dans les meilleures conditions, mais qui n'intervient pas dans la mesure.

Il suffit alors de chercher quel est le point de la bande d'intensité variable, où le noir est identique à celui qui existe partout dans l'autre bande; de la position de ce point, on déduira immédiatement le rapport entre les

(1) Parmi ces recherches, à citer le travail de M. Simon (*Wied Ann.*, LIX, p. 90, 1896) sur les spectres d'absorption ultra-violets. Voir *Journal de Physique*, t. VI, p. 369, 1897.

(2) Pour réaliser cette condition, on pourrait imaginer différents dispositifs : par exemple, une fente dont la largeur croîtrait régulièrement du haut en bas, employée avec une dispersion suffisante et un spectroscope dépourvu d'astigmatisme. Ou bien encore l'on placerait une fente à bords parallèles dans la pénombre d'un écran qui empêcherait l'accès des rayons provenant de régions de plus en plus étendues de la source, etc,

intensités. La comparaison des diverses parties des deux plaques pourrait se faire par une observation directe, après avoir amené au contact (avec un prisme biréfringent par exemple) les deux portions étroites (limitées par des diaphragmes) que l'on veut comparer. On pourrait aussi comparer les noirs par le procédé où l'on se sert de la pile thermoélectrique qu'a utilisé M. Bouasse (1).

Il faudrait ainsi faire en quelque sorte une expérience pour chacune des régions du spectre que l'on veut étudier; et ces régions devraient être assez nombreuses pour qu'on puisse tracer ensuite la courbe donnant en chaque point du spectre le rapport entre les intensités. La photographie ne pourrait-elle tracer directement cette courbe? Est-il bien nécessaire de faire toute une série d'*expériences* sur le cliché obtenu? Je crois qu'on pourrait effectivement s'en passer. Il faudrait s'arranger de façon que les deux spectres à comparer ne soient pas l'un au-dessus de l'autre, comme je l'ai supposé, mais en quelque sorte, *imbriqués* l'un dans l'autre (2). Contre la plaque sensible par exemple (3), plaçons un écran découpé formé d'un réseau de bandes verticales, dans lequel les *pleins*, égaux aux vides, auront par exemple 1 millimètre de largeur, et photographions le spectre à étudier. Puis faisons agir un mécanisme permettant de déplacer le réseau exactement de 1 millimètre de façon que les pleins occupent maintenant exactement la place occupée tout à l'heure par les vides, et photographions alors pendant le même temps, sur les parties de la plaque ainsi réservées, le spectre de comparaison.

Les deux clichés correspondant aux deux faisceaux à comparer se complètent ainsi l'un l'autre; ils ne diffèrent que par l'intensité. Si nous suivons du regard une des bandes correspondant au second spectre, nous observerons qu'à une de ses extrémités elle se détache en clair sur les deux bandes qui l'encadrent, tandis qu'au contraire elle est plus sombre à l'autre extrémité.

La région où les deux spectres ont la même intensité apparaîtra ainsi directement à l'œil; sa position donnera le rapport cherché avec une précision suffisante si les bandes sont assez nombreuses. On obtiendra ainsi directement pour une région assez étendue du spectre, photographiée d'un seul coup, la courbe donnant la valeur des rapports cherchés.

Cette méthode s'appliquerait très simplement à la mesure des spectres d'absorption (4), et fournirait directement des renseignements déjà précis

(1) *Ann. Fac. sc. de Toulouse*, VIII, 1894.

(2) Cela a, en outre, l'avantage que l'on n'a pas besoin d'admettre que la plaque employée a les mêmes propriétés en des régions relativement écartées.

(3) S'il y avait dans les spectres à étudier des variations très rapides de l'intensité, il vaudrait mieux placer les bandes opaques horizontalement. On pourrait alors mettre l'écran découpé sur la fente du collimateur.

(4) Dans ce cas, pour éliminer l'effet des variations de la source unique fournissant les deux faisceaux, on ferait successivement, avec les deux, plusieurs poses identiques et alternées.

sur la valeur même du coefficient d'absorption dans les diverses parties du spectre. Il est bon d'ajouter que l'on pourrait, par la suite, reproduire le cliché de telle façon qu'on le voudra; alors même que le procédé adopté ne respecterait pas les valeurs relatives des demi-teintes, les points où les intensités sont les mêmes resteront toujours à la même place et dessineront la même courbe.

VII. — Pour terminer, j'examinerai la question de savoir si la précision des mesures ainsi faites avec le secours de la photographie serait plus grande que celle des mesures spectrophotométriques ordinaires.

Examinons à ce point de vue les diverses radiations :

Pour l'ultra-violet, la question ne se pose pas : la méthode photographique s'impose.

Pour le spectre visible, il semble que les deux procédés soient à peu près équivalents à ce point de vue, l'avantage étant nettement pour la photographie, au moins lorsqu'il s'agit de la portion la plus réfrangible.

Des expériences sur l'emploi du polarimètre à pénombres où l'on fait, comme on sait, une véritable opération photométrique, fournissent à cet égard des renseignements qu'il est bon d'indiquer ici : MM. Chauvin et Fabre (1) ont essayé de remplacer, dans l'emploi de cet instrument, l'observation directe par l'obtention d'une série de clichés successifs. La précision des résultats déduits de l'examen de ceux-ci a été trouvée à peu près la même que celle des mesures directes, peut-être un peu inférieure Mais les expériences ont été faites avec la lumière jaune du sodium (pour laquelle on avait sensibilisé les plaques). J'ai eu l'occasion, dans des recherches (non publiées), de reprendre ces expériences en employant des plaques ordinaires et en faisant cette fois des mesures avec une lumière bleue monochromatique (le polarimètre était muni d'une lame demi-onde pour cette couleur). J'ai trouvé, dans ce cas, que l'avantage était nettement pour la photographie quand les opérations sont bien conduites. On peut mesurer en effet, avec des éclairements intenses, temps de pose courts, des pouvoirs rotatoires de liquides bleus à moins d'une minute près (2), simplement en examinant à l'œil les clichés successifs, procédé qu'on pourrait sans doute perfectionner.

Passons enfin à l'infra-rouge. On pourrait être tenté de lui appliquer les mêmes méthodes, et pour cela de chercher à sensibiliser les plaques pour cette région du spectre. En fait, on a réussi récemment à préparer des plaques sensibles jusqu'à la longueur d'onde de 1 micron, et même un peu au delà; on a photographié la partie correspondante du spectre des métaux

(1) *C. R.*, t. CXIII, p. 691, 1891.

(2) Dans ce cas particulier, l'emploi de radiations très réfrangibles a un autre avantage : la quantité à mesurer croît elle-même très vite avec la réfrangibilité.

alcalins. Mais je ne crois pas que l'on puisse, à moins de précautions spéciales, aller bien loin dans cette voie. Il ne faut pas oublier en effet, que les corps qui nous entourent émettent tous, à la température ordinaire, des radiations infra-rouges, et que si l'on pouvait préparer des plaques sensibles à des radiations de 9 à 10 microns par exemple, ces plaques se voileraient si on les laissait dans ce que nous appelons *l'obscurité*.

Il paraît bien préférable, pour photographier dans l'infra-rouge, d'utiliser la phosphorographie, c'est-à-dire la destruction de la phosphorescence par les rayons calorifiques obscurs, ou bien l'action de ces rayons sur les plaques ordinaires préalablement voilées par d'autres radiations. M. Villard a annoncé en particulier (1) que le *voile* produit par une exposition préalable aux rayons de Röntgen était détruit jusque dans l'infra-rouge. C'est sans doute par des procédés de ce genre que l'on arrivera à photographier, dans l'obscurité, une boule chaude, le corps humain, etc..., et qu'on pourra appliquer la photographie à l'étude générale, et en particulier à la spectrophotométrie, de ces radiations calorifiques obscures si importantes.

---

M. J. LEFÈVRE

Professeur au Lycée de Nantes.

## SUR LA POSITION DES IMAGES DANS LES INSTRUMENTS D'OPTIQUE

[355.83]

*— Séance du 13 août —*

Lorsqu'on regarde un objet à travers un instrument à oculaire, loupe, microscope, etc., tout se passe comme si, l'appareil et l'objet enlevés, l'œil examinait directement une image de ce dernier, fournie par l'appareil.

A quelle distance de l'œil se forme cette image? Les opinions les plus diverses se sont produites à ce sujet. M. Ch. Robin dit avoir démontré (*Traité du microscope*, deuxième édition, page 130), que cette image se forme toujours en deçà du punctum proximum, à une distance de l'œil d'autant plus petite que l'appareil est moins grossissant, et qui, pour un faible pouvoir amplifiant, pourrait se réduire à peu près à la moitié de la distance minima de vision distincte.

Malgré cette assertion, il paraît évident que l'image doit nécessairement,

(1) *Soc. franç. de Physique*, 1901 et 1902.

pour être vue nettement, se former entre les deux limites de vision distincte de l'observateur. On a admis longtemps qu'elle se produit au punctum proximum ; le grossissement est alors représenté par une expression très simple, le rapport de l'image à l'objet, mais il varie en sens inverse de la puissance, ce qui est inadmissible. Dans d'autres ouvrages, on considère l'image comme se formant à une distance telle que la puissance soit maxima : elle serait alors au punctum proximum ou au punctum remotum, suivant la distance de l'œil à l'oculaire. Cette hypothèse, qui paraît, à première vue, plus rationnelle que la première, ne repose encore sur aucune base expérimentale.

En présence de ces hypothèses diverses, il m'a paru utile de chercher expérimentalement à quelle distance de l'œil se forme l'image.

Les expériences ont porté surtout sur la loupe. Je détermine la distance $p'$ de l'image à la lentille par l'équation connue :

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f},$$

et j'ajoute la distance approximative de la lentille à l'œil.

Le problème revient donc à mesurer $f$ et $p$. Je me sers d'un focomètre de Silbermann, composé de deux demi-disques translucides à divisions égales et d'un porte-lentille, mobiles sur une règle graduée.

Pour mesurer $f$, je place l'objet de manière à avoir une image réelle de mêmes dimensions, puis je l'éloigne de la lentille jusqu'à ce que l'image soit deux fois plus petite : le déplacement de l'objet est égal à $f$.

Sans toucher à la lentille, je supprime ensuite l'écran-image, et, plaçant l'œil devant la loupe, je fais mouvoir l'écran-objet de manière à déterminer : 1° les deux distances limites entre lesquelles l'objet peut être vu nettement ; 2° la position dans laquelle il paraît vu avec le maximum de netteté.

Je me suis servi aussi d'un microscope peu convergent constitué par deux lentilles fixées sur la règle divisée à 15 centimètres l'une de l'autre. J'ai aussi répété les expériences en adaptant à l'œil des verres convenables pour le rendre successivement myope, emmétrope ou hypermétrope.

Il est évident que les valeurs de $p'$ ainsi calculées ne peuvent offrir une très grande précision : une faible erreur sur la mesure de $p$ entraîne généralement une erreur beaucoup plus grande sur $p'$.

Malgré ce défaut de précision, les résultats obtenus ne vérifient certainement aucune des hypothèses précédemment énoncées. Dans tous les cas, l'image peut se déplacer dans des limites assez larges sans cesser d'être visible.

Ces limites ne m'ont pas semblé coïncider toujours avec celles qu'on

attribue d'ordinaire à la vision distincte. Elles m'ont paru varier avec la distance focale de la loupe, la nature de l'objet, la distance de l'œil à la loupe, etc. Il faut tenir compte aussi du peu de précision des mesures de $p'$ et peut-être des variations d'état physiologique de l'œil.

D'ailleurs, j'ai cherché surtout à déterminer la position la plus favorable, c'est-à-dire celle où l'on place instinctivement l'objet pour le regarder avec l'appareil. Cette position ne s'est jamais trouvée ni au punctum proximum, ni au punctum remotum, c'est-à-dire dans la position correspondant à la puissance maxima ; elle se trouve toujours dans une position intermédiaire, qui n'est pas absolument fixe dans les mêmes conditions, et qui correspond à peu près à une valeur moyenne de la puissance.

Dans le microscope peu grossissant, j'ai trouvé les mêmes résultats. Il me paraîtrait désirable que ces mesures fussent reprises par d'autres personnes, pour éliminer l'influence des conditions physiologiques.

---

MM. BRUNHES et DAVID

à Clermont-Ferrand, et au Puy de Dôme.

## ANOMALIE MAGNÉTIQUE SUR LE PUY DE DOME

[538.712 : 44.59]

*— Séance du 9 août 1902 —*

La carte magnétique de la France centrale est à faire. Au cours de ses beaux travaux sur le réseau magnétique français, M. Moureaux a fait en Auvergne quelques mesures, suffisantes pour lui indiquer l'existence d'anomalies notables, mais trop clairsemées pour qu'il ait pu tracer les lignes isomagnétiques des départements du Massif Central.

Ce n'est pas, en effet cinq ou six mesures dans un département qu'il faudra faire. Nous venons d'effectuer *soixante* mesures dans un rayon de 200 mètres autour du sommet du Puy de Dôme, sur le haut de la montagne elle-même et sur ses flancs est et sud, et nous commençons seulement à connaître la distribution du magnétisme sur la montagne. Il faudra une *densité* de stations d'observation de cet ordre de grandeur, au moins, dans toute la région de la chaîne des Puys. C'est dire le travail formidable que représentera cette étude.

Ces premières mesures nous ont donné un résultat inattendu. On était

bien convaincu de l'existence de fortes anomalies, mais on ne prévoyait point que l'on trouverait entre deux points distants de 145 mètres *une différence de déclinaison de 7 degrés : sur le Puy de Dôme même, se trouvent les points de déclinaison maximum et de déclinaison minimum qu'on ait jusqu'ici observés en France.*)

Les observations ont été faites avec des appareils Brunner appartenant à l'Observatoire du Parc Saint-Maur. Nous avons, jusqu'ici, porté surtout notre attention sur la déclinaison. Quelques mesures ont été faites par la méthode classique, en faisant les observations complètes du soleil destinées à faire connaître le méridien géographique. Les autres ont été faites en visant un repère, soit la cathédrale de Clermont à l'est, soit le pic de Sancy au sud-ouest. Les distances de ces repères sont connues. Quand on était en un point M, il suffisait de viser de ce point le repère choisi et la tour de l'Observatoire. On avait ainsi dans une première approximation la direction dans laquelle était vu le point M du centre de la tour, et en même temps la mesure du diamètre apparent de cette tour faisait connaître la distance du point M. Cela suffisait pour permettre de calculer pour le point M, ce qu'on peut appeler la *parallaxe* de Clermont ou du Sancy, c'est-à-dire la correction angulaire permettant de rapporter les directions des repères aux valeurs qu'elles auraient du centre de la tour. L'erreur possible dans cette correction, pour les points les plus éloignés du sommet ne dépasse pas deux minutes, ce qui est inférieur à l'approximation dont nous avons besoin ici. Nos mesures, quelques-unes rapides et sans avoir recours à tous les retournements, sont exécutées au moins à 3 ou 4 minutes près. Nous les avons multipliées pour être bien sûr de l'anomalie que nous révéla une première mesure qui nous donnait 17 degrés, soit 3 degrés de plus que le nombre qu'on déduisait de l'unique observation qui eût été faite au Puy de Dôme, celle de M. Moureaux en 1884, — laquelle, par un curieux hasard, avait été faite en un point sans grande anomalie.

La carte ci jointe, à l'échelle de $\frac{1}{1000}$, donne le tracé des isogones: en traits pleins le tracé sûr, en traits pointillés le tracé probable. Au voisinage immédiat de la tour, on a des valeurs très irrégulières, mais ce qui prouve bien que là ne saurait être l'origine des perturbations de la montagne, c'est que le maximum de 19°28′ qui dépasse de beaucoup ce qu'on trouve au voisinage de la tour est en un point situé à $100^{m},74$ du centre de la tour à l'est, et qu'en un point situé dans la même direction à $210^{m},89$, au point marqué *AB*, la valeur de la déclinaison n'a que très peu diminué : elle est encore de 19°6′.

Ce point *AB* est à 80 mètres environ au-dessous du niveau de la tour, il est sur le flanc qui regarde Clermont et où la pente varie de 38 à 43 degrés, ce qui rend les mesures particulièrement pénibles et dangereuses.

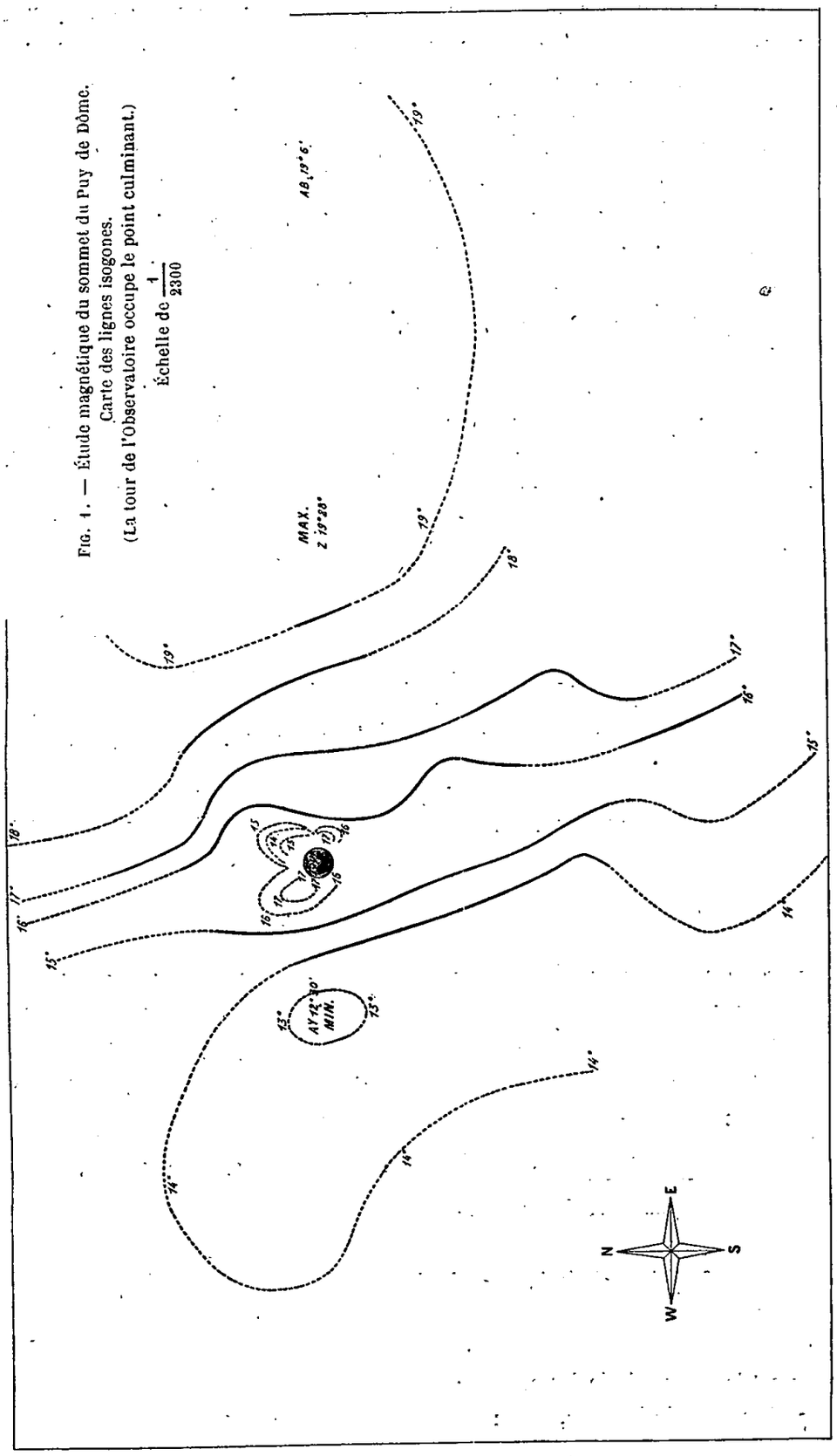



FIG. 1. — Étude magnétique du sommet du Puy de Dôme.
Carte des lignes isogones.
(La tour de l'Observatoire occupe le point culminant.)
Échelle de $\frac{1}{2300}$

M. David continue les mesure de composante horizontale, et celles d'inclinaison qui permettront de calculer la composante verticale. Les belles recherches, toutes récentes, de M. Mathias, donnent à ce dernier élément une importance toute spéciale.

Les résultats déjà obtenus nous ont montré l'importance qu'il y aura, si l'on nous en fournit les moyens, à entreprendre en un point du Puy-de Dôme, l'étude et l'enregistrement des variations magnétiques dans le temps ; il sera intéressant de voir si en un lieu soumis à de telles perturbations dans l'espace, les variations dans le temps sont différentes de ce qu'elles sont en des stations régulières.

Nous nous proposons, de plus, d'entreprendre concurremment à ces mesures, l'étude des courants telluriques sur la ligne télégraphique qui relie l'Observatoire à la Faculté des Sciences, joignant ainsi deux points ayant une différence de niveau de plus de 1.000 mètres pour 9.600 mètres de distance horizontale et 14 kilomètres environ de fil de ligne.

---


## M. DEMTCHINSKY

Directeur de l'Observatoire de Torbino (Russie).


---

### LE TEMPS EN RAPPORT AVEC LE TRAVAIL DE L'ATMOSPHÈRE [551.52]

---

*— Séance du 9 août —*

Partant de ce principe, que la chaleur est un effet du travail mécanique, M. l'ingénieur Gentil Tippenhauer a donné une formule qui permet de calculer les effets thermiques de l'atmosphère en rapport avec le travail produit par les forces de l'attraction lunaire. Cette formule a la forme suivante :

$$R = -\frac{m}{\rho \cdot \frac{206265}{P}}\left[\cos\delta\cos\varphi\cos(\lambda + h - \alpha) + \sin\delta\sin\varphi\right]\cdot$$

$$\left\{\cos\varphi\left[\cos(\lambda + h - \alpha)\sin\delta.d\delta - \sin(\lambda + h - \alpha)\cos\delta.d\alpha\right] - \sin\varphi\cos\delta.d\delta\right\}$$

où

$m$ est la masse de la lune, $= 1$ ;

$\rho$, le rayon de la terre, $= 1$ ;

$p$, la parallaxe horizontale de la lune;

$\delta$, la déclinaison de la lune;

$\alpha$, son ascension droite;

$\varphi$, la latitude du lieu;

$\lambda$, le temps sidéral;

$h$, l'angle horaire (angle que fait le méridien du lieu avec le méridien de midi.)

Lorsque cette formule a paru (*Climat*, n° 19, 1901), je m'en suis servi pour vérifier tout ce que j'avais obtenu jusque-là par voie empirique, et, en particulier, les nœuds thermiques.

Le résultat a été celui-ci : tous les *nœuds* découverts par moi, ou, ce qui est la même chose, les jours d'égale température, ont été trouvés les jours où le travail mécanique des forces de l'attraction lunaire est le même.

La vérification ayant ainsi conduit à des résultats satisfaisants, j'ai procédé inversement : si des travaux égaux donnent des températures égales, il en résulte que, pour deux années quelconques, les jours d'un même

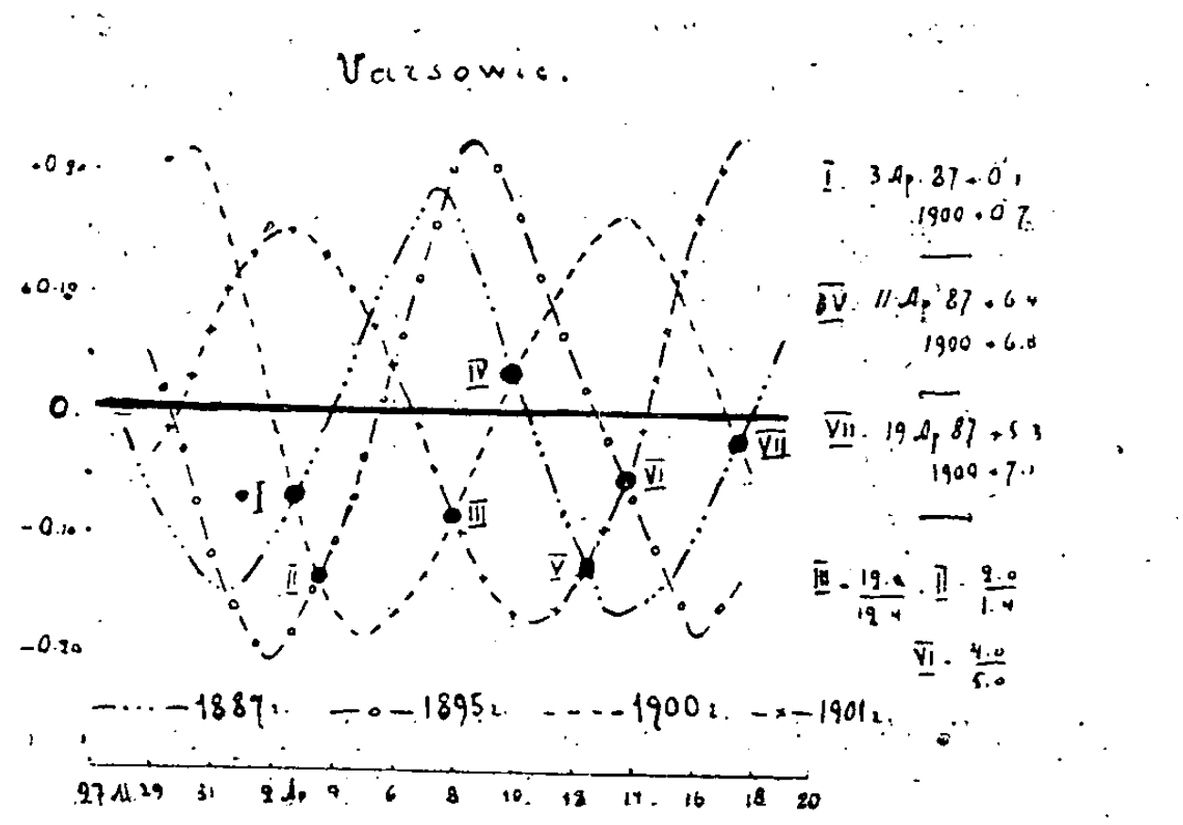



FIG. 1.

mois qui ont le même travail doivent avoir aussi la même température. La figure ci-jointe *(fig. 1)*, confirme également ces suppositions : les courbes y représentent le travail de l'atmosphère pour différentes années, calculé par la formule de Tippenhauer.

Les recherches ultérieures effectuées sur cette formule ont montré qu'elle permet d'obtenir les conclusions les plus variées sur le temps probable.

En calculant, au moyen d'elle, le travail de l'atmosphère sous l'influence des forces d'attraction du soleil, — et il suffit pour cela d'y introduire les changements convenables, — et en faisant la somme des travaux du soleil

et de la lune, on obtient l'effet mécanique total pour une colonne verticale donnée de l'atmosphère; en répétant l'opération pour chaque heure, on obtiendra la courbe des sommes de travail par le jour entier. La forme de ces courbes est extrêmement variée; en voici une pour Varsovie pour le 12 avril 1903 *(fig. 2)*.

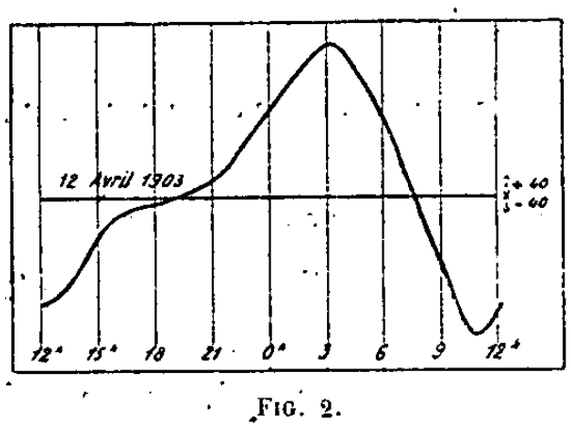



FIG. 2.

Faisons maintenant le total par heures pour tous les jours, par exemple, du mois d'avril de plusieurs années, et traçons les courbes analogues à celle de la figure 2.

Calculons les aires de chaque jour (positives et négatives séparément), puis portons la somme algébrique de ces aires sur un graphique *(fig. 3)*.

Nous obtiendrons ainsi un tableau comparatif des travaux des diverses années (1). Ce tableau présente la caractéristique parfaite des conditions

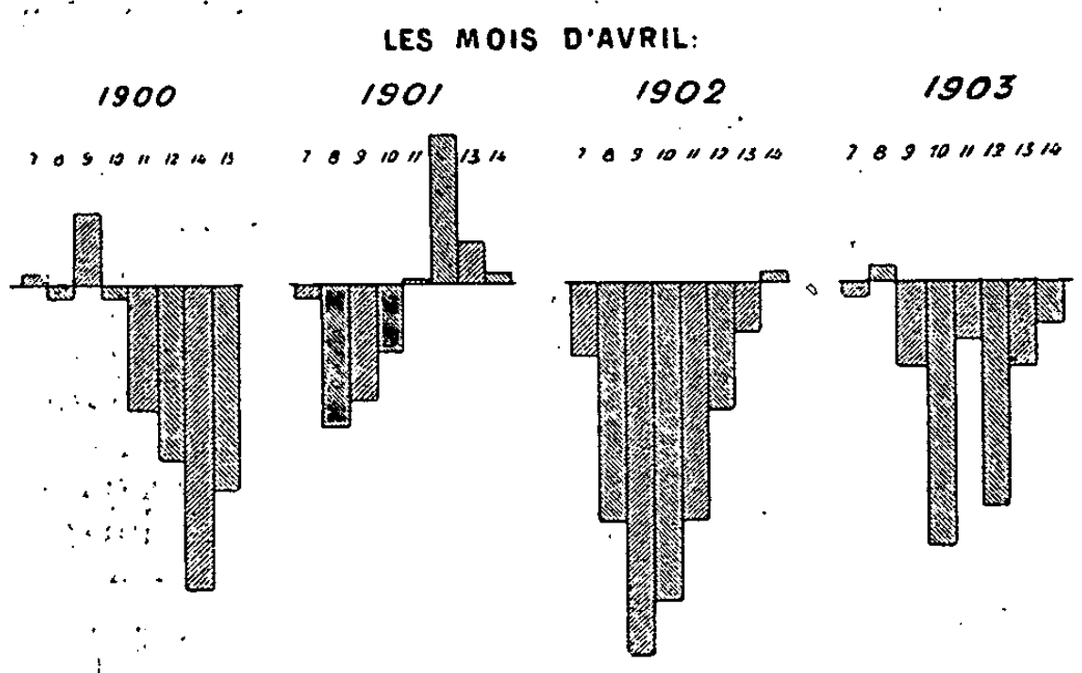



FIG. 3.

thermiques d'un certain nombre de mois d'avril; il permet de dire que, des quatre années considérées, le mois d'avril le plus chaud est celui de 1901; celui de 1900 est un peu plus froid, et celui de 1902 est le plus froid, de plus, le 9 et le 10 sont particulièrement froids.

Calculons maintenant la température moyenne de Varsovie pour un grand nombre d'années (pour cent vingt ans), et comparons-y les températures effectives de 1900, 1901 et 1902; nous trouverons que 1900 a passé un peu au-dessus de la moyenne (pour la première quinzaine, de 9°,7); 1901 a passé considérablement au-dessus de la moyenne (au total, de 35° au-dessus), et 1902, sensiblement au-dessous de la moyenne (22° au-dessous). Les 9 et 10 avril 1902 ont donné un abaissement par rapport à

(1) La figure 3 ne correspond qu'à une semaine, et non au mois entier.

la moyenne, de — 4°,4, et — 4°,4, tandis que le jour le plus chaud (sur le graphique n° 3) de 1901, a donné 6°,7 au-dessus de la moyenne.

En prenant toutes les données nécessaires au calcul dans la Connaissance des Temps, on peut calculer avril d'une année quelconque à l'avance, et d'après le tableau comparatif (modèle *fig.* 3), en caractériser les conditions thermiques avec une parfaite précision.

Sur la même figure 3, se trouve le tableau pour 1903, Il montre qu'avril prochain occupera une place moyenne entre 1900 et 1901, il sera plus chaud que le premier, et un peu plus froid que le second; très probablement, il passera à Varsovie un peu plus haut que la ligne thermique moyenne (pour la première quinzaine, de 10 à 15 degrés plus haut); la même figure montre que la courbe thermique sera très sinueuse, et en particulier dans la période du 10 au 13 avril.

Si dans la formule de Tippenhauer on change la latitude et la longitude du lieu, on obtiendra toutes les variantes de température qui montreront justement la marche variée des éléments thermiques d'une même période pour divers points du globe terrestre. En construisant les figures correspondantes, nous trouverons, par exemple, que tandis qu'à Paris la température est à la baisse, à Washington elle est à la hausse ou inversement; il y a aussi des périodes où la marche de la température est la même à Paris et à Washington.

La présente note montre que la formule de Tippenhauer mérite entièrement d'être approfondie et sensiblement élargie, d'être même intégrée dans l'étendue du jour entier, ce que nous avons déjà fait : il y aurait même lieu de prendre l'intégrale générale du travail lunaire et solaire, mais d'y joindre celui de toutes les planètes.

D'autre part, les résultats obtenus sont encore importants parce qu'ils résolvent définitivement la question de l'influence de la lune sur le temps, car la formule contient *seulement* les coordonnées de la lune et sa parallaxe, c'est-à-dire que toute influence étrangère est laissée de côté.

En considération des résultats obtenus, j'invite tous mes collègues à s'occuper de la question de la manière la plus circonstanciée; c'est une affaire trop sérieuse pour qu'on craigne d'y consacrer son temps.

Une remarque encore pour finir : le travail pour 1903 est presque égal à celui de 1896; aussi on peut dire sans crainte de se tromper, que l'année prochaine sera dans des conditions de temps analogues à 1896.

M. MATHIAS

Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

# SUR LA LOI DE DISTRIBUTION RÉGULIÈRE DE LA COMPOSANTE VERTICALE DU MAGNÉTISME TERRESTRE EN FRANCE, AU 1er JANVIER 1896

[538.711:944]

— *Séance du 11 août* —

§ 1. — Dans cette recherche, j'ai pris comme base de mes calculs le *Réseau magnétique de la France* de M. Moureaux (*), dont tous les mesures sont ramenées à la date idéale du 1er janvier 1896.

Mes mesures magnétiques antérieures à 1901 n'ayant pas encore été ramenées au 1er janvier 1896, j'en ai fait abstraction, pour le moment du moins, et me suis limité aux seuls nombres de M. Moureaux qui se rapportent à 617 localités appartenant à toutes les régions de la France.

Un travail préliminaire, qui est considérable, s'impose : c'est celui qui consiste à former les (Δ long.) et les (Δ lat.) des 617 localités en question (**). Après quoi il faut, pour chaque station X, faire la différence entre la composante verticale Z indiquée par M. Moureaux et la composante verticale de l'observatoire de Toulouse, du même auteur.

Une difficulté se présente pour la composante verticale Z qui n'existe pas pour les éléments D, H et I; Z est un élément *calculé*, non *observé*.

La relation :

$$\frac{Z}{H} = \operatorname{tg} I$$

donne :

$$Z = H \operatorname{tg} I \qquad (1)$$

et montre que les erreurs de détermination de la composante horizontale et de l'inclinaison se reportent sur Z. Dérivons les deux membres de la formule (1); il vient en effet

$$dZ = \operatorname{tg} I . dH + H(1 + \operatorname{tg}^2 I) dI, \qquad (2)$$

où $dZ$ est l'erreur de Z correspondant aux erreurs $dH$ et $dI$ de la composante

(*) Th. Moureaux : *Annales du Bureau central météorologique*, pour 1898.

(**) En retranchant de la longitude et de la latitude de la station X la longitude et la latitude de l'observatoire de Toulouse, les longitudes *ouest* étant affectées du signe + et les longitudes *est* du signe —.

horizontale et de l'inclinaison. Si nous remarquons que la valeur moyenne de H est 0,2 et que sensiblement tg I = 2 en France, il vient :

$$(3) \qquad dZ = 2.dH + 0{,}2 \times 5dI = 2dH + dI.$$

Convenons d'exprimer $dZ$ comme $dH$ en unités du 5e ordre décimal ; si $dI$ est donné en minutes, pour appliquer la formule (3) il faudra exprimer la minute en unités trigonométriques. Or :

$$1'' = \frac{1}{200000}, \qquad 1' = 60'' = \frac{30}{100000}.$$

Si donc $dI = \pm n'$, l'erreur $dZ$ est de la forme :

$$dZ = 2dH \pm 30n'.$$

Si $dH$ et $dI$ sont de même signe, les erreurs s'ajoutent; si $dH$ et $dI$ sont de signe contraire, les erreurs se retranchent dans le calcul de Z.

Considérons le cas fâcheux où les erreurs s'ajoutent; une erreur de 20 unités du 5e ordre sur H et une erreur de 2′ sur l'inclinaison donnent :

$$dZ = 2 \times 20 + 30 \times 2 = 100$$

c'est-à-dire une erreur de 100 unités du 5e ordre pour Z, comme M. Moureaux l'a remarqué lui-même (*). C'est donc l'inclinaison qui influe le plus sur le calcul de Z, une erreur de 3′ dans la mesure de cet élément introduisant une erreur de 90 unités du 5e ordre; si une pareille erreur se combine avec une erreur de même signe de 30 unités du 5e ordre dans la mesure de H, on voit que l'erreur $dZ$ atteint 150 unités du 5e ordre. On s'explique ainsi la différence des valeurs de Z présentée par les mesures de M. Moureaux en quelques stations où elles ont été répétées à quelques années d'intervalle au même endroit, savoir :

| Station X | 1re valeur de Z | | 2e valeur de Z | | $dZ$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Bastia. . . . . | 1887 | 37500 | 1894 | 37640 | + 140 |
| Bonifacio . . . | 1887 | 37380 | 1894 | 37250 | — 130 |
| Corte. . . . . | 1887 | 37840 | 1894 | 37700 | — 140 |
| Brest. . . . . | 1888 | 42780 | 1893 | 42590 | — 190 |
| Nantes . . . . | 1885 | 41920 | 1896 | 41710 | — 210 |
| Paimbœuf. . . | 1893 | 41960 | 1896 | 41820 | — 140 |
| Hendaye . . . | 1888 | 39780 | 1895 | 39650 | — 130 |
| Tarbes . . . . | 1884 | 39190 | 1891 | 39330 | + 140 |
| Poitiers. . . . | 1884 | 41110 | 1893 | 41290 | + 180 |

Le très petit nombre des localités où les valeurs de Z sont franchement divergentes montre avec quel soin les mesures de M. Moureaux ont été

(*) Th. Moureaux : *Réseau magnétique de la France, Annales du Bureau cent. mét.* de 1898, p. 99.

faites; mais il faut admettre comme possible un écart de 100 à 120 unités du 5e ordre entre les nombres calculés et observés sans qu'on puisse conclure à une anomalie. D'autre part, une autre difficulté se présente; les deux valeurs de Z trouvées par M. Moureaux à Toulouse diffèrent de 70 unités du 5e ordre; faut-il prendre une des deux valeurs de préférence à l'autre ou adopter la moyenne des deux composantes verticales?

Les nombres de M. Moureaux relatifs à Toulouse sont les suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Observations de 1884. . . | H = 0,2175 | I = 61° 6′ | Z = 0,3940 |
| — de 1895. . . | H = 0,2182 | I = 61° 4′ | Z = 0,3947 |

On peut remarquer que la composante horizontale de 1884 est trop faible, tandis que celle de 1895 est trop forte de 4 unités du 4e ordre décimal; s'il y a à peu près compensation lorsqu'on calcule la composante verticale, cela tient à ce que l'inclinaison 61° 6′ est trop grande. Les mesures de 1884 ne présentent donc pas suffisamment de garanties. Quant à celles de 1895, elles ont été faites en temps de trouble magnétique; toutefois l'inclinaison de 1895 doit être considérée comme exacte à une minute près, ainsi que l'a montré *a posteriori* l'étude de la distribution régulière de l'inclinaison en France au 1er janvier 1896; si l'on combine le nombre 61° 4′ avec la valeur 0,21780, composante de Toulouse au 1er janvier 1896, d'après mes propres mesures (*), on trouve Z = 0,3940, c'est-à-dire précisément la valeur de Z donnée par M. Moureaux d'après les données incertaines de 1884. C'est ce nombre, ou mieux 39400, que nous adopterons comme composante verticale de Toulouse au 1er janvier 1896; en retranchant ce nombre des composantes verticales de M. Moureaux exprimées en unités du 5e ordre décimal, on aura le ΔZ *observé;* le ΔZ *calculé* sera donné par la loi de distribution régulière qu'il s'agit de trouver.

§ 2. — J'ai procédé dans cette recherche exactement de la même façon que pour la composante horizontale, la déclinaison et l'inclinaison. Des tâtonnements réguliers m'ont permis de passer de la formule linéaire

$$\Delta Z(\text{calc.}) = 2(\Delta \text{ long}) + 9(\Delta \text{ lat.}), \tag{4}$$

valable dans une aire assez étendue autour de Toulouse, à la formule plus exacte

$$\Delta Z(\text{calc.}) = 1{,}5(\Delta \text{ long.}) + 9{,}8(\Delta \text{ lat.}) - 0{,}0007(\Delta \text{ lat.})^2 \tag{5}$$

applicable dans toute la France, la Corse y compris. Tant que la différence ΔZ (calc.) — ΔZ (obs.) ne dépasse pas en valeur absolue 100 unités du

(*) E. Mathias : *Sur la loi de distribution de la composante horizontale,* p. 6.

5e ordre, et même 120 unités pour les grandes valeurs de (Δ long.) et (Δ lat.), on peut considérer la station comme régulière au point de vue de la composante verticale; au delà, il y a anomalie.

La formule (5) a permis de choisir dans les 617 localités visitées par M. Moureaux 426 stations régulières; on a pu alors écrire 426 équations à 6 inconnues de la forme

$$(6)\quad \begin{cases} \Delta Z(\text{obs.}) = x + y(\Delta \text{ long.}) + z(\Delta \text{ lat.}) + t(\Delta \text{ long.})^2 \\ \qquad + u(\Delta \text{ long.})(\Delta \text{ lat.}) + v(\Delta \text{ lat.})^2. \end{cases}$$

Si l'on pose

$$y = 1{,}5 + y', \qquad z = 9{,}8 + z', \qquad v = 0{,}0007 + v'$$

et si l'on retranche membre à membre (5) de (6), il vient :

$$(7)\quad \begin{cases} x + y'(\Delta \text{ long.}) + z'(\Delta \text{ lat.}) + t(\Delta \text{long.})^2 + u(\Delta \text{long.})(\Delta \text{lat.}) \\ \qquad + v'(\Delta \text{ lat.})^2 = \Delta Z(\text{obs.}) - \Delta Z(\text{calc.}). \end{cases}$$

Les 426 équations du type (7) à 6 inconnues $x$, $y'$, $z'$, $t$, $u$, $v'$ ont été résolues au moyen de la méthode des moindres carrés par le service des calculateurs de l'Observatoire de Toulouse que M. B. Baillaud a bien voulu mettre une fois de plus à ma disposition. Comme précédemment, M. B. Baillaud a bien voulu prendre la haute direction de ces calculs et je tiens à l'assurer, de nouveau, de ma profonde reconnaissance.

Les équations (7) ont fourni la solution suivante :

$$x = +\,39{,}72, \qquad y' = +\,0{,}1482, \qquad z' = +\,0{,}1019$$
$$t = -\,0{,}000055, \qquad u = -\,0{,}000294, \qquad v' = -\,0{,}001078.$$

La loi de distribution régulière de la composante verticale pour la France entière, y compris la Corse, est par suite donnée par la formule

$$(8)\quad \begin{cases} \Delta Z = +\,39{,}72 + 1{,}6482(\Delta \text{ long.}) + 9{,}9019(\Delta \text{ lat.}) \\ -0{,}000055(\Delta \text{long.})^2 + 0{,}000294(\Delta \text{long.})(\Delta \text{lat.}) - 0{,}001778(\Delta \text{lat.})^2. \end{cases}$$

Comme on ne peut pas répondre de 40 unités du 5e ordre dans l'évaluation de la composante verticale, le terme constant de la formule (8) signifie simplement que la composante verticale admise pour Toulouse

0,39400

est trop faible de 40 unités. La composante 0,39440 à laquelle on est ainsi conduit est presque exactement la moyenne des deux valeurs auxquelles conduisent les mesures de M. Moureaux faites en 1884 et en 1895.

§ 3. — Le tableau suivant donne la vérification de la formule (8) pour 25 départements *entièrement réguliers*, c'est-à-dire qui donnent pour la différence entre le ΔZ observé et le ΔZ calculé une valeur absolue toujours inférieure à 100 unités du 5e ordre.

| STATIONS | Δ LONG. | Δ LAT. | $Z_{96}$ | ΔZ (OBS.) | ΔZ (CALC.) | OBS.-CALC. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1. — Ain.** | | | | | | |
| Belley | — 253′ 45 | + 128′ 75 | 0,4033 | + 930 | + 874 | + 57 |
| Bourg | — 225′ 05 | + 155′ 15 | 0,4058 | + 1180 | + 1170 | + 10 |
| Nantua | — 249′ 25 | + 152′ 45 | 0,4053 | + 1130 | + 1157 | — 27 |
| **2. — Hautes-Alpes.** | | | | | | |
| Briançon | — 310′ 45 | + 76′ 85 | 0,3964 | + 240 | + 280 | — 40 |
| Embrun | — 301′ 95 | + 56′ 85 | 0,3953 | + 130 | + 99 | + 31 |
| Gap | — 277′ 75 | + 56′ 95 | 0,3962 | + 220 | + 141 | + 79 |
| **3. — Ardèche.** | | | | | | |
| Privas | — 188′ 85 | + 67′ 65 | 0,3978 | + 380 | + 394 | — 14 |
| **4. — Aube.** | | | | | | |
| Arcis-sur-Aube | — 160′ 05 | + 295′ 25 | 0,4190 | + 2500 | + 2557 | — 57 |
| Bar-sur-Aube | — 195′ 45 | + 277′ 85 | 0,4166 | + 2260 | + 2345 | — 85 |
| Bar-sur-Seine | — 175′ 85 | + 270′ 25 | 0,4176 | + 2360 | + 2309 | + 51 |
| Nogent-sur-Seine | — 121′ 55 | + 293′ 25 | 0,4202 | + 2620 | + 2599 | + 21 |
| Romilly-sur-Seine | — 135′ 75 | + 293′ 95 | 0,4206 | + 2660 | + 2584 | + 76 |
| Saint-Julien | — 157′ 95 | + 279′ 25 | 0,4175 | + 2350 | + 2418 | — 68 |
| **5. — Aude.** | | | | | | |
| Carcassonne | — 54′ 25 | — 23′ 85 | 0,3911 | — 290 | — 287 | — 3 |
| Castelnaudary | — 29′ 35 | — 17′ 85 | 0,3918 | — 220 | — 186 | — 34 |
| Limoux | — 45′ 65 | — 33′ 75 | 0,3905 | — 350 | — 372 | + 22 |
| Narbonne | — 93′ 05 | — 25′ 25 | 0,3898 | — 420 | — 365 | — 55 |
| La Nouvelle | — 94′ 85 | — 35′ 55 | 0,3902 | — 380 | — 473 | + 93 |
| **6. — Territoire de Belfort.** | | | | | | |
| Belfort (1884) | — 324′ 05 | + 242′ 05 | 0.4117 | + 1755 | + 1815 | — 60 |
| Belfort (1891) | Id. | Id. | 0,4114 | | | |
| Delle | — 332′ 75 | + 234′ 05 | 0,4120 | + 1800 | + 1729 | + 71 |
| **7. — Creuse.** | | | | | | |
| Aubusson | — 42′ 35 | + 141′ 45 | 0,4079 | + 1390 | + 1337 | + 53 |
| Boussac | — 45′ 75 | + 164′ 35 | 0,4097 | + 1570 | + 1546 | + 24 |
| Guéret | — 25′ 05 | + 153′ 15 | 0,4091 | + 1510 | + 1474 | + 36 |

| STATIONS | Δ LONG. | Δ LAT. | $Z_{96}$ | ΔZ (OBS.) | ΔZ (CALC.) | OBS.-CALC. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **8. — Dordogne.** | | | | | | |
| Belvès | + 26′ 45 | + 69′ 85 | 0,4019 | + 790 | + 776 | + 24 |
| Bergerac | + 57′ 65 | + 74′ 85 | 0,4032 | + 920 | + 1016 | — 96 |
| Niversac | + 39′ 65 | + 91′ 75 | 0,4036 | + 960 | + 998 | — 38 |
| Nontron | + 48′ 05 | + 115′ 05 | 0,4065 | + 1250 | + 1234 | + 16 |
| Périgueux | + 45′ 05 | + 95′ 25 | 0,4048 | + 1080 | + 1037 | + 43 |
| Ribérac | + 83′ 45 | + 98′ 05 | 0,4062 | + 1220 | + 1128 | + 92 |
| **9. — Indre.** | | | | | | |
| Argenton | — 4′ 15 | + 178′ 85 | 0,4117 | + 1790 | + 1748 | + 42 |
| Le Blanc | + 23′ 45 | + 181′ 45 | 0,4120 | + 1800 | + 1815 | — 15 |
| Châteauroux | — 14′ 55 | + 191′ 55 | 0,4132 | + 1920 | + 1847 | + 73 |
| La Châtre (1892) | — 31′ 75 | + 178′ 65 | 0,4111 | + 1710 | + 1700 | + 10 |
| La Châtre (1893) | — 32′ 05 | + 178′ 55 | 0,4113 | + 1730 | + 1700 | + 30 |
| Issoudun | — 30′ 95 | + 200′ 55 | 0,4131 | + 1910 | + 1905 | + 5 |
| Mers | — 25′ 05 | + 183′ 25 | 0,4115 | + 1750 | + 1755 | + 5 |
| **10. — Indre-et-Loire.** | | | | | | |
| Amboise | + 28′ 75 | + 228′ 65 | 0,4159 | + 2190 | + 2256 | — 66 |
| Chinon | + 73′ 35 | + 213′ 15 | 0,4158 | + 2180 | + 2175 | — 5 |
| Loches | + 27′ 65 | + 211′ 55 | 0,4155 | + 2150 | + 2089 | + 61 |
| Montlouis | + 39′ 35 | + 227′ 15 | 0,4168 | + 2280 | + 2259 | + 21 |
| Tours | + 47′ 45 | + 228′ 05 | 0,4164 | + 2240 | + 2281 | — 41 |
| **11. — Isère.** | | | | | | |
| Grenoble | — 256′ 45 | + 93′ 85 | 0,3993 | + 530 | + 534 | — 4 |
| Saint-Marcellin | — 231′ 65 | + 92′ 65 | 0,4000 | + 600 | + 564 | + 36 |
| La Tour-du-Pin | — 239′ 85 | + 117′ 05 | 0,4023 | + 830 | + 773 | + 57 |
| Vienne | — 204′ 65 | + 114′ 95 | 0,4027 | + 870 | + 822 | + 48 |
| **12. — Jura.** | | | | | | |
| Champagnole | — 267′ 55 | + 187′ 85 | 0,4084 | + 1440 | + 1407 | + 33 |
| Dôle | — 242′ 15 | + 209′ 35 | 0,4107 | + 1670 | + 1647 | + 23 |
| Lons-le-Saulnier | — 245′ 35 | + 183′ 55 | 0,4083 | + 1430 | + 1403 | + 27 |
| Saint-Claude | — 264′ 45 | + 167′ 45 | 0,4062 | + 1220 | + 1221 | — 1 |
| **13. — Loir-et-Cher.** | | | | | | |
| Blois (1892) | + 8′ 35 | + 238′ 25 | 0,4164 | + 2240 | + 2310 | — 71 |
| La Motte-Beuvron | — 33′ 55 | + 238′ 65 | 0,4174 | + 2340 | + 2248 | + 92 |
| Romorantin | — 16′ 55 | + 224′ 45 | 0,4158 | + 2180 | + 2147 | + 33 |
| Vendôme | + 23′ 45 | + 250′ 55 | 0,4192 | + 2520 | + 2446 | + 74 |

| STATIONS | Δ LONG. | Δ LAT. | $Z_{96}$ | ΔZ (OBS.) | ΔZ (CALC.) | OBS.-CALC. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **14. — Haute-Loire.** | | | | | | |
| Langeac | — 122′ 25 | + 89′ 75 | 0,4012 | + 720 | + 715 | + 5 |
| Le Puy | — 146′ 25 | + 85′ 65 | 0,4013 | + 730 | + 636 | + 94 |
| **15. — Loire-Inférieure.** | | | | | | |
| Ancenis | + 158′ 55 | + 225′ 55 | 0,4189 | + 2490 | + 2431 | + 59 |
| Châteaubriant | + 170′ 75 | + 246′ 15 | 0,4207 | + 2637 | + 2637 | + 33 |
| Nantes (1884) | + 180′ 95 | + 217′ 95 | 0,4188 | +2480 | | |
| Nantes (1885) | Id. | Id. | 0,4192 | +2520 | 2437 + 2398 | + 39 |
| Nantes (1896) | Id. | Id. | 0,4171 | +2310 | | |
| Paimbœuf (1893) | + 209′ 55 | + 220′ 45 | 0,4196 | + 2560 | + 2466 | + 94 |
| Paimbœuf (1896) | + 208′ 35 | + 220′ 25 | 0,4182 | + 2420 | + 2462 | — 42 |
| Pornic | + 213′ 25 | + 210′ 05 | 0,4178 | + 2380 | + 2376 | + 4 |
| Saint-Nazaire | + 220′ 35 | + 219′ 45 | 0,4194 | + 2540 | + 2473 | + 67 |
| **16. — Marne.** | | | | | | |
| Blesmes | — 198′ 05 | + 306′ 05 | 0,4192 | + 2520 | + 2592 | — 72 |
| Châlons-sur-Marne | — 175′ 25 | + 319′ 95 | 0,4220 | + 2800 | + 2752 | + 48 |
| Épernay | — 151′ 35 | + 326′ 25 | 0,4228 | + 2880 | + 2845 | + 35 |
| Fère-Champenoise | — 151′ 35 | + 309′ 15 | 0,4213 | + 2730 | + 2694 | + 36 |
| Reims | — 153′ 55 | + 340′ 05 | 0,4229 | + 2890 | + 2962 | — 72 |
| Sainte-Menehould | — 206′ 05 | + 329′ 25 | 0,4212 | + 2720 | + 2785 | — 65 |
| Vitry-le-François | — 187′ 75 | + 305′ 95 | 0,4199 | + 2590 | + 2647 | — 57 |
| **17. — Mayenne.** | | | | | | |
| Château-Gontier | + 128′ 65 | + 253′ 15 | 0,4209 | + 2690 | + 2634 | + 56 |
| Laval (1888) | + 132′ 85 | + 267′ 65 | 0,4215 | + 2750 | + 2770 | — 20 |
| Laval (1889) | + 133′ 75 | + 268′ 35 | 0,4221 | + 2810 | + 2779 | + 31 |
| Mayenne | + 123′ 75 | + 281′ 35 | 0,4220 | + 2800 | + 2870 | — 78 |
| **18. — Nièvre.** | | | | | | |
| Cercy-la-Tour | — 131′ 55 | + 194′ 45 | 0,4109 | + 1690 | + 1688 | + 2 |
| Château-Chinon | — 148′ 75 | + 207′ 05 | 0,4112 | + 1720 | + 1776 | — 56 |
| Clamecy | — 123′ 55 | + 231′ 35 | 0,4146 | + 2060 | + 2040 | + 20 |
| Cosne (1885) | — 87′ 75 | + 228′ 25 | 0,4150 | + 2100 | + 2068 | + 32 |
| Cosne (1890) | — 88′ 75 | + 228′ 05 | 0,4152 | + 2120 | + 2065 | + 55 |
| Nevers | — 101′ 55 | + 202′ 25 | 0,4125 | + 1850 | + 1808 | + 42 |
| Pougues-les-Eaux | — 97′ 95 | + 207′ 65 | 0,4133 | + 1930 | + 1863 | + 67 |
| Pouilly-sur-Loire | — 90′ 55 | + 220′ 45 | 0,4144 | + 2040 | + 1994 | + 46 |
| **19. — Oise.** | | | | | | |
| Beauvais | — 37′ 75 | + 348′ 45 | 0,4252 | + 3120 | + 3216 | — 96 |
| Chantilly | — 61′ 65 | + 334′ 45 | 0,4237 | + 2970 | + 3058 | — 88 |
| Compiègne | — 80′ 95 | + 348′ 95 | 0,4253 | + 3130 | + 3153 | — 23 |
| Senlis | — 66′ 95 | + 335′ 75 | 0,4242 | + 3020 | + 3050 | — 30 |

| STATIONS | Δ LONG. | Δ LAT. | $Z_{96}$ | ΔZ (OBS.) | ΔZ (CALC.) | OBS.-CALC. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **20. — Haute-Savoie.** | | | | | | |
| Annecy | — 279′ 35 | + 137′ 15 | 0,4035 | + 950 | + 911 | + 39 |
| Bonneville | — 297′ 85 | + 148′ 05 | 0,4033 | + 930 | + 866 | + 64 |
| Chamonix | — 325′ 15 | + 138′ 65 | 0,4030 | + 900 | + 849 | + 51 |
| Évian-les-Bains | — 307′ 45 | + 166′ 95 | 0,4048 | + 1080 | + 1146 | — 66 |
| Saint-Julien | — 277′ 85 | + 151′ 85 | 0,4050 | + 1100 | + 1052 | + 48 |
| **21. — Deux-Sèvres.** | | | | | | |
| Bressuire | + 117′ 55 | + 193′ 45 | 0,4143 | + 2030 | + 2074 | — 44 |
| Melle | + 95′ 55 | + 156′ 25 | 0,4116 | + 1760 | + 1697 | + 63 |
| Niort | + 113′ 55 | + 162′ 35 | 0,4127 | + 1870 | + 1782 | + 88 |
| Parthenay | + 101′ 35 | + 182′ 05 | 0,4138 | + 1980 | + 1945 | + 35 |
| Saint-Maixent | + 99′ 85 | + 166′ 55 | 0.4122 | + 1820 | + 1798 | + 22 |
| **22. — Tarn.** | | | | | | |
| Albi | — 41′ 05 | + 18′ 05 | 0,3962 | + 220 | + 190 | + 70 |
| Castres | — 46′ 35 | — 0′ 45 | 0,3936 | — 40 | — 41 | + 1 |
| Gaillac | — 26′ 85 | + 17′ 35 | 0,3959 | + 190 | + 167 | + 23 |
| Lavaur | — 21′ 45 | + 5′ 15 | 0,3939 | — 10 | + 55 | — 65 |
| **23. — Tarn-et-Garonne.** | | | | | | |
| Castelsarrasin (1895) | + 20′ 85 | + 25′ 85 | 0,3975 | + 350 | + 330 | + 20 |
| Castelsarrasin (1896) | + 20′ 45 | + 26′ 05 | 0,3967 | + 270 | + 331 | — 61 |
| Moissac (1895) | + 22′ 85 | + 29′ 95 | 0,3977 | + 370 | + 372 | — 2 |
| Moissac (1896) | + 23′ 15 | + 29′ 65 | 0,3972 | + 320 | + 369 | — 49 |
| Montauban (1895) | + 6′ 65 | + 24′ 05 | 0,3978 | + 380 | + 288 | + 92 |
| Montauban (1896) | + 4′ 25 | + 23′ 75 | 0,3969 | + 290 | + 281 | + 9 |
| **24. — Haute-Vienne.** | | | | | | |
| Bellac | + 25′ 05 | + 150′ 75 | 0,4100 | + 1600 | + 1532 | + 68 |
| Limoges | + 10′ 35 | + 132′ 45 | 0,4072 | + 1320 | + 1338 | — 18 |
| Rochechouart | + 37′ 55 | + 133′ 35 | 0,4074 | + 1340 | + 1389 | — 49 |
| Saint-Sulpice-Laurière | — 1′ 25 | + 145′ 85 | 0,4081 | + 1410 | + 1444 | — 34 |
| Saint-Yrieix | + 14′ 95 | + 114′ 05 | 0,4060 | + 1200 | + 1170 | + 30 |
| **25. — Yonne.** | | | | | | |
| Auxerre | — 127′ 35 | + 250′ 25 | 0,4152 | + 2120 | + 2204 | — 84 |
| Avallon | — 147′ 35 | + 233′ 35 | 0,4145 | + 2050 | + 2020 | + 30 |
| Joigny | — 116′ 25 | + 261′ 45 | 0,4168 | + 2280 | + 2325 | — 45 |
| Nuits-sous-Ravières | — 164′ 95 | + 247′ 05 | 0,4153 | + 2130 | + 2116 | + 14 |
| Sens | — 108′ 15 | + 274′ 95 | 0,4180 | + 2400 | + 2457 | — 57 |
| Tonnerre | — 150′ 95 | + 254′ 45 | 0,4158 | + 2180 | + 2206 | — 26 |
| Villeneuve-l'Archevêque | — 125′ 75 | + 277′ 45 | 0,4189 | + 2490 | + 2452 | + 38 |

Si l'on considère comme *anomales* les stations qui donnent pour la différence (obs.) — (calc.) une valeur absolue supérieure ou égale à 100 unités du cinquième ordre, le tableau suivant donne la vérification de la formule (8) dans le cas de 27 départements *presque réguliers*, c'est-à-dire qui ne présentent chacun qu'une seule anomalie sur une moyenne de cinq à six stations par département (*). Les anomalies sont indiquées par des italiques.

| STATIONS | Δ LONG. | Δ LAT. | $Z_{96}$ | ΔZ (OBS.) | ΔZ (CALC.) | OBS.-CALC. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1. — Allier.** | | | | | | |
| Commentry | — 76′ 75 | + 161′ 35 | 0,4083 | + 1430 | + 1468 | — 38 |
| Gannat | — 105′ 15 | + 148′ 85 | 0,4069 | + 1290 | + 1304 | — 14 |
| Montluçon | — 68′ 15 | + 163′ 45 | 0,4081 | + 1410 | + 1502 | — 92 |
| *Moulins* | — 111′ 75 | + 177′ 25 | 0,4084 | + 1440 | + 1560 | — 120 |
| La Palisse | — 130′ 65 | + 157′ 45 | 0,4083 | + 1430 | + 1345 | + 85 |
| Vichy | — 118′ 95 | + 150′ 85 | 0,4071 | + 1310 | + 1301 | + 9 |
| **2. — Basses-Alpes.** | | | | | | |
| *Barcelonnette* | — 311′ 75 | + 46′ 35 | 0,3926 | — 140 | — 19 | — 121 |
| Digne | — 285′ 65 | + 28′ 35 | 0,3917 | — 230 | — 155 | — 75 |
| Forcalquier | — 259′ 35 | + 20′ 95 | 0,3926 | — 140 | — 183 | + 43 |
| Sisteron | — 268′ 75 | + 35′ 15 | 0,3927 | — 130 | — 61 | — 69 |
| **3. — Ariège.** | | | | | | |
| Ax-les-Thermes | — 23′ 05 | — 53′ 65 | 0,3887 | — 530 | — 535 | + 5 |
| Foix | — 8′ 95 | — 39′ 25 | 0,3906 | — 340 | — 366 | + 26 |
| *Pamiers* | — 10′ 05 | — 29′ 65 | 0,3926 | — 140 | — 272 | + 132 |
| Saint-Girons | + 19′ 45 | — 37′ 55 | 0,3904 | — 360 | — 303 | — 57 |
| Saverdun | — 7′ 05 | — 22′ 35 | 0,3927 | — 130 | — 194 | + 64 |
| **4. — Aveyron.** | | | | | | |
| *Capdenac-Gare* | — 36′ 95 | + 57′ 65 | 0,3980 | + 400 | + 544 | — 144 |
| Millau | — 97′ 75 | + 29′ 15 | 0,3959 | + 190 | + 166 | + 24 |
| Rodez | — 67′ 55 | + 45′ 15 | 0,3987 | + 470 | + 373 | + 97 |
| Saint-Affrique | — 86′ 35 | + 20′ 45 | 0,3951 | + 110 | + 100 | + 10 |
| Villefranche-de-Rouergue | — 34′ 75 | + 44′ 85 | 0,3984 | + 440 | + 423 | + 17 |
| **5. — Bouches-du-Rhône.** | | | | | | |
| Aix | — 238′ 75 | — 4′ 85 | 0,3903 | — 360 | — 405 | + 45 |
| Arles | — 189′ 75 | + 3′ 55 | 0,3914 | — 260 | — 240 | — 20 |
| Aubagne | — 246′ 35 | — 18′ 75 | 0,3882 | — 580 | — 557 | — 23 |
| *Marseille* | — 236′ 15 | — 18′ 35 | 0,3868 | — 720 | — 535 | — 185 |

(*) Les départements de *Seine-et-Marne* et des *Vosges* fournissent chacun deux anomalies, l'un pour quinze, l'autre pour quatorze stations.

| STATIONS | Δ LONG. | Δ LAT. | $Z_{96}$ | ΔZ (OBS.) | ΔZ (CALC.) | OBS.-CALC. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **6. — Charente.** | | | | | | |
| *Angoulême (1888)* | + 77′ 85 | + 121′ 65 | 0,4087 | + 1740 | + 1343 | + 127 |
| Barbezieux | + 96′ 75 | + 111′ 45 | 0,4070 | + 1300 | + 1276 | + 24 |
| Cognac | + 107′ 05 | + 124′ 05 | 0,4083 | + 1430 | + 1412 | + 18 |
| Ruffec | + 75′ 95 | + 145′ 45 | 0,4106 | + 1660 | + 1564 | + 94 |
| **7. — Charente-Inférieure.** | | | | | | |
| Le Chapus | + 157′ 25 | + 134′ 45 | 0,4100 | + 1600 | + 1590 | + 10 |
| Jonzac | + 114′ 45 | + 109′ 45 | 0,4069 | + 1290 | + 1287 | + 3 |
| Marennes | + 153′ 55 | + 132′ 95 | 0,4093 | + 1500 | + 1541 | — 41 |
| Rochefort | + 145′ 55 | + 140′ 55 | 0,4102 | + 1620 | + 1629 | — 9 |
| La Rochelle | + 158′ 25 | + 153′ 25 | 0,4119 | + 1790 | + 1768 | + 22 |
| Royan | + 148′ 15 | + 120′ 55 | 0,4090 | + 1500 | + 1446 | + 54 |
| Saint-Jean-d'Angély | + 117′ 45 | + 139′ 45 | 0,4100 | + 1600 | + 1574 | + 26 |
| *Saintes* | + 125′ 05 | + 127′ 65 | 0,4111 | + 1710 | + 1475 | + 235 |
| **8. — Corrèze.** | | | | | | |
| Brives | — 4′ 15 | + 92′ 15 | 0,4039 | + 990 | + 930 | + 60 |
| Tulle | — 17′ 95 | + 98′ 85 | 0,4030 | + 900 | + 972 | — 72 |
| *Ussel* | — 51′ 05 | + 115′ 65 | 0,4035 | + 950 | + 1079 | — 129 |
| **9. — Côtes-du-Nord.** | | | | | | |
| Châtelaudren | + 266′ 35 | + 295′ 05 | 0,4259 | + 3190 | + 3218 | — 28 |
| Dinan | + 211′ 25 | + 290′ 95 | 0,4248 | + 3080 | + 3098 | — 18 |
| Guingamp | + 275′ 95 | + 296′ 35 | 0,4267 | + 3270 | + 3245 | + 25 |
| Lamballe | + 237′ 65 | + 290′ 85 | 0,4246 | + 3060 | + 3138 | — 78 |
| Lannion | + 294′ 45 | + 306′ 95 | 0,4278 | + 3380 | + 3365 | + 15 |
| *Loudéac (1893)* | + 253′ 05 | + 274′ 25 | 0,4257 | + 3170 | + 3015 | + 155 |
| Saint-Brieuc (1889) | + 254′ 15 | + 294′ 25 | 0,4259 | + 3290 | + 3192 | + 98 |
| **10. — Drôme.** | | | | | | |
| Die | — 235′ 15 | + 68′ 55 | 0,3967 | + 270 | + 325 | — 55 |
| Dieulefit | — 216′ 55 | + 54′ 45 | 0,3964 | + 240 | + 218 | + 22 |
| Livron | — 202′ 55 | + 69′ 95 | 0,3980 | + 400 | + 392 | + 8 |
| Montélimar | — 197′ 75 | + 56′ 65 | 0,3958 | + 180 | + 270 | — 90 |
| *Saint-Rambert-d'Albon* | — 201′ 55 | + 101′ 15 | 0,4021 | + 810 | + 695 | + 115 |
| Valence | — 205′ 65 | + 78′ 65 | 0,3987 | + 470 | + 427 | + 43 |
| **11. — Gard.** | | | | | | |
| *Alais* | — 157′ 75 | + 30′ 45 | 0,3959 | + 190 | + 78 | + 112 |
| Nimes | — 175′ 95 | + 13′ 35 | 0,3924 | — 160 | — 119 | — 41 |
| Uzès | — 177′ 25 | + 24′ 05 | 0,3948 | + 80 | — 15 | + 95 |
| Le Vigan | — 128′ 75 | + 22′ 75 | 0,3945 | + 50 | + 52 | — 2 |

| STATIONS | Δ LONG. | Δ LAT. | $Z_{CG}$ | ΔZ (OBS.) | ΔZ (CALC.) | OBS.-CALC. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **12. — Haute-Garonne.** | | | | | | |
| Luchon | + 52′ 25 | — 49′ 05 | 0,3907 | — 330 | — 364 | + 34 |
| Muret | + 7′ 95 | — 9′ 05 | 0,3928 | — 120 | — 37 | — 84 |
| Saint-Gaudens | + 44′ 05 | — 29′ 75 | 0,3923 | — 170 | — 184 | + 14 |
| Toulouse (1884) | 0 | 0 | 0,3940 | 0 | + 40 | — 40 |
| Toulouse (1893) | 0 | 0 | 0,3947 | + 70 | + 40 | + 30 |
| *Villefranche-de-Lauraguais* | — 15′ 05 | — 12′ 85 | 0,3936 | + 180 | — 113 | + 293 |
| **13. — Gers.** | | | | | | |
| Auch | + 53′ 25 | + 1′ 95 | 0,3953 | + 130 | + 147 | — 17 |
| Condom | + 65′ 95 | + 21′ 15 | 0,3977 | + 370 | + 357 | + 13 |
| Lectoure | + 50′ 55 | + 18′ 95 | 0,3971 | + 310 | + 310 | 0 |
| *Mirande* | + 63′ 95 | — 5′ 95 | 0,3963 | + 230 | + 86 | + 144 |
| **14. — Gironde.** | | | | | | |
| Arcachon | + 157′ 55 | + 62′ 45 | 0,4032 | + 920 | + 906 | + 14 |
| Bazas | + 100′ 75 | + 48′ 95 | 0,4012 | + 720 | + 684 | + 36 |
| *Blaye* | + 126′ 55 | + 91′ 15 | 0,4070 | + 1300 | + 1132 | + 168 |
| Bordeaux | + 118′ 85 | + 73′ 35 | 0,4039 | + 990 | + 943 | + 47 |
| Langon | + 103′ 15 | + 56′ 75 | 0,4020 | + 800 | + 764 | + 36 |
| Lesparre | + 144′ 55 | + 101′ 35 | 0,4075 | + 1350 | + 1258 | + 92 |
| Libourne | + 101′ 55 | + 77′ 75 | 0,4043 | + 1030 | + 963 | + 67 |
| La Réole | + 90′ 15 | + 58′ 75 | 0,4022 | + 820 | + 762 | + 58 |
| **15. — Ille-et-Vilaine.** | | | | | | |
| La Brohinière | + 214′ 45 | + 276′ 45 | 0,4230 | + 2900 | + 2975 | — 75 |
| Fougères | + 159′ 75 | + 284′ 95 | 0,4233 | + 2930 | + 2965 | — 35 |
| Montfort-sur-Meu (1893) | + 204′ 25 | + 271′ 45 | 0,4223 | + 2830 | + 2916 | — 86 |
| Redon | + 212′ 75 | + 242′ 75 | 0,4211 | + 2710 | + 2672 | + 38 |
| Rennes | + 187′ 05 | + 270′ 65 | 0,4226 | + 2860 | + 2881 | — 21 |
| *Saint-Hellier* | + 187′ 15 | + 269′ 05 | 0,4239 | + 2990 | + 2867 | + 123 |
| Saint-Malo | + 207′ 85 | + 301′ 75 | 0,4259 | + 3190 | + 3187 | + 3 |
| Vitré (1893) | + 160′ 85 | + 270′ 35 | 0,4226 | + 2860 | + 2838 | + 22 |
| **16. — Loire.** | | | | | | |
| *Montbrison* | — 156′ 15 | + 119′ 65 | 0,4013 | + 730 | + 946 | — 216 |
| Roanne | — 155′ 35 | + 146′ 05 | 0,4057 | + 1170 | + 1197 | — 27 |
| Saint-Étienne | — 174′ 95 | + 110′ 95 | 0,4016 | + 760 | + 833 | — 73 |
| **17. — Lot.** | | | | | | |
| *Cahors* | + 0′ 95 | + 49′ 75 | 0,4003 | + 630 | + 530 | + 100 |
| Figeac | — 35′ 45 | + 59′ 65 | 0,4001 | + 610 | + 565 | + 45 |
| Gourdon | + 4′ 95 | + 67′ 55 | 0,4009 | + 690 | + 709 | — 19 |

| STATIONS | Δ LONG. | Δ LAT. | $Z_{96}$ | ΔZ (OBS.) | | ΔZ (CALC.) | OBS.-CALC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **18. — Lot-et-Garonne.** | | | | | | | |
| Agen (1884) | + 51′ 55 | + 35′ 15 | 0,3985 | + 450 | 455 | + 470 | — 15 |
| Agen (1895) | Id. | Id. | 0,3986 | + 460 | | | |
| Marmande | + 76′ 95 | + 53′ 65 | 0,4008 | + 680 | | + 689 | — 9 |
| *Nérac* | + 67′ 05 | + 31′ 25 | 0,3996 | + 560 | | + 457 | + 103 |
| Villeneuve-sur-Lot | + 45′ 75 | + 47′ 15 | 0,3992 | + 520 | | + 577 | — 57 |
| **19. — Lozère.** | | | | | | | |
| Marvejols | — 109′ 85 | + 55′ 75 | 0,3971 | + 310 | | + 407 | — 93 |
| Mende | — 121′ 75 | + 54′ 15 | 0,3976 | + 360 | | + 371 | — 11 |
| *Villefort* | — 148′ 05 | + 50′ 05 | 0,3956 | + 160 | | + 287 | — 127 |
| **20. — Pyrénées-Orientales.** | | | | | | | |
| Cerbère | — 102′ 95 | — 70′ 25 | 0,3858 | — 820 | | — 837 | + 17 |
| Céret | — 75′ 95 | — 67′ 05 | 0,3862 | — 780 | | — 759 | — 21 |
| Perpignan (1885) | + 85′ 55 | + 54′ 65 | 0,3869 | — 710 | | | — 60 |
| Perpignan (1887) | Id. | Id. | 0,3888 | — 520 | | — 650 | + 130 |
| Perpignan (1896) | Id. | Id. | 0,3883 | — 570 | | | + 80 |
| Prades (1894) | + 58′ 05 | + 60′ 55 | 0,3876 | — 640 | | | + 23 |
| Prades (1896) | Id. | Id. | 0,3877 | — 630 | | — 663 | + 33 |
| **21. — Saône-et-Loire.** | | | | | | | |
| Autun | — 170′ 05 | + 200′ 85 | 0,4105 | + 1650 | | + 1685 | — 35 |
| Chalon-sur-Saône | — 203′ 75 | + 190′ 65 | 0,4096 | + 1560 | | + 1536 | + 24 |
| Charolles | — 169′ 85 | + 169′ 25 | 0,4082 | + 1420 | | + 1392 | + 28 |
| *Mâcon* | — 201′ 95 | + 162′ 85 | 0,4057 | + 1170 | | + 1279 | — 109 |
| Tournus | — 206′ 65 | + 177′ 15 | 0,4086 | + 1460 | | + 1406 | + 54 |
| **22. — Sarthe.** | | | | | | | |
| La Flèche | + 92′ 35 | + 244′ 45 | 0,4195 | + 2550 | | + 2499 | + 51 |
| Mamers | + 66′ 05 | + 284′ 15 | 0,4218 | + 2780 | | + 2814 | — 34 |
| Le-Mans (1885) | + 76′ 55 | + 262′ 45 | 0,4194 | + 2540 | | + 2636 | — 96 |
| *Sablé* | + 108′ 75 | + 254′ 05 | 0,4212 | + 2720 | | + 2611 | + 109 |
| Saint-Calais | + 43′ 55 | + 258′ 85 | 0,4202 | + 2620 | | + 2552 | + 68 |
| **23. — Seine-et-Marne.** | | | | | | | |
| Brie-Comte-Robert | — 69′ 75 | + 304′ 95 | 0,4215 | + 2750 | | + 2785 | — 35 |
| Chelles | — 68′ 85 | + 315′ 95 | 0,4223 | + 2830 | | + 2873 | — 43 |
| Coulomniers | — 97′ 25 | + 312′ 05 | 0,4218 | + 2780 | | + 2804 | — 24 |
| La Ferté-Gaucher | — 110′ 05 | + 310′ 35 | 0,4216 | + 2760 | | + 2769 | — 9 |
| La Ferté-sous-Jouarre | — 100′ 45 | + 320′ 75 | 0,4220 | + 2800 | | + 2866 | — 66 |
| Fontainebleau | — 75′ 95 | + 288′ 35 | 0,4198 | + 2580 | | + 2628 | — 48 |
| Juilly | — 74′ 85 | + 324′ 75 | 0,4226 | + 2860 | | + 2942 | — 82 |

| STATIONS | Δ LONG. | Δ LAT. | $Z_{96}$ | ΔZ (OBS.) | ΔZ (CALC.) | OBS.-CALC. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **23. — Seine-et-Marne** *(suite)*. | | | | | | |
| Meaux | — 84′ 95 | + 321′ 65 | 0,4235 | + 2950 | + 2908 | + 42 |
| *Melun* | — 71′ 45 | + 294′ 45 | 0,4195 | + 2550 | + 2690 | — 140 |
| Montereau | — 89′ 05 | + 285′ 65 | 0,4199 | + 2590 | + 2583 | + 7 |
| Mormant | — 85′ 65 | + 299′ 55 | 0,4204 | + 2640 | + 2712 | — 72 |
| Mortcerf | — 86′ 75 | + 310′ 55 | 0,4219 | + 2790 | + 2807 | — 17 |
| Nemours | — 73′ 45 | + 279′ 05 | 0,4195 | + 2550 | + 2549 | + 1 |
| Provins | — 111′ 35 | + 297′ 25 | 0,4199 | + 2590 | + 2529 | + 61 |
| *Saacy-sur-Marne (1888)* | — 105′ 35 | + 320′ 85 | 0,4216 | + 2760 | + 2870 | — 110 |
| **24. — Var.** | | | | | | |
| Les Arcs | — 301′ 45 | — 9′ 25 | 0,3881 | — 590 | — 531 | — 59 |
| Brignoles | — 276′ 25 | — 12′ 25 | 0,3889 | — 510 | — 542 | + 32 |
| Draguignan | — 299′ 35 | — 4′ 95 | 0,3884 | — 560 | — 508 | — 52 |
| *Toulon* | — 269′ 55 | — 29′ 75 | 0,3854 | — 860 | — 705 | — 155 |
| **25. — Vendée.** | | | | | | |
| Fontenay-le-Comte | + 134′ 65 | + 170′ 75 | 0,4135 | + 1950 | + 1893 | + 57 |
| *Luçon* | + 158′ 15 | + 171′ 35 | 0,4144 | + 2040 | + 1936 | + 104 |
| La Roche-sur-Yon | + 173′ 95 | + 183′ 45 | 0,4149 | + 2090 | + 2073 | + 17 |
| Les Sables-d'Olonne | + 194′ 35 | + 173′ 65 | 0,4151 | + 2110 | + 2014 | + 96 |
| **26. — Vienne.** | | | | | | |
| Châtellerault | + 54′ 05 | + 192′ 45 | 0,4131 | + 1910 | + 1965 | — 55 |
| Loudun | + 82′ 55 | + 204′ 45 | 0,4161 | + 2210 | + 2121 | + 89 |
| Montmorillon | + 35′ 35 | + 168′ 25 | 0,4121 | + 1810 | + 1711 | + 99 |
| Poitiers (1884) | + 68′ 55 | + 177′ 55 | 0,4111 | + 1710 | + 1851 | — 141 |
| Poitiers (1893) | Id. | Id. | 0,4129 | + 1890 | + 1851 | + 39 |
| **27. — Vosges.** | | | | | | |
| Bruyères | — 316′ 75 | + 275′ 65 | 0,4144 | + 2040 | + 2132 | — 92 |
| Bussang | — 324′ 15 | + 256′ 35 | 0,4136 | + 1960 | + 1946 | + 14 |
| Charmes | — 290′ 85 | + 286′ 45 | 0,4170 | + 2300 | + 2271 | + 29 |
| Contrexéville | — 265′ 75 | + 274′ 05 | 0,4161 | + 2210 | + 2299 | — 89 |
| *Darney* | — 276′ 05 | + 267′ 75 | 0,4134 | + 1940 | + 2126 | — 186 |
| Épinal | — 298′ 45 | + 273′ 95 | 0,4157 | + 2170 | + 2145 | + 25 |
| Gérardmer | — 324′ 85 | + 267′ 95 | 0,4144 | + 2040 | + 2050 | — 10 |
| Mirecourt | — 280′ 05 | + 281′ 15 | 0,4165 | + 2250 | + 2240 | + 10 |
| Neufchâteau | — 253′ 75 | + 285′ 35 | 0,4170 | + 2300 | + 2320 | — 20 |
| *Plombières* | — 301′ 25 | + 261′ 25 | 0,4128 | + 1880 | + 2047 | — 167 |
| Remiremont | — 309′ 15 | + 264′ 45 | 0,4138 | + 1980 | + 2044 | — 64 |
| Saint-Dié | — 329′ 95 | + 279′ 75 | 0,4153 | + 2130 | + 2148 | — 18 |
| Saint-Maurice | — 322′ 05 | + 254′ 55 | 0,4124 | + 1840 | + 1932 | — 92 |
| Vittel | — 268′ 95 | + 275′ 55 | 0,4158 | + 2180 | + 2208 | — 28 |

Le total général des départements réguliers ou presque entièrement réguliers est donc de 52 et l'on peut compter en tout 451 stations régulières contre 42 petites anomalies (dont le module obs.-calc. est compris entre 100 et 120 unités du 5e ordre) et 145 anomalies donnant un module (obs.-calc.) supérieur à 120 unités.

Aucun autre élément magnétique, même la composante horizontale, n'avait révélé une pareille régularité. Il ne paraîtra pas inutile de faire les remarques suivantes :

Dans le département de l'*Indre*; *la Châtre*, étudiée par M. Moureaux en deux endroits différents, donne des anomalies énormes de la déclinaison, de la composante horizontale et de l'inclinaison, mais la composante verticale est parfaitement régulière comme dans les autres stations du département qui ne donnent d'anomalie d'aucune sorte.

Il en est de même, dans le *Puy de Dôme*, de *la Bourboule*, d'*Issoire*, de *Royat* et de *Volvic*.

§ 4. — On peut maintenant se demander quelle est l'influence de la nature des roches de l'écorce terrestre sur la composante verticale. Si l'on définit la nature de ces roches par la couche géologique qui affleure à la surface du sol et sur laquelle les mesures ont été faites, on peut rechercher :

1° Pour une couche superficielle toujours la même, combien sur 100 stations il y a en moyenne de composantes verticales régulières et anomales, comment les anomalies se comportent au point de vue de leur signe et de leur valeur moyenne;

2° Comment les nombres précédemment obtenus se comportent quand la nature de la couche géologique superficielle varie depuis les terrains azoïques jusqu'aux alluvions quaternaires.

La nature du terrain auquel se rapporte la composante verticale a été déterminée, connaissant la longitude et la latitude, au moyen de la carte géologique de France au millionième du Ministère des Travaux Publics, en vérifiant et quelques rares fois rectifiant la nature du terrain indiquée par M. Moureaux. Dans le cas où la station considérée se trouve au point de jonction de plusieurs couches superficielles, comme Marseille, il n'a pas été possible de déterminer à quel terrain on avait affaire. Lorsque l'indécision portait seulement sur l'étage du terrain jurassique auquel appartenait la station considérée, on a traduit la nature du terrain par « jurassique indéterminé ».

Dans le cas de presque tous les fleuves ou rivières, la carte géologique indique que le lit du fleuve est dans une couche d'alluvions quaternaires; le plus souvent les alluvions, qui n'ont guère qu'une épaisseur de 4 à 5 mètres, reposent sur une couche géologique qui est la même de part et d'autre de la couche d'alluvions; dans le cas de Toulouse, par exemple,

cette couche géologique est du miocène ; on doit considérer, dès lors, que Toulouse se trouve dans le miocène et non dans le quaternaire.

Lorsque cette couche d'alluvions devient extrêmement large, qu'elle recouvre des couches géologiques différentes de part et d'autre de ses bords, il devient impossible de dire, pour une station située vers le milieu de l'alluvion, quel est le terrain qui est au-dessous.

Dans ces conditions seulement, on a admis que la station considérée se trouvait dans le terrain quaternaire; ce terrain se trouve donc moins bien déterminé que les autres et les conclusions qui s'y rapportent n'ont pas la même solidité.

Les réponses aux différentes questions posées plus haut sont contenues dans les deux tableaux suivants, dont le premier est un tableau d'ensemble et le second un tableau récapitulant les résultats donnés par les grandes divisions géologiques : terrains azoïques, primaires, secondaires, tertiaires et quaternaires.

## TABLEAU I

| | TERRAIN QUI AFFLEURE | NOMBRE DE STATIONS | | | 0/0 DE STATIONS | | NOMBRE d'anomalies | | ANOMALIE moyenne | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | régulières | anomales | | régulières | anomales | + | — | + | — |
| Terrains azoïques | Roches volcaniques, basaltes | 6 | 5 | | 56 % | 44 % | 2 | 3 | | |
| | Porphyres | 3 | 3 | | 50 | 50 | » | 3 | | |
| | Micaschistes | 7 | 9 | | 44 | 56 | 3 | 6 | 494 | 269 |
| | Gneiss | 11 | 1 | | 92 | 8 | » | 1 | | |
| | Granite et terrain granitique | 51 | 11 | | 82 | 18 | 6 | 5 | | |
| Terrains primaires | Cambrien | 22 | 12 | | 65 | 35 | 4 | 8 | | |
| | Silurien | 5 | » | | 100 | » | » | 1 | 164 | 263 |
| | Dévonien | 2 | 2 | | 50 | 50 | » | 1 | | |
| | Carbonifère | 7 | 3 | | 70 | 30 | 2 | 1 | | |
| Terrains secondaires | Permien | 4 | 1 | | 80 | 20 | 0 | 1 | | |
| | Trias | 19 | 4 | 12 | 83 | 80,7 17 | 19,3 1 | 3 | 110 | 163 |
| | Lias | 27 | 7 | | 80 | 20 | 1 | 8 | | |
| | Jurassique inférieur | 27 | 9 | | 75 | 25 | 2 | 7 | | |
| | — moyen | 20 | 8 | 22 | 71 | 74,4 29 | 25,6 3 | 5 | 123 | 141 |
| | — supérieur | 14 | 5 | | 74 | 26 | 1 | 4 | | |
| | — indéterminé | 3 | » | | 100 | 0 | » | » | | |
| | Crétacé inférieur | 7 | 4 | | 64 | 36 | 0 | 4 | | |
| | — supérieur | 67 | 28 | 32 | 71 | 69,8 29 | 30,2 9 | 19 | 176 | 137 |
| Terrains tertiaires | Éocène | 44 | 21 | | 68 | 32 | 4 | 17 | 159 | 133 |
| | Oligocène | 33 | 10 | | 77 | 23 | 5 | 5 | 141 | 153 |
| | Miocène | 19 | 8 | | 70 | 30 | 7 | 1 | 225 | 135 |
| | Pliocène | 12 | 6 | | 67 | 33 | 2 | 4 | | |
| Terrains quaternaires | | 25 | 13 | | 65,8 | 34,2 | 4 | 9 | 200 | 164 |

## TABLEAU II

| | NOMBRE DE STATIONS | | 0/0 DE STATIONS | | NOMBRE D'ANOMALIES | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | régulières | anomales | régulières | anomales | + | — |
| Terrains azoïques . . . . . | 78 | 29 | 72,9 °/₀ | 27,1 °/₀ | 11 | 18 |
| — primaires. . . . . | 36 | 17 | 67,9 | 32,1 | 6 | 11 |
| — secondaires. . . . . | 188 | 66 | 74,0 | 26,0 | 17 | 49 |
| — tertiaires . . . . . | 108 | 45 | 71,6 | 29,4 | 18 | 27 |
| — quaternaires . . . . . | 25 | 13 | 65,8 | 34,2 | 4 | 9 |
| RÉCAPITULATION GÉNÉRALE. . | 435 | 170 | 71,9 °/₀ | 28,1 °/₀ | 56 | 114 |

D'après le tableau II, le pourcentage des stations régulières est à peu près le même pour les terrains azoïques, secondaires et tertiaires; il est sensiblement plus faible pour les terrains primaires et quaternaires. La proportion la plus élevée, 74 0/0, est donnée par les terrains secondaires (254 stations) et la proportion la plus faible, 65,8 0/0, par les terrains quaternaires (38 stations).

Les anomalies négatives sont nettement plus nombreuses que les anomalies positives; il y en a un peu plus de 2 en moyenne pour une anomalie positive; cette proportion s'élève à 3 pour 1 dans les terrains secondaires.

Le tableau II montre, d'une façon atténuée par les moyennes mais sûre par le grand nombre des stations sur lesquelles porte le calcul, l'influence de la nature du terrain de surface sur la composante verticale.

On peut suivre le détail de cette influence sur le tableau I où elle est extrêmement nette en ce qui concerne les terrains secondaires qui sont relativement les plus nombreux. Si on les partage en trois étages, comprenant : le premier, le permien, le trias et le lias avec 62 stations; le second, les différents terrains jurassiques avec 86 stations; le troisième, les terrains crétacés avec 106 stations, on trouve que le pourcentage des stations régulières va en décroissant constamment depuis l'étage le plus ancien (80,7 0/0) jusqu'à l'étage le plus récent (69,8 0/0).

L'étage qui a le minimum d'anomalies donne six fois plus d'anomalies négatives que d'anomalies positives; quant à la valeur moyenne absolue des anomalies elle va constamment en augmentant pour les anomalies positives et constamment en décroissant pour les anomalies négatives.

Les terrains azoïques permettent aussi des remarques intéressantes. La

plus forte proportion de composantes verticales régulières est donnée par le gneiss (92 0/0); le granite et le terrain granitique, qui interviennent pour 62 stations, donnent 82 0/0 de composantes régulières, mais les 18 0/0 d'anomalies contiennent parts égales d'anomalies positives et négatives. Si les anomalies sont relativement rares dans les terrains azoïques, quand elles se produisent, leur valeur absolue est souvent très élevée.

Les anomalies positives les plus fortes de la France sont données par le *Puy de Dôme* (+ 2913 unités du 5e ordre) et le *Mont-Dore* (+ 861), dont les roches sont basaltiques et trachytiques. *Saint-Florent* (Corse), dans le miocène, donne aussi une forte anomalie positive (+ 806).

L'anomalie négative la plus considérable de la France est fournie par *Murat* (Cantal) (— 1065 unités du 5e ordre) dans le trachyte. On peut encore citer *Bastia* (Corse) (— 516) dans les micaschistes, *Canari* (Corse) (— 437) dans le granite et le porphyre, l'*île Pelée* (Manche) (— 433) dans les schistes verts du cambrien, *Josselin* (Morbihan) (— 513) dans le cambrien, *Henrichemont* (Cher) (— 414) dans le crétacé supérieur.

§ 5. — Les faits qui précèdent prennent toute leur valeur quand on essaye de se faire une idée des causes qui produisent le magnétisme terrestre. Admettons un instant que celui-ci est produit uniquement par le magnétisme des roches de l'écorce terrestre (*).

En pareil cas, on devrait s'attendre, lorsque les roches primitives affleurent à la surface, à un excès constant de composante verticale; la régularité devrait être la plus grande possible lorsque la couche superficielle du sol est formée par des dépôts quaternaires non ferrugineux. Or, c'est l'inverse qui se passe, dans un cas comme dans l'autre; les terrains azoïques donnent dans la grande majorité des cas une composante verticale parfaitement normale, et, lorsqu'il y a anomalie, celle-ci est plus fréquemment négative que positive et l'anomalie négative peut être énorme, comme dans le cas de Murat.

Quant aux terrains quaternaires, ce sont eux qui donnent la plus faible proportion de composantes verticales régulières: on aboutit donc à une contradiction et il est impossible que le champ magnétique terrestre soit dû uniquement au magnétisme des roches géologiques.

Comme il n'y a que deux causes connues de champ magnétique, il faut nécessairement invoquer la seconde, c'est-à-dire les courants; on est donc conduit à supposer qu'au champ magnétique des roches terrestres se superpose un champ magnétique dû à des courants. Ces courants circulent-ils exclusivement dans la terre ou dans l'air ou bien partiellement dans l'un et dans l'autre?

(*) La partie centrale du globe, à cause de son énorme température, ne saurait donner d'effets magnétiques bien qu'elle paraisse constituée par des roches fortement ferrugineuses.

Sans pouvoir répondre d'une façon formelle, on peut cependant remarquer qu'il est impossible que les courants en question ne circulent pas au moins partiellement dans l'écorce terrestre; on ne comprendrait pas du tout l'influence du relief du sol sur les éléments magnétiques, influence que j'ai mise hors de doute au moyen de mesures faites dans les gorges du Tarn, à *Saint-Rome-de-Dolan*, aux *Vignes* et à *la Maxane* (*); on ne comprendrait pas non plus l'influence de la nature des couches géologiques dans le cas où celles-ci ne sont pas ferrugineuses, ce qui est le cas des terrains jurassiques et crétacés.

Il faut nécessairement que l'on ait affaire à des courants circulant constamment dans le sol en nappes plus ou moins voisines de sa surface, c'est-à-dire, en somme, à des *courants telluriques*.

Dès lors, la conductibilité ou la non-conductibilité de l'écorce terrestre influe sur leur intensité, c'est-à-dire sur le champ magnétique terrestre.

Lorsque les roches superficielles sont homogènes et conductrices, ce qui est le cas de la plupart des roches azoïques, du granite et du gneiss en particulier, le régime des courants telluriques est parfaitement régulier, la composante verticale a sa valeur normale. Si, pour une raison ou pour une autre, la conductibilité est diminuée par des failles ou une discordance de couches, en vertu de la loi des courants dérivés, le courant tellurique diminue, et il y a anomalie négative.

On peut dire que, d'une manière générale, l'anomalie négative est la règle, le champ magnétique produit par le courant tellurique ne pouvant guère qu'être diminué. Les anomalies positives, au contraire, s'expliquent aisément par une accumulation, au voisinage du point considéré, de roches fortement magnétiques.

Cependant, lorsque l'obstacle qui arrête le courant tellurique s'étend beaucoup en profondeur, le courant, qui est nécessairement voisin de la surface du sol, ne pouvant passer l'obstacle en dessous, le passe en dessus, c'est-à-dire dans l'air; dans ce dernier cas, il y a encore augmentation de la composante verticale.

Quoi qu'il en soit, l'anomalie positive ou négative de la composante verticale est produite par un régime régulier de courants; donc en superposant au champ magnétique de roches un champ électro-magnétique supplémentaire provenant des courants. Peut-on avoir une idée de la grandeur de ce second champ relativement au premier? Il suffit pour répondre à cette question de chercher l'anomalie négative maxima, qui se trouve être de 1065 unités du 5e ordre (Murat); c'est évidemment une fraction notable du courant tellurique. Si l'on admet, par exemple, que c'en est la moitié, on obtient pour le courant tellurique un champ vertical

(*) E. MATHIAS. — *Annales du Club Alpin Français* pour 1901.

de 2130 unités; le champ total vertical étant d'environ 40000, on voit que le champ vertical du courant tellurique est environ $\frac{1}{20}$ du champ vertical total.

Le vecteur magnétique provenant du magnétisme des roches de l'écorce terrestre ne dépend sensiblement que de la température de celles-ci, sauf évidemment le cas de remaniements brusques opérés par le tressaillement de l'écorce terrestre sous l'influence du noyau central; comme la température est ici indépendante du temps dans une mesure énorme, on peut considérer que le vecteur provenant du magnétisme des roches est pratiquement constant: les variations diurnes, saisonnières et annuelles du magnétisme terrestre sont donc dues exclusivement aux variations du champ magnétique des courants telluriques. Sans entrer dans une discussion qui n'a pas sa place ici, on sait que Blavier (*) attribuait à des courants telluriques *circulant dans l'air* les variations du magnétisme terrestre. L'analyse de Blavier serait à reprendre; quoi qu'il en soit, on peut dire qu'elle complète heureusement, quoique qualitativement, l'essai de théorie du magnétisme terrestre qui vient d'être ébauché et sur lequel j'aurai occasion de revenir.

§ 6. — La loi de distribution régulière de la composante verticale est soumise à une condition qui n'existait pas pour les lois de distribution de la composante horizontale, de la déclinaison et de l'inclinaison; tandis que celles-ci sont indépendantes les unes des autres, la loi de distribution de la composante verticale doit être une conséquence des lois de distribution de la composante horizontale et de l'inclinaison. En particulier, une station X qualifiée régulière pour H et I doit être régulière pour Z, à moins que les erreurs de mesure de H et I ne soient de même signe et un peu fortes; les vérifications de ces cas sont très nombreuses. Toutefois l'accord est plutôt qualitatif que quantitatif pour les stations frontières, ce qui provient très probablement de ce que la loi de distribution de la composante horizontale qui est du 1er degré par rapport à (Δ long.) et (Δ lat.) est devenue insuffisante et doit être remplacée par une loi de distribution du 2e degré à cinq ou six termes.

(1) E. Blavier. — *Étude sur les courants telluriques*, pp. 27 et 28; 1884.

# M. BAILLAUD

Directeur de l'Observatoire de Toulouse.


## CLIMAT DE TOULOUSE [551.56 : 44.86]

*— Séance du 11 août —*

On a réuni ci-dessous les résultats généraux des observations faites à Toulouse de 1863 à 1900. La série offre une lacune du 1er décembre 1870 au 31 juillet 1872, l'observatoire ayant été fermé pendant cette période. Certaines observations, notamment l'hygromètre, offrent des lacunes moins importantes; il en a été tenu compte dans les moyennes.

De 1863 à 1870 les observations ont été faites comme auparavant à 9 heures du matin, midi, 3 heures, 6 heures et 9 heures du soir. De 1873 à 1880 inclus, toutes les trois heures, de 7 heures du matin à 7 heures du soir. De 1881 à 1900, de 6 heures du matin à minuit.

Dans les résumés qui suivent, on n'a employé que les observations faites de 9 heures du matin à 9 heures du soir, pour faciliter la comparaison avec les résultats obtenus par Petit et publiés par lui en 1863 dans un volume intitulé *Annales de l'Observatoire de Toulouse*, par M. F. Petit. Ce volume résume les observations faites de 1839 à 1863. L'étude publiée aujourd'hui forme le tome V d'une nouvelle série d'Annales publiée sous ma direction, en tout semblable au volume de Petit, de sorte que l'ensemble des résultats des deux volumes forme une série s'étendant sur soixante-deux ans avec deux années seulement d'interruption.

Nous rapprochons ci-dessous les résultats obtenus par Petit et les nôtres et en déduisons une moyenne en tenant compte des années, vingt-quatre par Petit, trente-six depuis 1863, ce qui revient à donner aux résultats de Petit et aux nôtres les poids 2 et 3.

BAROMÈTRE (ON A SUPPRIMÉ LE 7 DE GAUCHE)

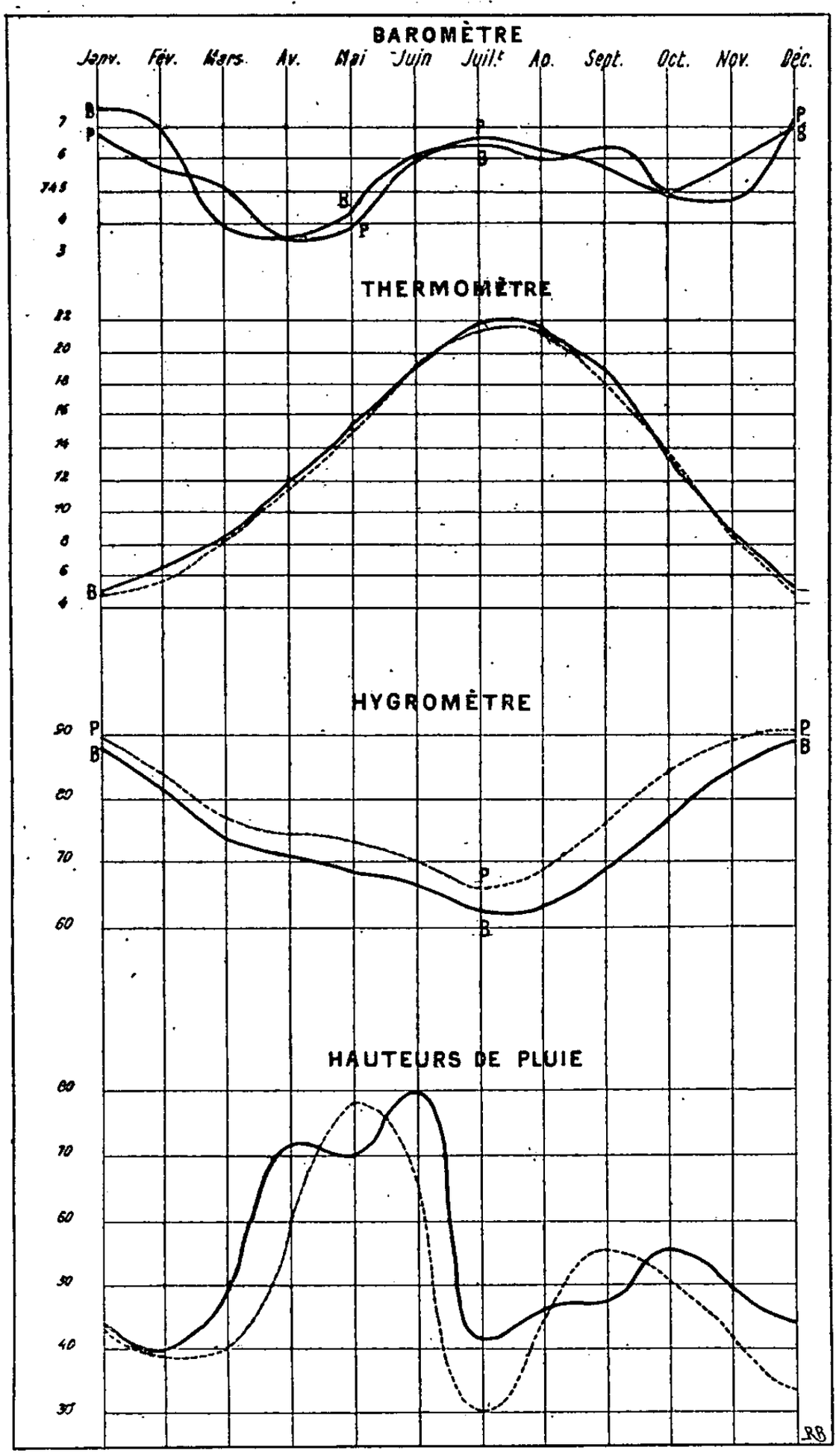
| | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juill. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 46,82 | 45,71 | 45,26 | 43,67 | 43,94 | 45,88 | 46,63 | 46,27 | 45,62 | 44,94 | 44,76 | 47,28 | 45,57 |
| B | 47,56 | 47,02 | 44,03 | 43,66 | 44,40 | 46,14 | 46,37 | 46,08 | 46,44 | 45,10 | 45,92 | 47,03 | 45,81 |
| M | 47,19 | 46,37 | 44,65 | 43,67 | 44,17 | 46,01 | 46,50 | 46,18 | 46,03 | 45,02 | 45,34 | 47,16 | 45,19 |

THERMOMÈTRE (MOYENNE DU MAXIMUM ET DU MINIMUM)

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 4,79 | 5,62 | 8,29 | 11,66 | 15,12 | 19,22 | 21,45 | 21,25 | 18,03 | 13,69 | 8,50 | 5,08 | 12,72 |
| B | 4,88 | 6,63 | 8,52 | 11,92 | 15,42 | 19,11 | 21,73 | 21,49 | 18,65 | 13,36 | 8,68 | 5,18 | 12,96 |
| M | 4,84 | 6,13 | 8,41 | 11,79 | 15,27 | 19,17 | 21,59 | 21,37 | 18,34 | 13,53 | 8,59 | 5,14 | 12,85 |

## HYGROMÈTRE

| | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juill. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| P | 89,8 | 84,2 | 77,2 | 74,6 | 73,4 | 70,1 | 66,1 | 68,4 | 76,2 | 84,5 | 88,4 | 90,8 | 78,6 |
| B | 88,0 | 81,9 | 73,7 | 71,3 | 68,5 | 66,8 | 62,8 | 63,4 | 69,3 | 77,3 | 85,4 | 89,1 | 74,6 |
| M | 88,9 | 83,1 | 75,5 | 73,0 | 71,0 | 68,5 | 65,5 | 65,9 | 72,8 | 80,9 | 86,9 | 90,0 | 76,6 |



### HAUTEURS DE PLUIE

| | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juill. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 43,4 | 38,4 | 38,9 | 58,7 | 77,9 | 67,2 | 29,9 | 44,5 | 55,6 | 50,8 | 41,7 | 32,9 | 579,9 |
| B | 44,6 | 39,7 | 48,3 | 71,9 | 69,6 | 79,8 | 41,3 | 46,3 | 47,1 | 55,8 | 49,8 | 44,5 | 623,1 |
| M | 43,5 | 39,1 | 43,6 | 65,3 | 73,8 | 73,5 | 35,6 | 45,4 | 51,4 | 53,3 | 45,8 | 38,7 | 601,5 |

### NOMBRE DES JOURS PLUVIEUX

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 12,3 | 9,8 | 12,5 | 14,6 | 15,5 | 13,4 | 9,0 | 10,4 | 11,1 | 12,5 | 13,2 | 10,9 | 145,3 |
| B | 10,0 | 9,0 | 11,6 | 13,0 | 12,1 | 11,1 | 8,1 | 8,3 | 8,5 | 11,6 | 10,5 | 11,4 | 124,5 |
| M | 11,2 | 9,4 | 12,1 | 13,8 | 13,9 | 12,3 | 8,6 | 9,4 | 9,8 | 12,1 | 11,8 | 11,2 | 134,9 |

### NOMBRE DES JOURS DE BROUILLARD

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 6 | 4 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 5 | 6 | 8 | 36 |
| B | 11 | 8 | 6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 | 9 | 11 | 13 | 80 |
| M | 9 | 6 | 5 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 7 | 9 | 11 | 58 |

### NOMBRE DES JOURS DE GELÉE

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 10 | 8 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 8 | 35 |
| B | 6 | 6 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 25 |
| M | 8 | 7 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 7 | 30 |

### NOMBRE DES JOURS DE NEIGE

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 9 |
| B | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 8 |
| M | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 9 |

### NOMBRE DES JOURS A ÉCLAIRS

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 0,2 | 0,3 | 0,7 | 1,6 | 4,0 | 6,0 | 5,0 | 6,5 | 4.7 | 1,5 | 0,3 | 0,0 | 30,8 |
| B | 0,1 | 0,3 | 0,6 | 1,2 | 3,2 | 3,6 | 4,8 | 4,1 | 3,0 | 1,3 | 0,3 | 0,2 | 22,7 |
| M | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 1,4 | 3,6 | 4,8 | 4,9 | 5,3 | 3,9 | 1,4 | 0,3 | 0,2 | 26,8 |

### NOMBRE DES JOURS DE TONNERRE

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 0,0 | 0,1 | 0,5 | 1,9 | 3,7 | 4,2 | 3,5 | 4,2 | 2,8 | 1,0 | 0,3 | 0,0 | 22,4 |
| B | 0,1 | 0,2 | 0,7 | 1,4 | 2,9 | 3,3 | 3,2 | 2,9 | 1,8 | 0,7 | 0,2 | 0,1 | 17,3 |
| M | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 1,7 | 3,3 | 3,8 | 3,4 | 3,6 | 2,3 | 0,9 | 0,3 | 0,1 | 19,9 |

### NOMBRE DES JOURS DE GRÊLE

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 0,2 | 0,7 | 0,9 | 1,5 | 1,0 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 5,1 |
| B | 0,3 | 0,3 | 1,1 | 0,8 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 0,1 | 0,5 | 4,5 |
| M | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,2 | 0,7 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 4,8 |

### NOMBRE DES JOURS BEAUX

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 7 | 7 | 9 | 7 | 6 | 8 | 12 | 12 | 8 | 7 | 6 | 6 | 95 |
| B | 7 | 8 | 8 | 7 | 8 | 9 | 12 | 13 | 12 | 9 | 6 | 6 | 105 |
| M | 7 | 8 | 9 | 7 | 7 | 9 | 12 | 13 | 10 | 8 | 6 | 6 | 100 |

### NOMBRE DES JOURS NUAGEUX

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 9 | 10 | 12 | 13 | 15 | 13 | 13 | 13 | 15 | 13 | 11 | 11 | 147 |
| B | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 10 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 7 | 115 |
| M | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 12 | 12 | 12 | 13 | 12 | 10 | 9 | 131 |

### NOMBRE DES JOURS COUVERTS

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 16 | 12 | 10 | 11 | 10 | 9 | 6 | 6 | 7 | 10 | 13 | 14 | 123 |
| B | 16 | 12 | 13 | 13 | 12 | 11 | 8 | 8 | 8 | 12 | 15 | 18 | 145 |
| M | 16 | 12 | 12 | 12 | 11 | 10 | 7 | 7 | 8 | 11 | 14 | 16 | 134 |

NOMBRE DE FOIS (POUR 1000) QUE CHAQUE VENT A ÉTÉ OBSERVÉ

| | N. | N.N.E. | N.E. | E.N.E. | E. | E.S.E. | S.E. | S.S.E. | S. | S.S.W. | S.W. | W.S.W. | W. | W.N.W. | N.W. | N.N.W. | Calme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 47 | 11 | 19 | 10 | 14 | 14 | 137 | 106 | 49 | 17 | 48 | 53 | 134 | 126 | 164 | 52 | » |
| 1863 à 91 | 30 | 8 | 14 | 8 | 18 | 16 | 144 | 107 | 16 | 15 | 29 | 36 | 257 | 67 | 186 | 49 | 3 |
| 92 à 1900 | 6 | 1 | 5 | 1 | 4 | 2 | 251 | 10 | 14 | 6 | 61 | 17 | 160 | 23 | 208 | 10 | 222 |

---

# M. Ch.-V. ZENGER

Professeur à l'École polytechnique slave de Prague.

---

## LA NOVA PERSEI ET LA THÉORIE ÉLECTRODYNAMIQUE DU MONDE

---

*— Seance du 13 août —*

Il y a une dizaine d'années, j'ai publié une brochure chez MM. Carré et Naud : *La Théorie du Monde électrodynamique*, laquelle contient deux principes jusqu'ici négligés en astronomie comme en météorologie moderne, le principe du mouvement général des astres harmonique et tourbillonnaire, d'après les lois connues électrodynamiques, dont le fac-simile se retrouve dans les mouvements cyclonaux de l'atmosphère terrestre et de l'intérieur du globe ; fluide causant les cyclones atmosphériques et les cyclones souterrains, d'où provient l'origine des sismes et des éruptions volcaniques, non seulement sur notre planète, mais en général sur toutes les planètes du système solaire.

Par toute une série de notes, j'ai mis en évidence la périodicité des cyclones, des tremblements de terre et des éruptions volcaniques simultanées aux orages électriques, magnétiques et aux aurores polaires. La cause commune de ces grands mouvements électriques, atmosphériques, sismiques et volcaniques, est l'électricité cosmique du soleil et des nuages cosmiques (essaims périodiques d'étoiles filantes et de bolides) entrant dans l'atmosphère terrestre aux jours bien définis avec des potentiels éléctriques très différents de celui de l'atmosphère terrestre, venant de l'espace interplanétaire ; ces essaims transportent l'électricité solaire à travers l'espace comme de bons conducteurs, à cause de la basse température de l'espace interplanétaire dans l'atmosphère terrestre et produisent des décharges puissantes, avec les couches supérieures froides très raréfiées de l'atmosphère terrestre.

C'est pourquoi nous voyons se produire les éruptions volcaniques aux Antilles aux mêmes jours de l'année terrestre, qu'antérieurement, et aux jours de la période solaire (durée de la demi-rotation solaire autour de son axe de 12,6 jours sensiblement) ainsi qu'aux jours du passage d'étoiles filantes par l'atmosphère.

Le Mont Pelé est entré en éruption le 2 mai 1902 : dans la nuit du 2 au 3 mai. il a commencé à vomir des laves et de la boue brûlante, les 4 et 5 mai, il a recommencé à vomir des laves, des vapeurs et des gaz brûlants, le 8 mai à 7 h. 50 m. du matin (19 h. 50 m. temps astronomique), à la Soufrière à Saint-Vincent le 7 mai 1902.

Or les jours de mai où se produisent les passages des essaims périodiques d'étoiles filantes et des bolides, et les jours de la période solaire de 12,6 jours en avril et mai sont : le 27 et le 30 avril, les 1er, 2, 5, 6 et 7 mai, passages des essaims périodiques et des bolides, le 25 avril, dixième période solaire; le 7 mai, onzième période solaire et le 20 mai, la douzième période solaire, suivie des passages des essaims périodiques le 22 et le 26 mai.

Ainsi, nous voyons la coïncidence des éruptions volcaniques du Mont Pelé avec les passages d'essaims périodiques et les jours de la période solaire les 2, 5, 7 et 8 mai, puis avec l'éruption non moins terrible des 20 et 26 mai du Mont Pelé ainsi qu'avec les jours de la période solaire du 20 mai, suivie des passages des essaims périodiques de la Couronne des 22 et 26 mai.

Mais les observations des catastrophes des 8 et 20 mai 1902 ont mis hors de doute ce fait surprenant, que c'était un cyclone igné de vapeurs et de gaz brûlants, mêlés de poussières et de pierres volcaniques, qui a incendié Saint-Pierre le 8 mai, le 20 et le 26 mai, et tout récemment détruisait ce qui restait de combustible à Saint-Pierre, le 9 juillet 1902, jour encore de la seizième période solaire qui est précédé des passages des essaims périodiques des 5, 6, 7 au 12 juillet; c'est donc l'action combinée de la période solaire du 8 au 20 mai et du 9 juillet, précédée et suivie de nombreux passages d'essaims périodiques d'étoiles filantes qui a produit ces catastrophes.

Il a été observé aussi au moment de la grande explosion du cratère du Mont Pelé, le 8 mai, que d'innombrables éclairs en faisceaux ont sillonné les couches tourbillonnantes de vapeurs et de gaz brûlants de tous côtés, et que de magnifiques éclairs et zones lumineuses les ont traversées; en un mot, que des décharges de nombre et de puissance extraordinaires se sont produites au moment de l'explosion du cratère du Mont Pelé.

Pour imiter ces explosions du volcan Pelé, j'ai imaginé un appareil construit par un mécanicien de Berlin. Un électro-aimant type Élihu-Thompson couvert moitié avec deux couches de fil de cuivre bien isolé,

moitié d'une seule couche de fil isolé, porte un disque de bois au milieu, sur lequel on peut placer divers appareils, entre autres un lourd cylindre creux de cuivre rouge, muni d'un tube de cuivre pour l'entrée de l'eau dans le cylindre creux qui ne doit pas être rempli entièrement. On bouche le tube avec un bouchon et on le met bouché sur le support. En faisant circuler le courant polyphasé de la centrale électrique à haute fréquence, l'anneau creux en cuivre s'échauffe rapidement par la transformation de l'énergie électrique, par induction en chaleur, et peu de minutes après, l'eau dans l'anneau est tout à fait transformée en vapeur. J'ai montré *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1894)* que toute décharge électrique produit un mouvement tourbillonnaire dans le milieu où cette décharge passe, gaz ou liquide.

Il y a donc dans le milieu ambiant, formation de tourbillons et par conséquent raréfaction de l'air ambiant. Le bouchon saute, comme les couches de lave refroidies bouchent le cratère du volcan plein de l'eau infiltrée dans les crevasses de lave refroidie; les eaux du cratère qui ont formé le petit lac disparaissent dans ces crevasses, s'échauffent par les innombrables décharges alternantes du cyclone qui passent sur le cône du volcan, l'eau, au contact des couches inférieures du volcan se met en ébullition atteignant l'état sphéroïdal, tel est le véritable explosif volcanique sous l'action du vide partiel que le cyclone en passage produit à proximité du cratère. L'anneau tout à fait vidé de l'eau qui s'échappe avec explosion, en vapeur par le tube, suit le bouchon, lequel est projeté avec force quittant l'électro-aimant sur lequel il a été placé d'avance. L'anneau représente ainsi les couches supérieures infiltrées de l'eau du volcan, dont le cratère avait été enlevé par l'explosion de la vapeur d'eau infiltrée, comme le bouchon du tube de l'anneau creux. La température de l'électro-aimant n'a pas été considérablement élevée par le courant alternatif, mais on voit des oscillations brusques de l'anneau avant l'explosion et sa projection dans l'air.

C'est donc l'eau qui est nécessaire pour produire les explosions volcaniques, ainsi que la formation du cyclone au-dessus du cratère pour produire le vide partiel, sur l'eau bouillonnante dans les crevasses de laves bouchant l'orifice du tube volcanique, est, d'après les expériences connues de Boutigny de faire sauter l'eau à l'état sphéroïdal.

Pour prévoir les catastrophes volcaniques, la période solaire décennale de 10,6 années en moyenne se prête en outre, qui montre que les précédentes éruptions volcaniques se sont produites après dix années ou multiples de dix années, sensiblement. La plus ancienne éruption aux Antilles est celle de 1692 à l'île Saint-Christophe, de 1762 à l'île Martinique, le 22 janvier 1792 à l'île Martinique, le 22 janvier 1802 à l'île Guadeloupe, en février 1812 à l'île Saint-Vincent, le 30 avril 1852 à l'île Trinidad, moitié du mois de mars 1902, à l'île Martinique, du Mont Pelé qui a eu sa

précédente éruption en 1851, le 9 août, c'est-à-dire aussi à peu près cinquante années avant la dernière éruption.

On aurait pu prévoir cette dernière éruption dont les premiers signes se sont produits déjà depuis le 19 avril 1902. La rivière Blanche charriait une grande quantité de soufre, le 25 avril, un cratère s'ouvrait brusquement et lançait une épaisse colonne de fumée, des pierres, d'assez fort volume, montaient à des hauteurs variant de 300 à 400 mètres. A partir du 25 avril, jour de la dixième période solaire, le volcan a commencé à ralentir jusqu'au 2 mai (passages d'étoiles filantes du 29 avril au 2 mai (le radiant de α Verseau), des tremblements de terre étaient ressentis les 28 et 29 avril jusqu'au 30. Le 2 mai, au matin, commençait la chute d'une pluie de cendres plus forte que la première. Les crevasses se multipliaient sur tout le versant de la Montagne Pelée et une forte odeur de soufre incommodait ceux qui se trouvaient près du village du Prêcheur; les phénomènes de l'éruption s'accentuèrent beaucoup plus vers minuit un quart : de nombreuses détonations se firent entendre, *avec un dégagement d'électricité très marqué*. Le matin, la ville de Saint-Pierre et les campagnes sont couvertes d'une couche de cendres de 2 millimètres environ. On voit comment les passages des 2 et 5 mai ont aggravé l'état éruptif de la montagne, et comment les passages immédiatement suivants des 6 et 7 mai l'ont encore aggravé, jusqu'à la catastrophe du 8 mai, au jour de la onzième période solaire.

Il était donc possible pour les météorologistes présents sur le théâtre de l'éruption de prévoir, par la période d'activité solaire de dix ans du soleil et par les tremblements de terre commençant déjà le 22 avril 1902, suivie aux jours du passage des essaims périodiques des 22, 25 et 30 avril de tremblements de terre assez forts les 28, 29 et 30 avril, le danger d'une éruption formidable au jour de la période solaire suivante du 8 mai. M. Perenod, depuis 1896 mon correspondant à la Martinique, comme la Rédaction du *Journal de Port-Louis* à l'île Saint-Maurice, ont pu prévoir les cyclones, ça et là avec précision du jour, en se basant sur les données de la théorie électrodynamique que je leur ai fourni de temps en temps, et M. Perenod a même écrit une brochure sur le cyclone de septembre 1898, accompagné de perturbations magnétiques extraordinaires en Europe et en Amérique, pendant que le soleil montrait sur son disque un groupe énorme passant entre le méridien central du soleil les 9 et 10 septembre 1898; chose remarquable que le Journal *Ciel et Terre* fait observer : le soleil éclipsé se trouvait au moment de la catastrophe de Saint-Pierre juste au zénith de l'île de la Martinique.

Quel malheur que M. Perenod, qui a péri, comme le *Figaro* le dit, avec dix sociétaires de la Société astronomique de France à la Martinique, n'ait pu faire ce qu'il avait fait dans le cas du cyclone de 1898 pour sauver quarante mille personnes par la prévision d'une si formidable éruption volcanique.

Nous voyons que la force répulsive épouvantable qui a soulevé une partie de la surface de la terre dans les plus grandes éruptions modernes du Cracatoa et du Mont Pelé, était bien la force électrique agissant à la fois par l'explosion de l'eau vaporisée instantanément et le soulèvement mécanique, comme le montraient il y a longtemps les expériences de Boutigny sur l'état sphéroïdal des liquides, et Élihu Thompson par la suspension en l'air d'un lourd anneau métallique sous l'induction d'un puissant électro-aimant, activé par des courants alternatifs de haute fréquence. N'est-il pas évident que d'après notre théorie électrodynamique ce qui se passe sous nos yeux sur le ciel près de la Nova Persei n'est autre chose qu'une explosion électrique épouvantable dans ce lieu du ciel à travers des vapeurs et des gaz réfléchissant, après leur condensation par luminescence, la lumière étant née sous l'action de décharges électriques de puissance encore plus formidable que celle qui a fait sauter le cratère rempli d'eau du Mont Pelé.

Il faut donc une écorce ferme, comme celle de la terre, et un milieu vaporisable par de puissantes décharges électriques alternantes pour soulever et déchirer cette écorce par la force expansive de gaz et de vapeurs.

C'est ce que j'ai réalisé par l'expérience de laboratoire suivante :

Une plaque de miroir argentée, protégée en arrière par une couche de

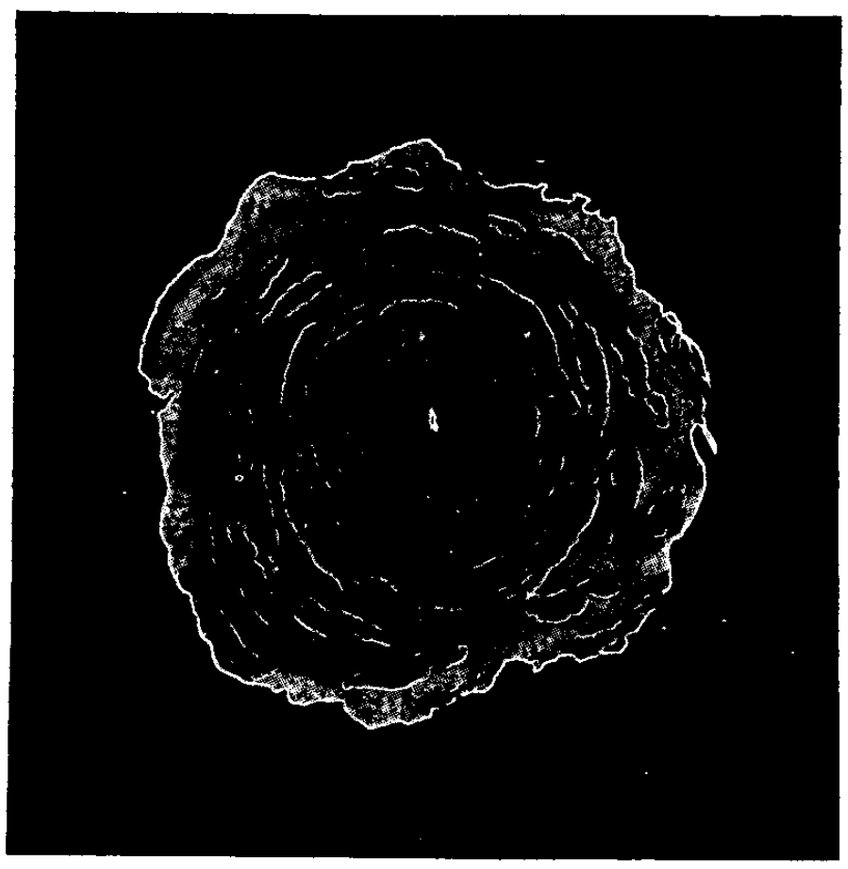


FIG. 1.

vernis rouge ordinaire est mise entre les deux points de déflagration d'une puissante machine de Whimshurst, munie d'un puissant condensateur à haute tension, de manière que le pôle positif se trouve du côté de la couche de vernis rouge.

Après l'explosion unique qui a traversé et perforé la plaque de verre argentée, on trouve qu'une assez grande partie de la couche de vernis a été totalement chassée par l'explosion dont la température de 3.000° à 4.000° qui a suffi pour faire exploser le gaz dans les pores du vernis et vaporiser la mince couche d'argent du miroir. Chaque décharge électrique produit un mouvement tourbillonnaire du milieu dans lequel elle a passé; les vapeurs d'argent, très lourdes du reste, commencent à tourbillonner sous la couche enlevée de vernis rouge avant qu'elle soit chassée par l'explosion. L'air froid entrant sous la couche soulevée doit refroidir et précipiter les vapeurs d'argent tourbillonnantes, de manière qu'on obtient l'image *(fig. 1)*. L'argent couleur d'or (modification amorphe d'argent) montre alors bien les filons de vapeurs d'argent, condensées au moment de leur mouvement rapide tourbillonnaire. A ma grande surprise, cette électrographie, pour ainsi dire, du mouvement des vapeurs d'argent, représente le fac-similé de la photographie de la nébuleuse spiraloïde de la Nova Persei prise par M. Perrine. Les filons hélicoïdaux de vapeurs d'ar-

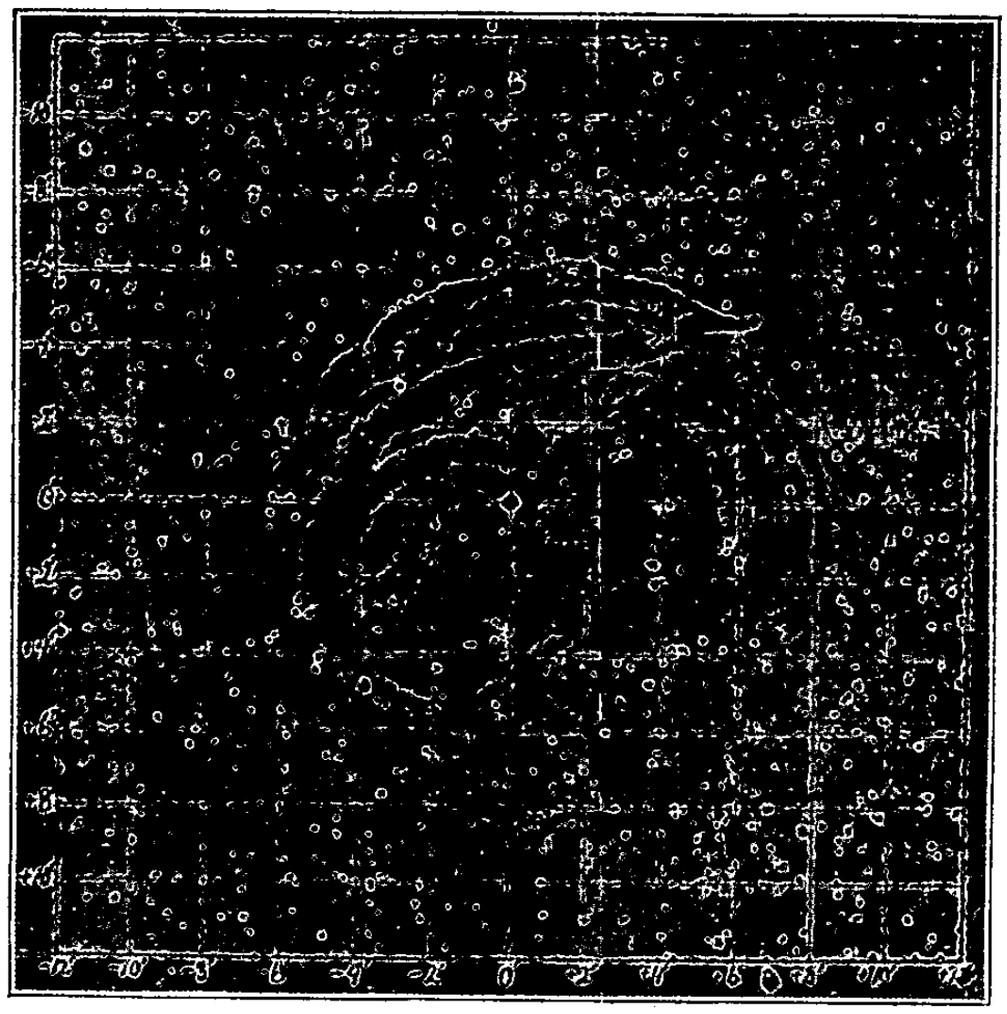


FIG. 2.

gent condensés et rigidifiés au moment de leur naissance entourent de noyaux un disque blanchâtre entouré, lui-même, d'une auréole de vapeurs d'argent condensées assez bien définies *(fig. 2)*.

La direction de la décharge *(fig. 1)* sur la plaque argentée est normale, comme à peu près dans la nébuleuse de la Nova Persei, pour étudier l'effet

d'une décharge inclinée sur la plaque, j'ai mis le miroir entre les déflagrateurs sous un angle à peu près de 45°, l'électrographie *(fig. 3)* en était le résultat. On voit le centre blanchâtre entouré de l'auréole circulaire très



FIG. 3.

bien définie et entourée de filons de plus en plus elliptiques et fortement dentelés aux bords intérieurs des arcs elliptiques blancs, et en *Ar* on aperçoit la superposition de deux arcs elliptiques, comme dans l'électrographie *(fig. 1)* et dans la photographie de la nébuleuse Nova Persei.

---

M. Charles PUECH

Ingénieur à Aurillac.

---

## SUR LA CLIMATOLOGIE GÉNÉRALE DU CANTAL ET D'AURILLAC EN PARTICULIER

[551.56:44.59]

*— Séance du 13 août —*

*Climat.* — Depuis l'année 1892, c'est-à-dire depuis 10 ans déjà, nous avons fait personnellement des observations météorologiques complètes à Aurillac et nous possédons le résumé des pluies, depuis l'année 1890, soit pendant 12 ans.

Le résultat de ces observations n'est pas encore assez étendu, pour formuler des déductions, à peu près rigoureuses même sur la climatologie particulière d'Aurillac, qui nous occupe spécialement ; mais avec les matériaux que nous possédons, avec ceux que nous pouvons puiser dans les observations de la Commission météorologique du Cantal, dont nous avons l'honneur d'être secrétaire depuis l'année 1893, nous nous réservons de publier un jour un travail des plus intéressants, espérons-nous, surtout en faisant intervenir les éléments fournis par les phénomènes de la végétation et les mélanges des faunes et des flores qui en accusent le caractère hybride et essentiellement variable d'un point à un autre.

Surtout dans les questions météorologiques, de prévision du temps, il faut savoir attendre et observer en attendant.

Cela ne peut cependant nous empêcher de donner des résumés sur les observations météorologiques faites dans le Cantal, qui se poursuivent d'ailleurs avec un zèle louable, dans les 52 stations réparties sur le territoire du département.

Le climat d'une région comporte divers facteurs, et parmi les plus importants, nous citerons : la position géographique, le relief du sol et aussi des phénomènes de circulation marine et aérienne, etc.

Par sa position géographique, le Cantal devrait jouir d'un climat moyen et agréable, puisqu'il se trouve situé entre le pôle et l'équateur et d'autre part, très rapproché de la partie méridionale de la France; mais les variations climatériques sont énormes, entre les hauts plateaux du Cantal et la partie basse vers le sud, longeant la rivière du Lot, à la limite du Cantal et de l'Aveyron, où l'altitude est seulement de 220 et 210 mètres, entre Vieillevie, Saint-Projet et Coursavy.

Les différences de niveau que donne l'orographie de ce département, dépassent 1.600 mètres et dans ces conditions, le climat varie beaucoup selon les localités et il est aussi très variable dans une même localité ; c'est là la caractéristique de la climatologie du Cantal.

Aurillac et Mauriac, jouissent d'une température plus douce que Murat et Saint-Flour, mais le climat est aussi plus humide, pluvieux, que dans ces derniers arrondissements, surtout à Saint-Flour, où le climat est sec et froid.

Le *printemps* n'arrive guère avant le 15 mai ; il y a depuis une certaine période comme un recul des saisons et si l'hiver a des retours offensifs en avril et mai, si parfois, mais rarement, la neige est tombée même en juin (comme en 1902), l'automne est, depuis un certain nombre d'années, la saison la plus agréable, et il n'est pas rare de voir les beaux jours se prolonger jusqu'à la fin de l'année.

Les anciens du pays constatent l'étonnant changement qui s'est opéré dans le climat du Cantal depuis environ cinquante ans; il y avait alors tant de neige dans la région montagneuse, que l'on n'oserait écrire ici, de crainte

d'être accusé d'exagération, le cube de neige enlevé, par exemple, en 1859, sur la seule route du Lioran, pour assurer le passage des courriers.

Alors, les minima de — 10° à — 15° étaient habituels pendant les hivers, même à Aurillac et ils atteignaient — 20° à — 25° dans les montagnes.

Les données numériques recueillies par la Commission météorologique du Cantal, qui ne fonctionne que depuis 1893, sont encore insuffisantes pour préciser par des chiffres la valeur des divers éléments climatologiques et ce ne sont que par des généralités, résultant surtout d'appréciations personnelles, que l'on peut actuellement faire connaître la climatologie du Cantal; cependant, les résultats déjà acquis permettent de préciser certaines notions.

*Température.* — La notion essentielle de cette partie de la climatologie d'une région, c'est l'étude des *variations de la température*. Il importe peu, en somme, de connaître les températures maxima d'une localité, parce qu'il est plus intéressant d'être fixé sur les minima, qui permettent de déterminer les genres et les besoins de cultures appropriées à cette région; d'autre part l'indication des températures extrêmes est, en somme, moins documentaire que celle des moyennes; c'est l'étude des *variations* qui est surtout instructive.

Nous ne possédons pas encore les observations suffisantes pour déterminer la température *moyenne annuelle* des principales localités du Cantal.

Cependant, nous pouvons indiquer les moyennes se rapportant aux chefs-lieux du département et d'arrondissements du Cantal, savoir : pour Aurillac de 1890 à 1901 et pour les arrondissements de 1894 à 1901.

| | AURILLAC — Altitude 630m. | MAURIAC — Altitude 700m. | MURAT — Altitude 917m. | SAINT-FLOUR — Altitude 914m. |
|---|---|---|---|---|
| Pression barométrique moyenne annuelle. . . | 706,55 | 702,97 | » | 684,47 |
| Température moyenne annuelle . . . . . | 9,88 | 9,62 | 7,78 | 7,83 |
| Moyenne annuelle des minima . . . . . | 5,05 | 4,10 | 0,84 | 2,53 |
| Moyenne annuelle des maxima . . . . . | 14,82 | 15,12 | 14,82 | 13,06 |
| Minimum le plus bas depuis 1894 . . . . . | — 19,00 (15 déc. 1899) | — 21,00 (16 février 1901) | — 23,50 (12 janv. 1895) | — 21,50 (12 janv. 1895) |
| Maximum le plus élevé depuis 1894. . . . . | 34,00 (21 juillet 1899) | 34,60 (22 août 1901) | 33,00 (20 juillet 1901) | 32,10 (17 juillet 1901) |
| Nombre de jours de gel, moyenne. . . . . | 88,00 | 88 | 147 | 113 |

On peut signaler quelques anomalies dans les chiffres que nous donnons : elles résultent souvent de la position des instruments qui servent aux observations et aussi du degré plus ou moins consciencieux, qu'apportent les observateurs dans leurs relevés. Il ne nous est pas permis, bien entendu, de modifier ces données. Nous signalons simplement la possibilité de ces anomalies.

La température la plus basse que l'on ait observée dans le Cantal, pendant la période 1894-1901 a été de — 24° (Mandailles) en janvier 1895 ; la température la plus haute de 40° (Maurs en août 1898), ce qui fait un écart de 64 degrés comme variation *extrême* pour les années considérées. En septembre 1895, il a été relevé une température de 38°,5 à Maurs, pour cette station la *variation annuelle* donne un écart de 62°,5.

L'année 1895, qui a été très rigoureuse, accuse pour Mandailles, dont l'altitude est de 930$^{m}$, des périodes complètes de gel, pour les mois de janvier, février, mars et décembre 1895 ; avril donne 26 jours de gel ; seuls les mois d'août et de septembre n'ont pas eu de gelées.

En 1896, gels ininterrompus pendant les mois de janvier, février, mars, avril, novembre et décembre ; journées de gel en août, septembre, mai et octobre ; seuls les mois de juin et juillet n'ont pas accusé de journées de gelée.

Quant aux températures hivernales des hauts sommets du Cantal, qui n'avaient jamais été mesurées, nous avons essayé, c'est le mot, de relever ces températures et à ces fins, nous avons placé, depuis l'année 1899, au commencement du mois de novembre, alors que la montagne est supposée déserte, des thermomètres à minima de Rutherford, sur les sommets du Plomb-du-Cantal, du Puy-de-Griou et du Courpou-Sauvage. La première année ces instruments furent enlevés ou détruits par la malveillance ; un thermomètre que nous avions dissimulé dans une anfractuosité de rocher au Puy-de-Griou fut enlevé. Nous avons pu cependant noter les températures minima au Plomb-du-Cantal, pour les années 1900 et 1901. Ces tentatives seront continuées ; espérons qu'elles auront plus de succès par la suite.

Les stations où s'observent les plus grands écarts, tant absolus que moyens, sont d'un côté, celles dont l'altitude est la plus élevée, où il fait le plus froid en hiver, comme par exemple à Mandailles, le Lioran « nord et sud », Pierrefort, Marcenat, Murat, etc., et d'un autre côté, celles d'altitude basse, où il fait le plus chaud en été, comme Maurs, Laroquebrou, Massiac, etc.

Des données que nous possédons, il résulte bien que quoique abritée, et à une altitude inférieure à celles du Lioran, de Marcenat, Pierrefort, Saint-Jacques-des-Blats, même Murat, la station de Mandailles est celle qui a accusé les températures les plus basses. Cette station est au bord de la

rivière de Jordanne, au pied des hautes montagnes et dans une situation probablement toute particulière, pour l'influence des vents, etc.

Il n'est cependant pas exact de dire qu'à Mandailles, il n'y a pas un mois de l'année qui ne voit le thermomètre descendre à 0°. Nous avons indiqué ci-avant, que si pour l'année 1895, qui a été particulièrement froide, il n'y avait pas eu de gelée pendant les seuls mois de juin et juillet, les relevés des observations faites depuis 1894 permettent de dire qu'à Mandailles les mois de l'année où il peut ne pas geler sont : juin, juillet, août et même septembre.

En revanche, les périodes complètes de gel se sont produites pendant 4 mois entiers et pour la plupart des stations de montagne énumérées ci-dessus, on peut admettre des périodes complètes de trois mois, et des périodes de gelées très fréquentes de quinze à vingt jours.

On peut admettre que, pour le Cantal, les variations mensuelles sont comprises entre 12°,6 et 37°,8.

Les mois des plus grands écarts sont généralement septembre et octobre et aussi avril et mai ; le mois des plus petits écarts est décembre. Le mois le plus chaud est ordinairement juillet, ou plus exactement la période chaude va du 15 juillet au 15 août. Janvier est le mois le plus froid.

Les variations diurnes sont considérables; on peut admettre qu'ordinairement supérieures à 10°, elles peuvent atteindre jusqu'à 30 degrés aux mois de juillet et d'août.

*Vents*. — Le massif volcanique du Cantal, par sa situation géographique, qui l'offre comme un point de mire à toutes les tempêtes qui s'engouffrent dans le golfe de Gascogne, présente à *priori* des contrastes météorologiques très accentués. Grâce aux documents que nous avons déjà pu grouper, les faits confirment cette hypothèse.

Dans le Cantal, comme dans la plus grande partie de la France, d'ailleurs, le régime des vents est réglé par la marche des grandes dépressions océaniques qui abordent l'Europe, soit par les Iles Britanniques, soit par les côtes françaises; ceci est le résultat de longues et patientes observations bien démontrées aujourd'hui. Ces dépressions forment des courants chauds et humides dont la direction varie du sud au nord par l'ouest.

Ce sont incontestablement les vents du nord-ouest surtout, du nord, de l'ouest et du sud-ouest qui dominent dans le Cantal.

Le vent, suivant le côté d'où il nous vient, a une grande influence sur l'état du temps. Agissant mécaniquement sur l'atmosphère, de manière à l'alléger, le vent, comme le font aussi les nuages, impressionne le baromètre à des distances très grandes et on comprend que cet instrument puisse l'annoncer à l'avance.

Selon que le vent nous arrive du côté de la mer ou du continent, il doit

nous amener plus ou moins de nuages, dont la formation a lieu principalement au-dessus de l'océan et par l'évaporation de son eau et, dès lors, nous amener aussi plus ou moins de pluies.

Un fait extrêmement remarquable dans notre contrée, c'est que la succession des vents s'y produit toujours ou presque toujours dans le même ordre, et ainsi qu'il suit : 1° vent du nord; 2° vent du nord-est; 3° vent de l'est; 4° vent du sud-est; 5° vent du sud; 6° vent du sud ouest; 7° vent de l'ouest; 8° vent du nord-ouest.

Le vent général, celui qui exerce une si grande influence sur le temps, n'est perceptible qu'à de grandes hauteurs et précisément à celles jusqu'où se tiennent les nuages; en sorte que dans nos contrées accidentées, sujettes à des effets de refoulement de l'atmosphère, qui tendent à en changer complétement la direction dans ses couches les plus basses, c'est sur la direction même de ces nuages que doit, autant que possible, porter l'observation du vent. On peut se convaincre de cette observation en comparant la direction des nuages à celle de la fumée qui s'échappe des cheminées.

Il est un vent qui règne fréquemment dans notre contrée et dont chaque période de durée est de tous les vents ordinairement la plus longue; il s'agit du vent solaire qui a pour caractère de nous venir du nord à partir du crépuscule du soir jusqu'à l'aurore, et de changer ensuite de direction, à partir du lever du soleil jusqu'à son coucher, période dans laquelle il semble assez souvent, régner parallèlement aux rayons solaires, d'où lui vient son nom; après avoir pendant quelques heures suivi la direction des rayons de l'astre du jour, il change assez souvent et subitement pour régner dans le sens approximatif du sud au nord, et à la manière du vent du sud, avec lequel on le confond souvent, pour ne pas l'observer avec soin.

Ce vent a une grande importance dans nos régions; il débute assez souvent d'une manière intense, et quelque longue qu'en soit la durée il exerce une grande influence sur le baromètre dont la colonne se tient constamment baissée vers *variable*, quelquefois au-dessous, jusqu'à trois millimètres environ de la moyenne de la pression atmosphérique.

Le vent du nord nous donne constamment le froid et le beau temps; sous son influence le baromètre s'élève parfois au *beau fixe*. Le vent du nord-est diffère peu par ses effets, du vent du nord, auquel il succède toujours.

Le vent de l'est est d'une durée toujours courte; on le confond souvent avec le vent *solaire*. Il nous donne ordinairement le beau temps; il remplace le nord-est.

Le vent sud-est ou *autan* de notre contrée est souvent désigné, et à tort, sous le nom de vent du midi. Il règne souvent avec une extrême violence, c'est ce vent que l'on désigne en Provence, sous le nom de *mistral* ou maître des vents, parce qu'il est le plus fort.

Le vent du sud vrai est un vent transitoire qui a rarement une grande durée, et qui forme le passage du vent *autan* aux vents sud-ouest et de l'ouest, en un mot aux deux vents de la pluie, comme nous le verrons plus tard. Ces vents qui règnent trop longtemps dans notre contrée, nous donnent presque toujours de l'eau à ses divers états d'agrégation, suivant la saison, lorsque, à 50 kilomètres au sud et sud-ouest d'Aurillac, il fait souvent assez beau. Ce phénomène s'explique par notre proximité des montagnes du Cantal, dont l'influence résolutive sur les nuages ne s'exerce qu'à une distance déterminée et dont la limite la plus ordinaire pourrait être définie par une ligne qui passerait approximativement par Aubin, Figeac et Saint-Céré. Sous l'influence de ces vents, le baromètre se maintient bas.

Le vent du nord-ouest est essentiellement pour nous le vent de la neige, en hiver, et le vent des pluies froides au printemps. Il dure ordinairement assez peu, à moins qu'il n'alterne parfois avec l'ouest, produisant alors selon la prédominance de l'ouest ou du nord, dont il est le précurseur, de l'eau à ses divers états, ou le froid et le beau temps. Ce vent est appelé la *traverse*.

C'est au règne du vent *solaire*, fréquent à l'arrière-saison, que nous devons de jouir à Aurillac, d'automnes d'une douceur souvent remarquables.

Nous pouvons donner la moyenne des coefficients des divers vents observés à Aurillac de 1892 à 1901, soit pendant dix ans : nord 62 ; nord-est 19; est 34; sud-est 62; sud 37; sud-ouest 33; ouest 35; nord-ouest 68; calme 15.

En totalisant les vents de la pluie, du sud-ouest au nord-ouest, on obtient le nombre 136. On verra un peu plus loin que la moyenne des jours de pluie à Aurillac, pendant douze ans, est de 158, chiffre qui a une grande corrélation avec le précédent.

Nous avons dit que les vents se succèdent dans nos régions selon une loi conforme à la direction que suivent les dépressions et passent successivement du nord à l'est, au sud, puis à l'ouest, au nord-ouest, etc. Cette remarque s'applique surtout aux plateaux, ou aux endroits bien découverts, la direction du vent étant généralement modifiée par le relief des vallées.

La violence du vent est considérable en montagnes ; les vitesses de 30 à 40 mètres qui sont fréquentes sont souvent dépassées.

Une remarque applicable à notre région et que nous croyons juste, c'est qu'en général dans l'interprétation des signes que fournissent le baromètre et les vents, comme *indication* du temps, nous devons être *optimistes dans la période sèche et pessimistes dans la période aqueuse*; il faut aussi tenir compte de la rapidité des mouvements du baromètre, la fixité du temps qu'il annonce étant généralement en raison inverse de cette rapidité.

Des données concernant la région d'Aurillac, il semble bien se dégager une loi, relativement à la prédominance des courants nord-ouest, qui soufflent suivant une direction parallèle à la base des monts du Cantal, jalonnée par le Puy-Violent, Chavaroche et le Plomb-du-Cantal. Ce fait que nous avons déjà signalé en 1896, sera certainement beaucoup plus fertile en résultats pratiques, qu'on ne saurait le croire de prime abord.

*Pluies et neiges*. — Il est bien reconnu que les montagnes ont une influence décisive sur la répartition des pluies. En particulier, le massif Cantalien, par la nature magnétique de ses laves, par son altitude qui atteint 1.858 mètres au Plomb-du-Cantal, par sa situation topographique. se trouve le premier obstacle important que rencontrent les vents de l'Océan et qui provoque la condensation d'une partie de la vapeur d'eau amenée par ces courants océaniques.

Le tableau des chutes de pluies annuelles dans le Cantal montre avec toute évidence l'action condensatrice de notre montagne, si l'on compare les totaux pluviométriques des stations situées en deçà et au delà de la chaîne des monts du Cantal.

Il ressort, en effet, de cet examen et ces résultats peuvent se présenter sous une forme de *loi cantalienne*, que les localités les plus élevées sont celles qui reçoivent le plus d'eau. sous ses diverses formes ; que le versant occidental du massif, que frappent tout d'abord les vents humides, est, toutes choses égales d'ailleurs, plus pluvieux que le versant oriental.

C'est en vertu de ce principe indiscutable, que dans un résumé météorologique le groupement des stations ne doit pas se faire selon l'ordre alphabétique, dépourvu de tout intérêt scientifique et qui ne répond à rien dans la nature, mais par ordre d'altitude croissante ou décroissante, qui permet de voir ainsi d'un coup d'œil, l'effet de l'altitude sur la température et l'humidité des stations observées.

Nous donnons ci-après les quantités totales de pluies tombées en 1901 sur divers points du massif Cantalien. Ces quantités sont élevées, l'année 1901 ayant été pluvieuse, et elles dépassent de plus de 0,15 la moyenne normale des pluies annuelles.

LOCALITÉS A L'OUEST DU MASSIF

| | Altitude. — Mètres. | |
|---|---|---|
| Maurs . . . . . | 290 | 1m,125 |
| Laroquebrou . . . . . | 445 | 1m,248 |
| Champs . . . . . | 500 | 1m,223 |
| Saignes. . . . . | 500 | 1m,072 |

| | Altitude. — Mètres. | |
|---|---|---|
| Aurillac | 620 | 1m,263 |
| Pleaux | 640 | 1m,385 |
| Marmanhac | 650 | 1m,387 |
| Vic-sur-Cère | 675 | 1m,648 |
| Mauriac | 700 | 1m,426 |
| Raulhac | 760 | 1m,368 |
| Saint-Mamet | 771 | 1m,015 |
| Combemaury | 800 | 1m,344 |
| Montsalvy | 800 | 1m,095 |
| Saint-Cernin | 800 | 1m,420 |
| Mandailles | 930 | 2m,036 |
| Le Lioran sud | 1.130 | 2m,115 |
| Néronne | 1.244 | 1m,594 |

LOCALITÉS A L'EST DU MASSIF

| | Altitude. — Mètres. | |
|---|---|---|
| Massiac | 535 | 0m,761 |
| Condat | 700 | 1m,358 |
| Riom-ès-Montagnes | 840 | 1m,178 |
| Saint-Flour | 914 | 1m,122 |
| Murat | 917 | 0m,878 |
| Ruines | 920 | 0m,928 |
| Pierrefort | 950 | 1m,299 |
| Allanche | 970 | 0m,799 |
| Marcenat | 1.070 | 1m,483 |
| Paulhac | 1.096 | 1m,390 |
| Le Lioran nord | 1.170 | 2m,312 |

La zone la plus sèche est celle comprise entre Massiac, la Margeride, en allant vers la vallée du Lot; une deuxième zone comprend les pentes inférieures du Cantal; une troisième zone donnant de 1 mètre à 1m,50 de pluies comprend les pentes moyennes et les hauts plateaux du Cantal et enfin, les sommets volcaniques recevant plus de 1.500 millimètres d'eau.

Voici les moyennes des pluies annuelles pour les stations d'Aurillac, Mauriac, Murat et Saint-Flour.

| | PLUIES — HAUTEUR en millimètres. | NOMBRE DE JOURS DE PLUIE | DE NEIGE | DE GELÉE | D'ORAGE |
|---|---|---|---|---|---|
| Aurillac: Longitude 0° 6′ 22″ est. Latitude 44° 56′. . . | 1.142,35 | 158 | 27 | 88 | 28 |
| Mauriac: Longitude 0° 0′ 19″ ouest. Latitude 45° 14′. . | 1.269,17 | 130 | 20 | 88 | 7 |
| Murat: Longitude 0° 31′ 54″ est. Latitude 45° 6′ 44″ . | 885,69 | 123 | 37 | 147 | 6 |
| Saint-Flour : Longitude 0° 31′ 54″ est. Latitude 45° 25′ . . . . . | 1.073,15 | 67 | 21 | 113 | 4 |

Les résultats généraux des pluies mettent en évidence les caractères des vents de terre et de mer; sécheresse pour les vents de l'Est, surtout du sud-est et nord-est; la pluie est fournie presque en entier par les vents de l'ouest, sud-ouest et sud.

La répartition par trimestre, de la pluie tombée à Aurillac, pendant l'année 1901, donne :

ANNÉE 1901

| | | |
|---|---|---|
| Premier trimestre . . . . . | 310,60 | 1.263,10 |
| Deuxième trimestre. . . . . | 327,20 | |
| Troisième trimestre. . . . . | 340,90 | |
| Quatrième trimestre . . . . . | 284,40 | |

MOYENNES NORMALES DE 12 ANS

| | | |
|---|---|---|
| Premier trimestre . . . . . | 269,90 | 1.142,35 |
| Deuxième trimestre. . . . . | 287,94 | |
| Troisième trimestre. . . . . | 277,96 | |
| Quatrième trimestre . . . . . | 307,55 | |

Le quatrième trimestre de 1901 n'a pas atteint la moyenne normale, mais en revanche les trois autres trimestres, surtout le troisième, ont considérablement dépassé les normales correspondantes. L'année 1901, il est vrai, a été très pluvieuse; on a compté à Aurillac 185 jours de pluie et 180 jours sans pluie :

| | | |
|---|---|---|
| 98 jours donnant de . . . . . | 0 à 5mm | d'eau. |
| 37 — — . . . . . | 5 à 10mm | — |
| 25 — — . . . . . | 10 à 15mm | — |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 11 jours donnant de | . . . . . | 15 à 20mm | d'eau. |
| 11 — | — . . . . . | 20 à 30mm | — |
| 3 — | — . . . . . | 30 à 40mm | — |

Nous devons signaler la pluie orageuse du 15 septembre 1901, qui a donné 33,5 et du 24 septembre, qui a été de 31,5.

En 1900 et cela à titre de simple indication sur l'abondance des pluies à Aurillac, on a eu :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 jours donnant de. | . . . . . | 40 à 50mm | d'eau. |
| 1 jour — | . . . . . | 50 à 60mm | — |

La pluie orageuse du 25 septembre 1900 a fourni 57mm,5 d'eau; celle du 3 janvier 44mm,5; un orage du 13 juillet de la même année a donné 47mm,5.

La *neige* tombe depuis une certaine période d'années, avec beaucoup moins d'intensité qu'autrefois et l'on ne voit plus se produire les amoncellements du temps jadis, qui interceptaient toute circulation, pendant de longs délais. Sur la montagne les couches régulières dépassent un mètre et cela très fréquemment. Dans les arrondissements de Murat et de Saint-Flour, il se produit des tempêtes de neige, ou *écirs*, des rafales terribles, qui nivellent tous les creux, en produisant des amas de neige, d'une grande hauteur, et où il devient impossible de retrouver les traces d'un chemin. Malheur, au voyageur, à l'imprudent, au facteur parfois trop téméraire dans l'accomplissement de son devoir, qui se laisse surprendre par la tourmente. L'hiver, dans ces régions, fait annuellement un très grand nombre de victimes.

Les *orages* sont fréquents dans le Cantal et ils sévissent la plupart du temps, surtout dans la montagne, avec une violence inouïe; les victimes de la foudre sont toujours trop nombreuses et des quantités d'animaux sont annuellement foudroyés dans la haute montagne.

A Aurillac, on a compté 28 orages en 1901, mais quelle que soit leur violence, ils ont ici peu de durée. Poussés généralement par un vent d'ouest, du sud-ouest ou du sud, ils se divisent dans les vallées, en abordant le massif volcanique sur lequel ils s'épuisent entièrement, ou bien se divisant encore, ces orages entraînés par un mouvement giratoire, reviennent à leur point d'origine, après un délai quelquefois très court.

La grêle tombe assez rarement dans le Cantal et elle suit des zones que l'on commence à bien préciser.

L'étude des pluies, d'ailleurs fort intéressante, donne lieu à de nombreuses remarques : ainsi la pluie est à prévoir lorsque les stratus apparaissent. D'après M. Duclaux, les stratus annoncent en effet l'arrivée du courant équatorial, par de grandes bandes denses et noires, allongées en

général parallèlement à l'horizon et que l'on voit d'habitude au sud-ouest, pour toute la France. Leur apparition est presque toujours suivie de pluie.

Nous ne voulons pas sortir du cadre que nous nous sommes tracé pour ce Résumé et nous ajournons l'étude de la variation diurne de la pluie. Cette variation est très marquée et nous pouvons faire entrevoir, qu'en été, par exemple, le maximum de pluie se présente de midi à neuf heures du soir, coïncidant avec celui de la fréquence des orages, tandis qu'en hiver, au contraire, la pluie dépasse généralement la moyenne, de trois heures à neuf heures du matin, c'est-à-dire au moment où la température est la plus basse et l'humidité relative la plus grande. Cette observation, d'un caractère plus général, s'applique fort bien à nos régions.

Le climat du Cantal, surtout à Aurillac, n'est peut-être pas aussi rigoureux que bien des personnes se l'imaginent, de façon superficielle, et l'on peut remarquer, par exemple, que les écarts avec Paris et Clermont-Ferrand ne sont pas aussi accusés que généralement on le suppose. Ce sont les variations diurnes qui sont brusques chez nous et surtout les retours offensifs du froid, qui surviennent presque annuellement dans les mois d'avril, mai et même juin, et qui ne se produisent pas dans les autres localités, qui sont fâcheuses.

Paris et Aurillac, qui sont d'ailleurs sous le même méridien, subissent à peu de jours d'intervalle, un, deux ou trois au plus, les conséquences des dépressions barométriques.

Le tableau ci-après se rapportant à l'année 1900 permet de juger les éléments dont il s'agit. C'est une comparaison qui a son utilité à plus d'un point de vue et que nous tenons à mettre en relief, afin que chacun puisse se rendre compte des conditions climatériques d'Aurillac.

| | TEMPÉRATURE | | | | | | PLUIE — TOTAL en millimètres. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MOYENNE ANNUELLE | | MOYENNE ANNUELLE | | Minimum | Maximum | |
| | des minima. | des maxima. | des minima absolus. | des maxima absolus. | absolu. | absolu. | |
| Aurillac, 630m . . . | 5,7 | 15,2 | — 2,0 | 22,5 | —11,2 | 35,0 | 1.573,2 |
| Paris-Saint Maur, 49m . . . . . | 7,0 | 16, 0 | 0,6 | 24,4 | —7,1 | 37,7 | 444,2 |
| Clermont-Ferrand. Rabanesse, 388m . | 4,8 | 16,6 | — 2,1 | 24,8 | —7,9 | 36,2 | 746,0 |
| Toulouse 194m . . . | 8,9 | 18,3 | 3,1 | 25,5 | —5,6 | 36,3 | 727,9 |
| Perpignan, 30m . . | 9,9 | 19,8 | 5,5 | 26,2 | —3,0 | 36,0 | 582,3 |

Il est donc facile de se rendre compte qu'entre Aurillac, Paris et Clermont, par exemple, les écarts de température sont peu sensibles et que, notamment, si les minima sont plus accentués à Clermont qu'à Aurillac, en revanche les maxima sont plus élevés, si l'hiver est tout aussi rude dans ces deux villes, Clermont et aussi Paris bénéficient largement des autres saisons, qui sont plus régulières, plus chaudes, sans brusques variations thermiques, et surtout sans retours offensifs du froid, comme à Aurillac.

Il est bien vrai de dire que si la météorologie est encore dans l'enfance, vis-à-vis de sa grande sœur l'astronomie, c'est surtout à cause de l'insuffisance numérique des documents offerts aux chercheurs. L'on ne saurait accumuler trop de faits, sans lesquels toute théorie n'est qu'hypothèse ; c'est pour cela que nous avons tenu à apporter notre modeste obole à l'étude du temps dans le Cantal.

---


# M. R. FOURTEAU

Ingénieur civil au Caire (Égypte).


## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE L'ISTHME DE SUEZ [556:626.9]

*— Séance du 8 août —*

Après les études de MM. O. Fraas, Th. Fuchs, Laurent, Vassel, Issel et Schweinfurth, il semble que l'on n'ait pas grand'chose à ajouter à l'étude géologique de la partie méridionale de l'Isthme de Suez. Certaines observations récentes me permettent d'élucider cependant certains points douteux.

Tout d'abord, je dois remercier mon excellent confrère, M. E. Vassel, ancien capitaine d'armement à Suez et président actuel de l'Institut de Carthage à Tunis, des indications de localités qu'il a bien voulu me donner et qui m'ont permis d'atteindre sans tâtonnements le but que je me proposais. Il s'agissait pour moi de préciser autant que possible l'horizon des bancs d'*Ostrea crassissima* (= *O. pseudo-crassissima* Fuchs) et des marnes à *Pecten Vasseli* Fuchs, qu'après une première excursion un peu rapide et à côté de la véritable localité, j'avais cru être à la limite du Miocène et du Pliocène correspondant ainsi au Sahélien des géologues algériens, opinion que j'avais fait partager à mon savant confrère, M. le Dr Ch. Depéret, dans une note présentée en commun à l'Académie des Sciences, le 17 août 1900.

Je suis forcé de reconnaître aujourd'hui que j'avais un peu trop vieilli ces couches, mais je ne puis me ranger à l'opinion de Fuchs qui les croit quaternaires. Comme le pensait M. Vassel, elles sont pliocènes et je viens aujourd'hui exposer les raisons qui m'ont déterminé à me ranger à son avis.

Les travaux de MM. A. Gaudry, Ph. Thomas, Depéret et Blanckenhorn, ont établi d'une façon irréfutable que l'*O. crassissima* n'a aucune valeur stratigraphique. En Égypte, comme en Tunisie et en Algérie, elle apparaît dès l'Éocène moyen et nous allons voir que comme en Tunisie elle finit avec le Pliocène. Mais si l'*Ostrea crassissima* est sans valeur au point de vue stratigraphique, elle en a une au point de vue paléogéographique et c'est sur ce point que je veux insister.

Malgré sa grande diffusion, nous pouvons la considérer comme une forme essentiellement caractéristique de la faune qui, à l'époque tertiaire, vivait dans la fosse un peu réduite alors et qui, à l'époque cénomanienne, s'étendait de l'Amérique aux Indes, à travers l'Atlantique et la Méditerranée actuelle. Elle n'a jamais paru dans le bassin indo-pacifique dont relève la mer Rouge, tandis que de nos jours des formes voisines vivent encore sur les côtes du golfe du Mexique. Il y a là le point de départ d'une étude à faire sur les conditions de milieu ambiant nécessaires à l'existence des formes du type *O. crassissima* alors que d'autres Ostréidées qui ont vécu avec elle ont au contraire, émigré dans le bassin indo-pacifique. Ces Ostreidées sont du reste du groupe *Alectryonia*, je citerai surtout *O. cucullata et sa variété Forskali* qui vit de nos jours dans la mer Rouge après avoir vécu dans tout le Pliocène méditerranéen en compagnie d'*O. crassissima*.

Nous avons doncune base à peu près certaine pour établir la date de l'invasion des eaux du bassin indo-pacifique dans la fosse érythréenne et dans la partie méridionale de l'Isthme de Suez actuel. C'est la disparition d'*O. crassissima*.

Une difficulté se présente tout d'abord, c'est la méthode à prendre pour l'étude des couches traversées par le canal maritime de Suez. En réalité pour observer ces couches *in situ* il faudrait un scaphandre, mais il est bien plus simple de se rapporter à l'étude des cavaliers du canal où la drague a déposé les déblais dans l'ordre inverse de leur position réelle. Le point le plus propice à cette étude est, comme l'avait indiqué M. E. Vassel, la gare du kilomètre 152 et ses environs. Tout en haut des cavaliers on y trouve les sables à *O. crassissima* surmontant les marnes à *Pecten Vasseli* au-dessous desquelles se montrent les sables argileux à *O. cucullata*. En outre la faune des deux premières couches est tellement distincte que je ne comprends pas comment Fuchs a pu croire à leur contemporanéité.

Les sables à *O. crassissima* contiennent toutes les variétés de cette forme

depuis celle à talon large figurée par Fuchs comme *O. pseudo-crassissima* et qui est très voisine de la forme éocène dont Blanckenhorn a fait son *Ostrea Enak*, jusqu'à la forme mince à crochet lévogyre si voisine du type de l'*O. gingensis* Schloth. Avec ces formes on ne rencontre que de rares Huîtres qui dérivent incontestablement de l'*O. digitalina* Eichw. du Miocène moyen du bassin de la Méditerranée. Les marnes à *Pecten Vasseli* au contraire renferment une faune bien plus riche qui rappelle celle de la mer Rouge actuelle, mais en général les fossiles sont à l'état de moules internes qui rendent leur assimilation douteuse. Heureusement pour moi j'y ai récolté un Échinide qui a fixé ma conviction, c'est le *Temnopleurus toreumaticus* Klein qui vit encore de nos jours dans le golfe Persique et sur les côtes du Japon. De plus, en 1900, *P. Vasseli* a été retrouvé par les agents du « Geological Survey of Egypt », dans les plus hautes plages soulevées à l'entrée du Golfe de Suez.

Il est donc incontestable que *O. crassissima* et *Pecten Vasseli* n'ont pas été contemporains et alors s'explique l'étonnement de Fuchs de ne pas retrouver ces formes vivantes dans les parages actuels de Suez. *O. crassissima* n'a pu vivre dans le milieu formé par l'invasion des eaux de l'Océan Indien qui apportèrent avec elles *P. Vasseli* et *Temnopleurus toreumaticus*. Le mélange des eaux des deux bassins méditerranéen et indo-pacifique qui s'établit ensuite a forcé ces deux espèces à disparaître de la région tandis que *O. cucullata* émigrait du bassin méditerranéen pour venir s'établir dans la mer Rouge où elle vit encore, et avec elle émigrait le *Pecten erythræensis* Sow. si commun dans le Pliocène égyptien.

Or, *O. cucullata* n'étant pas représenté dans le quaternaire méditerranéen, nous pouvons conclure sans trop de témérité que c'est à la limite du Pliocène et du quaternaire qu'elle a émigré, d'où il s'ensuit que les marnes à *Pecten Vasseli* et *Temnopleurus toreumaticus*, appartiendraient au Pliocène supérieur, et les sables à *Ostrea crassissima* au Pliocène moyen et seraient les contemporains des bancs étudiés en Tunisie au cap Kamart par Pomel et les géologues algériens.

# M. L. SAVIN

Chef de bataillon au 97e Régiment d'Infanterie, à Chambéry.


## CATALOGUE DES ÉCHINIDES DE LA SAVOIE [563:44.48]

— *Séance du 8 août* —

De tous les terrains qui constituent le sol du département de la Savoie, le Jurassique supérieur et le Crétacique inférieur sont certainement ceux qui sont le plus développés, et qui, au point de vue paléontologique, présentent le plus haut intérêt, tant par la variété que par l'abondance de leur faune. Si l'on jette les yeux sur la carte géologique de la Savoie, on remarque çà et là quelques lambeaux relativement peu étendus d'Aptien, d'Albien, de Sénonien supérieur et d'Eocène, ainsi que du Miocène en masse plus considérable, mais fort peu fossilière.

Partout, sauf dans les terrains tertiaires dont je ne m'occupe pas ici, me réservant d'y revenir plus tard, les Échinides se sont assez abondamment multipliés.

Certaines localités sont devenues classiques par leurs richesses paléontologiques qu'ont fait ressortir dans leurs intéressants travaux les géologues qui se sont plus spécialement occupés de la géologie de cette région, et notamment MM. Pillet, Hollande, Révil, etc., pour n'en citer que quelques-uns.

La majeure partie des Échinides de la Savoie a été décrite et figurée, de 1853 à 1885, dans la *Paléontologie française*, par MM. d'Orbigny et Cotteau, par M. P. de Loriol, en 1868 (in Pictet : *Étude provisoire des fossiles de la Porte-de-France, d'Aizy et de Lémenc*); en 1875, MM. Pillet et de Fromontel ont publié leur description géologique et paléontologique de la colline de Lémenc où ils citent et figurent un assez grand nombre d'oursins du Jurassique supérieur, et où M. P. de Loriol décrit quelques espèces nouvelles. Enfin, M. P. de Loriol vient tout récemment d'étudier six espèces de la région, dont trois seulement étaient déjà connues (*Notes pour servir à l'étude des Échinodermes*, fascicule X, 1902).

Mais aucun travail d'ensemble ne me paraissant avoir été fait, je me suis proposé de combler cette lacune en dressant le catalogue aussi complet que possible des Échinides recueillis jusqu'à ce jour dans la Savoie, et en m'inspirant des travaux de mes prédécesseurs.

Ce catalogue comprend 144 espèces dont 71 ne me paraissent pas avoir encore été citées par les auteurs, et parmi lesquelles 5 espèces nouvelles :

*Aulacocidaris Lamberti* Savin, du Ptérocèrien; *Phymechinus Lamberti* Savin, du Valanginien ; *Phymosoma Revili* Savin, et *Diplopodia Revili* Savin, de l'Hauterivien; *Plegiocidaris Revili* Savin, du Barrêmien moyen (Urgonien).

Pour la première de ces espèces, M. Lambert a créé un genre nouveau : AULACOCIDARIS, auquel notre savant confrère et ami rapporte *Aulacocidaris salviensis* Cotteau *(Cidaris)* et *Aulac-Thomasi* Cotteau *(Rhabdocidaris)*.

J'ai figuré en outre quelques espèces déjà connues qui m'ont paru plus particulièrement intéressantes.

Enfin, j'ai cru devoir reproduire les diagnoses de quelques espèces nouvelles ou variétés intéressantes que vient d'étudier mon savant confrère de Genève, M. P. de Loriol *(Notes pour servir à l'étude des Échinodermes*, fascicule X ; 1902). Ce sont :

*Cidaris Savini* P. de Loriol, du Tithonique supérieur; *Pygaulus Desmoulinsi* Agassiz ; *Botriopygus Savini* P. de Loriol, *Botriopygus Torcapeli* P. de Loriol, du Barrêmien supérieur, et *Botriopygus Demolyi* du Barrêmien moyen (Urgonien).

Dans le voisinage de la Savoie proprement dite, certaines régions sont aussi très riches en Échinides. Ce sont principalement la Perte-du-Rhône, dans l'Ain; le Mont Salève; les montagnes des Voirons, des Fiz, du Reposoir, de Flène, de Criou, de Cluze, etc., dans la Haute-Savoie. Je me suis contenté, pour ces dernières localités, de donner sommairement la liste des espèces qui me paraissent y avoir été signalées jusqu'à ce jour.

La plus grande partie de mes échantillons a été soumise à l'examen de MM. Lambert et de Loriol que je ne saurais assez remercier de leur bienveillant concours.

## *Note sur quelques Échinides du Dauphiné et autres régions (Manuscrit remis à la Société de Statistique de l'Isère).*

Grâce aux bienveillantes communications de MM. Gevrey, Kilian, Paquier et Jean, il m'a été donné d'étudier, avec le gracieux concours de nos savants Échinologues, MM. Jules Lambert et P. de Loriol, un certain nombre d'Échinides dont la majeure partie provient du Dauphiné, et particulièrement du Valanginien de Malleval (Isère), qui a été exploré avec tant de soins par M. le conseiller Gevrey.

Les espèces que j'ai figurées sont au nombre de douze, dont :

Sept du Dauphiné : *Pygurus Loryi* P. de Loriol, du Valanginien du Fontanil (Isère); *Cidaris problematica* Cotteau, *Rhabdocidaris pavimentatus* P. de Loriol, *Rhabd. Salvæ* Nicklès, *Rhabd. Gevreyi* Savin, *Rhabd. Petitclerci* Savin, *Diplocidaris Gevreyi* Lambert, du Valanginien de Malleval;

Une des Basses-Alpes : *Toxaster Kiliani* Lambert, du Valanginien;

Une de la Drôme : *Heterosalenia Paquieri* Savin, de l'Aptien inférieur à facies Urgonien de Châteauneuf-du-Rhône;

Une des Bouches-du-Rhône : *Hemiaster Lamberti* Savin, du Sénonien (Santonien) des environs des Martigues;

Deux de l'Aude : *Oolopygus Savini* Lambert, du Sénonien de la Montagne-des-Cornes, et *Cidaris Jeani* Savin, du Sénonien de Fontfroide.

Dans cette énumération sont comprises quelques espèces déjà connues mais qui n'avaient pas encore été figurées, ou qu'il m'a paru intéressant de signaler plus spécialement.

Pour faire suite à ce travail, et après avoir étudié les nombreux Échinides que renferme la collection de mon savant confrère, M. le conseiller Gevrey, je me propose de dresser le catalogue des Échinides de l'Isère, en prenant pour base les remarquables travaux d'Albin Gras et ceux qui ont été publiés plus récemment par MM. Kilian, Pierre Lory, Paquier, etc.

---

M. R. FORTIN

à Rouen.

---

## SUR UN ANCIEN COURS D'EAU SOUTERRAIN SITUÉ A MOULINEAUX, CANTON DE GRAND-COURONNE (SEINE-INFÉRIEURE)

[551.49-44.25]

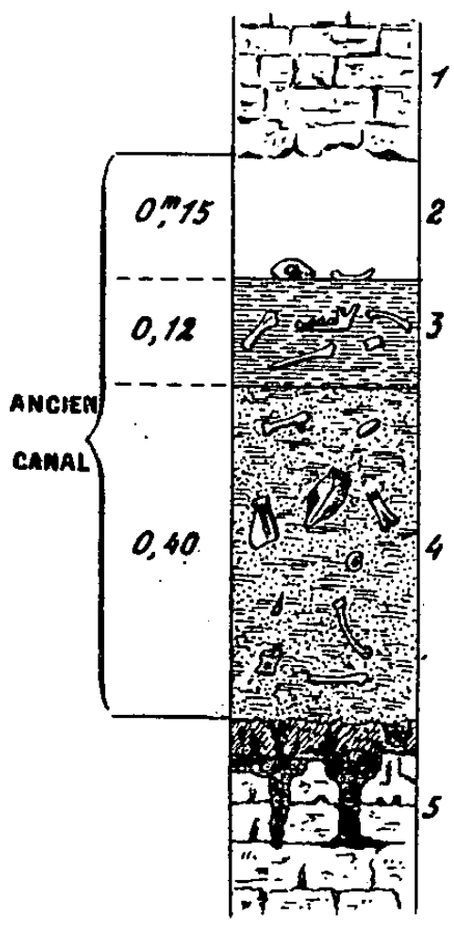
— *Séance du 8 août* —

Lorsque l'on parcourt les vallées crayeuses de notre région, on remarque, dans le flanc des coteaux, à des hauteurs variables, les orifices de crevasses ou de couloirs par où les eaux souterraines venaient autrefois se déverser. Il y a de ces orifices qui débouchent très près du fond des vallées; d'autres, au contraire, sont placés à une grande hauteur au-dessus des anciens thalwegs. Il y en a de toutes dimensions, depuis ceux par où ne s'échappait qu'un simple filet d'eau, jusqu'à ceux, largement ouverts, qui livraient passage à de véritables cours d'eau.

Dans la vallée de la Seine, ces témoins d'anciennes sources ne sont pas rares; on en voit dans les falaises qui bordent le côté concave des méandres du fleuve. Tous ces couloirs sont maintenant asséchés; leur lit est encombré et en partie comblé par des dépôts limoneux et argileux, d'une teinte généralement rougeâtre, plus ou moins chargés de cailloux.

Depuis longtemps j'avais le désir de savoir s'il se trouvait dans ces dépôts, une faune qui permît de leur assigner une date géologique. C'est dans ce but que j'ai sollicité de l'*Association française pour l'avancement des Sciences* une subvention qui m'a été accordée et à l'aide de laquelle j'ai pu faire des fouilles dans un de ces anciens cours d'eau.

Celui que j'ai fouillé et qui fait l'objet de cette note se trouve dans la vallée de la Seine, à Moulineaux, canton de Grand-Couronne, à 16 kilomètres de Rouen. Il est situé sur le chemin de grande communication n° 67 qui part de Moulineaux, passe à la station du chemin de fer et se dirige ensuite vers le lieu dit *le Château de Robert-le-Diable*, et se trouve à environ 100 mètres du carrefour (cote 85 mètres) d'où partent les routes d'Orival, de la Maison-Brûlée et de La Bouille. Il débouche dans le talus de la route, à l'altitude de 84 mètres, sur le versant nord des coteaux que recouvre la forêt de La Londe et qui atteignent une altitude supérieure à 120 mètres. L'ouverture de ce canal a une largeur de $2^m,12$ et la distance entre la paroi inférieure ou mur, et la paroi supérieure ou toit, après l'enlèvement des matériaux qui l'obstruaient, a été trouvée de 67 centimètres. A sa sortie, ce cours d'eau coulait sur un banc épais de silex et le toit est formé par un banc de craie dure, fortement corrodée par le frottement de l'eau. A 1 mètre environ de l'orifice, à peu près au milieu, se trouve une cloison de craie dure profondément corrodée, qui va en s'élar-




1 Craie blanche (Sénonien) corrodée par l'eau courante, à sa partie inférieure.

2 Partie restée vide.

3 Terreau brunâtre, rempli d'ossements d'animaux et de coquilles terrestres.

Limon sableux, argileux, brun-jaunâtre, stratifié, renfermant des ossements d'animaux et des coquilles terrestres.

4 Silex en rognons ou éclatés, disséminés dans la masse.

Lit de silex disloqué, dont les interstices sont remplis d'argile brunâtre provenant de la décomposition de la craie.

5 Craie blanche (Sénonien) dont la partie supérieure est décomposée et transformée en argile comme celle du lit de silex,

FIG. 1.

gissant vers l'intérieur, à droite et à gauche duquel deux branches de ce cours d'eau venaient aboutir et réunissaient leurs eaux.

Les sédiments qui obstruaient en partie le canal formaient deux couches bien distinctes.

La couche inférieure est formée d'un limon sableux,. argileux, d'une teinte brun-jaunâtre, manifestement stratifié, et dont l'épaisseur est de 40 centimètres.

Cette couche est recouverte par un lit de 12 centimètres d'épaisseur de terreau brunâtre.

Dans la couche limoneuse inférieure, les ossements que l'on y rencontre prennent une couleur blanc-jaunâtre, après avoir été lavés et séchés. Dans la couche de terreau, ils sont colorés en brun. Dans les deux couches, on trouve avec les ossements de nombreuses coquilles terrestres.

Dès que le front du dépôt sédimentaire a été rafraîchi, j'en ai relevé la coupe que je reproduis ci-dessus.

Les terres extraites ont été passées au crible, afin d'en retirer les ossements qui s'y trouvaient ensevelis.

Dans la couche inférieure, épaisse de 40 centimètres, j'ai reconnu, parmi une quantité d'ossements plus ou moins bien conservés, les espèces suivantes :

*Lepus europœus* Pall. (Lièvre commun);
*Lepus cuniculus* Lin. (Lapin);
*Martes foina* Briss. (Fouine);
*Lutra vulgaris* Erxl. ( Loutre vulgaire);
*Vulpes vulgaris* Briss. (Renard vulgaire);
*Sus scrofa* Lin. (Sanglier);
*Cervus elaphus* Lin. (Cerf commun);
*Cervus capreolus* Lin. (Chevreuil).

J'ai en outre recueilli une quantité d'ossements de très petits mammifères et aussi d'oiseaux et de batraciens, que je n'ai pas déterminés, soit qu'ils aient été trop mal conservés, soit que j'aie manqué d'éléments de comparaison pour les reconnaître.

Les coquilles recueillies dans ce niveau, de même que dans le terreau qui le recouvre, appartenaient toutes à des mollusques terrestres.

Dans le terreau supérieur et à sa surface, j'ai recueilli des ossements appartenant aux espèces ci-après désignées :

*Lepus europœus* Pall. (Lièvre commun) ;
*Lepus cuniculus* Lin. (Lapin);
*Meles taxus* Schreb. (Blaireau commun);
*Felis catus* Lin. (Chat);
*Vulpes vulgaris* Briss. (Renard ordinaire) ;
*Canis familiaris* Lin. (Chien);
*Sus scrofa* Lin. (Sanglier jeune);
*Cervus capreolus* Lin. (Chevreuil jeune);
*Ovis aries* Lin. (Mouton);
*Bos taurus* Lin. (Bœuf très jeune).

Le gisement renfermait encore des ossements de petits mammifères, de batraciens, etc., et des coquilles terrestres, qui n'ont pas été déterminés non plus que des ossements d'oiseaux, parmi lesquels des débris d'oiseaux de basse-cour.

D'après la nature des sédiments qui forment les deux couches superposées et d'après les ossements rencontrés dans chacune d'elles, je pense que la couche de limon sableux, stratifié, est celle qui a été déposée par le courant d'eau, tandis que le limon supérieur s'est formé après la disparition du régime aqueux. L'ancien lit asséché a alors servi de repaire aux blaireaux et aux renards qui y ont apporté leur butin pour l'y dévorer tranquillement et qui finalement y ont laissé leurs os ; c'est ce qui explique la présence des ossements de veau, de jeune chevreuil, de jeune sanglier, de mouton, de lièvre, de lapin et d'oiseaux de basse-cour. Les lapins, nombreux dans ce quartier de la forêt, se sont évidemment refugiés dans ces excavations, qui constituaient pour eux des terriers tout formés. Leurs ossements y sont d'ailleurs nombreux, aussi bien dans le terreau qu'à la surface.

La formation de ce cours d'eau, ainsi que la durée pendant laquelle il a été en activité, ne remonteraient donc pas à une haute antiquité, puis-



FIG. 2.

qu'on ne trouve, dans le limon sédimentaire, que les restes d'animaux vivant encore de nos jours. Cette formation appartient par sa faune à l'ère

actuelle et se rattache à une période où les précipitations atmosphériques, beaucoup plus abondantes que de nos jours, formaient, dans le réseau des fissures de la craie, de nombreuses fontaines vauclusiennes qui venaient se déverser dans les vallées par ces canaux et ces orifices, aujourd'hui seuls témoins d'une période de plus grande activité des sources et des fontaines naturelles.

En ce qui concerne cette seule excavation de Moulineaux, on peut trouver encore une autre démonstration de l'abondance des eaux, en jetant les yeux sur la vue d'ensemble que j'en donne ici.

En effet, malgré la grande dimension de l'orifice principal que nous venons d'étudier, celui-ci ne suffisait pas au déversement de l'eau, car celle-ci s'est fait jour par une série de canaux, de moindre dimension et dont on voit, au même niveau, les ouvertures alignées au-dessous du banc de craie dure qui sert de toit au déversoir principal.

Des observations basées sur d'autres données géologiques, ont d'ailleurs démontré que l'abondance des eaux souterraines, liée à un régime plus humide de l'atmosphère, a diminué dans de très notables proportions depuis une certaine période de l'époque actuelle jusqu'à nos jours et que le niveau d'émergence des sources s'est constamment abaissé dans nos vallées. Il ne serait peut-être pas tout-à-fait téméraire, par conséquent, d'établir une corrélation entre l'ancien cours d'eau dont nous venons de nous occuper, qui se déversait dans la vallée de la Seine, à l'altitude de 84 mètres, et les sources actuelles qui alimentent la rivière de Moulineaux et qui sourdent maintenant, un peu plus à l'ouest, au pied des coteaux, à un niveau seulement un peu supérieur à celui du cours actuel du fleuve.

On trouverait sans doute aisément, dans le voisinage des sources qui alimentent aujourd'hui nos rivières, des faits analogues permettant d'étayer l'opinion que j'émets ici et qui conduiraient peut-être aux mêmes conclusions.

Pour en revenir encore une fois à notre cours d'eau souterrain, les fouilles que j'ai faites dans le couloir n'ont pas été poussées assez loin pour en reconnaître la direction. Rien n'est du reste plus capricieux que la marche d'un cours d'eau à travers un massif de calcaire fissuré. Ce n'était d'ailleurs pas le but de mes recherches. Il est évident que le bassin d'alimentation de ces sources était situé sur les plateaux recouverts de forêts et de bois s'étendant vers le sud-ouest et qui s'élèvent dans cette direction jusqu'à une altitude dépassant 150 mètres.

Si le résultat de mon exploration a été de me fournir la preuve que certains anciens cours d'eau souterrains de notre région, et notamment

celui de Moulineaux, appartiennent bien à l'ère actuelle, je ne prétends pas étendre ces conclusions à tous ceux qui se trouvent dans notre contrée. Il se peut qu'il y en ait dont la formation remonte à une antiquité beaucoup plus reculée et qui aient été en activité dès la période quaternaire. Des observations ultérieures nous en donneront peut-être la démonstration, mais quant à présent, il me suffit d'avoir fixé un point de notre géologie régionale. Je me plais à reconnaître, en terminant que c'est grâce au généreux concours de l'*Association française* que j'ai pu y parvenir.

---

M. PERON

Correspondant de l'Institut, à Auxerre.

## LES FAUNES SUCCESSIVES DU JURASSIQUE SUPÉRIEUR DES ENVIRONS DE BOURGES

[560:551.76]

*— Séance du 8 août —*

### I

Dans une importante notice, publiée en 1874 (1), MM. Douvillé et Jourdy ont fait connaître les divisions principales et la succession des assises dans la partie moyenne du terrain jurassique du Berry. Quelques années plus tard, dans un autre mémoire sur la partie moyenne du terrain jurassique du bassin de Paris et sur le terrain corallien en particulier, M. Douvillé nous a montré la corrélation des diverses zones observées dans le Berry avec celles reconnues autour du bassin parisien, notamment dans l'Yonne, la Haute-Marne, la Meuse, etc.

Ces études comparatives, en ce qui concerne les régions de l'Yonne, de la Nièvre, etc., ont été, depuis, complétées et détaillées par notre confrère M. J. Lambert (3), qui, dans un mémoire très soigneusement documenté et résultant d'études longues et minutieuses, nous a montré les curieuses transformations latérales des diverses assises du Jurassique moyen et a établi leur synchronisme avec les assises correspondantes des régions voisines.

Après ces travaux primordiaux, il ne reste plus qu'à glaner quelques détails sur ces questions déjà si complètement étudiées.

(1) *B. S. G. F.*, 3e série, t. III, p. 93.
(2) *B. S. G. F.*, 3e série, t. IX, p. 439.
(3) *B. Soc. sc. hist. et natur. de l'Yonne*, 1884, 1er semestre.

Mon intention aujourd'hui est, en ce qui concerne les environs de Bourges, et en prenant pour bases les divisions principales établies dans le département du Cher par MM. Douvillé et Jourdy, de développer les faunes observées dans les divers niveaux successifs du Jurassique et de faire connaître quelques détails restés dans l'ombre.

Un long séjour à Bourges, des recherches patiemment poursuivies et surtout l'exécution de travaux importants de constructions et de chemins de fer autour de la ville, m'ont mis en possession de matériaux considérables que n'avaient pu recueillir mes éminents prédécesseurs. Il m'a paru qu'il y avait quelque intérêt à les faire connaître et à montrer par quelles modifications lentes et successives ont passé les faunes qui ont peuplé les mers jurassiques dans cette région du Cher.

La classification établie, dans le mémoire précité, par MM. Douvillé et Jourdy se rapportait surtout, comme je l'ai dit, au terrain jurassique moyen et embrassait les assises depuis l'Oxfordien inclusivement jusqu'à l'Astartien supérieur. Comme je veux borner mon étude aux environs immédiats de Bourges, je laisserai de côté, pour le moment, l'étage oxfordien et les marnes à Spongiaires qui sont si riches et si remarquablement développées dans le sud du département, mais, par contre, j'y comprendrai les marnes kiméridgiennes que m'a permis de reconnaître l'ouverture d'une grande tranchée au nord de Bourges pour la construction du chemin de fer de Baune-la-Rolande et, enfin, j'ajouterai quelques mots au sujet du Portlandien qui, quoique peu fossilifère, est néanmoins bien représenté à proximité et au nord de Bourges.

En conséquence, c'est le Jurassique supérieur à peu près complet et non le Jurassique moyen que concerne la petite étude paléontologique que j'ai entreprise.

Les divisions établies, en 1874, par MM. Douvillé et Jourdy comprennent, de haut en bas :

1° Le calcaire à Astartes, subdivisé lui-même en trois assises, marnes et calcaires noduleux, oolithe à Nérinées, marnes et calcaires marneux à Fucoïdes ;
2° Les calcaires lithographiques supérieurs ;
3° Le calcaire crayeux ;
4° Les calcaires lithographiques inférieurs ;
5° Les marnes et calcaires à Spongiaires ;
6° Les marnes à Ammonites pyriteuses.

C'est par la quatrième de ces zones, que commence la série des couches observables dans les environs immédiats de Bourges. Cette zone occupe superficiellement une large bande géographique et, pour rencontrer l'affleurement des couches à Spongiaires qui lui sont subordonnées, c'est à plus de 20 kilomètres au sud de Bourges qu'il faut descendre. C'est donc

par cette quatrième zone de M. Douvillé que nous commencerons notre étude.

## II

Les calcaires lithographiques inférieurs, ainsi désignés par nos confrères pour les distinguer des calcaires similaires qui existent à un niveau plus élevé mais dont ils sont séparés par une assise très constante que son facies subcrayeux distingue nettement des calcaires compacts à facies vaseux, dits lithographiques, occupent, nous venons de le dire, une large surface au sud de Bourges. Leur épaisseur est très difficilement observable. Les données fournies par un sondage exécuté à Bourges ont permis à MM. Douvillé et Jourdy de l'évaluer à 90 mètres environ.

Les renseignements paléontologiques fournis sur cette puissante assise sont sommaires. D'après ces savants les fossiles y sont extrêmement rares.

Cependant, à la partie tout à fait supérieure, ils ont signalé la présence fréquente de quelques couches plus fossilifères avec Brachiopodes et Ammonites de la famille des *flexuosi*. Vers la base, ils ont recueilli, près de Châteauneuf-sur-Cher, *Ammonites marantianus* d'Orbigny et *A. Eucharis*.

C'est, en effet, immédiatement au-dessus des marnes argoviennes à Spongiaires et même en compagnie de Spongiaires, nombreux encore, ainsi que de quelques autres fossiles argoviens que j'ai moi-même recueilli, près de Venesmes, *Ammonites marantianus*, avec quelques autres Ammonites qui me semblent se représenter plus haut.

Au-dessus de ce premier niveau, on observe bien, auprès de Venesmes, une petite épaisseur de bancs lithographiques, mais je n'y ai rencontré aucun fossile.

Dans les environs plus immédiats de Bourges, c'est auprès du village de Plaimpied, au fond de la vallée de l'Auron, que nous avons commencé l'examen des calcaires lithographiques.

Il existe là, sur la route de Plaimpied à Soye-en-Septaine et sur le bord de la rivière d'Auron, une petite carrière ouverte dans des bancs qui occupent certainement un niveau très bas dans la série. Cette carrière est à la cote 137 mètres. Son front de taille est de 8 mètres. Elle entame une série de bancs serrés d'un calcaire gris-clair dont l'épaisseur varie de 10 centimètres à 30 centimètres, séparés par de minces interstices marneux. Le calcaire est d'un grain fin, dur, tenace, esquilleux, très uniforme dans tous les bancs, de la base au sommet.

Il est exploité comme moellon et pour l'empierrement de la route.

Dans la plupart des bancs, je n'ai aperçu aucun fossile. L'un d'eux seulement, situé à 2 mètres environ de la base du front de taille, m'a

donné de nombreux *Dysaster granulosus*, de petite taille et à l'état de moules internes. En fait d'autres fossiles, je n'ai trouvé qu'une petite patte de Crustacé et des moules d'Astartes indéterminables.

Pour trouver dans ces calcaires lithographiques inférieurs un autre niveau fossilifère observable, j'ai dû monter à une altitude de 25 mètres environ supérieure à celle du niveau de Plaimpied. En suivant, en effet, la route de Plaimpied à Soye-en-Septaine, dans le haut de la colline, à la cote 170 mètres environ, au croisement de cette route avec celle de Bourges à Dun-sur-Auron, on rencontre plusieurs petites carrières où j'ai pu recueillir d'assez nombreux fossiles.

Ces carrières, situées à 9 kilomètres de Bourges, sont peu importantes et ouvertes sur 2 à 3 mètres seulement de profondeur. On y exploite, pour l'empierrement des routes, un calcaire dur, esquilleux, irrégulier, caverneux et percé de tubulures, d'une couleur grise ou blanchâtre. Ces bancs exploités ne sont pas très fossilifères et je n'y ai vu qu'un morceau de *Perisphinctes* indéterminable, un individu incomplet de Pholadomye et un de *Gervilia tetragona;* mais, à la partie supérieure du front de taille, j'ai observé une couche de calcaires morcelés et comme remaniés qui est beaucoup plus fossilifère.

L'examen des fossiles de cette couche rapproché de la situation stratigraphique et orographique m'a permis de reconnaître d'une façon certaine que cette zone fossilifère est la même qu'on observe à 2 kilomètres plus au nord, en se rapprochant de Bourges, à une altitude moindre et dans des affleurements voisins de la grande route.

C'est encore à ce même petit horizon stratigraphique qu'appartiennent des couches exploitées sur la route de Bourges à Crosses, non loin de ce dernier village. Nous pouvons donc, sans inconvénient, réunir en une seule liste les fossiles rencontrés dans ces divers gisements que nous désignerons sous les noms de carrières de Soye, de Crosses et de la route de Dun-sur-Auron,

*Eryma ventrosa* Mey, (rare), route de Dun.
*Perisphinctes Achilles* d'Orbi., route de Dun, Crosses et Soye.
*Perisphinctes* sp., Soye, Crosses.
*Oppelia cfr. Pichleri* Oppel, Soye, Crosses.
*Oppelia cfr. subclausa* Oppel, Crosses.
— *cfr. nimbata* — Soye, Crosses.
*Neritopsis cfr. beaumontiana* Buvig., route de Dun.
*Natica cfr. Matheyi* de Lor., route de Dun.
*Chenopus cfr. Piettei* Buvig, route de Dun.
*Pholadomya Protei* Defr., Soye, route de Dun.
*Pholadomya hemicardia* Rœm. (fréquent). route de Dun.
*Pholadomya aff. multicostata* Agas. (rare), Soye.
*Pleuromya sinuosa* de Lor., Crosses.
— *tellina* Agas., route de Dun.
*Cardium intextum* Münst. (assez fréquent), Crosses, route de Dun.

*Cardium orthogonale* Buvig., route de Dun.
*Cardita moreana* Buvig. (très fréquent), Crosses, route de Dun.
*Ceromya cfr. globosa* Buvig., route de Dun.
*Opis semilunata* Etal., route de Dun.
*Lucina cfr. Elsgaudiæ* Thurm., route de Dun.
*Trigonia geographica* Agas, route de Dun.
*Trigonia cfr. Meriani* Agas. (rare, moule), route de Dun.
*Arca rhomboidalis* Contej. (très fréquent), Soye, Crosses, route de Dun.
*Mytilus perplicatus* Etal., Soye, Crosses, route de Dun.
*Mytilus subæquiplicatus* Goldf, route de Dun.
*Lithodomus cfr. subcylindricus* Buvig., route de Dun.
*Avicula obliqua* Buvig. (très fréquent), Soye, Crosses route de Dun.
*Gervilia tetragona* Rœm., Soye, Crosses.
*Pinna lanceolata* Sow., Crosses.
*Pinna obliquata* d'Orbig. (rare) route de Dun.
*Pinna* sp.
*Pecten Tombecki* de Lor. (rare), route de Dun.
*Pecten zieteneus* Buvig., route de Dun.
*Pecten qualicosta* Etall., route de Dun.
*Pecten cfr. waldeckensis* Etal., route de Dun.
*Pecten* sp., (forme lisse), Soye, Crosses.
*Ostrea bruntrutana* Thurm., très fréquent), Soye, Crosses, route de Dun.
*Ostrea subreniformis* Etal., route de Dun.
*Ostrea multiformis* Koch et Dunker, route de Dun.
*Rhynchonella pinguis* Oppel (rare)., route de Dun.
*Terebratula Grossouvrei* Douvil., route de Dun.
*Zeilleria Egena* Bayle, route de Dun.
*Stomechinus* sp.
Articles d'Astéries.

Cette première série de calcaires lithographiques, comprenant les couches comprises entre la cote 137 à Plaimpied et la cote 170 à Soye forme une zone qui, passant, comme nous venons de le dire, par le village de Crosses, s'étend vers le nord-est et vient former une bonne partie du sol sur lequel est installé le camp d'Avor.

J'ai pu, en effet, dans une petite carrière de calcaire lithographique exploitée pour l'empierrement des routes à 500 mètres environ à l'est du village d'Avor, recueillir un certain nombre de fossiles identiques à ceux de Soye et de Plaimpied, notamment *Arca rhomboidalis*, *Avicula obliqua* et *Dysaster granulosus*.

## III

Si, maintenant, quittant cette première zone fossilifère des calcaires lithographiques, au sud de Bourges, nous remontons vers le nord-ouest en nous rapprochant de la ville, nous rencontrons, dans les couches élevées des calcaires lithographiques inférieurs, un autre niveau fossilifère très

important dans lequel les espèces de mollusques sont aussi variées que les individus y sont nombreux.

Cette nouvelle faune est presque exclusivement composée de Pélécypodes, principalement d'espèces habitant les fonds vaseux et calmes.

Les Céphalopodes y sont très rares, ainsi que les Gastropodes et les Zoophytes.

Tout en possédant un bon nombre d'espèces déjà existantes dans le niveau de Soye et de Crosses, cette nouvelle zone fossilifère présente dans son ensemble des caractères distinctifs bien tranchés. On y voit apparaître beaucoup de coquilles nouvelles, comme certains *Opis*, des *Myoconcha*, des *Lima*, des *Avicula*, des *Mytilus*, etc., qui, pour la plupart, se font remarquer par leur grande taille.

La zone en question est visible dans quelques petites excavations au sud de Bourges sur la grande route de Guéret, mais c'est surtout dans une carrière ouverte sur le flanc du coteau, près du hameau de La Vernusse, sur la rive droite de l'Auron, que j'ai pu en étudier la faune.

On a tiré de cette carrière, vers l'année 1881, des matériaux considérables pour la surélévation de la route et la construction du pont jeté sur la rivière d'Auron et cette circonstance m'a permis de faire dans la carrière et dans les déblais de très importantes récoltes de fossiles.

A l'est de ce gisement, sur le plateau qui s'étend à travers le polygone de l'artillerie, au sud des grandes carrières dites du Château, je n'ai trouvé aucune exploitation ouverte dans la zone fossilifère dont je viens de parler ni aucun affleurement bien observable ; mais, en continuant vers l'est et en descendant dans la vallée de l'Yèvre, on rencontre, au sud du hameau d'Osmoy, puis entre Moulin-sur-Yèvre et Savigny-en-Septaine, près de la ferme du Préau, de nouveaux et importants gisements de cette zone.

Vers cette dernière localité surtout, il existe, près de la voie ferrée, d'assez importantes carrières dans lesquelles on peut observer les relations de ces calcaires lithographiques fossilifères avec la zone qui les surmonte et dont nous parlerons ci-après.

Les calcaires lithographiques sont, sur ce point, en tout semblables à ceux qui sont exploités à La Vernusse. Les espèces dominantes y sont aussi les grands bivalves *Perna subplana*, *Arcomya Rathieri*, *Lima Magdalena*, etc. Au-dessus, immédiatement, de ces calcaires à bivalves, se trouve une petite carrière secondaire ouverte dans des couches un peu plus élevées. J'y ai observé une couche marneuse, parfois jaunâtre, remplie de grosses pisolithes et contenant quelques-uns des fossiles habituellement abondants dans le calcaire crayeux de Bourges, notamment les *Rhynchonella pinguis*, *Terebratula cincta*, etc.

Cette couche à pisolithes me paraît correspondre à la couche de même nature qui existe très visible dans diverses carrières près des Aix-d'Angillon

et qui renferme de nombreux *Diceras eximium* et beaucoup de Pélécypodes de la zone des calcaires lithographiques.

A la ferme du Préau, la couche pisolithique m'a paru moins développée qu'aux Aix-d'Angillon. Elle n'y a guère qu'un mètre d'épaisseur moyenne. Sur ce point elle est surmontée par des calcaires parfois très durs, altérés, caverneux et ayant l'aspect de cargneules. En quelques endroits ces calcaires sont plus tendres et submarneux. On y rencontre alors, en abondance, les Brachiopodes que je viens de citer, plusieurs Pélécypodes, *Mactromya rugosa*, *Pholadomya Protei*, *Trichites Saussurei* et quelques Échinides, *Cidaris florigemma*, *Stomechinus Robineaui*. Il semble donc que nous avons ici l'équivalent réduit et non coralligène des calcaires crayeux du Château qui constituent la seconde des zones de M. Douvillé et dont nous allons nous occuper ci-après. Au-dessus, en effet, de cette petite zone à Brachiopodes du Préau, on ne voit plus guère que des calcaires durs qui semblent passer aux calcaires lithographiques supérieurs.

Nous résumons dans le tableau ci-dessous la faune recueillie dans les divers gisements des calcaires lithographiques marneux dont nous venons de parler et qui forment notre deuxième niveau fossilifère :

*Perisphinctes Achilles* d'Orbig. (assez fréquent).
*Perisphinctes cfr. Schilli* Oppel.
*Pholadomya Protei* Defr. (fréquent).
— *parcicosta* Agas. (grand individu d'Osmoy).
*Pholadomya hemicardia* Roem. (fréquent).
*Pleuromya tellina* Agas. (fréquent).
*Arcomya Rathieri* de Lor. (fréquent).
*Mactromya rugosa* d'Orbig. (rare).
*Goniomya trapezina* Agas. (rare).
*Ceromya comitata* Contej.
— *globosa* Buvig.
*Unicardium Tombecki* de Lor.
*Anisocardia isocardina* de Lor. (assez fréquent).
*Cleopis Thais* d'Orbig. (rare).
— *biturigensis* n. sp. (assez fréquent).
*Opisoma censoriensis* Cot. (rare).
*Anatina striata* Agas (rare).
*Trigonia Meriani* Agas. (fréquent).
*Arca rhomboidalis* Contej. (rare).
— *cfr. burensis* de Lor.
— *Thurmanni* Contej.
— *texta* Rœm.
*Mytilus jurensis* Mérian (fréquent).
*Mytilus subæquiplicatus* Goldf. (fréquent).
— *acinaces* Leym.
— *costellatus* A. Dollf.
— *perplicatus* Etal. (rare).
— *subpectinatus* d'Orbig. (rare).
*Gervilia tetragona* Rœm. (fréquent).
*Perna subplana* Etal. (fréquent).
*Avicula obliqua* Contej. (rare).
— *Gessneri* Thurm. (rare).
*Myoconcha radiata* d'Orbig.
*Pinna lanceolata* Sow. (assez fréquent).
*Pinna obliquata* d'Orbig. (rare).
— sp.
*Lima alternicosta* Buvig. (très fréquent).
*Lima Meriani* Etal.
— *halleyana* Etal. (assez fréquent).
*Lima Magdalena* Buvig. (très fréquent).
*Pecten inæquicostatus* Phillip.
— *zieteneus* Buvig. (assez fréquent).
— *intertextus* Rœm. *var. Michœlensis* Buvig.
— *nisus* d'Orbig.

*Pecten solidus* Rœm.
*Anomya orbiculina* Buvig.
*Hinnites* sp.
*Ostrea bruntrutana* Thurm. (fréquent).
*Ostrea rastellaris* Münst. (assez rare).
*Rhynchonella pinguis* Oppal. (assez fréquent).
*Terebratula cincta* Cot. (assez fréquent).
— *semisella* Etal. (assez fréquent).
*Terebratula Grossouvrei* Douvil. (assez fréquent).
*Waldheimia Egena* Bayle (rare).
*Cidaris Blumenbachi* Münst. (très rare).
*Hemicidaris intermedia* Forbes (très rare).
*Stomechinus robinaldinus* Cot. (très rare).
*Serpules*.

## IV

### CALCAIRE CRAYEUX

C'est presque immédiatement au-dessus de la zone fossilifère que je viens de décrire que débutent partout les calcaires tendres en grands bancs que MM. Douvillé et Jourdy ont désignés sous le nom de calcaires crayeux.

Ces calcaires, dont les bancs épais fournissent une pierre facile à tailler et d'un emploi commode, sont activement exploités dans de nombreuses carrières aux environs de Bourges, notamment dans celles dites du Château, à 3 kilomètres au sud de Bourges, sur la route de Dun-sur-Auron.

Ces calcaires crayeux, en réalité ne constituent qu'un facies particulier et local dans la masse de l'étage séquanien. Leur épaisseur est assez variable. Ils paraissent former au milieu des calcaires lithographiques une vaste lentille dont l'épaisseur la plus grande se trouve aux carrières du Château, pour diminuer aussi bien à l'est qu'à l'ouest de ce point.

Ainsi, en remontant du Château vers le nord-est, on voit facilement que l'épaisseur de la zone à facies crayeux diminue rapidement.

Au Val-d'Yèvre elle est déjà très réduite et, aux Aix-d'Angillon, le facies crayeux de l'assise est remplacé par un facies pisolithique avec nombreux *Diceras*.

Au delà de cette localité, cependant, le facies crayeux se reproduit, auprès de Sancerre et autres lieux, et on voit ainsi cette zone constituer sans doute une série de lentilles successives qui arrivent jusque dans l'Yonne. Nous ne connaissons pas dans ce dernier département de couches ressemblant exactement aux calcaires crayeux de Bourges mais nous avons sur divers points, notamment dans la vallée de l'Yonne, à la base de la côte de Bailly, un peu au-dessous des grands bancs de calcaire blanc, dits pierre de Tonnerre, une assise de calcaire blanchâtre dont la faune offre une grande analogie avec celle des carrières du Château.

Le calcaire crayeux de Bourges constitue un niveau fossilifère des plus remarquables par sa richesse, par la variété et la bonne conservation des restes organisés qu'il renferme.

Une grande partie des Pélécypodes que nous avons déjà rencontrés dans les calcaires lithographiques sous-jacents se retrouvent dans ce nouvel horizon, mais on y rencontre en outre, par places, une faune coralligène toute spéciale à ce niveau, dans laquelle dominent les Brachiopodes, les Échinodermes et les Zoophytes et dont les espèces sont aussi variées que les individus sont nombreux.

Des recherches longuement poursuivies dans les nombreuses carrières ouvertes à ce niveau m'ont mis en possession de matériaux considérables et il y a un réel intérêt paléontologique à les faire connaître.

Les principales localités qui m'ont fourni les matériaux en question sont :

1° Les carrières de Lazenay, sur le bord de la rivière d'Auron ;

2° Celles dites du Château qui constituent, à 3 kilomètres au sud de Bourges, un groupe considérable d'excavations où la roche est exploitée, tantôt en galeries, tantôt à ciel ouvert ;

3° Les carrières de Montifaut, au-dessous du château de ce nom ;

4° Celle de la Colonie du Val-d'Yèvre, sur la rive gauche de la vallée, près la grande métairie de la colonie pénitentiaire ;

5° Enfin, quelques petites excavations près de Maubranche, de Sainte-Solange et aux environs des Aix-d'Angillon.

Dans toutes ces localités, en dehors de quelques localisations assez rares d'espèces, surtout de celles propres aux formations coralligènes, la faune des calcaires crayeux présente un ensemble bien homogène et identique dans les divers gisements.

Les fossiles y sont un peu irrégulièrement distribués. Dans les grands bancs, à grain assez fin, exploités comme pierres de taille, ils sont relativement assez rares et ceux qu'on y trouve sont surtout de grands *Lima*, des *Trichites Saussurei*, etc. ; mais quand, par place, l'assise devient coralligène, la roche prend une texture friable et farineuse et alors les fossiles y sont aussi nombreux que faciles à recueillir et bien conservés. Sur les surfaces exposées à l'air depuis longtemps, ces parties farineuses de la roche se désagrègent laissant en saillie de beaux Échinides et des Polypiers variés.

Sur d'autres points, les interstices marneux des bancs et leurs joints de stratification, ainsi que les fins matériaux détritiques qui remplissent des fissures et des poches dans le calcaire fournissent de nombreux fossiles, généralement de petite taille, mais en bon état de conservation.

Je ne crois pas utile d'insister davantage sur les caractères lithologiques

de cette zone des calcaires crayeux. Ces caractères ont été très bien indiqués par MM. Douvillé et Jourdy et je ne saurais rien dire de plus.

Ces savants ont évalué à 12 mètres l'épaisseur de cette assise. C'est, en effet, l'épaisseur que j'ai moi-même constatée, mais en embrassant dans la zone certaines couches un peu irrégulières superposées aux bancs exploités.

Vers la grande excavation, située vers le milieu du groupe des carrières, l'exploitation était assez active à l'époque où nous les fréquentions.

La succession de couches que nous y avons observée comprenait de haut en bas :

1° 3, 4 ou 5 mètres, suivant place, de calcaire grossier assez dur, gris-blanc, se délitant en plaques irrégulières. Les morceaux délités de ce calcaire noircissent à l'air. Les fossiles y sont nombreux, mais la faune est plutôt celle des calcaires lithographiques. Ce sont surtout des Lamellibranches, *Gervilia*, *Opis*, *Pecten*, *Ostrea*, etc., et des Brachiopodes ;

2° Au-dessous, un lit de 35 centimètres de marne grumeleuse, jaunâtre, avec nombreux petits fossiles, *Ostrea bruntrutana*, *Zeilleria Egena*, nombreux articles de *Pentacrinus*, radioles de *Cidaris*, petites serpules et nodules pisolithiformes qui sont peut-être des Spongiaires ;

3° 1 à 2 mètres de calcaire semblable au numéro 1, puis une deuxième petite zone marneuse et grumeleuse, moins épaisse que la précédente, moins régulière et ne se montrant pas partout, mais présentant sensiblement la même petite faunule ;

4° 7 à 8 mètres de calcaire crayeux, jaunâtre, activement exploité, présentant par places, à des niveaux variables, mais surtout à la partie supérieure, les caractères d'une formation coralligène avec nombreux Polypiers, Échinides et Crinoïdes noyés dans une roche blanche, pulvérulente, d'aspect farineux.

Ces calcaires crayeux reposent sur les calcaires lithographiques dont nous avons parlé ci-dessus.

La carrière du Val-d'Yèvre, à sept ou huit kilomètres à l'est de celles du Château, nous montre une succession de couches un peu différente.

La base du front d'abatage, qui a environ 8 mètres d'élévation, est formée par un calcaire assez grossier, subcrayeux, jaune dans un des bancs, blanc dans les autres, mal stratifié et mal lité.

*Rhynchonella pinguis* et *Terebratula formosa* seuls y sont assez fréquents. J'y ai trouvé, en outre, quelques bivalves, *Cyprina cornuta*, *Astarte blauenensis*, *Mytilus jurensis*, etc., et des Oursins, *Stomechinus Robineaui*, mais aucun polypier.

Plus haut, le calcaire devient moins compact. Il est toujours moins bien stratifié qu'au Château, morcelé, tendre, marno-crayeux et très tachant.

Les fossiles y sont plus nombreux que dans les bancs inférieurs, surtout les Brachiopodes.

Les *Trichites Saussurei* y sont fréquents. Le seul Oursin que j'y ai rencontré est *Pygaster dilatatus* qui est, là, de grande taille et parfois en très bon état. Les Polypiers, les Spongiaires, les Échinides réguliers, les Crinoïdes, et, en général, tous les animaux coralliphiles manquent sur ce point.

Au hameau de Lazenay, près Bourges, une grande carrière est ouverte dans les mêmes calcaires crayeux. Au plus bas de l'excavation on distingue des bancs épais de 1 à 2 mètres d'un calcaire très compact, subcrayeux, mais plus solide que celui du Château. De grands Polypiers en lames, *Thamnastrea concinna* et autres, y abondent ainsi que *Trichites Saussurei*, et les Brachiopodes habituels.

Au-dessus de ces bancs à Thamnastrées s'étend un grand banc, régulier, de 2 mètres d'épaisseur, qui fournit de belles pierres de taille. *Trichites Saussurei*, de grande taille, y domine. J'y ai trouvé, en outre, d'assez nombreux Échinides, *Pygaster dilatatus*, *Rhabdocidaris triquetra*, *Rhabdocidaris* sp., *Stomechinus robinaldinus*, etc.

La partie haute de la carrière est formée par des bancs d'un calcaire assez semblable au précédent, mais moins homogène, moins compact. Les *Trichites* s'y trouvent encore et, avec eux, d'autres bivalves assez nombreux, *Opis*, *Cyprina*, *Lima*, etc.

La hauteur totale de la coupe observable à Lazenay est de 13 à 14 mètres. Sur le côté gauche de la carrière, en faisant face au front, existe une grande fissure oblique remplie de terre détritique sableuse et rougeâtre, produit de la décalcification de la roche. Les parois de cette fissure sont corrodées et montrent des débris et des parties dissociées d'Échinides. Il ne paraît pas y avoir de dénivellation entre les deux parois. Au fond de la carrière, à droite, une autre fissure se montre encore, mais moins accentuée.

A l'est des carrières du Château, dans le mamelon qui porte le château de Montifaut, le calcaire crayeux est encore exploité dans une carrière assez importante d'où l'on extrait de beaux blocs d'un calcaire à grain fin, blanc, homogène et un peu marneux. Malheureusement, c'est en galeries que cette carrière est exploitée et on n'y peut étudier, en conséquence, ni surface désagrégée par les agents atmosphériques, ni coupe un peu étendue. La hauteur de la galerie est de 3 à 4 mètres seulement. J'ai pu voir par l'examen de quelques déblais que les Brachiopodes abondent dans ce gisement, notamment *Rhynchonella pinguis*, *Terebratula cincta*, *T. formosa*, *T. semisella*, *T. Grossouvrei*, *Waldheimia Egena*, puis d'assez nombreux Pélécypodes, *Opis*, *Arca*, *Mytilus*, *Trichites*, *Pecten*, etc. Je n'ai constaté là aucune trace de facies corallien et je n'ai rencontré aucun des Oursins ni des Polypiers qui abondent aux carrières du Château.

Je résume dans la liste ci-après toute la faune recueillie dans l'horizon du calcaire crayeux des divers affleurements que je viens d'énumérer:

*Nautilus giganteus* d'Orbig. (très rare).
*Perisphinctes cfr. ulmensis* Oppel.
— *cfr. Achilles* d'Orbig.
*Ammonites cfr. liparus* Oppel.
*Nerinella cfr. cottaldina* d'Orbig. (assez fréquent).
*Natica amata* d'Orbig. (assez fréquent).
*Neritopsis cottaldina* d'Orbig.
*Ditremaria amata* d'Orbig. (très rare).
*Pseudomelania corallina* d'Orbig.
*Turbo globatus* d'Orbig.
— sp.
*Pholadomya parcicosta* Agas.
— *hortulana* d'Orbig.
*Homomya gracilis* Agas.
*Pleuromya tellina* Agas.
*Goniomya major* Agas.
*Ceromya comitata* Contej.
*Cardium intextum* Münst.
*Arcomya Rathieri* de Lor.
*Astarte cfr. blauenensis* de Lor.
*Astarte cotteausia* d'Orbig.
*Isocardia cornuta* Kloeden.
*Cyprina securiformis* Contej.
*Opis moreana* Buvig.
— *gaulardea* Buvig.
— *Thais* d'Orbig.
— *censoriensis* Cot.
— *biturigensis* n. sp.
— *Kobyi* de Lor.
*Cardita moreana* Buvig.
*Corbis subclathrata* Buvig.
*Præconia corallina* d'Orbig. sp.
— *ingens* Buvig. sp.
*Trigonia Meriani* Agas.
*Isoarca inflata* Etal.
*Arca Thurmanni* Contej.
— *censoriensis* Cot.
— *cfr. quadrisulcata* Contej.
*Analina striata* d'Orbig.
— *Lorioli* Dumortier et Fontannes.
*Mytilus jurensis* Merian.
— *subpectinatus* d'Orbig.
— *subæquiplicatus* Goldf.
— *costellatus* Dollf.
*Lithodomus anticus* Buvig.
— *gradatus* Buvig.
— *semisulcatus* Buvig.
*Gervilia tetragona* Roem.
*Myoconcha compressa* d'Orbig.
*Pinna* sp.
*Trichites Saussurei* Thurm.
*Perna subplana* Etal.
*Avicula obliqua* Contej.
*Lima alternicosta* Buvig.
— *læviuscula* Desh.
— *semielongata* Etal.
*Pecten subspinosus* Schl.
— *nisus* d'Orbig.
— *inæquicostatus* Phil.
— *solidus* Zieten.
*Hinnites inæquistriatus* Bronn.
*Ostrea moreana* Buvig.
— *rastellaris* Münst.
— *pulligera* Goldf. (rare).
— *bruntrutana* Thurm.
— sp.
*Anomya orbiculina* Buvig. (fréquent).
*Rhynchonella pinguis* Oppel.
*Megerlea trigonella* Oppel.
*Disculina tenuicosta* Etal. (fréquent).
*Terebratula Bauhini* Etal.
— *formosa* Suew.
— *cincta* Cot.
— *Grossouvrei* Douvil.
— *semisella* Etal.
— sp.
— sp.
*Zeilleria Egena* Bayle.
(Tous ces Brachiopodes sont très abondants).
*Apiocrinus* sp. (fragments de tiges fréquents mais indéterminables).
*Pentacrinus amblyscalaris* Thurm.
— *rupellensis* de Lor.
*Antedon burgundiaca* de Lor.
— *biturigensis* de Lor.
*Pygaster dilatatus* Agas.
— sp.
*Cidaris cervicalis* Agas.
— *Blumenbachi* Münst.
— *propinqua* Münst.

*Cidaris florigemma* Phil.
*Hemicidaris crenularis* Agas.
— *intermedia* Forbes.
*Diplocidaris gigantea* Desor.
*Rhabdocidaris copeoides* Desor.
— *triptera* Cot.
— sp.
*Hemipygus tuberculosus* Cot.
*Pseudodiadema florescens* de Lor.
*Acrosalenia* sp.
*Acropeltis æquituberculata* Agas.
*Cyphosoma Douvillei* Cot.
*Glypticus Lamberti* Cot.
*Stomechinus Robineaui* Desor.
*Magnosia biturigensis* Cot.
*Serpula*.
*Pleurosmilia compressa* Koby.
*Leptophyllia conica* Koby.
*Leptophyllia Fromenteli* Etal.
— *Montis* de From.
*Montlivaultia lotharingica* Etal.
*Dermosmilia arborescens* Edw. et H.
— *divergens* Koby.
*Thecoceris plicata* Koby.
*Goniocora cfr. magna* Koby.
*Comoseris meandrinoides* Michelin.
*Enallohelia elegans* d'Orbig.
*Latiphyllia meandrinoides* de From.
*Chorisastrea elegans* Koby.
*Meandrarea Gresslyi* Etal.
*Thamnastrea concinna* Goldf.
*Microsolena Haimei* Koby.
*Convexastrea semiradiata* Etal.
— sp.
*Pareudea jurassica* Etal.
*Polycœlia cfr. pistilliformis* Mull.

Je dois ajouter qu'en outre des Polypiers et Spongiaires mentionnés ci-dessus j'ai recueilli de nombreuses autres espèces de ces deux ordres qu'il ne m'a pas été possible de déterminer. Sans doute une bonne partie de ces espèces sont inédites.

## V

La zone superposée aux calcaires crayeux est celle que MM. Douvillé et Jourdy ont désignée sous le nom de calcaires lithographiques supérieurs. Elle s'étend sous la ville même de Bourges depuis les carrières de Lazenay et du Château jusqu'à la vallée de l'Yèvre et à la gare du chemin de fer. Elle est visible dans de nombreuses carrières ouvertes à Mazières, à Sainte-Outrille, à l'Hôpital militaire, à Pignoux et sur la route de Nevers, entre la route d'Issoudun et celle de La Chapelle-Saint-Ursin, dans diverses tranchées du chemin de fer de Bourges à Saincaize et dans celui des établissements militaires et enfin dans de nombreuses excavations ou anciennes carrières creusées dans la ville même de Bourges, notamment dans l'escarpement qui porte les bâtiments de la Préfecture.

L'épaisseur totale de cette zone est difficile à évaluer exactement car elle n'est guère visible dans son ensemble et des dislocations fréquentes l'ont affectée.

MM. Douvillé et Jourdy l'ont divisée en deux sous-groupes : 1° les calcaires à *l'inna* qui ont une épaisseur de 12 mètres et 2° les calcaires compacts dont l'épaisseur est évaluée à 8 mètres.

C'est surtout dans la tranchée de la Chappe et à Pignoux que ces savants ont observé les calcaires du premier sous-groupe et dans les carrières de Mazières et de Saint-Outrille qu'ils ont étudié les autres.

En dehors de *Pinna obliquata* qui abonde, ils n'ont mentionné qu'*Ammonites Achilles* et quelques brachiopodes rencontrés à Mazières.

Mes recherches poursuivies dans les divers affleurements de la zone me permettent d'étendre considérablement la faune des calcaires lithographiques supérieurs.

Le plus important de ces affleurements que j'ai pu étudier est la grande carrière ouverte à côté de l'Hôpital militaire.

Les couches y sont entamées sur une assez grande hauteur. J'y ai relevé de bas en haut :

1° Un banc de 1$^{m}$,10 de calcaire marneux, cendré, compact, à cassure conchoïde, très gélif, qui devient schisteux à sa partie supérieure. Je n'y ai pas trouvé de fossiles ;

2° Au-dessus de ce banc, se superposant, d'abord une petite zone marneuse, puis de nouveaux bancs de calcaire marneux, gris, assez semblable à celui de la base mais moins épais. Ces bancs sont bien lités et alternent irrégulièrement avec des lits de 20 à 30 centimètres de calcaire très marneux, schistoïde.

Dans certaines parties ces couches deviennent jaunâtres ;

3° Après cette série marno-calcaire, les bancs deviennent durs, esquilleux. Un de ces bancs, très résistant, à grain fin et lithographique, rougeâtre par places, est pétri de fossiles qui ont conservé leur test mais qu'il est fort difficile d'obtenir autrement qu'en fragments. On y reconnaît d'assez nombreux petits gastropodes et pélécypodes parmi lesquels *Trigonia geographica* fréquent et *Ostrea bruntrutana*. Ce banc fossilifère formait dans la carrière une petite plateforme, aux deux tiers de la hauteur du front de la carrière, et d'assez nombreux fossiles étaient visibles sur cette surface.

Ce banc dur est exploité comme moellons pour les constructions. Les bancs marneux sous-jacents l'étaient pour la fabrication de la chaux hydraulique ;

4° Au-dessus du banc dur à Trigonies se superposent plusieurs autres bancs calcaires durs également exploités comme pierres à bâtir et où abonde *Pinna obliquata* et quelques autres bivalves.

Tout cet ensemble a 12 mètres environ d'épaisseur. On voit très nettement dans cette carrière que les bancs sont assez fortement inclinés au sud-ouest : 1 mètre à 2 mètres environ pour 20 mètres.

Sur le chemin d'accès de la carrière, nous avons remarqué un accident local assez curieux. C'est une cassure des couches avec inflexion très prononcée en un petit synclinal ; mais ce mouvement ne paraît pas avoir

pris d'extension car de l'autre côté de la tranchée on n'en voit plus de traces et les bancs paraissent bien en place et réguliers.

Les fossiles que nous avons recueillis dans cette carrière sont :

*Pholadomya Protei* Defr.
*Ceromya excentrica* Agas.
*Trigonia geographica* Agas.
*Arca rhomboidalis* Contej.
*Arca Thurmanni* Contej.
— *texta* Rœm.
*Pinna obliquata* d'Orbi.
*Ostrea bruntrutana* Thurm.
*Pleuromya tellina* Agas.
*Mactromya rugosa* d'Orbig.
*Mytilus subæquiplicatus* Goldf.
*Mytilus jurensis* Merian.
*Ostrea rastellaris* Münst.
*Terebratula Grossouvrei* Douvil.

Les carrières de Saint-Outrille qui paraissent ouvertes dans les mêmes couches et qui, d'ailleurs, sont peu éloignées de celle de l'Hôpital militaire, nous ont donné, entre autres fossiles, non rencontrés dans celle-ci :

Dans les tranchées du chemin de fer des établissements de l'artillerie, les *Pholadomya Protei*, *Pleuromya tellina*, *Ostrea bruntrutana* et des fragments de tiges d'*Apiocrinus* nous ont paru dominer.

Une carrière, située dans l'angle formée par la route d'Issoudun et celle de La Chapelle-Saint-Ursin, est ouverte dans les bancs les plus élevés de cette zone. Elle alimente deux fours à chaux et ses bancs les plus durs fournissent quelques matériaux de construction. Ces bancs durs y alternent comme à la carrière de l'Hôpital, avec des assises marneuses, mais cet ensemble ne renferme pas tout à fait la même faune et doit occuper un niveau un peu plus élevé dans la série. Je n'ai rencontré là aucun de ces individus de *Pinna obliquata* qui abondent près de l'hôpital, ni aucun *Trigonia geographica*, etc, Dans un des bancs, au quart environ de la hauteur de la carrière, on trouve assez fréquemment de grands *Perisphinctes cfr. Achilles*, *Pholadomya Protei*, *Pleuromya tellina* et des tiges d'*Apiocrinus*.

Le gisement le plus fossilifère que j'aie rencontré dans la zone des lithographiques supérieurs se trouve dans l'une des carrières du faubourg de Mazières, à proximité de l'établissement métallurgique. Sur ce point, au-dessus d'une série de bancs exploités, qui sont eux-mêmes assez fossilifères, j'ai observé une zone marneuse, ferrugineuse, assez inconstante, dont l'épaisseur variable, ne dépasse pas 40 centimètres et qui est très riche en fossiles, surtout en Brachiopodes. Je donne ci-dessous la liste des espèces recueillies dans cette carrière :

*Ammonites* sp.
*Pholadomya hortulana* d'Orbig.
— *Protei* Defr.
— *hemicardia* Rœm.
*Pleuromya tellina* Agas.
*Ceromya globosa* Buvig.
*Isocardia cornuta* Kloeden.
— sp.

*Opis biturigensis* n. sp.
*Trigonia Meriani* Agas.
— *geographica* Agas.
*Lucina cfr. plebeia* Contej.
*Arca rhomboidalis* —
*Mytilus subæquiplicatus* Goldf.
— *perplicatus* Etal.
*Pecten subarticulatus* d'Orbig.
*Plicatula semïarmata* Etal.
*Ostrea pulligera* Goldf.
— *amor* d'Orbig.
*Ostrea bruntrutana* Thurm.
*Rhynchonella pinguis* Oppel.
*Terebratula formosa* Suess. (très fréquent).
*Waldheimia Egena* Bayle (rare).
*Dysaster granulosus* Agas (rare).
*Pygaster* sp.
*Cidaris cfr. Blumenbachi* Münst. (radioles abondants mais frustes et fragmentés).
*Serpula* sp.

Cette faune, comme on le voit, présente des rapports assez étroits avec celle des calcaires crayeux sous-jacents. La petite zone ferrugineuse qui la renferme en presque totalité est cependant séparée des calcaires crayeux par une assez grande épaisseur de couches et notamment par les bancs de calcaire marneux exploités dans la même carrière au-dessous de la petite couche ferrugineuse, lesquels n'ont aucune analogie avec les calcaires crayeux et ne peuvent être assimilés qu'à ceux exploités à la carrière de l'Hôpital.

Il y a lieu de noter dans cette faune la réapparition de *Dysaster granulosus* signalé déjà dans les calcaires lithographiques les plus inférieurs de la région de Bourges et la présence de quelques Pélécypodes, *Plicatula armata*, *Ostrea amor*, non rencontrés dans les couches sous-jacentes.

## VI

La grande assise que MM. Douvillé et Jourdy ont appelée le calcaire à Astartes a été décrite par ces savants, tant au point de vue paléontologique que sous le rapport des divisions qu'elle comporte, avec plus de détails que les précédentes.

Elle est, ont-ils dit, bien développée au nord de Bourges où elle constitue le mamelon couronné par la butte dite d'Archelet. La tranchée qui existe dans la gare même de Bourges, plusieurs petites carrières dans la butte et des travaux de fortification exécutées sur cette butte, en 1871, ont permis à ces savants d'en observer la constitution et la faune.

J'aurais peu de choses à ajouter à la description de mes éminents prédécesseurs si une circonstance heureuse, la construction d'un pénitencier sur la butte d'Archelet, ne m'avait mis à même de recueillir dans les diverses assises de cette zone une très grande quantité de fossiles dont une partie seulement avait pu être rencontrée par MM. Douvillé et Jourdy. Il y a donc quelque intérêt à indiquer le développement de cette faune qui forme

la transition entre celle du séquanien lithographique ou crayeux et celle du Kiméridgien.

Le calcaire à Astartes, assez improprement dénommé, d'ailleurs, puisqu'on n'y rencontre ici aucun individu d'*Astarte*, se subdivise, comme l'ont expliqué nos honorables confrères, en plusieurs assises qui sont de haut en bas :

1° Des marnes et calcaires noduleux, très fossilifères, en lits minces, irréguliers, entrecoupés de marnes blanchâtres. Ces calcaires renferment très fréquemment des fragments de calcaire usés, roulés et comme remaniés qui, souvent, comme l'ont fort bien observé MM. Douvillé et Jourdy, sont couverts de pètites huîtres et de serpules. Cette couche accuse un caractère assez prononcé de formation sublittorale ;

2° Une couche de $2^m,50$ environ d'épaisseur d'un calcaire grossièrement oolithique, friable, jaune et parfois un peu ferrugineux. Les *Nerinea Desvoidyi*, à l'état de moule interne, abondent dans cette couche ainsi que *Pholadomya Protei* et beaucoup d'autres espèces ;

3° Une assise beaucoup plus épaisse, que MM. Douvillé et Jourdy ont désignée sous le nom de marnes et calcaires marneux à Fucoïdes et dans laquelle ils ont distingué plusieurs couches distinctes.

C'est à la base de la butte d'Archelet et surtout dans la gare même de Bourges, sur une tranchée d'une douzaine de mètres d'élévation, que cette assise inférieure peut être étudiée.

Comme cette surface se renouvelle peu et que de nouveaux découverts ne se sont pas produits, je n'ai pu retrouver qu'une partie de la faune spéciale à cette assise inférieure qui est indiquée dans le mémoire de nos confrères ; mais il est à remarquer que toutes les espèces qui y sont signalées se reproduisent dans les couches supérieures à celles de la tranchée de la gare, ce qui témoigne de l'unité de la formation et nous permet de réunir en une seule liste la faune recueillie dans les trois zones du calcaire à Astartes.

Cette faune, quoique reliée encore assez intimement à celle des couches sous-jacentes par un grand nombre de Pélécypodes communs, témoigne, cependant, par l'absence complète d'Ammonitidées, par l'abondance des Gastropodes et par l'apparition de bon nombre d'espèces non observées jusque-là, d'un ordre de choses sensiblement différent.

Les Échinides, notamment, dont nous avons recueilli neuf espèces, représentées par de bons exemplaires, sont tous différents de ceux signalés dans les calcaires du Château. Voici la liste de tous ces fossiles :

*Nautilus moreanus* d'Orbig.
*Bulla cylindrella* Buvig. (très rare).
— *matronensis* de Lor.
*Acera Beaugrandi* de Lor.
*Nerinea Desvoidyi* d'Orbig. (très fréquent à l'état de moule interne).
*Turbo cfr. epulus* d'Orbig.
*Natica amata* d'Orbig.

*Natica hemisphœrica* d'Orbig.
— *Barrotei* de Lor.
*Pseudomelania* sp.
*Pleurotomaria* sp.
*Pterocera Pontii* d'Orbig. (très fréquent)
*Aporrhais anatipes* Buvig. (très fréquent).
*Aporrhais cfr. Deshayesea* Buvig. (assez fréquent).
*Aporrhais cfr. filosa* Buvig.
— sp.
*Pholadomya Protei* Defr. (très fréquent).
*Pholadomya hortulana* d'Orbig. (assez fréquent).
*Pleuromya sinuosa* de Lor. (assez fréquent).
*Pleuromya helvetica* Agas. (assez fréquent).
*Mactromya rugosa* d'Orbig.
*Ceromya excentrica* Agas. (assez fréquent).
*Cardium banneianum* Thurm. (rare).
— *corallinum* Leym.
*Unicardium Tombecki* de Lor.
*Isocardia cornuta* Klœden (rare).
*Cyprina securiformis* Contej. (assez rare).
*Cyprina marenvillensis* de Lor. (fréquent).
*Trigonia papillata* Agas.
*Arca texta* Roem.
— *cfr. sublata* Etal.
*Thracia incerta* Desh. (fréquent).
*Mytilus jurensis* Merian (rare).
— *perplicatus* Etal. (très rare).
— *costellatus* Dollf. (assez rare).
— *subpectinatus* d'Orbig. (très fréquent).
*Diceras cfr. suprajurensis* Thurm. (moules internes).
*Avicula Gessneri* Thurm. (assez fréquent).
*Pinna* sp.
*Inoceramus suprajurensis* Thurm. (assez fréquent).
*Trichites Saussurei* Thurm. (assez rare).
*Lima suprajurensis* Contej.
— *æquilatera* Buvig.
*Pecten Tombecki* de Lor. (fréquent).
— *Buchi* Roem. (assez rare).
— *intertextus* Roem. (rare).
— sp.
*Ostrea bruntrutana* Thurm. (très fréquent, très souvent fixé sur *Goniolina*).
*Ostrea pulligera* Goldf. (assez fréquent).
*Ostrea virgula* d'Orbig. (rare).
*Rhynchonella matronensis* de Lor. (abondant).
*Terebratula subsella* Leym. (abondant).
*Waldheimia humeralis* Roem. (abondant).
*Apiocrinus ou Millericrinus* (tiges fréquentes).
*Holectypus corallinus* d'Orbig.
*Pygaster subtilis* Desor. (2 indiv).
*Pseudocidaris mammosa* Agas. (radioles fréquents).
*Pseudodiadema mamillanum* Roem. (très rare).
— *planissimum* Desor. (très rare).
— *conforme* Etal. (assez rare).
*Pseudodiadema* sp.
*Stomechinus gyratus* Desor. (assez rare)
*Acrosalenia angularis* Agas. (assez rare).
*Polypiers* (moulage de la cavité calicinale d'une Monastrée).
*Serpula subflaccida* Etal.
— *prolifera* Goldf.
— sp.
*Goniolina geometrica* Buvig. (très fréquent à l'état d'empreintes).
(Fragments de main de Crustacé).

## VII

L'étage kiméridgien qui surmonte immédiatement le calcaire à Astartes de la butte d'Archelet s'étend sur une large surface au nord-ouest de Bourges. Il y forme les coteaux que traverse la route de Bourges à Vierzon au-dessus du village de Saint-Doulchard.

En suivant cette route, on peut dans certains fossés et dans les champs voisins recueillir bon nombre des fossiles de cet étage et se rendre compte de son extension superficielle.

Toutefois, on ne peut ainsi se faire qu'une idée très imparfaite de la succession des assises et de leur puissance ; aussi n'aurions-nous pu en donner qu'une description bien incomplète si l'ouverture de la voie ferrée de Bourges à Beaune-la-Rolande ne nous avait fourni l'occasion d'en observer une excellente coupe et surtout d'étudier les couches inférieures qui, en raison de leur nature argileuse et de leur situation à la base de pentes couvertes par les éboulis et la végétation, sont très difficilement observables.

La voie ferrée en question, au sortir de la gare de Bourges, décrit, pour rejoindre la vallée du Moulon, une grande courbe qui entame profondément la base du coteau de Porte-Neuve, à l'est de la route de Vierzon. J'ai pu suivre les travaux de cette tranchée ouverte entièrement dans les assises kiméridgiennes et profiter de cette circonstance pour en relever la succession alors que la coupe était fraîche et y recueillir une abondante série de fossiles,

Il ne m'est pas possible d'introduire dans cet étage kiméridgien de Bourges les diverses subdivisions reconnues dans d'autres régions et particulièrement dans les départements voisins de celui du Cher.

Je n'y ai rencontré, en effet, aucune de ces espèees d'*Aspidoceras* qui ont servi à caractériser les diverses subdivisions et je pense, d'ailleurs, que cette tranchée de Bourges ne nous montre que la partie inférieure et, peut-être, la moyenne, de l'étage.

Si des hauteurs de la butte d'Archelet on descend dans la vallée du Moulon en se dirigeant vers le nord-ouest, on suit à peu près, suivant leur inclinaison, les couches supérieures du calcaire à Astartes. La voie ferrée de la ligne de Beaune-la-Rolande a été, sur certains points, assise sur ces calcaires eux-mêmes et, avant le ballastage de cette voie, j'ai pu y recueillir les fossiles les plus caractéristiques de cet horizon.

Pour observer les couches immédiatement superposées, il faut pénétrer par le côté sud dans la tranchée dont je viens de parler.

A l'entrée on voit des argiles grisâtres et des bancs de calcaire gris,

irréguliers, avec petits nodules concrétionnés blanchâtres. Cette portion de couches doit, sans doute, comme l'indique la carte géologique détaillée, être considérée comme faisant partie encore du calcaire à Astartes mais cependant sa faune est plutôt kiméridgienne. Avec de nombreux petits *Ostrea bruntrutana*, j'ai rencontré déjà, bien en place, des individus bien typiques d'*Ostrea virgula*, puis *Gervilia tetragona*, *Isocardia striata* et *Anomya monsbeliardensis* que nous retrouverons abondamment dans les couches superposées. En dehors, d'ailleurs, d'*Ostrea bruntrutana* qui abonde, les autres fossiles sont assez rares dans cette première série de couches qui atteint 7 à 8 mètres d'épaisseur et où les calcaires deviennent parfois jaunâtres à la partie supérieure et disposés en petits bancs assez minces.

Vers le haut de la série, les *Ostrea* se multiplient et on y voit apparaître, avec les précédents, *O. pulligera*, *Terebratula subsella*, etc.

Un des bancs de calcaire jaunâtre, plus dur que les autres, forme corniche et constitue un bon repère pour évaluer l'inclinaison générale des couches. En effet, on le voit s'abaisser régulièrement pour arriver au niveau de la voie et disparaître sous le sol vers le pont qui surmonte la tranchée. Il s'est, ainsi sur une distance horizontale de 100 mètres, abaissé de $2^{m},50$.

Vers le milieu de la courbe décrite par la voie ferrée se trouve la coupe la plus haute de la tranchée. Elle a ici 10 mètres environ d'élévation. On y voit, à la base, les marnes et calcaires gris cendré foncé, puis 2 à 3 mètres de marnes et de calcaires gris blanchâtre et jaunâtre et enfin 3 mètres d'argiles noirâtres avec minces bancs de calcaire foncé et enfin des argiles et calcaires noduleux gris clair.

Les calcaires cendrés de la base ne m'ont guère donné que des *Ostrea virgula*. Les argiles noirâtres et les calcaires bleuâtres superposés constituent le niveau fossilifère de beaucoup le plus important.

C'est de cette assise que proviennent la majeure partie des espèces que nous allons énumérer.

Comme on le voit, cette tranchée du chemin de fer de Gien ne nous montre qu'une partie assez réduite de l'étage kiméridgien, la moitié inférieure sans doute.

Pour rencontrer les couches supérieures de l'étage, il faut s'élever sur les coteaux qui dominent le village de Saint-Doulchard, mais, faute de découverts suffisants, ces assises y sont difficilement observables.

Dans les champs labourés, au sud de la route de Mehun-sur-Yèvre, aux environs du hameau de Chenevières, j'ai remarqué un gisement fossilifère riche qui, quoique renfermant sensiblement la même faune que les couches de la tranchée, appartient cependant à un niveau plus élevé.

La charrue avait, sur ce point, disloqué des bancs de calcaire marneux

gris cendré qui, entre autres fossiles, renfermaient de nombreux *Pictonia Cymodoce*, la plupart de grande taille et en bon état de conservation.

Ces gisements des hauteurs de Saint-Doulchard m'ont donné, indépendamment de *Pictonia Cymodoce* des moules de Gastropodes et de nombreux Pélécypodes déjà rencontrés dans la zone inférieure mais se présentant au point de vue de l'abondance des individus, dans des conditions sensiblement différentes. Je dois mentionner les suivants :

*Pleuromya tellina* Agas, (très fréquent).
*Isocardia striata* d'Orbig. (rare).
*Lucina rugosa* d'Orbig. (fréquent).
*Arca texta* Rœm.
*Mytilus perplicatus* Etal. (rare).
*Gervilia tetragona* Rœm. (fréquent).
*Pecten suprajurensis* Buvig.
*Ostrea bruntrutana* Thurm (fréquent), (individus de grande taille).
*Ostrea pulligera* Goldf.
— *virgula* d'Orbig.
*Terebratula subsella* Leym. (rare).

Cette petite distinction que je fais ici du niveau fossilifère de Chenevières n'a, comme on le voit par l'énumération de la faune ci-dessus, qu'un intérêt très secondaire, car il est difficile de se baser sur cette faune pour établir un parallélisme avec une des zones supérieures connues du Kiméridgien.

Il reste donc dans nos connaissances, en ce qui concerne la série des assises du Jurassique supérieur des environs de Bourges, une petite lacune que de nouvelles fouilles ou des trouvailles plus probantes permettraient seules de combler.

Je résume maintenant dans la liste ci-dessous toute la faune que j'ai pu recueillir dans les assises kiméridgiennes de la tranchée de Bourges.

*Eryma cfr. pseudobabeaui* Dollf.
*Nautilus cfr. moreausus* d'Orbig.
*Ammonites cfr. trimerus* Oppel (fréquent).
— — *decipiens* Sow.
*Pictonia Cymodoce* d'Orbig. (assez fréquent).
*Natica hemispherica* d'Orbig. (rare).
— *Eudora* — —
— *cfr. Elea* — —
*Pholadomya Protei* Defr. (rare).
— *helvetica* Desh.
— *multicostata* Agas. (assez fréquent).
*Pleuromya tellina* Agas. (fréquent).
*Ceromya excentrica* Agas.
*Isocardia cornuta* Klœden (rare).
— *striata* d'Orbig. (fréquent).
*Cyprina Brongnarti* Pictet et Roux (rare).
*Cyprina sp.* Pictet et Roux (fréquent).
*Cardium banneianum* Thurm. (assez fréquent).
*Lucina (Mactromya) rugosa* d'Orbig. (assez fréquent).
*Lucina cfr. Beaugrandi* de Lor. (rare).
*Trigonia geographica* Agas. (assez rare).
*Trigonia* sp. (moule interne) Agas. (assez rare).
*Arca texta* Roem. (rare).
*Nucula cfr. saxatilis* Contej. (rare).
*Anatina striata* Agas. (rare).
*Mytilus perplicatus* Etal. (fréquent).
*Avicula* sp.
*Perna cfr. Bayani* de Lor.
*Gervilia tetragona* Roem. (très fréquent).
*Pinna granulata* Sow. (rare).
*Pecten suprajurensis* Buvig.

*Pecten* sp. (grands moules internes légèrement costulés).
*Plicatula semiarmata* Etal. (assez rare).
*Ostrea virgula* d'Orbig. (très fréquent).
— *bruntrutana* Thurm. (très fréquent).
*Ostrea pulligera* Goldf. (très fréquent).
— *multiformis* Koch et Dunk. (très fréquent).
*Ostrea dubiensis* Contej. (très rare).
*Ostrea cfr. catalaunica* de Lor. (très rare).
*Anomya monsbeliardensis* Contej. (très fréquent).
*Terebratula subsella* Leym. (variété de grande taille (très fréquent).
*Serpula.*
*Cidaris bononiensis* Wright (5 bons radioles).
Bryozoaires.

## VIII

Il me reste, pour achever l'examen des assises du Jurassique supérieur des environs de Bourges, à dire quelques mots de l'étage portlandien qui se montre au nord de cette ville superposé aux marnes du Kiméridgien. Je n'ai d'ailleurs que bien peu de détails à donner sur cette dernière formation du terrain jurassique. Elle est, ici, peu étendue, réduite, à ma connaissance, à ses assises inférieures et promptement masquée par les couches du terrain crétacé, notamment par les argiles et les sables bigarrés du Néocomien à minerai de fer.

Les affleurements du Portlandien les plus rapprochés de Bourges que nous connaissons sont ceux qu'on observe auprès du village de Saint-Éloi-de-Gy, sur la route de la forêt d'Allogny.

On aperçoit là, dans quelques petites excavations ouvertes pour l'empierrement de la route, quelques bancs d'un calcaire dur, sublithographique, gris blanchâtre, qui est exploité sur 1 à 2 mètres seulement d'épaisseur.

Ces bancs sont assez irréguliers. Ils sont parcourus par des veines de chaux carbonatée cristallisée et leur surface est souvent enduite d'un encroûtement stalactitiforme.

A la partie supérieure, on remarque une lumachelle formée d'*Ostrea virgula* de très petite taille et extrêmement abondante, exactement semblable à la variété qu'on rencontre dans les mêmes conditions dans le Portlandien inférieur de l'Yonne.

Dans les bancs exploités, ce même petit *Ostrea* existe également, avec plusieurs autres bivalves dont je n'ai pu obtenir que des individus indéterminables.

A quelques kilomètres plus loin, au nord, vers le hameau de Bourgneuf, il existe dans le calcaire portlandien des carrières plus importantes que celles de Saint-Éloi. Elles alimentent un four à chaux et l'exploitation y était assez active à l'époque où je les visitais. Malgré cela, l'*Ostrea virgula*

de petite taille est encore le seul fossile déterminable que j'ai pu y recueillir.

Cependant, on a rencontré dans cette carrière *Stephanoceras portlandicum (Am. gigas* d'Orbig.) Mais cette Ammonite doit y être rare, car, malgré mes recommandations aux ouvriers, je n'ai pu en obtenir aucun exemplaire.

IX

Pour terminer cette petite étude des faunes successives rencontrées dans les divers niveaux du Jurassique supérieur de Bourges, il eût été bien utile de pouvoir donner quelques détails sur beaucoup des nombreuses espèces que j'ai citées. Bon nombre en effet de ces espèces sont litigieuses ou peu connues et les déterminations que j'ai adoptées auraient parfois besoin d'une explication.

Malheureusement, les dimensions de la présente note sont telles déjà que je ne puis songer à les étendre encore. Il est donc nécessaire de reporter à un autre mémoire les explications que j'aurais désiré donner ici.

---

M. Georges COURTY

à Paris.

---

## EXPÉRIMENTATION RELATIVE A LA CONSTITUTION CORTICALE DE LA TERRE, CONSÉQUENCES QU'ON EN PEUT TIRER QUANT A L'ÉCONOMIE GÉNÉRALE DU GLOBE. [551.13]

*— Séance du 11 août —*

Les expériences réalisées par le physicien belge Plateau pour matérialiser la théorie cosmogonique de Laplace m'ont donné l'idée de traduire d'une façon concrète le mécanisme de la constitution corticale de la terre. La fluidité du noyau central étant admise, on pouvait se demander s'il ne serait pas possible de réaliser le mode de concrétion primitive.

C'est en me servant d'un dispositif analogue à celui qui est décrit dans la géologie expérimentale de M. Stanislas Meunier (1) que j'ai tenté la reproduction de la coque terrestre. Il m'a suffi, pour ce faire, d'introduire dans un ballon en verre, jusqu'à la naissance du col, du plâtre clairement

(1) Stanislas MEUNIER : In *Geologie experimentale,* page 257.

gâché, afin de retarder sa prise, et d'imprimer au ballon ainsi chargé un mouvement de rotation régulier et rapide tout à la fois. Au fur et à mesure, le plâtre sollicité par la force centrifuge est amené à se grouper autour du ballon en se creusant aux extrémités de l'axe.

Il m'a été facile d'observer que l'épaisseur de la croûte de plâtre qui englobe le ballon ne dépendait que de la quantité de plâtre employé. Il se fait dans l'expérience en question une sorte de triage de matériaux, et en ne tenant pas compte des densités, on peut dire qu'il y a séparation radicale des éléments durs et des éléments liquides. Les particules solides ou semi-fluides se distribuent intérieurement autour du ballon et donnent schématiquement la représentation de la coque terrestre qui tend de cette façon à s'épaissir.

De même que dans les formations nodulaires de grès, de silex, de phosphate, le minéral ou le débris organique, qui donne toujours naissance à la concrétion, permet à celle-ci de s'accroître; ainsi, dans la constitution corticale, les matériaux solides en appellent d'autres après eux et permettent à la croûte de la terre de s'augmenter au cours de son évolution.

L'expérience indique (fig. 1) que la partie solide représente la périphérie du ballon, qu'au contraire la partie liquide occupe la portion centrale. Il semble naturel de penser que pour la terre les choses se passent ainsi, mais moins simplement. Par suite du triage des éléments solides qui vont constituer la zone corticale, il se fait une déperdition dans le volume total du globe; en effet, comme c'est aux dépens de la masse originelle que la croûte se forme, celle-ci diminue, en se constituant le volume du fluide interne, il résulte de là une contraction du noyau central qui modifiera la croûte solide de la terre quant à son aspect extérieur.

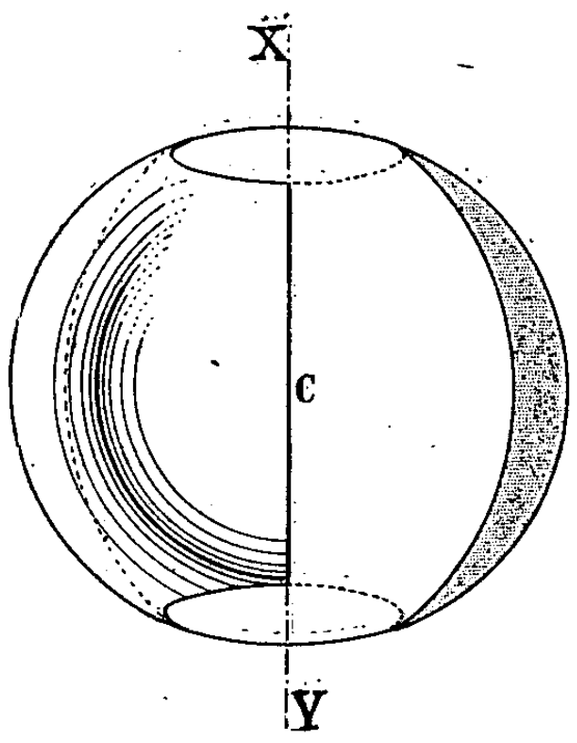



FIG. 1.

La partie droite de cette figure schématique représente une coupe parallèle au plan du tableau et passant par l'axe de rotation XY.

Si on assimile la terre à un être capable de jouer des rôles multiples en raison de sa vitalité présente, on comprendra plus facilement les changements continus qui s'opèrent sous nos yeux.

Le mécanisme qui unit le noyau central à la coque terrestre, fait de ces deux parties modifiées un tout qu'il est difficile de séparer autrement que par abstraction; mais, si nous envisageons l'influence des réactions réciproques des deux parties, nous saisirons plus intimement les fonctions de la physiologie tellurique.

En ce qui concerne la coque de la terre, elle ne s'épaissit pas sans déterminer dans la masse fluidale des cavités qui favorisent les cassures de la croûte. Cette conséquence pourra s'exprimer ainsi : « La rétractilité du noyau fluide occasionne des dislocations qui manifestent leur action sur l'orogénie du globe ».

Il est permis maintenant de se demander si le phénomène volcanique n'est pas relié à celui des grandes cassures de la croûte terrestre. Pour expliquer la fonction volcanique, on a émis l'hypothèse de la pénétration des eaux superficielles ; or, l'impossibilité de l'introduction des eaux de surface dans la région chaude paraît résulter de la différence même des pressions. Si cette hypothèse était vraisemblable, ne devrions-nous pas assister à de perpétuelles éruptions ?

Supposons que, dans la nature, les choses se passent comme dans mon expérimentation, les parties liquides ou gazeuses doivent se localiser dans le noyau central ; or, quelles raisons avons-nous pour ne pas admettre « l'eau d'origine » ?

Pour ce qui touche l'éruption volcanique, il semble bien qu'on ait affaire à un phénomène terrestre. Étant donné un mouvement du sol, par exemple, si une portion de la croûte solide arrive brusquement à se trouver en contact avec la région chaude du noyau central, il doit résulter de la présence des gaz occlus dans la zone corticale une effervescence assez vive, mais non nécessairement une éruption. L'éruption volcanique n'a lieu que lorsque le tremblement de terre détermine une faille qui met en communication la région chaude interne avec notre atmosphère. C'est du moins ce qui paraît résulter d'une expérience de physique de M. le professeur Tito Martini, de Venise (1). Ce professeur, en chauffant dans une capsule de platine une poudre suffisamment hygrométrique pour la saturer de gaz au préalable, a constaté d'abord, sous l'influence de la chaleur, une effervescence ; puis, en déterminant dans la poudre chauffée une fracture artificielle au moyen d'une spatule, il voyait se produire une éruption volcanique en miniature. La poudre, par suite de la fracture, s'était trouvée ramenée au contact de la paroi chaude.

Et maintenant, il n'est peut-être pas inutile de rappeler en quelques mots les conclusions qu'on peut, je crois, légitimement tirer de notre expérimentation. Le mouvement de rotation a pour effet d'extérioriser les particules solides, et comme conséquence de cette extériorisation, il se fait naturellement une déperdition dans le volume de la masse originelle de la terre. Cette déperdition a une répercussion directe sur l'aspect général du globe. Quant à relier le phénomène volcanique à celui des grandes cassures, l'expérimentation tendrait à faire partager cette manière de voir.

(1) *Nuove ricerche intorno al fenomeno del Pouillet* (calore che si svolge nel bagnare le polvere). Atti del r. Ist. veneto di Sc., L ed Arti, t. LIX, p. 649, an. 1900.

Ce n'est qu'avec une grande réserve que j'ai tenu à assimiler mon expérimentation avec les faits naturels, persuadé qu'en matière d'explication scientifique il convient de substituer l'évidence à l'autorité.

---


## M. G. RAMOND

Assistant de géologie au Muséum d'Histoire naturelle

ET

## M. Aug. DOLLOT

Correspondant du Muséum d'Histoire naturelle,
à Paris.


# ÉTUDES GÉOLOGIQUES DANS PARIS ET SA BANLIEUE

[554:44.36]

## III

*— Séance du 11 août —*

**Chemin de fer d'Issy à Viroflay R.-G.** — L'un de nous a exposé sommairement, dans des Communications antérieures (1), les observations que cette nouvelle voie ferrée avait procurées aux géologues. La ligne étant aujourd'hui complètement terminée et livrée à l'exploitation, nous avons pensé qu'il pouvait être de quelque intérêt de revenir sur le sujet, avec plus de détails.

1° **Description du tracé.** — La ligne d'Issy à Viroflay a pour objet d'assurer des relations plus directes entre le centre de Paris et Versailles : en effet, elle peut être considérée comme un embranchement du Chemin de fer des Moulineaux (2), dont le terminus est à la gare de l'Esplanade des Invalides; à Viroflay, elle se soude aux lignes de Bretagne et à l'embranchement de Versailles R.-G., établissant ainsi les communications du réseau de l'Ouest avec cette nouvelle gare parisienne.

La ligne d'Issy-Viroflay se détache de celle des Moulineaux dans la plaine d'Issy, à 400 mètres environ en dehors des fortifications de Paris, en longeant le nouveau champ de manœuvres qui a remplacé le « Champ de Mars ». Elle s'élève progressivement, par des remblais et viaducs souvent courbes, jusqu'au vallon de Fleury-Meudon, passe au-dessous du grand viaduc

(1) Voir : *Congrès de Nantes,* 1898, 2e partie, p. 314, et *Congrès des Sociétés savantes,* à la Sorbonne (séance du 3 avril 1902).

(2) Voir : *Notes de Géologie parisienne : le Chemin de fer des Moulineaux,* par G. Dollfus et G. Ramond, *Bull. Soc. d'Études sc. de Paris,* 1889, 11 p. in-8° avec Profil et Coupes.

de la rive gauche (Paris-Montparnasse à Versailles R.-G. et lignes de Bretagne), puis s'engage dans un souterrain de *3.350 mètres de longueur*, dont l'extrémité (côté Paris) est en courbe, tandis que le reste du tracé (2.600 mètres) est en ligne droite. L'extrémité, du côté de Viroflay, est située dans le vallon du Haut-Chaville, au-dessous de l'Étang d'Ursine, dans les Bois de Meudon, sous lesquels ce tunnel est percé. L'ensemble de cet ouvrage — dont certaines parties ont présenté des difficultés *exceptionnelles* d'exécution — n'a pu être achevé qu'il y a peu de temps. Ce retard a été préjudiciable, car on s'était efforcé de terminer la nouvelle ligne pour l'Exposition Universelle de 1900.

Au delà du « Souterrain de Meudon », la voie est d'abord en tranchée, puis en remblai (Station de Chaville-Vélizy), et de nouveau, en tranchée (deuxième traversée de la ligne Montparnasse-Versailles) ; après ce point, les deux chemins de fer restent accolés, ont une station commune à Viroflay R.-G., et se réunissent un peu plus loin, aux « Bifurcations de Viroflay » ; ces bifurcations présentent d'intéressantes traversées de voie, en *sauts de mouton* (1), assurant toutes les directions utiles, mais en évitant les croisements à niveau.

La dénivellation entre les points extrêmes est de 70 mètres environ ; aussi la ligne d'Issy-Viroflay a-t-elle des rampes de $0^m,005$; $0^m,008$ et $0^m,01$ par mètre.

2° **Géologie.** — La plaine d'Issy-les-Moulineaux est constituée par des Sables et Graviers d'alluvion qui reposent sur la Craie *Aturienne*, dite « de Meudon », et qui sont surmontés par des Limons, plus ou moins argileux, de formation contemporaine. La partie sableuse, d'une dizaine de mètres de puissance, présente à la base des Sables graveleux et des graviers (*Pléistocène* ancien), et vers le sommet, des Sables fins, *coulants*, sur lesquels la plus grande longueur des viaducs a été fondée, ce qui a nécessité des dispositions spéciales (Radiers bétonnés, etc.). La plaine est submersible, et comme la partie supérieure des Alluvions est constituée par ces sables impalpables — qui paraissent provenir, au moins en partie, des masses *stampiennes* des hauteurs de Meudon, Clamart, etc., — il eût été d'une grande imprudence d'asseoir des maçonneries sur une telle roche, sans consolidation préalable. Lorsque ces sables sont mouillés, il est impossible d'y pratiquer des fouilles sans les faire couler, même à grande distance, et ils filtrent à travers les blindages.

Le sommet de la nappe aquifère se maintient à la cote + 27 mètres,

(1) Voir, pour les détails techniques, le *Génie civil*, t. XXXIII, n° 1, p. 1 ; t. XXXIX, n° 10, p. 149 ; t. XLI, n° 6, p. 81 ; la *Revue générale des Chemins de fer* (Août 1901 et juillet 1902) ; et *Note sur les Travaux de la ligne d'Issy à Viroflay*, par M. Rabut, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, attaché, en qualité d'Ingénieur principal, au Service de la Construction de la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest.

*même à une assez grande distance de la Seine* (1), aussi bien dans les Alluvions que dans la Craie. Cette cote limite en profondeur les exploitations de « Blanc de Meudon », dont les galeries se ramifient et se superposent dans le coteau d'Issy-Meudon. Les parties de galeries situées dans l'axe du chemin de fer ont dû être remblayées ou voûtées.

Des lambeaux d'Argile *sparnacienne* — si redoutée des ingénieurs — ont été entamés dans le voisinage immédiat de la station d'Issy, et dans les fondations du viaduc « des Brillants » (coteau des Moulineaux) qui ont été descendues jusqu'à la Craie; la puissance de l'Argile plastique est en ce point, de 5 à 6 mètres; les fondations ont atteint jusqu'à 16 mètres de profondeur; et en raison de la présence de cette couche argileuse, on a dû faire usage de *fouilles blindées* que l'on remplissait rapidement de béton.

La puissance des Argiles sparnaciennes est relativement faible aux Moulineaux et dans le vallon de Fleury-Meudon, parce que l'on se trouve sur l'*Axe anticlinal Meudon-Versailles* (2). Le sommet de la Craie, sur cet axe, est à l'altitude de 53 mètres. La voie, constamment en rampe de Paris vers Versailles, se maintient *au-dessus* de cette formation, qui n'a été atteinte que dans les sondages et les fouilles d'ouvrages d'art. Nous avons pu recueillir quelques restes organiques, animaux et végétaux, provenant du *Conglomérat ossifère de Meudon*, dans des fouilles, sur le coteau des Moulineaux, près du chemin de Saint-Cloud (limite des communes d'Issy et de Meudon); on voyait également, tout près de là, une bonne coupe du *Calcaire pisolithique* (Montien).

La station de « Meudon-Val-Fleury » (rue Banès, à Meudon) est située à l'entrée du Grand Souterrain. Elle est établie en terrain sec (Calcaire grossier inférieur et moyen, surmonté d'éboulis). A la tête du Tunnel, se voyaient nettement les bancs à *Orbitolites complanata* du *Lutétien moyen* (« Banc royal » des carriers).

**Tunnel de Meudon.** — La grande galerie *de 3.350 mètres de longueur* entre Meudon (le Val-Fleury) et l'Étang d'Ursine (Plaine de Chaville), sous le Parc de Chalais et les Bois de Meudon, a été l'ouvrage le plus important de la nouvelle ligne. Un coup d'œil jeté sur la *Coupe géologique générale* ci-jointe *(fig. 1)*, dans laquelle les hauteurs ont été exagérées vingt fois par rapport aux longueurs, fait ressortir l'allure des strates. Les formations géologiques que les travaux ont atteintes — tant dans le percement de la galerie que dans l'exécution des sondages et des forages — comprennent la série des assises depuis les Calcaires *lutétiens* inférieurs jusqu'aux Meulières *aquitaniennes* (3). Ces couches sont loin d'être horizontales : l'entrée

(1) C'est la cote du plan d'eau de la Seine au barrage de Suresnes.

(2) Voir : G.-F. DOLLFUS : *Notice sur une nouvelle carte géologique des environs de Paris. IIIe C. G. I.*, Berlin, 1885 ; — et *Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le Bassin de Paris*, in *Bull. serv. C. G. F.*, t. II, 1890-91, n° 14.

(3) Pour quelques Géologues les « Meulières de Montmorency » appartiennent au *Stampien supérieur*.

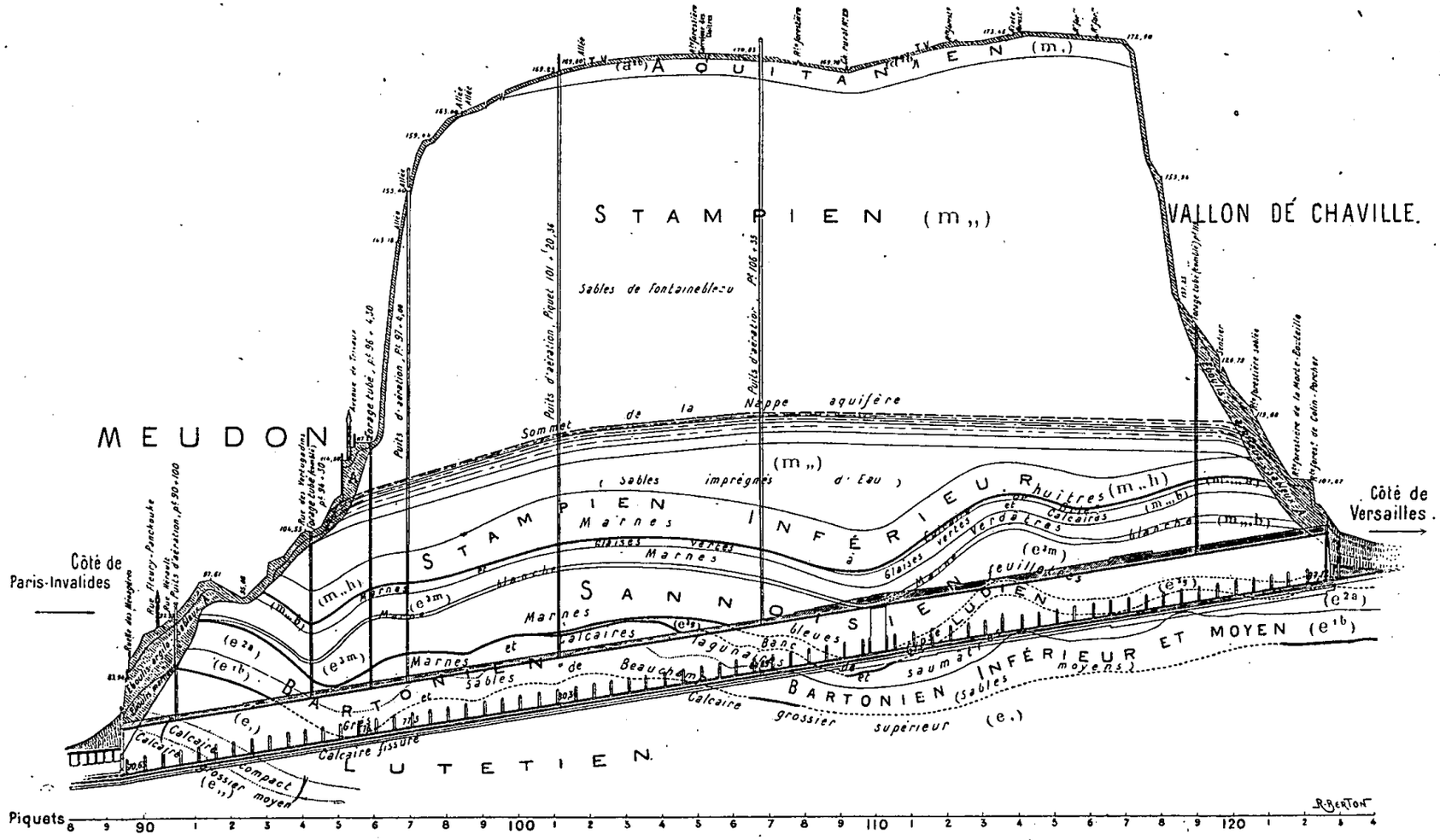



FIG. 1. — Coupe géologique du Tunnel du Meudon (Hauteurs vingtuplées.)

# LÉGENDE GÉOLOGIQUE

**Époque actuelle** — Terre végétale . . . . . (**TV**)
Éboulis, dépôts de pentes . (**A**)

**Pléistocène** — Limons . . . . . ($a^{1b}$)

**Oligocène**

**Aquitanien ou Stampien supérieur** — Argiles à Meulières *supérieures*, dites « de Montmorency » ou « de Beauce » . . . . . ($m_1$)

**Stampien**
Sables *supérieurs*, dits « de Fontainebleau » (= Sables de Versailles) . . . ($m_{1,1}$)
Marnes à *huîtres ;* Falun et Molasse marine . . . . . ($m_{1,1}h$)

**Sannoisien**
Calcaire « de Brie » (et ses équivalents) . ($m_{1,1}a$)
Glaises vertes ; Marnes blanches à *Cyrènes*, et autres Marnes, dites *Supra gypseuses* . . . . . ($m_{1,1,b}$) ($e^{3m}$)

**Éocène**

**Ludien** — Marnes et Bancs du Gypse ; Marnes et Calcaires de Ludes (et leurs équivalents) . . . . . ($e^3$) ($e^{3s}$)

**Bartonien**
Calcaires, Marnes, etc., *lagunaires* et saumâtres (Horizon « de Mortefontaine »), et équivalents . . . . . ($e^{2a}$)
Sables *moyens* (dits « de Beauchamp »), proprement dits . . . . . ($e^{1b}$)

**Lutétien**
Calcaire grossier *supérieur*, « Caillasses », Roche de Paris, *Banc vert*, etc. . . . ($e_I$)
Calcaire grossier *moyen* (Calcaire à *Miliolites ;* « Banc à Vérins », etc.. ($e_{II}$)
Calcaire grossier *inférieur*, *nummulitique.*

**Sparnacien** — Argile plastique et Lignites ; Sables subordonnés. . . ($e_{IV}$)

du Tunnel est en courbe, et les assises ayant, par suite du voisinage de l'Anticlinal Meudon-Versailles, un pendage S.-S.-E., les premières strates rencontrées sont recoupées avec une assez forte inclinaison. A 850 mètres environ de l'entrée (côté Paris), commence un alignement qui se poursuit jusqu'à l'extrémité opposée, sur 2.600 mètres de longueur. La direction de la partie rectiligne du tunnel étant sensiblement parallèle à celle de l'axe anticlinal, mais avec une rampe de $0^{m},008$ par mètre, il en résulte que les strates, dans leur ensemble, (et en faisant abstraction des ondulations secondaires), sont recoupées par le tunnel, sous *un angle très aigu*; cette condition était défavorable, surtout au voisinage de couches imprégnées d'eau.

Une autre difficulté résultait des *ondulations* des couches que les études préliminaires n'avaient pas fait ressortir, probablement par suite du nombre insuffisant des sondages. Toutefois, la topographie pouvait, semble-t-il, indiquer, dans une certaine mesure, l'allure des assises géologiques : au « Carrefour de la Patte d'Oie », dans les Bois de Meudon, existe une dépression du sol (que la figure 1 met en évidence, en raison de l'exagération des hauteurs), qui correspond à la plus forte inflexion des strates : c'est au-dessous de ce carrefour, à 1.300 mètres environ de l'extrémité du Tunnel (côté Versailles) que s'est produit le *grand éboulement*, qui a retardé *pendant plus d'une année* l'achèvement du souterrain, et qui a exigé une dépense, non prévue, *d'un million* de francs.

La cause de cet éboulement, bien que complexe, peut se résumer de la manière suivante :

Les Sables *stampiens* (dits « de Fontainebleau ») sont aquifères sur le quart inférieur de leur hauteur, qui est de 60 mètres environ sous les Bois de Meudon; par suite des ondulations dont nous venons de parler, les couches imprégnées d'eau sont, en divers points, à une faible distance de la voûte du Tunnel, et l'épaisseur des « Marnes à huîtres », de la « Glaise verte », et des autres marnes *sannoisiennes* y est insuffisante. Le minimum d'épaisseur s'est trouvé *directement sous la dépression correspondante du « carrefour de la Patte-d'Oie »*, et la voûte, non encore soutenue par ses piédroits, s'est écrasée après rupture.

Une sorte de fluide, constitué par des sables mélangés de marne et dilués dans une grande quantité d'eau, *s'est écoulé* dans la galerie, et il menaçait de la remplir complètement.

[Nous renvoyons le lecteur aux Notes et Revues techniques pour le détail de l'ingénieux procédé des « Chambres à sable », employé pour combattre l'envahissement du Souterrain par ces sables dilués par l'eau. Nous tenons simplement à faire remarquer combien, en matière d'application de la Géologie aux travaux publics, il est important de faire inter-

venir les données de la *sédimentation* et de l'érosion ou *dénudation souterraines*, qui ne sont, en fait, qu'une des nombreuses formes de l'*Activisme* (1)].

Grâce aux échantillons recueillis par nous pendant le cours des travaux, et à ceux qui nous ont été obligeamment communiqués par la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, nous avons pu établir, dans tous ses détails, la succession des assises géologiques rencontrées dans le Souterrain. Elles sont résumées dans les coupes suivantes :

## Coupe géologique. — Piquets 89 à 110.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2m,70 | Marnes bleues, délitées, à retraits. | Marnes bleues, 5m,20. | *SANNOISIEN* |
| 0m,10 | Argile vert-foncé. | | |
| 1m,20 | Argile bleue, feuilletée, avec filets gypseux. | | |
| 0m,20 | Argile verdâtre foncée, avec filets gypseux alternant. | | |
| 1m,00 | Argile bleue, dure, avec filets gypseux alternant. | | |
| 1m,60 | Bancs de gypse. | Bancs de gypse 3m,40. | *LUDIEN* |
| 0m,15 | Marne grise. | | |
| 0m,50 | Gypse saccharoïde, marneux, friable. | | |
| 0m,30 | Marne blanc-gris ou brune, avec rognons de *silex ménilite*. | | |
| 0m,30 | Gypse saccharoïde, avec rognons de *silex ménilite*. | | |
| 0m,05 | Filet de marne grise, avec lit ligniteux et pyriteux au sommet. | | |
| 0m,50 | Calcaire marneux gris, avec gypse saccharoïde. | | |
| 0m,30 | Marne blanche. | Marnes, calcaires, etc., lagunaires et saumâtres, 4m,28. | *BARTONIEN* |
| 0m,25 | Calcaire siliceux jaunâtre ou verdâtre, sub-lithographique. | | |
| 0m,40 | Marne blanchâtre, fossilifère (*Hydrobia*, etc.). | | |
| 0m,25 | Calcaire gréseux jaunâtre ou verdâtre, à cassure conchoïde. | | |
| 0m,40 | Marne blanchâtre avec lit gypseux au sommet. | | |
| 0m,50 | Marne blanchâtre et gypse cristallisé, par couches horizontales (*Cypris*, etc.). | | |
| 0m,15 | Gypse cristallisé avec *lignite*. | | |
| 0m,20 | Marne jaunâtre. | | |
| 0m,05 | Filet de gypse cristallisé, et calcaire bleuâtre. | | |
| 0m,15 | Marne blanc-jaunâtre avec filet de *lignite* à la base. | | |
| 0m,25 | Marne blanc-verdâtre, tendre, avec filet de *lignite* à la base. | | |
| 0m,25 | Marne blanche, friable, très litée *(panachures vertes)*. | | |
| 0m,03 | Filet de lignite dans Argile verte, statifiée. | | |
| 0m,55 | Marne blanche et calcaire bistre, avec *lit de gypse cristallisé par poches, à la base*. | | |
| 0m,20 | Marne blanche avec sable fin, couleur marron. | | |
| 0m,35 | Marne bleuâtre ou verdâtre, gypseuse, par veines horizontales, avec silex carié (gypse transformé) à la base. | | |
| 3m,20 | Grès calcarifère verdâtre, et Sables quartzo-argileux avec nids de gypse. | Sables « de Beauchamp » ou Sables moyens, 3m,20 | |

(1) Voir notamment : *La Géologie expérimentale*, par M. le professeur STANISLAS MEUNIER, p. 186 et suiv. (Alcan, in-8°). 1899 ; — *La Géologie générale*, idem, 1903, de la Bibl. Scientifique internat.

Du même auteur : *in Annales de la Soc. Géol. de Belgique*, t. XXVII, p. XCI, 1899 ; — *C. R. du VIIIe Congrès géol. internat.*: Paris, 1900. — Mém., p. 617-630 (avec fig. .) ; — *Assoc. franç. pour l'Av. des Sc., Congrès de Paris*, 1900, — 1re partie, p. 166 ; 2e partie, p. 532-542, etc., etc.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0m,03 | Filet d'argile *ligniteuse*, *pyriteuse*, noire. | | |
| 1m,40 | Marne blanche, renfermant de nombreux lits d'argile brune. | | |
| 0m,02 | Filet d'argile brune. | | |
| 0m,20 | Calcaire blanc. | | |
| 0,m02 | Filet d'argile brune. | | |
| 0m,80 | Marne blanche, pure. | | |
| 0m,20 | Argile feuilletée, avec pseudomorphe de *gypse*. | | |
| 0m,60 | Calcaire marneux dur, très serré, *gypseux*. | | |
| 0m,03 | Filet d'argile brune. | | |
| 0m,30 | Marne feuilletée, grise. | | |
| 1m,00 | Marne blanche. | | |
| 0m,20 | Calcaire marneux. | | |
| 0m,60 | Sables marneux *(quartz carié)*. | | |
| 0m,90 | Calcaire siliceux ; petits blocs séparés par des lits d'argile. | | |
| 0m,15 | Marnes blanche, jaune, brune. | | |
| 0m,40 | Banc de calcaire siliceux et pseudomorphe de *gypse*. | | |
| 1m,00 | Banc de calcaire dur, à Cérithes (« *La Roche* »), *C. cristatum*, *Sphenia biangulata*, etc., | | |
| 0m,05 | Filet de marne blanche. | | |
| 0m,25 | Calcaire siliceux, compact, à *Cérithes*. | | |
| 0m,10 | Marne feuilletée à *Corbules*. | | |
| 1m,00 | Calcaire dur à *Miliolites* et à *Cérithes* ; couches tendres au sommet et à la base, *Potamides lapidum*, *Cerithium denticulatum*, etc.). | | |
| 0m,60 | Calcaire compact sub-lithographique, *Lucines et Cérithes (Potamides cristatus)*. | « *Le Banc vert* ». | Calcaire grossier supérieur, *Caillasses*, 10m,75. |
| 0m,90 | Calcaire à *Miliolites*, à *Cérithes* et à végétaux ; couches tendres au sommet et à la base. | | |
| 0m,25 | Calcaire à *Miliolites*, légèrement gréseux, dur, fin. | | |
| 0m,90 | Calcaire *Miliolitique* très fin. | | |
| 0m,50 | Calcaire *Miliolitique* assez tendre, très fossilifère, *Cérithes*, *Bucardes*, *Lucines*, *Cardites*, etc. | | |
| 1m,20 | Calcaire *Miliolitique* tendre, (« *Le banc Royal* »). | | |
| 1m,00 | Calcaire *Miliolitique* à *Orbitolites* (« *Le banc Royal* »). | | |
| 0m,70 | Calcaire *Miliolitique*. | | |
| 0m,60 | Calcaire *Miliolitique* jaunâtre, avec *débris végétaux*, *Orbitolites complanata*, etc. | | |
| 0m,70 | Calcaire gris-jaunâtre, fossilifère, *Lucina concentrica*, *Cardium* sp., *Pectunculus pulvinatus*, etc. | | |
| 0m,50 | Calcaire *Miliolitique* dur. | | |
| 0m,80 | Calcaire *Miliolitique* gris-blanchâtre, moins dur. | | |
| 0m,80 | Calcaire *Miliolitique* assez dur, coquillier au sommet, *Cytherea*, *Cardium*, *Ostrea* sp., etc. | | |
| 1m,00 | Calcaire très tendre, sableux à la base, coquillier au sommet (Falun de Grignon) : *Cytherea*, *Cardium*, *Anomia*, *Rostellaria*, etc. | | Calcaire grossier moyen, 9m,65. |
| 0m,70 | Calcaire brun-verdâtre, très dur (« *Le banc à Vérins* »); couche à *Cerithium giganteum* et *Pectunculus pulvinatus*. | | |
| 1m,00 et plus | Calcaire *glauconieux* très sableux, avec parties dures. | | Calcaire grossier inférieur, |

*LUTÉTIEN*

La succession des couches du Lutétien est normale et ne présente pas de particularités à signaler.

[Les échantillons communiqués au Muséum (Service de Géologie) ont été examinés par MM. G. Courty, G.-F. Dollfus, Aug. Dollot, G. Ramond.]

## Coupe géologique au piquet 94 + 30m.

[Altitude : 88m,25.]

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2m,05 | Marne grisâtre, tachetée de blanc, avec nids de marnes verdâtres. | | |
| 0m,30 | Marne grisâtre, tachetée de blanc, avec nids de marnes verdâtres. | | |
| 0m,80 | Marne bleue (couleur altérable à l'air). | | |
| 0m,90 | Marne fendillée, jaunâtre. | | |
| 0m,35 | Calcaire blanc, dur, à *ménilite*. | Marnes, calcaires, etc., lagunaires, 2m,65. | *LUDIEN* et *SANNOISIEN* 4m,05. |
| 1m,75 | Marnes blanchâtres, laguno-lacustres à *silex ménilite*. | | |
| 0m,23 | Marnes blanchâtres, très dures. | | |
| 0m,10 | Lit d'argile brune. | | |
| 0m,92 | Marne blanche dure, un peu siliceuse. | | |
| 0m,15 | Sables argileux jaunâtres. | Sables « de Beauchamp.» | *BARTONIEN* |
| 0m,30 | Sables argileux gris. | | |
| 1m,58 | Sables argileux, avec rognons de grès. | | |
| 0m,22 | Sables argileux jaune-verdâtre. | | |
| 0m,40 | Marne sableuse, plus verdâtre. | | |
| 0m,80 | Marne blanc-jaunâtre, argileuse. | Calcaire grossier supérieur, *Caillasses*, 6m,70. | *LUTÉTIEN* |
| 0m,20 | Calcaire argileux jaunâtre. | | |
| 2m,60 | Marnes compactes, blanches. | | |
| 0m,06 | Lit de calcaire gréseux, cristalllin. (*Pseudomorphe de gypse.*) | | |
| 1m,04 | Marnes blanchâtres. | | |
| 0m,20 | Marnes calcaires. | | |
| 0m,60 | Marnes blanchâtres, avec grès siliceux. | | |
| 1m,20 | Marne blanche, compacte. | | |

[Altitude : 71m,50.]

## Coupe géologique au piquet 110 + 30m.

[Altitude : 94m,38.]

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0m,50 | Marne grisâtre. | Marnes bleues, 7m,18. | *SANNOISIEN* |
| 0m,25 | Argile verte, feuilletée, gypseuse, très plastique. | | |
| 0m,90 | Marne grise panachée. | | |
| 0m,28 | Argile gris-verdâtre, très tendre. | | |
| 0m,75 | Marne gris-bleuâtre, panachée, à retraits. | | |
| 0m,35 | Argile verdâtre, pyriteuse, à débris végétaux. | | |
| 1m,00 | Marne gris-bleuâtre à retraits. | | |
| 0m,75 | Marne calcarifère, bleuâtre, feuilletée.. | | |
| 0m,20 | Marne verdâtre, gypseuse, pyriteuse, avec débris végétaux. | | |
| 0m,45 | Marne gris-bleuâtre, feuilletée, gypseuse, dure. | | |
| 0m,50 | Marne bleu-grisâtre, feuilletée, avec filets gypseux. | | |
| 0m,25 | Marne verdâtre feuilletée, gypseuse, rubanée. | | |
| 0m,50 | Marne bleuâtre. | | |
| 0m,50 | Marne bleue, feuilletée, dure, avec filets gypseux. | | |
| 0m,80 | Gypse marneux. | Bancs de gypse, 2m,35. | *LUDIEN* |
| 0m,20 | Marne argileuse, gypseuse. | | |
| 0m,75 | Gypse marneux. | | |
| 0m,05 | Filet d'argile brune, magnésienne. | | |
| 0m,55 | Marne à *ménilite* (débris végétaux), et calcaire compact, sublithographique. | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0m,25<br>0m,23<br>0m,22 | Alternances de bancs calcaires et marneux, fossilifères, avec grains de quartz, *Cypris*, *Hydrobia*, *Potamides scalaroides*. | | |
| 0m,03 | Lit d'argile brune, magnésienne. | | |
| 0m,50 | Marne pulvérulente, blanchâtre, fossilifère, (*P. scalaroides*). | | |
| 0m,05 | Filet d'argile brune, magnésienne. | | |
| 0m,50 | Travertin marneux à *Cerithium Bouei?* | | |
| 0m,03 | Filet d'argile brune. | | |
| 0m,25 | Marne sableuse, blanchâtre. | | |
| 0m,50 | Calcaire marneux blanc (pulvérulent à l'état sec). | | |
| 0m,05 | Filet d'argile brune. | | |
| 0m,20 | Marne gris-blanc. | | |
| 0m,10 | Lit de sable, quartzeux, fin. | | |
| 0m,20 | Marne blanche. | | |
| 0m,20 | Petit banc de gypse marneux. | | |
| 0m,03 | Filet d'argile brune. | | |
| 0m,50 | Sables quartzo-marneux, de couleur verdâtre dits *Sables de « Beauchamp »*, *Sables moyens* [*Bartonien inférieur*]. | Sables « de Beauchamp » 0m,50. | Marnes, Calcaires, etc., lagunaires ou saumâtres, 3m,34. — *BARTONIEN* |
| | Au-dessous, non atteints dans les fouilles en ce point, les Calcaires, Marnes, etc. Lutétiens (*Calcaire grossier des environs de Paris*. Épaisseur : 25 à 30 mètres). | Calcaire grossier | *LUTÉTIEN* |

## Coupe géologique au piquet 118.

[Altitude : 101m,36].

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0m,10 | Argile verdâtre, plastique. | | |
| 0m,80 | Marne bleue veinée. | | |
| 0m,06 | Argile verte, molle. | | |
| 0m,06 | Marne blanchâtre, dure. | | |
| 0m,15 | Argile verte, plastique. | | |
| 0m,30 | Marne bleuâtre, compacte. | | |
| 0m,12 | Marne gris-clair, dure. | | |
| 0m,10 | Argile verdâtre. | | |
| 1m,00 | Marne bleue, à retraits. | | |
| 0m,75 | Marne argileuse. | | |
| 0m,15 | Argile verte feuilletée, pyriteuse, avec filets de gypse. | | |
| 0m,80 | Marne bleuâtre feuilletée, devenant blanche à l'air. | | |
| 0m,20 | Marne blanchâtre avec lits sableux (*gypse transformé*). | | |
| 0m,17 | Argile verte feuilletée, pyriteuse, très plastique. | | |
| 0m,50 | Marne bleuâtre. | | |
| 0m,30 | Marne calcaire. Calcaire très dur, par places. | Marnes bleues, 5m,26. | *SANNOISIEN* |
| 0m,80 | Gypse marneux. | | |
| 0m,15 | Marne grisâtre, argileuse. | | |
| 0m,80 | Gypse marneux. | | |
| 0m,05 | Filet d'argile magnésienne, grisâtre, feuilletée. | | |
| 0m,40 | Calcaire compact, zoné, sub-lithographique. | Bancs de gypse, 2m,20. | *LUDIEN* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0m,40 | Alternances de bancs calcaires et marneux, fossilifères, avec grains de quartz, *Cypris*, *Hydrobia*, *Potamides scalaroides*, etc. | Marnes, Calcaires, etc., lagunaires et saumâtres, 2m,55. | *BARTONIEN* |
| 0m,06 | Filet d'argile brune, magnésienne. | | |
| 0m,50 | Calcaire siliceux, sec, et Marne blanche, veinée (avec filets verdâtres). | | |
| 0m,08 | Filet d'argile brune, magnésienne. | | |
| 0m,52 | Travertin marneux à *Cerithium Bouei?* | | |
| 0m,04 | Filet d'argile brune. | | |
| 0m,17<br>0m,40 | Marne verdâtre, tendre (pulvérulente à l'état sec). | | |
| 0m,05 | Filet d'argile sableuse, brunâtre, magnésienne. | | |
| 0m,30 | Marne sableuse. | | |
| 0m,03 | Filet argileux, verdâtre, plastique. | | |
| 0m,50 | Sables argileux, verdâtres, plus ou moins agglutinés (*Sables « de Beauchamp »*, *Sables moyens*, *du Bartonien inférieur*). | Sables « de Beauchamp » 0m,50. | |

Altitude : 90m,85.

Au-dessous, non atteints dans les fouilles en ce point, les Calcaires, Marnes, etc., Lutétiens (*Calcaire grossier des environs de Paris*. Épaisseur : 25 à 30 mètres). — Calcaire grossier. — *LUTÉTIEN*

## Coupe géologique au piquet 119.

[Altitude : 130m,60].

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1m,10 | Terre végétale; Limons argilo-sableux avec débris de meulières. | Éboulis et terrains remaniés, 3m,75. | |
| 1m,00 | Terre sableuse de couleur jaunâtre. | | |
| 1m,65 | Terre rouge, avec débris de meulières. | | |
| 1m,00 | Sables quartzeux fins, de couleur jaune. | Sables « de Fontainebleau », 14m,25. | *STAMPIEN* |
| 4m,25 | Sables quartzeux fins, de couleur rouge. | | |
| 4m,00 | Sables alternant : jaunes, blancs ou rouges (L'échantillon ne paraît pas normal ; n'y a-t-il pas eu interversion dans le classement ?) | | |
| 2m,75 | Sables argileux, de couleur rouge. | | |
| 1m,65 | Sables un peu argileux, gris-verdâtre. | | |
| 0m,60 | Argile grise, un peu sableuse (aquifère). | | |
| 0m,60 | Argile brune, avec débris d'*Ostrea cyathula*. | Marnes à huîtres, 0m,60. | |

[Altitude : 112 mètres].

## Coupe géologique (vers le piquet 110).

[Altitude : 170m,03.]

0m,60 Terre végétale.

3m,00 Meulière-caillasse, enveloppée dans l'argile.

Sables « de Fontainebleau » jaunes, rougeâtres et vert-bleuâtres, argileux à la base.

Eau, altitude 122m,43 au piquet 106 + 85m.
— — 118m,00 — 101 + 20m.
— — 108m,40 — 97 + 4m.
— — 106m,38 — 96 + 4m.
— — 110m,50 — 96 + 4m à 18 mètres de profondeur.

0m,50 Falun de Jeurre
0m,20 Marne blanche
0m,50 Falun de Jeurre
} Molasse marine à *Cytherea incrassata*, *Cerithium plicatum*, etc.

0m,40 Calcaire gris, dur.
0m,40 Marne verdâtre.
0m,55 Marne compacte, dure à la base, à *Cyclolina*.
0m,20 Marne verte.
0m,10 Marne compacte, assez dure.
0m,10 Marne verte.
0m,10 Marne compacte assez dure.
0m,35 Marne verte.
0m,03 Lit sableux calcarifère.
0m,55 Marne verte, avec filets blancs.
0m,50 Marne jaunâtre, avec 0m,05 de *gypse épigénique*.
0m,50 Marne grisâtre.
0m,25 Argile feuilletée, gypseuse, très plastique.
0m,90 Marne grise, panachée.
0m,28 Argile gris-verdâtre, très tendre.
0m,75 Marne gris-bleuâtre panachée, à retraits.
0m,35 Argile verdâtre, pyriteuse, à débris végétaux.
1m,00 Marne gris-bleuâtre, à retraits.
0m,75 Marne calcarifère, bleuâtre, feuilletée.
0m,20 Marne verdâtre, gypseuse, pyriteuse, à débris végétaux.
0m,45 Marne gris-bleuâtre, feuilletée, gypseuse, dure.
0m,50 Marne bleu-grisâtre, feuilletée, avec filets gypseux.
0m,25 Marne verdâtre, feuilletée, gypseuse, rubanée.
0m,50 Marne bleuâtre.
0m,50 Marne bleue, feuilletée, dure, avec filets gypseux.

*AQUITANIEN*

Terrain contemporain 0m,60.

Meulières de Beauce, 3m,00.

*STAMPIEN*

Sables « de Fontainebleau », 55 à 60 mèt.

Marnes à huîtres, 1m,20.

*SANNOISIEN*

Marnes bleues, vertes, etc., 10m,46.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1m,30 | Gypse saccharoïde stratifié, à grain fin ; lits nombreux, couleurs variées (sommet veiné 0m,80) ;— banc compact, très dur, avec rognons de silex à la base, 0m,50). | Bancs de Gypse, 3m,63. | *LUDIEN* |
| 0m,13 | Gypse saccharoïde, rubané. | | |
| 0m,07 | Marne grise, rubanée. | | |
| 0m,55 | Gypse saccharoïde, un peu marneux. | | |
| 0m,10 | Marne grise rubanée, argileuse. | | |
| 0m,33 | Gypse saccharoïde en lits minces, avec alternances de marnes. | | |
| 0m,03 | Marne grise, rubanée. | | |
| 0m,05 | Marne blanche. | | |
| 0m,02 | Marne grise, rubanée. | | |
| 0m,07 | Marne blanche. | | |
| 0m,10 | Gypse avec silex *ménilite*, rubané. | | |
| 0m,05 | Gypse. | | |
| 0m,05 | Marne blanche. | | |
| 0m,05 | Argile verdâtre, feuilletée. | | |
| 0m,20 | Marne blanche, à grain grossier. | | |
| 0m,53 | Marne blanche compacte, à grain fin (*ménilite*). | | |
| 0m,02 | Filet argileux. | | |
| 0m,10 | Marne grise. | « de Beauchamp » ; Marnes et Calcaires lagunaires 3m,87. | *BARTONIEN* |
| 0m,25 | Calcaire très dur, sub-lithographique. | | |
| 0m,13 | Marne jaune, calcaire. | | |
| 0m,18 | Calcaire très dur, sub-lithographique. | | |
| 0m,20 | Calcaire gris-rosé, sub-lithographique. | | |
| 0m,02 | Filet argileux, brun. | | |
| 0m,37 | Calcaire gris, dur, irrégulier, avec marne. | | |
| 0m,01 | Filet argileux, brun. | | |
| 0m,50 | Calcaire gris, dur, compact, irrégulier ; panachures vertes, argileuses. | | |
| 0m,05 | Argile schistoïde, brune. | | |
| 0m,15 | Calcaire gris. | | |
| 0m,01 | Filet argileux. | | |
| 0m,27 | Calcaire marneux verdâtre, à *Cerithium scalaroides* au sommet. | | |
| 0m,43 | Marne grise, rosée. | | |
| 0m,03 | Argile brune, manganésifère (avec lentilles de gypse lamellaire pur). | | |
| 0m,06 | Marne blanche. | | |
| 0m,06 | Sable gris-foncé, avec pseudomorphes de gypse. | | |
| 0m,20 | Marne blanche, avec gypse accidentel. | | |
| 0m,25 | Gypse saccharoïde très délité, avec parties calcarifères. | | |
| 0m,03 | Argile brune manganésifère. | | |
| 0m,55 | Sable gris-verdâtre, marneux « de Beauchamp », avec parties gréseuses au sommet. | | |
| 8m,00 | Calcaire grossier supérieur (*Caillasses*). | Sables 29m,00. | *SPARNACIEN LUTÉTIEN* |
| 10m,00 | Calcaire grossier moyen. | | |
| 11m,00 | Calcaire grossier inférieur. | | |
| 16m,00 | Argile plastique. | 16m,00. | |

[Altitude : 42m,23].

*Observations relatives aux couches rencontrées dans le Tunnel de Meudon.*

**Lutétien.** — Le « Calcaire grossier » ne présente pas de particularités dignes d'être signalées; disons simplement que l'étage inférieur, glauconifère, a été à peine entamé; mais l'on sait qu'il se poursuit régulièrement en profondeur.

Le « Banc à Vérins », qui est à la base de l'étage moyen, n'a que $0^m,70$ de puissance; au-dessus se développe le « Falun de Grignon », de 1 mètre de puissance, très tendre et sableux à la base, très coquillier au sommet; les niveaux de Calcaires miliolitiques commencent immédiatement au-dessus, notamment le « Banc Royal », à *Orbitolites complanata*, divisé en deux bancs (ensemble $2^m,20$). La puissance totale du *Lutétien moyen* est de $9^m,65$ environ.

Le « Banc vert », base du *Lutétien supérieur*, peut être subdivisé en deux assises : à la base, un calcaire miliolitique, à petites Cérithes et à débris végétaux; au sommet, un calcaire sub-lithographique, avec Lucines et Cérithes (notamment *Cerithium cristatum* = *Potamides cristatus* Lamk. sp.),

Au-dessus, un Calcaire dur à Miliolites, avec couches tendres au sommet et à la base (Cérithes : *Potamides lapidum* Lamk. sp.; *C. denticulatum* Lamb., etc.), de 1 mètre d'épaisseur.

« La Roche » (ou « Rochette ») est constituée par un calcaire dur à *Cerithium cristatum*, *Sphenia biangulata* Desh. sp., également de 1 mètre.

Au-dessus, les « Caillasses », comprenant des bancs siliceux, avec pseudomorphes de Gypse, des lits argileux ou marneux, des Sables de Quartz cariés, etc., caractérisant les dépôts lagunaires et témoignant des modifications qu'ont subies les couches du fait de la circulation souterraine des eaux (Le *Lutétien supérieur* a une puissance totale de $10^m,75$).

**Bartonien.** — La constitution du *Bartonien* est remarquable sous les Bois de Meudon, et elle mérite d'être étudiée avec détail :

A la base, se voit un filet d'argile ligniteuse et pyriteuse, noire; au-dessus, des *Sables quartzo-argileux*, verdâtres, avec nids de gypse et parties gréseuses, de $3^m,20$ de puissance : ce sont les « Sables de Beauchamp « proprement dits, ou « Sables moyens » *(= Bartonien inférieur)*. Ces sables sont surmontés par des Marnes et Travertins, séparés par des filets d'argile magnésienne, des petits bancs gypseux, etc.; les niveaux dans lesquels nous avons reconnu des fossiles sont :

1° Un Travertin marneux à *Cerithium Bouei* Desh., $0^m,50$ de puissance;

2° Une Marne pulvérulente, blanchâtre, à *Potamides scalaroides* Desh. sp., de même épaisseur;

3° Une alternance de bancs calcaires et marneux avec grains de Quartz, renfermant des restes de *Cypris*, *Hydrobia*, et *Pot. scalaroides*, etc.

MM. Munier-Chalmas et Léon Janet ont trouvé dans (3°) :

*Cerithium tricarinatum* (= *Potamides tricarinatus* Lamk. sp.),
*C. subula* Desh.,
*Natica parisiensis* (= *Ampullina parisiensis* d'Orb. sp.),
*Avicula fragilis* Defrance,
*Polytripa elongata*,
*Hydrobia pulchra* (*Sellia pulchra* de Raincourt),

Et ils n'hésitent pas à considérer ces couches comme l'équivalent lagunaire ou laguno-saumâtre de « Sables de Mortefontaine » (1).

Ce qui paraît bien démontré, c'est l'absence du « Saint-Ouen » et des « Sables d'Argenteuil » ou « de Monceau » (*Bartonien moyen* et *supérieur*), sous les Bois de Meudon. MM. Munier-Chalmas et Léon Janet seraient même disposés à admettre l'absence du *Ludien*, du moins une réduction considérable de cette formation.

M. Munier-Chalmas, pour expliquer cette lacune, suppose qu'un *dôme* se serait formé à la fin du *Bartonien*, et qu'il aurait été arasé à une époque postérieure. C'est sur ce dôme aplani que seraient venues se déposer les Marnes *sannoisiennes* qui sont bien développeés, et la série des autres assises *oligocènes*.

Au-dessus des Calcaires et Marnes à *Cypris*, se voit un banc de Calcaire compact sub-lithographique et des Marnes à *ménilite*, avec débris végétaux (que M. Munier-Chalmas désigne sous le nom de « *Calcaire de base* »); cette couche est séparée d'un banc de *Gypse marneux* de $0^m,75$, par un filet d'argile magnésienne; une marne gypseuse de $0^m,20$ est intercalée entre le premier banc de gypse et un deuxième banc, de $0^m,80$.

Nous considérons ces deux bancs de gypse comme appartenant au *Ludien*, ainsi que le calcaire à ménilite qui en forme la base (Voir les coupes).

**Ludien.** — Le « Calcaire de base » à ménilite et les bancs gypseux ont été vus depuis le kilomètre 105 (Voir le Profil géologique), où ils se perdent *au-dessus* de la voûte du Tunnel, jusqu'au delà de la sortie de la galerie, vers Versailles; ils n'ont pas été atteints plus à l'ouest, mais on sait que la Pierre à Plâtre a été exploitée en cavage pendant longtemps, dans les Bois de Meudon à Chaville, près de l'église et de la station de la rive gauche. A l'est, d'anciennes exploitations sont signalées à Bellevue, sous la Terrasse.

La puissance du Ludien oscille entre 2 et 4 mètres. Les bancs suivent les ondulations générales des couches; on nous a assuré que, même au point où s'est produit le *grand éboulement*, les bancs n'étaient pas fissurés; ce fait tendrait à démontrer que l'accident n'est pas dû à des dislocations profondes des strates.

**Sannoisien.** — Le Sannoisien débute par des Marnes bleues, feuilletées, gypseuses, de nuances diverses, parfois à retraits, qui sont bien connues dans les environs de Paris, et qui ne présentent pas, sous les Bois de Meudon, de particularités dignes d'être signalées. Les *Marnes blanches*, les Marnes verdâtres, la *Glaise verte*, se poursuivent en concordance, avec une puissance de 10 à 15 mètres. On peut mentionner vers le sommet, une Marne compacte à *Cyclolina*, de $0^m,55$ d'épaisseur.

L'équivalent du « Calcaire de Brie », en couche rudimentaire, a été atteint dans un forage, *au-dessus* de la tête du Tunnel (côté Versailles); cet intéressant dépôt semble discontinu, car il n'a pas été rencontré dans le percement de la galerie, ni dans les autres sondages.

**Stampien.** — Les « Marnes à huîtres », de puissance variable, comprennent le « Falun de Jeurre » à *Cytherea incrassata*, *Cerithium plicatum*, *Ostrea cyathula*, etc., en deux bancs de $0^m,50$, séparés par une Marne blanchâtre de $0^m,50$ également.

(1) Voir notamment : *Bull. de la Carte géologique de France et des Topographies souterraines*, t. X (1898-1899), p. 605, et t. XI (1899-1900), p. 225-227.

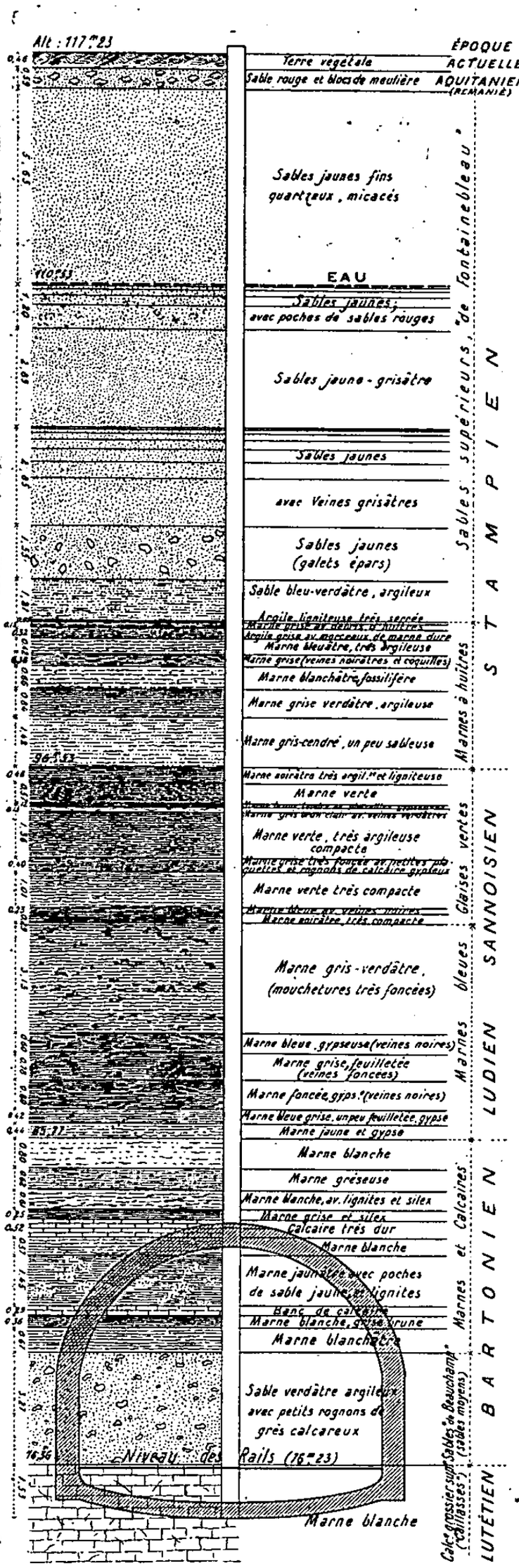



FIG. 2. — Coupe géologique au Piquet 96 + 4m,3.

FIG. 3. — Coupe géologique au Piquet 97 + 4m.

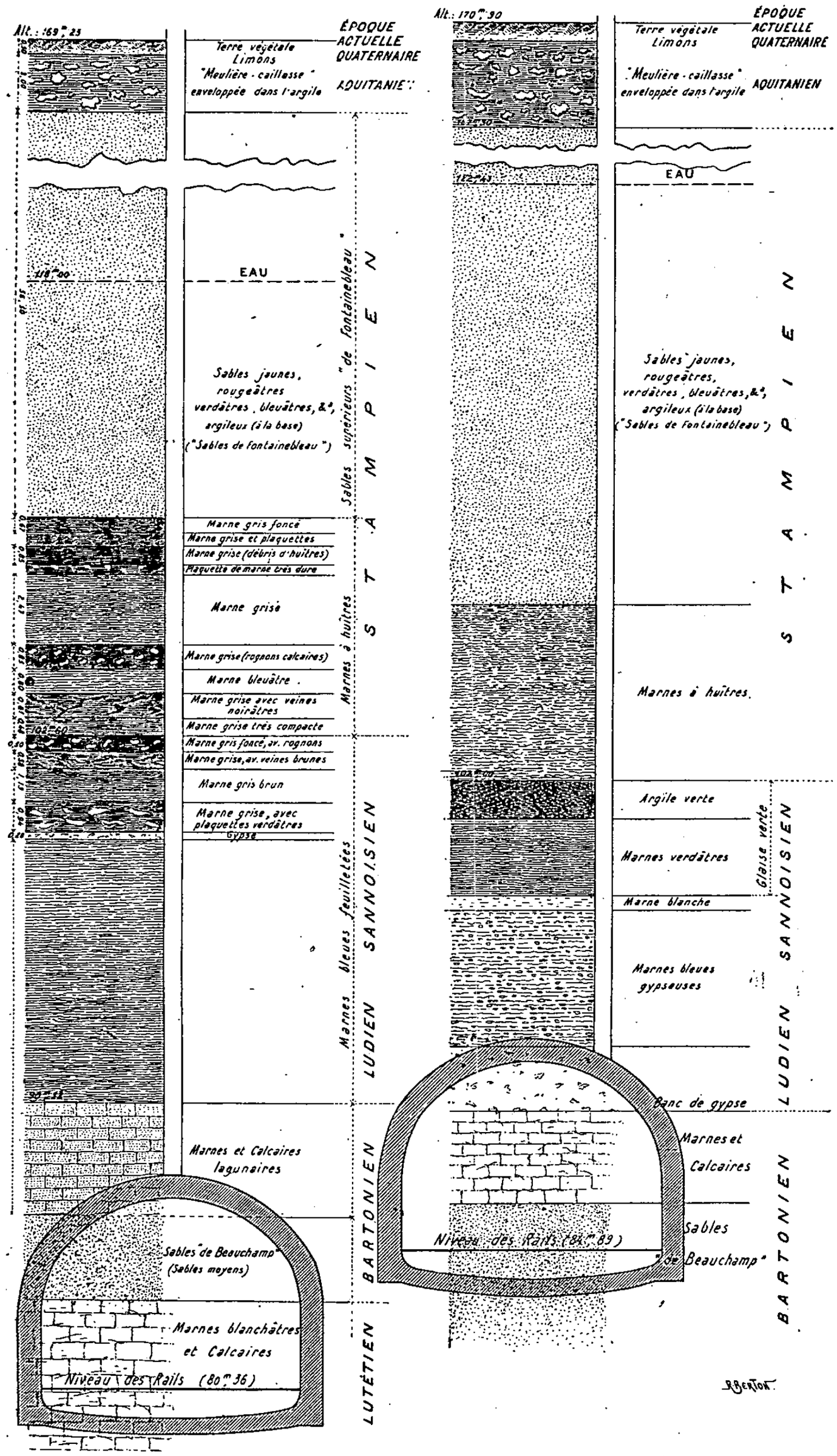



FIG. 4. — Coupes géologiques :

A. — Au Piquet 101 + 20m,34. B. — Au Piquet 106 + 85m.

La masse des Sables dits « de Fontainebleau » a de 55 à 60 mètres d'épaisseur totale; la base est de couleur noirâtre et complètement imprégnée d'eau; le sommet de la nappe aquifère s'infléchit légèrement du côté de Meudon; la zone mouillée occupe environ le quart inférieur de la hauteur totale de la masse sableuse. Comme nous l'avons expliqué plus haut, c'est à la présence de cette puissante assise de sables en partie remplie d'eau, au-dessus du Tunnel, qu'est dû — au moins pour une grande part — l'accident du souterrain. Les « Marnes à huîtres » et les couches supérieures du Sannoisien n'avaient pas une épaisseur suffisante au-dessus de la voûte, pour s'opposer à la transmission des énormes pressions de la masse sableuse.

**Aquitanien.** — Les parties hautes des Bois de Meudon et des plaines voisines sont constituées sur les Argiles à Meulières « de Beauce », surmontées par une faible épaisseur de Limon quaternaire et de terre végétale. L'assise n'a été traversée que par les sondages; elle ne présente rien de particulier à signaler; la Meulière est surtout du type compact, appelé « Caillasse » par les exploitants; les Éboulis de pentes, argilo-sableux, renferment de nombreux débris de meulières, qui peuvent souvent être utilisés pour l'empierrement ou pour tout autre usage.

**Quaternaire et Récent.** — Les dépôts quaternaires sont représentés par les Alluvions et Limons argilo-sableux, et sans doute par les Éboulis de pente, avec débris meuliers dont nous venons de parler, dépôts qui se sont continués *sans interruption* depuis que la région de Paris est continentale.

Les coupes des grands sondages d'études — dont plusieurs ont été conservés comme puits d'air (*fig. 2, 3, 4* ci-jointes) — font ressortir la puissance des « Sables de Fontainebleau » sous les Bois de Meudon et celle des assises marno-calcaires, etc., sous-jacentes entre la surface du sol et la galerie de la voie ferrée.

Au delà du Tunnel de Meudon, du côté de Versailles, le chemin de fer suit le Vallon de Chaville, en passant *au-dessous* de l'Étang d'*Ursine* et en côtoyant celui de *Brisemiche*. Ce sont les Marnes bleues, feuilletées, pyriteuses et les limons argileux de surface, qui retiennent les eaux de ces étangs. Ces dépôts sont recoupés par la tranchée qui suit le Souterrain.

Le Banc gypseux, comme nous l'avons dit plus haut, s'enfonce au-dessous du niveau de la voie (qui, à la sortie du Souterrain, est à la cote 97 mètres).

Le « Falun de Jeurre » a été entamé dans les travaux d'installation de la station de « Chaville-Vélizy »; nous avons recueilli en ce point de beaux échantillons d'*Ostrea longirostris* Lamk.

Au delà, la nouvelle ligne est accolée à celle de Paris-Montparnasse à Versailles, et les travaux ne nous ont fourni aucuns faits nouveaux (1).

(1) Voir le Profil géologique de Paris à Brest, avec courte Notice explicative, publié par MM. MILLE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, THORÉ, Ingénieur ordinaire, sur les indications de M. TRIGER (Années 1863-1864).

En résumé, a nouvelle ligne de Paris (Invalides) à Versailles a entamé, soit directement pour l'établissement de la voie, soit pour les constructions annexes et les travaux accessoires, *toutes les assises géologiques des Environs immédiats de Paris*, depuis la « Craie de Meudon » jusqu'aux Calcaires et « Meulières de Beauce », et les formations quaternaires et récentes. Le grand Tunnel, principalement, a fourni des renseignements nouveaux : absence du « Saint-Ouen » et des « Sables de Monceau » sous les Bois de Meudon, développement des formations lagunaires et saumâtres du Bartonien inférieur et moyen, réduction d'épaisseur des Gypses ludiens; enfin, confirmation des relations étroites qui existent entre le relief topographique extérieur et les reliefs profonds ou « topographie souterraine ».

Nous devons, en terminant, remercier M. Rabut, Ingénieur en chef et professeur à l'École des Ponts et Chaussées (1), qui a construit cette nouvelle ligne, pour les facilités qu'il a bien voulu nous faire accorder, et les nombreux documents qu'il a mis à notre disposition. Nous adressons également nos remerciements à M. Miguet, Ingénieur de la Construction, chargé des « Bifurcations de Viroflay ».

Nous ne devons pas oublier ses collaborateurs : MM. Boutaud, Dutrey-Lassus, Lefèvre, Maillard, Meyer et Morel, chefs de section; M. Rubé, chef de bureau.

La planche II est une réduction du Profil en long, géologique, de la ligne de Paris-Invalides à Versailles, dans sa partie la plus intéressante, c'est-à-dire de la plaine d'Issy-les-Moulineaux à Viroflay.

---

## M. COSSMANN

Ingénieur chef des Services techniques du Chemin de fer du Nord.

# OBSERVATIONS SUR QUELQUES COQUILLES CRÉTACIQUES RECUEILLIES EN FRANCE

[546.44]

5e ARTICLE

---

*— Séance du 11 août —*

Actæonella olivæformis, Meissonnier, *in coll. (Pl. III, fig. 1).*

1896. — *A. olivæformis*, Cossm. *Essais de Paléoc. comp.*, II, p. 166.

Taille au-dessous de la moyenne; forme olivoïde, peu ventrue, complètement involvée, atténuée aux deux extrémités; surface entièrement lisse. Ouverture étroite, à bords parallèles, à peine élargie du côté antérieur où elle est un peu

(1) Attaché à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest en qualité « d'Ingénieur principal du Service de la Construction ».

versante; labre mince, à peu près vertical sur toute sa hauteur, rétrocurrent vers la suture; bord columellaire un peu calleux, muni en avant de trois plis épais, rapprochés, parallèles et un peu obliques; bourrelet basal bien limité, circonscrivant le contour supérieur de l'ouverture.

*Dimensions.* — Hauteur : 19 millimètres; diamètre : 9 millimètres.

*Rapports et différences.* — On peut comparer cette espèce avec *A. lævis* Sow. (*non* d'Orb.); elle est beaucoup moins étroite, moins térébelliforme et plus cylindracée; elle n'a pas le galbe conique en arrière comme *A. Grossouvrei* (= *A. lævis* d'Orb., d'Uchaux). Quant à *A. crassa* Duj., c'est une forme plus ovale et plus arquée au milieu, de même que *A. involuta* Cossm. qui est d'ailleurs plus grand et plus allongé que *A. olivæformis*.

Lorsque j'ai cité cette espèce dans la seconde livraison de mes *Essais de Paléoconchologie comparée*, aussi bien que dans la communication faite au Congrès de Carthage de l'Association française, j'ignorais qu'elle n'avait jamais été régulièrement publiée par son auteur qui s'était borné à lui donner ce nom dans diverses collections. J'ai donc cru utile de combler cette lacune en la décrivant et en la faisant figurer d'après un assez bon échantillon dont la spire paraît accidentellement tronquée au sommet.

*Localité.* — Sainte-Croix (Ariège), coll. Michalet. — Garumnien.

ACTÆONELLA (*Trochactæon*) CONOIDEA (Mathéron) (*Pl. III, fig. 8 et 13-14*).

1842. — *Mitra conoidea*, Math. *Cat. méth.*, p. 253, pl. XL, fig. 19-20.

Taille moyenne; forme biconique à l'instar de *Conus;* spire courte, pointue ou même mucronée au sommet, à galbe extraconique, c'est-à-dire à profil excavé; environ six tours étroits, séparés par des sutures linéaires que borde en dessus un bourrelet limité par une strie, avec de fins plis curvilignes d'accroissement. Dernier tour très grand, anguleux à la périphérie inférieure, à profil à peine incurvé, sauf à la base. Ouverture étroite, à bords parallèles; labre rétrocurrent à la suture; trois plis serrés et parallèles à la partie antérieure de la columelle.

*Dimensions.* — Longueur : 26 millimètres; diamètre : 10 à 12 millimètres.

*Rapports et différences.* — Bien que Mathéron ait décrit cette espèce dans le Genre *Mitra*, il n'est pas douteux que c'est bien l'*Actæonella* dont j'ai cru utile de donner une diagnose rectifiée : il indique bien que c'est à Figuières qu'on la trouve, « associée à *Hippurites organisans* et à un grand nombre de fossiles crétacés ». Parmi les fossiles de Gosau, on peut la comparer à *A. voluta* qui a la spire plus longue et plus conique, ou à *A. glandiformis* qui a un galbe beaucoup plus ovale. L'espèce cénomanienne de Belgique (*A. belgica* Cossm. = *A. conica* Briart et C., *non* Zekeli) est plus cylindrique que celle du Turonien des Bouches-du-Rhône; enfin l'espèce du Barrémien d'Orgon (*A. Boutillieri*) est beaucoup plus étroite, plus ovoïde, dépourvue de carène à la partie inférieure du dernier tour.

*Localités.* — Figuières (Bouches-du-Rhône); néotypes (*Pl. III, fig. 13-14*), ma coll. — Coniacien. Saint-Cyr (Var); plésiotype (*Pl. III, fig. 8*), ma coll. — Mornasien (1). Très répandue.

(1) D'après le *Traité de Géologie* de M. de Lapparent, la dénomination « Mornasien » équivaudrait à la base du Coniacien, c'est-à-dire que ce serait déjà le Sénonien inférieur, et non plus le Turonien, comme je l'indiquais précédemment.

ERIPTYCHA OVOIDES, Cossm. *(Pl. III, fig. 2-3).*

1898. — *Assoc. franç.*, Congr. de Nantes, p. 1, pl. II, fig. 14-15.

*Observations.* — M. Michalet m'a communiqué un échantillon de cette espèce, beaucoup mieux conservé que ceux qui m'ont antérieurement servi de types pour l'établissement de cette espèce; j'en profite pour en donner de nouvelles figures et pour compléter, sur quelques points, la diagnose primitive. Ainsi le dernier tour, dont la surface n'est pas trop usée, montre la trace de quinze à dix-huit sillons spiraux, finement ponctués, régulièrement écartés, très peu profonds, ce qui explique leur rapide disparition par suite de l'usure du test; ils se prolongent, du côté antérieur, sur la base, jusqu'au bourrelet qui circonscrit le contour supérieur, en reliant les deux bords opposés de l'ouverture. Les tubercules internes du labre sont épais et arrondis; on en distingue principalement trois, très saillants en avant, les deux autres sont plus petits et peu visibles en arrière.

Cet échantillon ne mesure que 15 millimètres de hauteur, sur 10 millimètres de diamètre; il est donc un peu plus petit que le type primitif, mais ses proportions sont à peu près identiques.

Il n'y a rien à ajouter aux indications précédemment données pour distinguer cette espèce de ses congénères; il est bien certain, d'ailleurs, que ce n'est pas un *Ringinella*, à cause des tubercules qui existent à l'intérieur du labre, et à cause de la disposition de son unique pli columellaire. *Cinulia* et *Oligoptycha* sont plus globuleux et n'ont pas le labre tuberculeux. Il y a donc lieu de maintenir le classement proposé de cette espèce dans le Genre *Eriptycha* Meek., et de constater que l'existence de *E. ovoides* dans le Coniacien inférieur de la Provence est un lien géographique fort intéressant entre les individus d'*E. decurtata* du Tyrol et ceux attribués à la même espèce dans l'Aude.

*Localité.* — Saint-Cyr, dans le Var; néotype *(Pl. III, fig. 2-3)*, coll. Michalet. — Mornasien.

RINGICULA VERNEUILI, d'Arch. *(Pl. III, fig. 6-7).*

1854. — *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2e sér., t. XI, p. 218, pl. IV, fig. 3.

*Observations.* — L'échantillon que j'ai fait figurer sous ce nom répond bien à la figure et à la diagnose données par d'Archiac, dans son *Étude géologique sur les environs de Bains-de-Rennes*, et provient bien de la même couche, si ce n'est exactement du même gisement. Comme la description en a été très bien faite, avec tous les caractères de la coquille, et que les trois figures du *Bulletin de la Société géologique* sont, d'autre part, très soignées, je n'aurais eu aucun motif pour publier de nouveau l'espèce en question, si elle ne se trouvait en compagnie d'une autre forme que j'ai cru nécessaire de séparer, comme on le verra ci-après; dans ces conditions, pour mieux préciser les caractères distinctifs, il m'a paru indispensable de reprendre ceux de l'espèce déjà connue, et de bien insister sur ceux qui prouvent qu'il ne s'agit pas là d'un cas de déformation accidentelle.

Je rappelle donc que *R. Verneuili* est caractérisé : par sa forme étroite et élancée; par son dernier tour relativement court et peu ventru, qui, vu de dos, n'atteint pas les trois cinquièmes de la hauteur totale; par son bourrelet labial, épais et saillant, sur lequel se prolongent les stries ponctuées de la surface, entre ses plis d'accroissement, et qui dépasse un peu la suture jusqu'au milieu de l'avant-dernier tour; par les fines crénelures qui garnissent le labre à l'inté-

rieur; par ses deux plis columellaires antérieurs, très divergents, et par la faible saillie de la callosité pariétale.

Conformément à l'opinion émise par d'Archiac, cette espèce appartient bien, par tous ces caractères, au groupe typique du Genre *Ringicula*, et doit être classée dans le voisinage de *R. ringens*, du Lutétien et du Bartonien.

*Localité.* — Sougraigne (Aude); néotype, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

RINGICULA *(Ringiculella)* GROSSOUVREI, *nov. sp. (Pl. III, fig. 9-10).*

Taille petite; forme globuleuse; spire assez courte, quoique pointue au sommet; cinq tours un peu convexes, dont la hauteur n'atteint pas la moitié de la largeur, bordés d'une étroite rampe en gradin au-dessus de la suture, ornés de quatre stries spirales, régulièrement écartées. Dernier tour ventru, très grand, dépassant les quatre cinquièmes de la hauteur quand on le mesure de face, et les deux tiers, du côté du dos, obtusément orné d'une douzaine de sillons spiraux et ponctués. Ouverture très étroite et encombrée par les saillies des bords opposés, poofondément échancrée à la base; labre à peu près vertical, garni d'un épais et large bourrelet externe, plissé par les accroissements et portant la trace des sillons spiraux, se prolongeant sur la spire jusqu'au tour antépénultième, largement épaissi à l'intérieur où il paraît lisse et seulement un peu sinueux en arrière: plis collumellaires saillants; callosité pariétale très proéminente avec un contrefort longitudinal.

*Dimensions.* — Longueur : $5^{mm}$ 1/2; diamètre : 4 millimètres.

*Rapports et différences.* — Il est impossible d'admettre que cette coquille soit une variété ou une déformation de l'espèce précédente; outre que ses proportions sont tout à fait différentes, et que son bourrelet labial envahit beaucoup plus la spire, son ouverture, qui est bien celle du Sous-Genre *Ringiculella*, l'écarte absolument de *R. Verneuili*, qui est un *Ringicula s. s.* : en effet, le rebord interne du labre n'est pas crénelé et porte l'échancrure sinueuse interne qu'on observe chez la plupart des espèces de ce groupe; en outre, quoique l'ouverture soit incomplètement dégagée, on distingue bien la plication caractéristique des espèces faluniennes de ce groupe, et notamment le contrefort longitudinal qui contribue à grossir démesurément la callosité pariétale.

*Localité.* — Sougraigne (Aude); type unique *(Pl. III, fig. 9 10)*, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

RINGICULA *(Ringiculella)* MICHALETI, *nov. sp. (Pl. III, fig. 4-5).*

Taille très petite, forme ovoïdo-conique, un peu ventrue; spire pointue, peu allongée; protoconque hétérostrophe, en crosse; quatre tours à peine convexes, dont la hauteur n'atteint pas la moitié de la largeur, séparés par des sutures linéaires, paraissant lisses à cause de l'usure du test. Dernier tour presque égal aux trois quarts de la hauteur totale quand on le mesure de face, médiocrement ventru, ovale à la base, sur laquelle on distingue des stries spirales, assez rapprochées. Ouverture très étroite en arrière, dilatée en avant, échancrée à la base par une entaille profonde sur le bourrelet qui circonscrit le contour supérieur; labre presque vertical, bordé à l'extérieur par un bourrelet arrondi et étroit, gonflé mais lisse à l'intérieur où il est un peu plus mince en arrière; deux plis

columellaires saillants et divergents en avant; callosité pariétale formant une côte longitudinale.

*Dimensions.* — Longueur : 4 millimètres; diamètre : 2$^{mm}$ 1/2.

*Rapports et différences.* — Quoique cette espèce ressemble plus, par son galbe et ses proportions, à *R. Verneuili* qu'à *R. Grossouvrei*, c'est à ce dernier qu'elle doit être comparée, parce que c'est bien un *Ringiculella*, caractérisé par l'absence de crénelures à l'intérieur du labre, par la saillie longitudinale de la callosité pariétale, et par l'étendue du bourrelet labial qui se prolonge jusqu'à la suture du tour antépénultième; toutefois, elle se distingue de *R. Grossouvrei* par sa forme bien moins globuleuse, par sa spire plus pointue, par ses stries plus serrées à la base, par son bourrelet moins large et moins plissé, moins prolongé en arrière, par sa callosité moindre, etc.

*Localité.* — Saint-Cyr (Var); type unique *(Pl. III, fig. 4-5)*, ma coll. (recueilli par (M. Michalet). — Mornasien.

ACTÆONINA *(Ovactæonina)* CORBARICENSIS, *nov. sp. (Pl. III, fig. 11-12).*

Taille moyenne; forme étroite et fusoïde; spire assez allongée et étagée; environ huit tours presque plans, dont la hauteur n'atteint pas le tiers de la largeur, bordés à la suture par une étroite rampe arrondie, ornés de fines stries spirales. Dernier tour égal aux deux tiers de la hauteur totale, cylindracé, ovale à la base, entièrement sillonné. Ouverture étroite en arrière, dilatée en avant.

*Dimensions.* — Longueur : 15 millimètres; diamètre : 5 millimètres.

*Rapports et différences.* — Quoique cette coquille ne soit pas dans un bon état de conservation et que le test en ait à peu près disparu, il me paraît intéressant de la décrire, parce que c'est la première espèce d'*Ovactæonina* qu'on puisse signaler, d'une manière à peu près certaine, dans le Crétacé supérieur de l'Europe; j'ai cité, il est vrai, dans la première livraison de mes *Essais de Paléoconchologie comparée* (p. 62), deux espèces de l'Inde décrites par Stoliczka *(A. obesa* et *columnaris)*; mais leur galbe est bien différent de la forme étroite et élancée de notre coquille, qui ressemble complètement, sauf les stries de sa surface, à une réduction d'*Actæonina acuta*. On trouve, dans le Portlandien du Boulonnais, une espèce d'*Ovactæonina (Tornatilla exilis* de Lor. *non* Jeffreys, = *Ovact. hypermeces*, Cossm, 1895) qui a presque le galbe d'*Ovact. corbaricensis*, mais qui s'en distingue par sa petite taille et par son dernier tour encore moins allongé; *Act. æquipartita* Cossm, du Bathonien, a aussi les mêmes proportions que l'espèce santonienne des Corbières, mais s'en distingue par l'absence de stries spirales. Les autres espèces crétaciques, actuellement connues, n'ont ni la forme, ni l'ornementation de notre coquille.

*Localités.* — Sougraigne (Aude); unique, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

MESORHYTIS CRENATA, *nov. sp. (Pl. III, fig. 15-16).*

Taille moyenne; forme fusoïde, biconique; spire peu allongée, étagée, à galbe conique; protoconque lisse, polygyrée; environ dix tours, dont la hauteur atteint ou dépasse le tiers de la largeur, anguleux en arrière, bordés à la suture, crénelés par douze à quatorze costules courtes sur la région au-dessus de l'angle, interrompues sur la rampe postérieure, et traversées par dix filets spiraux et

subgranuleux, plus épais que leurs interstices, plus fins et plus serrés sur la rampe, jusqu'au bourrelet sutural qui est finement plissé. Dernier tour grand, atténué à la base, probablement orné comme la région antérieure des précédents, montrant sur la partie inférieure du bord columellaire quatre forts plis taillés et peu obliques, séparés par des rainures un peu plus larges.

*Dimensions.* — Longueur de l'échantillon incomplet : 24 millimètres. Diamètre moyen : 8 millimètres.

*Rapports et différences.* — Cette espèce a une réelle analogie avec la coquille que Zekeli a nommée *Fasciolaria spinosa;* mais elle s'en distingue par sa spire notablement plus courte, par ses tours plus étroits, par ses crénelures beaucoup plus serrées, par ses filets spiraux plus nombreux, par sa rampe moins déclive entre l'angle et le bourrelet sutural, mais paraissant dépourvue des plis d'accroissement curvilignes qui caractérisent l'autre espèce. L'une et l'autre appartiennent d'ailleurs, par leurs plis columellaires au même Genre; bien entendu, ce ne sont pas des *Fasciolaria,* dont les plis ont une autre position sur la columelle, mais vraisemblement, des *Mesorhytis,* quoique leur ornementation étagée s'écarte un peu de celle du type de ce Genre, et en particulier, de celle de *Mitra cancellata* qui en est le plésiotype européen. Si nous possédions l'ouverture intacte de ces formes scalospirées, nous pourrions décider si elles font partie d'une Section distincte; mais, dans l'état de conservation où elles sont toutes deux, il est plus prudent de s'abstenir.

*Localités.* — Saint-Cyr (Var), type *(Pl. IV, fig. 15-16)*; plésiotype plus intact ma coll. (recueillis par M. Michalet).

### Mesorhytis distensa, *nov. sp.* (*Pl. III, fig. 18-19*).

Taille grande ; forme étroite, élancée ; spire longue, étagée en gradins ; huit à dix tours croissant rapidement, dont la hauteur atteint les deux tiers de la largeur, anguleux vers le tiers inférieur, avec une rampe déclive au-dessus de la suture; surface ornée de quatre cordons spiraux sur la région plane au-dessus de l'angle, et de côtes droites, médiocrement saillantes et écartées. Dernier tour supérieur aux deux tiers de la hauteur totale, aplati sur les flancs, atténué à la base, sur laquelle s'enroulent obliquement les cordons et cessent les côtes, terminé en avant par un canal long, rectiligne et étroit. Columelle portant, à la partie inférieure, quatre plis obliques et rapprochés.

*Dimensions.* — Longueur: 85 millimètres; diamètre: 20 millimètres.

*Rapports et différences.* — Cette coquille ressemble à *Fasciol. spinosa* Zek., de la Craie de Gosau ; toutefois, elle a le galbe plus scaliforme, la spire plus détendue et plus étroite ; en outre, bien que son ornementation ne soit obtusément apparente que sur l'un des quatre échantillons que nous en connaissons, il semble que le treillis ne forme pas des mailles épineuses, comme chez l'autre espèce, et qu'il y a au moins un cordon de plus sur les tours qui sont d'ailleurs plus élevés, munis d'une rampe plus resserrée. Ces deux formes, ainsi que la précédente, appartiennent à un groupe de *Mesorhytis,* qui ne se rattache à l'espèce-type que par la plication columellaire, et par la rectitude du canal, à peu près intact chez l'un de nos spécimens qui s'est malheureusement brisé en deux entre nos mains.

*Localité.* — Sougraigne (Aude); types *(Pl. III. fig. 18-19),* ma coll. ; deux autres échantillons, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

CRYPTORHYTIS DUMORTIERI (d'Arch.) (*Pl. III. fig. 17*).

1854. — *Fusus Dumortieri*, d'Arch. *Loc. cit*, p. 222, pl. V., fig. 3.

*Observations.* — La figure publiée par d'Archiac, dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, représente une coquille fusoïde et plissée, avec un bourrelet crénelé à la suture, et dont le canal siphonal, médiocrement allongé, a un peu l'aspect de *Siphonalia*. Cette restauration doit être inexacte ou fondée sur l'examen d'échantillons déformés : en effet, les individus que nous rapportons à cette espèce ont le canal parfaitement rectiligne, et l'on aperçoit, sur la columelle, la trace de plis un peu saillants et obliques. Les plissements axiaux de la surface des tours ne sont pas toujours visibles, eu égard à l'état d'usure de la plupart des spécimens ; cependant, on en distingue la trace, et ils ne paraissent pas avoir été treillissés par une ornementation spirale, ce qui correspond bien à la diagnose originale. D'autre part, la spire est moins longue, moins étagée, et le galbe est moins distendu que chez *Mesorhytis distensa*, de sorte qu'il n'est pas admissible que ce soit un individu roulé de cette dernière espèce, qui a d'ailleurs les tours plus anguleux.

*Localité.* — Sougraigne (Aude) ; néotype (*Pl. III. fig. 17*), ma coll. ; sept autres individus, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

CRYPTORHYTIS LEYMERIEI (d'Arch.) (*Pl. III. fig. 20-21*).

1854. — *Fusus Leymeriei*, d'Arch. *Loc. cit.* p. 222, pl. V., fig. 2.

*Rapports et différences.* — Cette espèce est extrêmement voisine de la précédente, et il me paraît surprenant que d'Archiac ne les ait pas comparées : elle s'y rattache complètement par ses plis axiaux, serrés et presque droits, formant un bourrelet crénelé au-dessus de la suture ; mais son galbe est plus étroit et sa spire est plus allongée. Je ne vois, sur la columelle, aucune trace de plis, et d'ailleurs l'auteur n'en a point fait mention dans sa diagnose ; cependant, il n'est pas douteux que *C. Leymeriei* appartient bien au même Genre que *C. Dumortieri* ; il faut aussi tenir compte de ce que, dans ce Genre *Cryptorhytis*, les plis ne sont visibles à l'entrée de l'ouverture que quand celle-ci est incomplète et qu'il manque environ un demi-tour à la coquille ; autrement, on n'en aperçoit guère que la trace. Au point de vue de l'ornementation, il est intéressant de noter que ces deux *Cryptorhytis* ressemblent plus au type de *Mesorhytis* que les deux espèces précédemment décrites dans ce dernier Genre, qui avaient précisément l'aspect extérieur de *Cryptorhytis* : ce chassé-croisé des caractères extérieurs et de la saillie des plis columellaires ne laisse pas que de jeter quelque incertitude dans la détermination générique de toutes ces espèces.

*Localité.* — Sougraigne (Aude) ; néotypes (*Pl. III, fig. 20-21*), coll. Cossmann ; coll. de Grossouvre ; trois individus. — Santonien inférieur.

CRYPTORHYTIS SUBRENAUXIANUS (d'Arch.) (*Pl. III, fig. 22 et 25*).

1854. — *Fusus subrenauxianus* d'Arch., *Loc. cit.*, p. 225, pl. V., fig. 10.

*Observations.* — D'Archiac n'a figuré, comme type de cette espèce, qu'un fragment tellement informe que l'interprétation en est tout à fait incertaine ; cependant, je crois que l'on peut y rapporter quelques échantillons moins incomplets, dépourvus de leur ornementation superficielle, mais reconnaissables à leurs grosses côtes axiales, saillantes et écartées, ne se succédant pas d'un

tour à l'autre, et paraissant croisées par des cordons spiraux dont on n'aperçoit que la trace très effacée. D'après la figure publiée par d'Archiac, la partie inférieure de chaque tour serait munie d'une rampe un peu excavée, au-dessus de laquelle chaque côte formerait une saillie noduleuse ou même subcarénée; sur nos individus, les côtes continuent jusqu'à la suture, de sorte que la rampe est moins marquée, mais elles produisent néanmoins une saillie courbée qui a pu être exagérée par le dessinateur, eu égard au mauvais état de conservation du modèle. Le canal antérieur n'est intact sur aucun de nos cinq échantillons; toutefois, on peut se rendre compte qu'il devait être rectiligne et assez long. Les plis columellaires ne sont visibles sur aucun de ces individus. La spire est longue, composée d'environ huit tours convexes et assez élevés.

*Rapports et différences.* — Le nom de cette espèce a été heureusement choisi, car elle ressemble, en effet, beaucoup à *Fusus renauxianus* d'Orb., qui est le type du Genre *Cryptorhytis* Meek. Toutefois, elle est plus étroite et plus élancée et ses côtes sont plus écartées. D'Archiac a donc été bien inspiré en la séparant d'instinct, pour ainsi dire. Elle appartient d'ailleurs à un niveau beaucoup plus élevé.

*Localité.* — Sougraigne (Aude); néotypes (*Pl. III, fig. 22 et 25*), ma coll.; coll. de Grossouvre; cinq individus. — Santonien inférieur.

TRITONIDEA (*Cantharulus*) LORICATA (Zekeli) (*Pl. III, fig. 23-24 et 26*).

1852. *Tritonium loricatum*, Zek. Gastr. Gosau. p. 82, pl XV, fig. 3.
1853. — — Reuss. Krit. Bemerk, p. 912.
? 1844. *Fusus Haimei*, d'Arch. *Loc. cit.* pp. 224-225, pl. V, fig. 7, 8, 10.
1865. *Murex? loricatus*, Stol. Revis. Gastr. Gosau., p. 183.

Taille au-dessous de la moyenne, forme un peu ventrue; spire assez courte; six à huit tours convexes, ornés de côtes axiales crénelées par cinq cordons transverses. Dernier tour égal aux deux tiers de la hauteur totale, ovoïde, atténué à la base, sur laquelle s'effacent peu à peu les côtes, et persistent les cordons. Ouverture étroite, en forme de pépin, terminée en avant par un canal très court et infléchi; bord columellaire un peu excavé, non plissé, mais portant la trace de l'enroulement des cordons de la surface.

*Dimensions.* — Longueur : 16 millimètres; diamètre : 8 millimètres.

*Observations.* — Bien que cette intéressante coquille ne soit représentée que par cinq individus mal conservés, ne montrant que ça et là des traces de l'ornementation caractéristique, je n'hésite pas à la rapporter à l'espèce de Gosau, décrite par Zekeli, dont elle a exactement les proportions et les côtes crénelées; cet auteur indique, dans le texte, que les bords de l'ouverture sont intérieurement dentés, mais la figure représente une columelle lisse et un labre mutilé, sans apparence de dents internes. Il compare d'ailleurs *Trit. loricatum* et *Trit gosauicum*, que j'ai classé dans la section *Cantharulus* Meek (Essais Pal. comp. IV, p. 172); je crois que *T. loricatum* appartient bien à cette Section, plutôt qu'au Genre *Triton*, car il n'y a pas de varices, et le canal est seulement infléchi, comme dans les *Tritonidea*, desquels dépend *Cantharulus*. Quant au classement, de *T. loricatum* dans le genre Murex, Stoliczka ne l'a lui-même proposé qu'avec un point de doute.

*Rapports et différences.* — Peut-être est-ce cette espèce que d'Archiac a voulu désigner sous le nom *Fusus Haimei* qui, dans ce cas, devrait céder la priorité

à la dénomination antérieure de Zekeli ; cependant, les figures qu'il en donne montrent des individus à côtes plus écartées et plus tranchantes, non crénelées, et les cordons spiraux paraissent beaucoup plus fins, peut-être parce que cet auteur n'a pas eu de bons spécimens à sa disposition ; j'ai cru devoir faire ce rapprochement, parce qu'il s'agit de coquilles qui ne sont pas rares dans le Santonien de l'Aude.

*Localité.* — Sougraigne (Aude) ; néotypes *(Pl. III, fig. 23-25 et 26)*. ma coll. ; coll. de Grossouvre ; cinq individus. — Santonien inférieur.

### Rostellaria ? plicata, Sow. (*Pl. IV, fig. 7*).

1831. *R. plicata*, Sow. *Trans. Geol. Soc.* II, Ser. 3. Pl. XXXVIII, fig. 22.
1842. *Chemnitzia pailleteana* d'Orb. Pal. fr. crét. II, p. 69, pl. CLV, fig. 19.
1850. *Chemnitzia pailletteana* d'Orb. Prod. II, 22 ét. p. 218, n° 148.
1852. *R. plicata*, Zek. Gastr. Gosau. p. 68, pl. XII, fig. 9-10.
1852. *R. depressa*, Zek. id. p. 69, pl. XIII, fig. 2 (var.).
1853. *R. plicata*, Reuss. Krit. Bemerk, p. 906.
1865. *R. plicata*, Stoliczka. Revis. Gastr. Gosau., p. 168.

Taille très grande, spire conique, subulée ; douze à quinze tours plans, dont la hauteur atteint la moitié de la largeur, non étagés, séparés par des sutures linéaires, ornés de larges plis curvilignes d'accroissement, que séparent de simples stries axiales, et qui se terminent par une crénelure pincée au-dessus de la suture. Dernier tour arqué à la périphérie de la base, qui est convexe, et sur laquelle se prolongent seulement des stries sinueuses, jusqu'à la naissance du canal qui fait défaut sur tous les échantillons connus. Ouverture ovale et anguleuse en arrière ; labre mince, excavé.

*Dimensions.* — Longeur, non compris le canal : 90 millimètres ; diamètre : 30 millimètres.

*Rapports et différences.* — Quoique Zekeli ait séparé *R. depressa* de *R. plicata*, parce qu'il n'a qu'une rangée suturale de crénelures, Reuss n'hésite pas à réunir les deux formes, la seconde à titre de variété de la première, par le motif que les crénelures intermédiaires de *R. plicata* n'existent même pas chez tous les échantillons figurés par Sowerby. Stoliczka a émis exactement la même opinion dans sa Revision des Gastropodes de Gosau, en insistant sur ce que l'absence d'une rangée antérieure de costules ne peut être considérée comme un motif suffisant pour séparer les deux espèces. Notre individu des Bains-de-Rennes, ainsi que *Chemnitzia Pailletteana* décrit par d'Orbigny, se rapprochent beaucoup plus, par leur galbe plus étroit, de *R. plicata* que de la figure de *R. depressa*, bien qu'ils se rattachent à cette variété par leur unique rang de crénelures. Il semble résulter de là que c'est une espèce variable à cause de son extension géographique et stratigraphique, et qu'il serait excessif d'y distinguer plusieurs espèces. Pourtant, si l'on constate ultérieurement que ces différences sont constantes. on pourra réserver aux individus de l'Aude le nom *Pailletteana* ; seulement c'est un Rostellidé, d'Orbigny ayant été induit en erreur par la brisure de l'extrémité antérieure de l'ouverture.

*Localités.* — Bains-de-Rennes, plésiotype unique *(Pl. IV, fig. 7)*, coll. de Grossouvre. — Coniacien inférieur. Soulage (*fide* d'Orbigny).

PALÆATRACTUS HARPULARIUS, *nov.* sp. *(Pl. III, fig. 27-28).*

Taille moyenne ; forme globuleuse, ovoïde ; spire très courte ; tours un peu convexes, séparés par des sutures rainurées et crénelées, ornés de plis axiaux et serrés. Dernier tour formant presque toute la coquille, ovale et ventru, avec environ 24 plis pincés et presque verticaux, qui s'atténuent sur la partie antérieure et excavée de la base ; canal court, infléchi, mi-échancré à son extrémité. Ouverture assez étroite, un peu dilatée au milieu ; labre à peu près vertical, légèrement sinueux en arrière ; columelle arquée, réfléchie en avant, dépourvue de plis.

*Dimensions.* — Longueur probable : 21 millimètres ; diamètre restauré, abstraction faite de l'écrasement : 13 millimètres.

*Rapports et différences.* — Bien que l'échantillon dont il s'agit soit dans un état de conservation tout à fait médiocre, et que le test fasse défaut, je n'hésite pas à le rapporter au Genre *Palæatractus* Gabb, à cause de son galbe général et de son canal très court, faiblement tordu. La surface extérieure ne paraît pas avoir été ornée de cordons spiraux ; cependant il est possible que le test en portait et que ces cordons, plus superficiels que les plis, aient disparu sur le moule. Ainsi que je l'ai fait remarquer dans la quatrième livraison de mes Essais (p. 82), on doit probablement rapporter aussi à ce Genre *Voluta rhomboidalis* Zekeli, de Gosau, bien que la figure indique un canal droit ; mais cette espèce se distingue de la nôtre par sa spire plus longue, par ses plis axiaux moins saillants, et par l'existence de cordons spiraux ; en outre, ses sutures ne semblent pas garnies d'un bourrelet crénelé par les plis.

*Localité.* — Sougraigne (Aude) ; type unique *(Pl. III, fig. 27-28)*, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

POTAMIDES FURCATUS (Zekeli) *(Pl. IV, fig. 1-3).*

1852. *Cerithium furcatum*, Zek. Gastr. Gosau., p. 94, pl. XVII, fig. 1.
1853. — Reuss. Krit. Bemerk., p. 917.
1865. — Stoliczka. Revis. Gastr. Gosau., p. 196.

Forme conique, assez trapue ; spire pointue ; tours convexes, subimbriqués, ornés de trois rangées spirales de tubercules aigus, qui se relient dans le sens axial par des chaînettes souvent bifurquées sur le dernier tour ; varices irrégulières marquant les arrêts de l'accroissement du péristome.

*Dimensions.* — Largeur probable : 27 millimètres ; diamètre à la base : 11 millimètres.

*Rapports et différences.* — Cette espèce est évidemment très voisine de *Pot. cingillatus* Zek. que j'ai signalé dans le Mornasien de Saint-Cyr *(Assoc. franç.*, Congrès de Carthage, 1896, p. 10, *Pl. II, fig. 25)* ; elle a les mêmes proportions et à peu près la même ornementation ; comme Zekeli a multiplié exagérément le nombre des *Cerithidæ* du gisement de Gosau, j'aurais donc rapporté la coquille de l'Aude à la même espèce que celle du Var, suivant en cela l'exemple de Stoliczka qui a fondu ensemble presque toutes les espèces proposées par Zekeli, si je n'avais observé, entre les individus de nos deux gisements, une réelle différence qui paraît constante.

Sur les individus du Var que j'ai nommés *P. cingillatus*, on remarque que les rangées principales de tubercules du dernier tour sont séparés par des

cordonnets de perles plus fins; tandis que chez les échantillons de Sougraigne, ces cordonnets intercalaires semblent faire défaut, et sont remplacés par les chaînettes axiales et bifurquées. Est-ce à cette bifurcation que l'espèce doit le nom que Zekeli lui a donné? Je n'oserais l'affirmer, car la figure de son ouvrage ne représente pas ce caractère et montre, au contraire, des cordonnets intercalaires, tandis que le texte n'en fait pas mention et que la description répondrait mieux à la liaison axiale des tubercules entre eux.

*Localité.* — Sougraigne, plésiotype *(Pl. IV, fig. 1-3)*, ma coll.; assez fréquent, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

### Potamides acuminatus (Zekeli) *(Pl. IV, fig. 4)*.

1852. *Cerithium acuminatum*, Zek. Gastr. Gosau., p. 94, pl. XVII, fig. 2.

*Rapports et différences.* — Contrairement à l'opinion de Stoliczka, qui réunit cette variété, ainsi que six autres, à *Cer. furcatum*, je conserve *Pot. acuminatus* comme espèce distincte, à cause de sa forme beaucoup plus acuminée, à cause de ses tours plus convexes, et de l'absence de chainettes axiales reliant les tubercules entre les rangées spirales. Dans ces intervalles, on distingue, au contraire, trois ou quatre filets spiraux très serrés, qui remplacent l'unique cordonnet granuleux de *Pot. cingillatus*. Il est bien certain que Zekeli a séparé un nombre d'espèces beaucoup trop grand; mais il faut se garder de tomber dans l'excès opposé et de réunir entre elles des formes qui présentent des caractères bien distincts; le seul embarras que l'on éprouve consiste à choisir dans la quantité des noms proposés par Zekeli, celui qui convient le mieux à chaque variété, attendu que cet auteur n'a précisément pas indiqué ces caractères distinctifs.

*Localité.* — Sougraigne (Aube), plésiotype *(Pl. IV, fig. 4)*, ma coll.; coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

### Potamides reticosus (Sowerby) *(Pl. IV, fig. 5-6)*.

1831. *Cerithium reticosum*, Sow. *Trans. Geol. Soc.* III, pl. XXXIX, fig. 17.
1831. *Cerithium pustulosum*, Sow. *Ibid*, fig. 19.
1852. *C. reticosum* et *C. pustulosum*, Zek. Gast. Gosau., pp. 99 et 100, pl. XIX, fig. 1-5.
1853. *C. reticosum*. Reuss. Krit. Bemerk., p. 918.
1865. — Stoliczka. Revis. Gastr. Gosau., p. 200.

*Rapports et différences.* — Cette coquille, ainsi que *C. pustulosum* qui représente les individus roulés, s'écarte des deux précédentes par ses quatre rangées spirales de tubercules, par sa base arrondie sur laquelle les rangées se multiplient et s'égalisent entre elles, ainsi que je l'ai constaté sur mes échantillons du gisement de Gosau; ce dernier caractère, fort important, n'a précisément été reproduit sur aucune des figures de l'Atlas de Zekeli.

De même que les deux précédentes et que *P. cingillatus*, cette espèce porte des varices aplaties et doit probablement appartenir au Genre *Potamides*, quoique l'ouverture, qui seule pourrait nous éclairer sur ce point, soit invariablement incomplète.

*Localités.* — Sougraigne (Aude), plésiotype *(Pl. IV, fig. 5-6)*, ma coll.; rare avec le test, Moulin Tiffau, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

Saint-Cyr (Var), un fragment douteux, ma coll. — Mornasien.

POTAMIDES DISTINCTUS (Zekeli) *(Pl. IV, fig. 10)*.

1832. *Cerithium distinctum*, Zek. Gastr. Gosau, p. 100, pl. XIX, fig. 6.

*Rapports et différences.* — Pour séparer cette espèce de *P. reticosus*, il suffit de remarquer que ses quatre rangées spirales de tubercules s'enchaînent d'une manière continue, et qu'elles ne forment, dans le sens axial, que des côtes peu saillantes ; quoiqu'elles soient très serrées, elles portent encore, dans leurs interstices, sur les derniers tours surtout, un cordonnet intermédiaire et lisse; les sutures sont peu visibles, simplement marquées par la saillie un peu plus grande des rangées qui les encadrent.

*Localité.* — Sougraigne (Aude), plésiotype *(Pl. IV, fig. 10)*, ma coll. ; deux autres fragments, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

CERITHIUM HYPERACRUM, nov. sp. *(Pl. IV, fig. 8-9)*.

Taille assez petite ; forme auriculée, très étroite ; spire longue, pointue au sommet ; quinze à vingt tours, peu convexes, séparés par des sutures que borde un petit bourrelet saillant et crénelé, ornés, outre ce bourrelet, de deux autres rangées spirales de perles très serrées.

*Dimensions.* — Longueur probable : 25 millimètres ; diamètre : $4^{mm}$ 1/2.

*Rapports et différences.* — Bien que les échantillons de cette espèce soient dans un très médiocre état de conservation, qu'on n'en connaisse pas l'ouverture ni même le dernier tour, je crois utile de la signaler, car elle est assez répandue au Val-d'Aren, près de Beausset. Elle me paraît différente de toutes les formes décrites dans l'ouvrage de Zekeli, à cause de sa forme aciculée, comparable à celle de *C. Cureti*, qui s'en distingue d'ailleurs par son ornementation tout à fait différente et par ses tours anguleux. Il existe, dans l'Aude, un *Cerithium* décrit par d'Archiac sous le nom *Barrandei*, qui possède aussi un bourrelet perlé à la suture, et deux autres rangs de granulations ; mais son angle spiral ne paraît pas aussi aigu, et d'ailleurs ses granulations sont beaucoup moins serrées.

*Localité.* — Val-d'Aren, près le Beausset (Var) ; types *(Pl. IV, fig. 8-9)*, coll. Cossmann, recueillis par M. Michalet. — Coniacien.

CERITHIUM ? CLIMACOPHORUM, *nov. sp. (Pl. IV, fig. 13)*.

Taille assez petite; forme de tarière conique; spire peu allongée; environ douze tours, formés d'une carène tranchante et spirale, au milieu de leur hauteur qui n'atteint pas le quart de leur largeur, séparés par des sutures linéaires, au fond de la gorge formée par les rampes supracarinale et infracarinale de deux tours consécutifs; surface de la rampe supérieure, munie de trois cordonnets spiraux; surface de la rampe inférieure, lisse ou obtusément sillonnée.

*Dimensions.* — Longueur : 10 millimètres; diamètre : 6 millimètres.

*Rapports et différences.* — Cette espèce a tout à fait le galbe de *C. tectum* d'Orb., du Gault, décrit et figuré dans la *Paléontologie française* ; il n'est rien moins que certain que ce soit un *Cerithium*, attendu que le dernier tour est tout à fait mutilé et qu'on ne peut y reconnaître la moindre apparence de canal siphonal, comme en porte l'individu albien, figuré par d'Orbigny. Il y a cependant une columelle, qui est même peut-être ombiliquée dans l'âge; de sorte

que l'on ne peut admettre que ce corps singulier soit assimilable à ceux que l'on rencontre fréquemment dans le Lutétien, et que Fischier a désignés comme étant l'opercule probable de *Solarium (Climacopoma) patulum*, par analogie à l'opercule conique et quasi-spiré du Genre *Torellia*.

Parmi les formes de *Cerithidæ* qui sont carénées spiralement, on peut encore citer *Potamides trochlearis* de l'Oligocène parisien ; mais, dans ce dernier, les carènes lisses sont le résultat du dépouillement graduel de carènes granuleuses, reliées entre elles par des plis axiaux : ce n'est plus la même phylogénie que l'unique carène tranchante et spirale comme une vis, qui caractérise *Cerithium tectum* et notre nouvelle espèce; ils appartiennent évidemment à un groupe distinct, qu'il faudra séparer, quand on en connaîtra l'ouverture.

*Localité.* — Sougraigne (Aude), unique *(Pl. IV, fig. 13)*, coll. de Grossouvre.

### Campanile Grossouvrei, *nov. sp. (Pl. IV, fig. 21).*

Taille grande pour un *Cerithidæ*; forme conique, un peu trapue; spire très allongée; tours nombreux dont la hauteur égale le tiers de la largeur, à profil excavé au milieu entre deux saillies inégales, séparés par des sutures peu profondes, presque saillantes; ornementation variable selon l'âge de la coquille composée : sous la suture antérieure, d'une arête d'abord festonnée, puis perlée, enfin lisse; d'un cordonnet spiral, peu proéminent sur la région excavée; d'un gros cordon ou ruban inférieur, portant au-dessus de la suture des nodosités aplaties et tranchantes sur leur contour inférieur. Dernier tour peu élevé, déprimé à la base; un cordon spiral à l'intérieur, sur la région pariétale.

*Dimensions.* — Longueur probable : 100 millimètres; diamètre : 30 millimètres.

*Observations.* — Il est peut-être téméraire de fonder une espèce sur trois fragments de spire, dépourvus d'ouverture, et dont l'ornementation polymorphe n'est pas absolument identique, attendu qu'ils appartiennent à trois époques consécutives du développement de la coquille. Cependant c'est une forme d'une taille relativement grande, qui mérite d'être signalée, et qui me paraît devoir être classée dans le Genre *Campanile*, à cause du caractère de son ornementation variable avec l'âge, et de son pli pariétal.

*Rapports et différences.* — D'Archiac a décrit, dans son étude sur les environs de Bains-de-Rennes, un *Cerith. Barrandei*, qui est d'une taille assez grande, mais beaucoup plus étroit, et dont l'ornementation, au-dessus de la rangée inférieure des nodosités, ne comporte que des plis axiaux sinueux, et perlés; il n'est pas possible de comparer ces plis aux arêtes spirales de notre espèce; le galbe des tours est d'ailleurs tout différent chez les deux coquilles. Dans ces conditions, je ne puis réellement supposer qu'en publiant *C. Barrandei*, d'Archiac ait voulu désigner des fragments, même restaurés de ce *Campanile*.

*Localité.* — Sougraigne (Aude) ; type *(Pl. IV, fig. 21)*, ma coll. ; coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

### Turritella Bauga, d'Orb. *(Pl. IV, fig. 11-12).*

1842. *T. Bauga* d'Orb. *Pal. fr. t. crét.* II, p. 45, pl. CLII, fig. 3-4.
1849. — *Prod.* II, 22 ét., p. 217, n° 113.

*Observations.* — Les échantillons de la Provence ressemblent exactement à la figure publiée dans la *Paléontologie française* pour cette espèce. Comme le niveau

est à peu près le même, puisque le Mornasien correspond au Coniacien inférieur, plutôt qu'au Turonien, je crois qu'il s'agit bien de la même espèce, quoique les échantillons que je possède du type de Cognac soient à l'état de moule, ne montrant par conséquent que des tours convexes et imbriqués, sans aucune trace d'ornementation. Au contraire, les individus de Provence, bien qu'à l'état de fragments, ont conservé leur test, les tours sont plans et ils montrent bien les sept côtes spirales — trois fois plus fortes en avant, croisées par des accroissements sinueux, avec des granulations à l'intersection — qui caractérisent *T. Bauga*, d'après la diagnose et la figure de la *Paléontologie française*. La périphérie de la base du dernier tour est arrondie, bien que les sutures des tours précédents soient subcanaliculées, et la base est ornée de cordons concentriques.

*Rapports et différences* — Par ses tours plans, cette espèce s'écarte de celle du même gisement, que nous avons précédemment décrite sous le nom de *T. medio-excavata*, et qui est d'ailleurs caractérisé par ses cordons spiraux et par ses accroissements beaucoup plus serrés. Dans le *Prodrome*, d'Orbigny cite au Beausset *T. nodosa Rœmer*, et lui attribue comme synonyme *T. funiculosa* Math., qui est une espèce de Turonien de Martigues, à tours plans il est vrai, mais à sutures bordées par un bourrelet saillant; or, d'après les figures de la monographie d'Aix-la-Chapelle, par M. Holzapfel, ainsi que d'après les échantillons que je possède de Battice, en Belgique, *T. nodosa* est une espèce assez trapue, qui n'a jamais plus de cinq côtes spirales, écartées, et plus noduleuses en arrière qu'en avant, c'est-à-dire précisément le contraire de ce que l'on observe chez *T. Bauga*. D'ailleurs, *T. nodosa* caractérise un niveau bien plus élevé que celui dont il s'agit en Provence. Je crois donc que l'interprétation de d'Orbigny est doublement erronée, c'est-à-dire que l'espèce du Beausset n'est pas du tout celle de l'Allemagne du Nord, pas plus que celle de Martigues, et que cette dernière doit conserver le nom *funiculosa*.

*Localités.* — Saint-Cyr (Var), plésiotype *(Pl. IV, fig. 11)*, ma coll., recueilli par M. Michalet. Figuières (Bouches-du-Rhône), plésiotype *(Pl. II, fig. 12)*, ma coll. — Mornasien, ou Coniacien inférieur.

### Turritella varusensis, *nov. sp. (Pl. IV, fig. 25).*

Taille moyenne; forme turriculée, assez étroite; spire longue; tours convexes, dont la hauteur égale les deux tiers de la largeur, déprimés en arrière vers les sutures qui sont linéaires et bordées d'un étroit bourrelet; ornementation composée de six cordons spiraux principaux, entre lesquels s'intercalent des cordonnets moitié moins saillants; on ne distingue que de fines stries d'accroissement, arquées et sinueuses au milieu, qui ne produisent pas de nodosités ni de granulations appréciables à l'intersection des cordons spiraux.

*Dimensions.* — Longueur probable : 55 millimètres; diamètre : 12 millimètres.

*Rapports et différences.* — Il existe, au Beausset et dans les environs, une Turritelle assez fréquente, que nous avions d'abord confondue avec *T. marticensis* Math., de la « craie chloritée » de Martigues (Bouches-du-Rhône); cette dernière espèce n'est représentée que par un fragment, figuré *(Pl. XXXIX, fig. 16)*, dans l'ouvrage de Mathéron : c'est un moule interne qui porte cinq cordonnets spiraux, les deux inférieurs granuleux; l'individu que nous possédons de Martigues, et qui est un moule lisse, avec six tours convexes, paraît d'ailleurs avoir un angle spiral plus ouvert et des sutures plus obliques que la Turritelle du Beausset. Enfin, Mathéron a expressément indiqué que son espèce provient d'un

niveau qu'il assimile à celui d'Uchaux, c'est-à-dire au Turonien, bien au-dessous, par conséquent, du Coniacien du Beausset. C'est pour tous ces motifs que nous avons proposé une nouvelle dénomination pour cette coquille.

On peut la comparer à *T. sexlineata*, de l'Europe du Nord, qui a une forme plus trapue, des tours moins convexes et plusieurs stries spirales intermédiaires, au lieu d'un seul cordonnet intercalaire; *T. multilineata* Mull. y ressemble davantage par ses tours convexes, mais s'en écarte par le nombre de ses cordons spiraux. Parmi les espèces de Gosau, figurées par Zekeli, on ne peut guère la rapprocher que de *T. convexiuiscula* Zek., qui a presque le même galbe, mais dont les cordonnets, tous égaux entre eux et serrés, sont au nombre de neuf.

*Localités.* — Fontainieu, près le Beausset (Var), type *(Pl. IV, fig. 25)*, ma coll. Le Beausset, le Castellet (Var), coll. Michalet. — Coniacien.

### Turritella Fittoni Munst, *(Pl. IV, fig. 24)*.

1896. — *Assoc. franç.*, Congr. de Carthage, p. 14, pl. II, fig. 6.
1898. — *Assoc. franç.*, Congr. de Nantes, p. 4, pl. II, fig. 19 *(voir synon. antér.)*.

*Observations.* — En constatant l'existence de cette espèce dans l'Aude, je suis amené à reprendre les citations que j'en ai faites, d'abord dans le gisement du Val-d'Aren, près du Beausset, puis dans celui de Saint-Cyr (Var), à un niveau un peu plus bas. L'échantillon de cette dernière localité est plus grand que ceux du Beausset et l'on pourrait croire que c'est une espèce différente, surtout parce que j'ai omis de rappeler, la seconde fois, ma première description. En réalité, il s'agit bien de la même espèce dans les deux gisements du Var, et c'est encore elle qu'on recueille assez abondamment à Sougraigne, dans l'Aude, où elle n'est guère mieux conservée qu'en Provence; néanmoins, on reconnaît bien le galbe des tours excavés aux sutures, et leur ornementation composée de quatre cordons spiraux, granuleux quand la surface est fraîche, avec des stries beaucoup plus fines dans les intervalles. Quand la coquille devient adulte, les rampes suturales des derniers tours de spire s'atténuent un peu, de sorte que l'aspect et le profil ne sont pas tout à fait semblables à ceux des premiers tours; c'est précisément ce qui a lieu pour l'échantillon de Saint-Cyr, comparé à ceux du Beausset; mais l'examen attentif d'un grand nombre d'individus de l'Aude me permet actuellement d'affirmer que ces différences apparentes sont uniquement dues à l'âge de la coquille.

Il est intéressant de remarquer l'extension géographique de cette espèce qui a vécu dans le Turonien supérieur du Tyrol, dans le Coniacien inférieur et supérieur de la Provence, et enfin dans le Santonien inférieur de l'Aude; de sorte qu'on peut dire que sa migration dans l'espace et dans le temps a été régulièrement de l'Est à l'Ouest sur une bande méridionale. Je ne sache pas qu'elle ait été retrouvée plus haut ni plus à l'Ouest, ni enfin dans l'Europe septentrionale.

*Localité.* — Sougraigne (Aude); plésiotype *(Pl. IV fig. 24)*, ma coll. (recueilli par M. de Grossouvre). — Santonien inférieur.

### Turritella proteiformis, *nov. sp. (Pl. IV, fig. 14 16)*.

Taille moyenne; forme turriculée, peu étroite; tours non convexes, dont la hauteur égale les deux tiers de la largeur, carénés en avant au-dessous de la suture qui est linéaire, excavés au milieu sous la carène, bombés en arrrière, au-dessus de la suture; ornementation très variable : la forme typique porte

six cordons principaux, inégaux; l'antérieur, au-dessus de la carène, est perlé, obsolète; les deux cordons de la région excavée sont perlés, plus ou moins saillants, souvent entremêlés de filets plus fins; enfin le cordon inférieur est généralement dédoublé, croisé par des plis d'accroissement obliques et antécurrents, parfois très saillants et un peu écartés; chez quelques individus à tours presque plans, la carène antérieure est tranchante et lisse, tandis que les autres cordons perlés tendent à s'égaliser ; il y a, au contraire, des échantillons dont la carène n'est pas plus saillante que le cordon infrasutural, de sorte que le galbe des tours se compose d'une excavation entre deux bourrelets arrondis et bifuniculés.

*Dimensions.* — Longueur probable : 50 millimètres; largeur : 12 millimètres.

*Rapports et différences.* — Cette coquille variable ressemble à plusieurs espèces extrêmement différentes : elle se distingue de *T. Fittoni* par sa carène antérieure, par ses tours excavés, non canaliculés aux sutures; si on la rapproche de *T. medioexcavata*, on trouve que son ornementation est beaucoup moins fine, et que sa carène antérieure n'existe pas dans l'espèce de la Provence. La figure que Zekeli a publiée de *T. Eichwaldi* Goldf. a aussi beaucoup d'analogie avec notre espèce; mais, outre que le nombre des cordons n'est pas le même, l'espèce allemande a une seconde carène bien marquée en arrière, et les plis d'accroissement n'y sont pas indiqués. Nous avions d'abord rapporté *T. proteiformis* à *T. disjuncta* Zek.; mais il a fallu renoncer à ce rapprochement, parce que l'espèce de Gosau a les tours convexes entre deux bourrelets saillants. Les granulations ne sont pas indiquées sur la figure, qui représente probablement un individu roulé.

*Localité.*— Sougraigne (Aude); type *(Pl. IV, fig. 16)*, ma coll.; variété à tours plans *(Pl. IV fig. 14)*; coll. de Grossouvre; variété peu carénée *(Pl. IV, fig. 15)*, ma coll. — Santonien inférieur.

### Turritella (?) Peroni, *nov. sp. (Pl. IV, fig. 17).*

Taille petite; forme cérithiale, peu étroite; spire pointue, turriculée, non étagée; douze à quinze tours convexes en arrières, carénés et un peu excavés en avant, dont la hauteur atteint les deux tiers de la largeur, séparés par des sutures linéaires; ornementation composée de cinq cordons spiraux outre la carène antérieure, croisés par des costules subnoduleuses sur la région convexe de chaque tour, avec de fines stries d'accroissement très sinueuses. Dernier tour presque égal au tiers de la hauteur totale, muni d'une carène très tranchante à la périphérie de la base qui est plane, munie d'un cordon scaliforme près de la carène périphérique, et de fines stries concentriques, jusqu'à un cordon subgranuleux, qui circonscrit une dépression ombilicale non perforée, à demi recouverte par le bord columellaire. Ouverture subquadrangulaire, un peu resserrée vers le tiers antérieur.

*Dimensions.* — Largeur : 12 ou 13 millimètres; diamètre : 4 millimètres.

*Rapports et différences.* — Cette intéressante coquille est très voisine de *T. microrhaphium* Cossm. (Congrès de Carthage) et elle appartient évidemment au même groupe, probablement différent des véritables Turritelles, à cause de sa base subombiliquée et de ses costules subnoduleuses. Toutefois *T. Peroni* se distingue de *T. microrhaphium* par sa forme beaucoup moins étroite et moins aciculée, par son dernier tour moins court, par ses nodosités plus saillantes,

situées sur des tours moins élevés. En tout cas, l'ouverture n'est pas assez intacte pour que nous puissions caractériser un nouveau Genre ou un nouveau Sous-Genre.

*Localité.* — Sougraigne (Aude); unique *(Pl. IV, fig. 17)*, coll. de Grossouvre. — Santonien inférieur.

### Turritella Michaleti, *nov. sp. (Pl. IV, fig. 22-23).*

Taille petite; forme assez étroite, térébroïde; spire longue, pointue; tours nombreux, très convexes et arrondis, dont la hauteur égale les trois cinquièmes de la largeur, séparés par des sutures obliques et profondes; ornementation composée de cinq cordons spiraux principaux, peu saillants, non granuleux, entre lesquels s'intercalent un ou quelquefois deux filets plus obsolètes; dans le sens axial, on ne distingue que des stries d'accroissement sinueuses et très fines, quelquefois plissées vers la suture inférieure.

*Dimensions.* — Longueur probable : 30 millimètres; diamètre : 7 millimètres.

*Rapports et différences.* — Cette espèce, généralement à l'état de fragments incomplets, est néanmoins intéressante à cause de son faciès en tarière; on la confondait jusqu'ici avec *T. sexcincta* Goldf. ; du moins d'Orbigny, dans le *Prodrome*, indique la présence de cette dernière espèce au Beausset, ce qui m'avait paru très peu certain, à cause de la grande différence stratigraphique entre le niveau de cette localité et celui d'Aix-la-Chapelle, d'où provient l'espèce de Goldfuss. Or, dans sa *Monographie sur les fossiles d'Aix-la-Chapelle*, M. Holzapfel a démontré que *T. sexcincta* est synonyme de *T. sexlineata* Rœm.; les figures qu'il donne des individus recueillis dans ces gisements montrent une coquille à tours beaucoup moins convexes et à sutures moins obliques que celles de nos échantillons, avec six cordons plus saillants, sans filets intermédiaires. Je ne parle pas de l'angle spiral, attendu que M. Holzapfel constate précisément que sa variabilité a dû induire Goldfuss et Rœmer à décrire la même coquille sous deux noms différents. Quoi qu'il en soit, il est bien évident qu'on se trouve ici en présence d'une forme absolument distincte, et qu'il convient de lui attribuer un nom nouveau. *T. convexiuscula*, de Gosau, a les tours moins convexes, avec plus de filets spiraux.

*Localité.* — Fontainieu, près le Beausset (Var); types *(Pl. IV, fig. 22-23)*, ma coll.; peu rare avec le test, mais généralement mutilée. — Coniacien.

### Glauconia provincialis (d'Orb.) *(Pl. IV, fig. 18-20).*

1850. — *Turr. provincialis*, d'Orb. *Prod.* II, 22 ét., p. 217, n° 116.
1850. — *Turr. excavata*, d'Orb., *Prod.* II, 22 ét., p. 217, n° 117.

Taille au-dessous de la moyenne; forme ventrue, à galbe conique, quoique conoïdal vers le sommet; huit à dix tours plans, dont la hauteur égale la moitié de la largeur, séparés par des sutures peu profondes, subcanaliculées, d'abord ornés de quatre côtes spirales et lisses, dont deux persistent de part et d'autre de la suture sur les derniers tours en se chargeant de nodosités oblongues, tandis que les côtes médianes se dédoublent en diminuant de saillie, de sorte que l'aspect des derniers tours est une région médiane excavée entre deux côtes spirales. Dernier tour égal au tiers de la hauteur totale, bicaréné à la périphérie de la base qui est un peu convexe, ornée de trois rangées concentriques de

granulations jusqu'à la région ombilicale, en partie masquée par la callosité columellaire.

*Dimensions.* — Hauteur : 35 millimètres; diamètre : 18 millimètres.

*Observations.* — Suivant l'exemple donné par M. von Zittel, nous adoptons, comme Fischer, le nom générique *Glauconia* Gibeel (1852), à la place d'*Omphalia* Zek., parce que ce dernier nom avait été employé par Haan, en 1825. Quant à *Cassiope*, Coquand ne l'a proposé qu'en 1865. Ce sont des *Turritellidæ* trapus, souvent pupoïdes, dimorphes dans leur ornementation, et caractérisés par la sinuosité basale du labre; mais il est bien difficile d'observer ce caractère, à cause de l'état toujours défectueux de l'ouverture : on ne le devine que par les stries d'accroissement.

*Rapports et différences.* — C'est avec raison que d'Orbigny a séparé cette espèce, avec cette diagnose de deux lignes : espèce voisine de *T. coquandiana*, plus petite, mais avec quatre côtes au lieu de trois; seulement, il n'a ainsi désigné que les premiers tours, tandis que *T. excavata* représente les derniers; sur les mêmes individus, nous avons constaté ce dimorphisme, de sorte qu'il n'y a pas lieu d'adopter deux noms distincts. Les nombreuses espèces décrites par Zekeli, et depuis réduites à quatre types environ par Reuss et surtout par Stoliczka, diffèrent de l'espèce de Provence par le nombre de leurs cordons spiraux.

*Localité.* — Le Beausset (Var); types *(Pl. IV, fig. 18-20)*, ma coll.; peu rare (recueillis par M. Michalet). — Coniacien.

## LÉGENDE DES PLANCHES

*Planche III.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fig. | 1. — Actæonella olivæformis, Meiss., grandeur naturelle. . . . . | Sainte-Croix. . . | *Gar.* |
| — | 2-3. — Eriptycha ovoides, Cossm., grossi 1 fois et demie. . . . . | Saint Cyr . . . . | *Morn.* |
| — | 4-5. — Ringicula *(Ringiculella)* Michaleti, Cossm., grossi 5 fois . . . . . | — . . . . | — |
| — | 6-7. — Ringicula Verneuili, d'Arch., grossi 5 fois. . . . . | Sougraigne . . . | *Sant.* |
| — | 8. — Actæonella *(Trochactæon)* conoidea (Math.), grossi 1 fois et demie. . | Saint-Cyr . . . . | *Morn.* |
| — | 9-10. — Ringicula *(Ringiculella)* Grossouvrei, Cossm., grossi 5 fois. . . . | Sougraigne . . . | *Sant.* |
| — | 11-12. — Actæonina *(Ovactæonina)* corbaricensis, Cossm., grossi 1 fois 1/2. | — . . . | *Sant.* |
| — | 13-14. — Actæonella *(Trochactæon)* conoidea (Math.), grandeur naturelle . . . | Figuières . . . . | *Coniac.* |
| — | 15-16. — Mesorhytis crenata, Cossm., grandeur naturelle. . . . . | Saint-Cyr . . . . | *Morn.* |
| — | 17. — Cryptorhytis Dumortieri (d'Arch.), grandeur naturelle. . . . . | Sougraigne . . . | *Sant.* |
| — | 18-19. — Mesorhytis distensa, Cossm., grandeur naturelle. . . . . | — . . . . | — |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fig. 20-21. — Cryptorhytis Leymeriei (d'Arch.), grossi 1 fois et demie. . . . . | Sougraigne . . . | *Sant.* |
| — 22-25. — Cryptorhytis subrenauxiana (d'Arch.), grossi 1 fois et demie . | — . . . | — |
| — 23-24-26. — Tritonidea (*Cantharulus*) loricata (Zek.), grossi 1 fois et demie. | — . . . | — |
| — 27-28. — Palæatractus harpularius, Cossm., grandeur naturelle. . . . . | — . . . | — |

*Planche IV.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fig. 1-3. — Potamides furcatus (Zekeli), grandeur naturelle . . . . . | Sougraigne . . . | Sant. |
| — 4. — Potamides acuminatus (Zekeli), grandeur naturelle. . . . . | — . . . | — |
| — 5-6. — Potamides reticosus (Sow.), grossi 1 fois et demie. . . . . | — . . . | — |
| — 7. — Rostellaria ? plicata, Sow., grandeur naturelle. . . . . | Bains-de-Rennes . | Coniac |
| — 8-9. — Cerithium hyperacrum, Cossm., grossi 2 fois. . . . . | Val d'Aren . . . | — |
| — 10. — Potamides distinctus (Zekeli), grossi 2 fois. . . . . | Sougraigne . . . | Sant. |
| — 11-12. — Turritella Bauga, d'Orb., grandeur naturelle . . . . . | 11. Saint-Cyr . . / 12. Figuières . . | Morn. |
| — 13. — Cerithium climacophorum, Cossm., grossi 2 fois. . . . . | Sougraigne . . . | Sant. |
| — 14-16. — Turritella proteiformis, Cossm., grandeur naturelle. . . . . | — . . . | — |
| — 17. — Turritella Peroni, Cossm., grossi 2 fois. . . . . | — . . . | — |
| — 18-20. — Glauconia provincialis (d'Orb.), grandeur naturelle. . . . . | Le Beausset . . . | Coniac. |
| — 21. — Campanile Grossouvrei, Cossm., grandeur naturelle. . . . . | Sougraigne . . . | Sant. |
| — 22-23. — Turritella Michaleti, Cossm., grossi 1 fois et demie. . . . . | Fontainieu . . . | Coniac. |
| — 24. — Turritella Fittoni, Munst., grandeur naturelle. . . . . | Sougraigne . . . | Sant. |
| — 25. — Turritella varusensis, Cossm., grandeur naturelle. . . . . | Fontainieu . . . | Coniac. |

MM. Émile BELLOC et Charles RABOT

Membres de la Commission française des glaciers.

## LES ÉTUDES GLACIAIRES EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER [551.31]

*— Séance du 11 août —*

Dans tous les pays de haute culture se produit aujourd'hui une renaissance des études glaciaires. Cette renaissance s'est tout d'abord manifestée en Suisse, suscitée par les beaux travaux du professeur F.-A. Forel. En 1880, l'éminent naturaliste de Morges mit le premier en lumière le haut intérêt scientifique des variations de longueur des glaciers. Dans un mémoire qui marque une date capitale dans l'histoire des études glaciaires, il essayait de dégager les lois qui régissent ce phénomène ; en même temps il adressait un chaleureux appel aux alpinistes pour les engager à recueillir des observations sur le régime actuel des glaciers. Cet appel fut entendu par de nombreux touristes et par les Administrations des Forêts fédérale et cantonales. Grâce à ces concours, M. Forel a pu, chaque année, publier dans l'*Annuaire du Club alpin suisse* un rapport indiquant les variations d'un certain nombre de nappes glacées et mettant en lumière des points d'une importance capitale, tels que la périodicité du phénomène et l'historique des crues et décrues des glaciers durant les trois derniers siècles. Les vingt-sept rapports qu'a fait paraître ce savant, soit seul, soit avec la collaboration de feu du Pasquier puis de MM. Muret et Lugeon, constituent une mine de documents de la plus haute valeur.

La production et les modalités du phénomène une fois établies, les naturalistes furent conduits à envisager la question sous une forme plus générale et à se demander si ces variations étaient simplement locales ou, au contraire, affectaient simultanément les glaciers du monde entier.

Pour résoudre ce problème, la mise en observation des glaciers de l'Asie, de l'Afrique, de l'Amérique, et des régions polaires s'imposait. C'est ainsi que, également sur l'initiative du professeur Forel, fut fondée la Commission internationale des glaciers. Cette Commission, composée d'un petit nombre de spécialistes, de deux ou trois pour chaque pays, a été constituée comme annexe du Congrès international de géologie. Chaque année, son président résume dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles* de Genève les résultats des observations faites l'été précédent dans les différentes parties du monde sur le régime des glaciers, et renferme, en outre, des indications bibliographiques très précieuses.

Cette organisation a donné une nouvelle impulsion aux études glaciaires dans presque tous les pays de haute culture intellectuelle. Des académies, des Sociétés de géographie, des clubs alpins, ont fait entreprendre l'étude systématique des phénomènes physiques et géologiques auxquels donnent naissance les glaciers, afin d'arriver à la découverte de la cause de leurs variations. C'est ainsi que, grâce au concours du Club Alpin allemand-autrichien, MM. Finsterwalder et Hess et Blümcke ont publié des monographies très complètes des glaciers de Vernagt et d'Hintereis (Tyrol) accompagnées de cartes au 10.000e et ont institué sur ces nappes des expériences fécondes. En même temps d'autres travaux techniques ont été entrepris sur différents courants des Alpes Orientales. Enfin le Club Alpin allemand-autrichien a fait placer devant la plupart des glaciers du Tyrol des repères permettant de mesurer la valeur de leur recul ou de leur progrès. Un catalogue indiquant la position de tous ces repères a été imprimé et distribué par les soins de cette Société, de telle sorte que les touristes, simplement en passant devant le front d'un glacier, peuvent recueillir d'utiles indications. A ces œuvres scientifiques le Club Alpin allemand-autrichien a consacré depuis quatre ans une somme de vingt mille francs.

De son côté, l'État-Major autrichien a exécuté, également au 10.000e, la carte du Karls Eisfeld (Dachstein), le glacier le plus oriental des Alpes. Pareil travail avait déjà été effectué en 1888, 1868 et 1840, de telle sorte qu'il est possible de suivre, sur des documents absolument précis, l'évolution de ce glacier depuis plus de soixante ans.

En Suède, la Société de Géographie de Stockholm et la Société des Touristes ont fait entreprendre le lever à grande échelle et l'étude des massifs glacés de la Laponie par MM. Gavelin, Westman et Hamberg. Deux très belles monographies ont fait connaître les résultats de ces recherches.

En Suisse, depuis vingt-sept ans, le Bureau fédéral topographique et le Club Alpin suisse effectuent des mensurations précises sur le glacier du Rhône qui permettent de suivre les variations de son volume et l'activité de ses facteurs d'alimentation et d'ablation.

Dans l'Empire russe, par les soins de la Société impériale de Géographie de Saint-Pétersbourg, les glaciers de l'Altaï et du Caucase ont été mis en observation.

Aux États-Unis, de très utiles explorations glaciaires ont été exécutées dans l'Alaska, par les membres du *Geological Survey*, notamment par M. H. Fielding Reid.

Enfin, au Gröenland, des études ont été poursuivies par des officiers de marine et des naturalistes danois, et, au Spitsberg par le baron de Geer et le professeur Nathorst.

Ce mouvement, si fécond à l'étranger, ne s'est guère manifesté jusqu'ici en France, et la morphologie des glaciers, comme leur régime, demeure à

peu près complètement inconnue dans la plus grande partie de notre territoire. Pour la Tarantaise et pour la Maurienne, l'absence de documents est complète; sur les manifestations de l'activité glaciaire dans cette partie de la Savoie notre ignorance est absolue. Nous ne connaissons même pas la limite inférieure climatique des neiges persistantes au sud du Mont-Blanc. Sur les glaciers de la France, il n'a été publié dans ces dernières années que trois mémoires.

En 1901, M. Joseph Vallot a fait connaître le résultat de mensurations systématiques poursuivies pendant dix ans sur la Mer de glace de Chamonix. Ce beau mémoire constitue la plus importante œuvre de glaciologie exécutée en France depuis longtemps et peut être comparée aux plus beaux travaux étrangers. La longue suite des observations faites par M. Joseph Vallot apporte une contribution capitale à la dynamique glaciaire.

En 1890, un service d'observations des variations de longueur des glaciers a été institué dans les Alpes, comme dans les Pyrénées, par le prince Roland Bonaparte. Le résultat de ces observations a fait l'objet de deux mémoires publiés dans les *Annuaires du Club Alpin*. Également par les soins du prince R. Bonaparte, les contours de plusieurs glaciers du Dauphiné et de la Savoie ont été relevés pendant plusieurs années de suite. Ces levers sont demeurés inédits, et depuis 1892 aucune observation sur le régime des glaciers de la Savoie et des Pyrénées n'a été publiée.

D'autre part, M. Kilian, avec le concours de la Société des Touristes du Dauphiné, a mis en observation depuis 1890 un certain nombre de glaciers du Pelvoux. Son enquête, poursuivie pendant dix ans, a fourni pour ce massif un ensemble de documents très intéressants. Elle a été publiée dans un superbe volume, grâce à la libéralité éclairée de l'Association française pour l'avancement des Sciences. En accordant une généreuse subvention à M. Kilian et à la Société des Touristes, l'Association française a justifié une fois de plus son titre et permis aux glaciairistes français de présenter une œuvre importante à leurs confrères de la Commission internationale réunis, à Paris, en 1900.

En présence de ces efforts individuels si fructueux, un groupe de glaciairistes a pris l'initiative de fonder, dans le sein du Club Alpin français et avec le concours de la Société des Touristes du Dauphiné, une Commission française des glaciers. Cette Commission, composée uniquement de spécialistes, se propose de recueillir des observations sur le régime des glaciers de la région française et de publier chaque année un rapport faisant connaître les résultats de son enquête; en outre, elle a le projet de faire entreprendre une étude des glaciers de la région française, de dresser le catalogue de ces appareils, d'en établir les dimensions morphométriques, enfin de poursuivre l'étude des phénomènes auxquels ils donnent naissance.

Fondée le 1er juillet 1901, la Commission des glaciers a immédiatement commencé ses travaux.

Grace à la générosité du prince Roland Bonaparte, M. Kilian a pu continuer, en 1901, ses observations sur les glaciers du Pelvoux. Le résumé de son enquête sur le régime de ces courants durant l'année dernière est publié dans les Annuaires du Club Alpin français et de la Société des Touristes du Dauphiné.

En second lieu, la libéralité de notre président, le prince R. Bonaparte, a permis d'instituer un concours qui sera clos le 1er janvier 1903. Un prix de trois cents francs sera décerné à l'auteur de la meilleure étude de glaciologie présentée jusqu'à cette date à la Commission.

Enfin, toujours grâce à une subvention du prince R. Bonaparte, une mission a été confiée, pendant l'été 1902, à M. Paul Girardin, agrégé d'histoire et de géographie, à l'effet d'étudier les glaciers de la haute Maurienne et des Grandes-Rousses (Dauphiné).

La Commission des glaciers fait appel au concours de tous pour développer ses études, pour augmenter le nombre des observations, enfin pour lui permettre d'entreprendre l'étude scientifique des régions glacées de la France.

---

## M. David MARTIN

Conservateur du Musée de Gap.

---

### APERÇU SUR QUELQUES FAITS NOUVEAUX OU PEU CONNUS RELATIFS A LA PÉRIODE GLACIAIRE [551.31]

*— Séance du 11 août —*

#### I. — Apparition des premiers glaciers sur les Alpes de la Durance.

D'après des faits précis, les glaciers n'auraient pris pied, sur les Alpes de la Durance, que bien longtemps après la surrection définitive du massif.

Ces deux grands phénomènes paraissent, en effet, être nettement séparés par les quatre phases suivantes :

*Première phase* de remarquable tranquillité avec climat doux et humide, marquée, en basse Durance, par d'importants dépôts de tuf reposant sur le thalweg et paraissant descendre au-dessous du niveau de la rivière : *les Borys, Meyrargues, Peyrolles, Jouques, Saint-Paul.*

Les tufs de Meyrargues ont fourni, à de Saporta, dix-huit espèces végétales, dont plusieurs ont émigré, les unes sur les hauteurs (framboisier), d'autres vers le Midi (laurier des Canaries). Les soixante espèces de mollusques que nous y avons recueillis donnent des indications analogues. La haute antiquité de ces tufs est d'ailleurs attestée, non seulement par leurs fossiles, mais encore par leur relation avec les dépôts de la phase suivante.

*Deuxième phase* caractérisée par le dépôt de deux niveaux d'alluvions duranciennes dites *Deckenschotter*, et par le creusement final de la vallée principale.

*Lambeaux du premier niveau :* Rampes de Mont-Genèvre, les Égaux, Serres, Bellevue, Volonne, Devançon, Lauris, Mérindol, Mallemort. Ce niveau repose sur les tufs des Borys.

*Lambeaux du deuxième niveau*, inférieurs aux précédents de 30 à 50 mètres : Corréo, Mison (les Rouvières), Peyruis, La Brillanne, Sainte-Tulle, Pertuis, la Crau de Miramas.

Ce niveau repose sur les tufs de Meyrargues ; son dépôt fut suivi, en haute Durance, de formidables érosions qui excavèrent la vallée de 530 mètres et plus au méridien de Gap.

*Troisième phase* également à climat doux et humide ; elle est marquée, en haute Durance, par les tufs à faune et à flore pléistocènes de la gare de *Château-Arnoux*, *des Dorats*, etc., que recouvrent les terrains et dépôts glaciaires.

*Quatrième phase* ou nouvelle ère d'activité torrentielle marquée par la basse terrasse et se continuant par la grande invasion glaciaire.

### II. — Il existe deux types distincts de moraines profondes.

1° *Un type caillouteux d'aspect torrentiel.* Il appartient exclusivement aux massifs granitiques ou siliceux : vallées du Pelvoux, la Grave, Vallouise, Valgodemar, etc. Les moraines, soit actuelles, soit anciennes de ces vallées, se composent de galets et de sables et ne sauraient être distinguées des dépôts torrentiels ; l'argile y fait complètement défaut et les galets striés y sont très exceptionnels.

2° *Un type argileux à galets striés*, c'est le glaciaire typique des auteurs. Il est spécial aux vallées schisteuses ou calcaires : Queyras, Ubaye, Orcières, le Dévoluy, la Salette, etc.

Sur les vallées à glaciers complexes, les oscillations transversales produites par les différences considérables dans l'alimentation des divers affluents déterminaient des phénomènes de chevauchement et d'interstratification des moraines profondes, soit caillouteuses, soit argileuses, qu'on a, à tort, croyons-nous, attribués à une série de glaciations.

### III. — Terrasses adventives.

D'autres phénomènes ont déterminé sur les bords des glaciers, et à des niveaux très variables, la formation de *terrasses étagées*.

Ces terrasses se trouvent toujours à l'aval des hautes et étroites vallées alpines. Sur les basses croupes émergées du glacier, les eaux de ruissellement provoquaient la formation de torrents impétueux qui descendaient vers le thalweg occupé par le glacier. Ces torrents suivaient alors les rives du glacier, et comme ils perdaient ainsi de leur pente, ils édifiaient sur ses bords des terrasses plus ou moins étendues, mais après avoir, tout d'abord, remblayé, d'assises inclinées, les dépressions du sol et même les crevasses riveraines qu'ils rencontraient.

Ces nappes torrentielles recouvrent souvent des moraines typiques et parfois aussi elles présentent à leur surface des matériaux glaciaires toujours peu abondants (blocs ou éléments épars) que le glacier y déposa dans ses oscillations.

Nous avions tout d'abord interprété l'existence de ces terrasses par l'hypothèse, si aisée, des interglaciations ; mais de sérieuses et longues recherches nous ont montré ces terrasses *se coinçant, à leur extrémité aval, en pleine formation glaciaire homogène* et d'une seule venue : *Vaumeilh, rive droite du Syriez*, etc.

Ces terrasses se trouvent à tous les niveaux et sont parfois plus élevées que les terrasses pliocènes (Deckenschotter) ; mais elles s'en distinguent aisément par le parfait état de fraîcheur de leurs éléments. Elles se sont formées après le creusement des vallées et méritent donc bien le nom de *terrasses adventives* que nous leur avons donné.

La formation des *terrasses adventives* sur les bords des glaciers rend inutile l'hypothèse des barrages glaciaires de M. Jamieson, ou celle de mouvements orogéniques du sol de M. Spencer pour expliquer l'origine des célèbres *parallel-road* de Glen-Roy, ou celle des terrasses étagées des lacs américains ou des fjords scandinaves.

Les dix-sept terrasses du prétendu lac Agassiz nous paraissent également n'être que des *terrasses adventives* (1).

### IV. — Apparente antiquité des moraines de Mison.

Les moraines de Mison sont considérées, par nos éminents et aimés confrères MM. Kilian et Penck, comme appartenant à une ancienne glaciation (2).

(1) Un examen détaillé de ces terrasses permettrait peut-être d'y démêler de précieuses données chronométriques.

(2) Communication à l'Académie des Sciences, 17 juin 1895.

Elles présentent, en effet, sur de grandes étendues, des caractères d'une haute antiquité résultant de traînées abondantes d'argile rutilante comparable au lehm, et de galets si altérés que les *granitoïdes sont déliquescents*.

Nous avons acquis la preuve certaine que ces caractères de haute antiquité *sont dus à de simples accidents* et qu'ils résultent uniquement de phénomènes de remaniements.

En effet, si on explore minutieusement, depuis Mison jusqu'à Saint-Pui (aval de Sisteron), les terrasses et leur talus, on constate, sur toute cette étendue, l'existence de compartiments à galets altérés et à argile rutilante enclavés dans des dépôts dont les éléments ont toute leur fraîcheur originelle et sans qu'on puisse distinguer la moindre ligne séparative de ces divers gisements.

D'autre part, si l'on suit à l'amont, à partir de la gare de Mison, la moraine des Armands, par le vallon de la Pallue-du-Fraisse jusqu'au delà de la sortie du vallon à Saint-Jacques (situé entre Rourebeau et Upaix), on peut faire les constatations suivantes :

1° La moraine des Armands est une moraine latérale droite qui passe, à Saint-Jacques, tangentiellement à la dernière moraine frontale de Rourebeau (Le Poët). Cette moraine latérale est contemporaine des premières moraines frontales du Poët et elle est la dernière moraine latérale déposée à l'aval de Rourebeau ; elle correspond à l'avant-dernière et vingt-neuvième moraine latérale déposée par le glacier aux environs de Gap.

2° Dans ce parcours, on voit disparaître d'une manière absolue, à la sortie amont du vallon de la Pallue, les galets altérés ; le glacier, en traversant ce vallon, creusé dans les vieilles alluvions, emballait dans sa masse et emportait à l'aval les éléments altérés de ces terrasses de la Deckenschotter.

3° On voit aussi totalement disparaître l'argile rutilante. L'argile rutilante des moraines de Mison, la Silve, etc., ne provient donc pas d'un dépôt de lehm interglaciaire, mais elle était empruntée par remaniement aux collines de Cargneules rutilantes, et argileuses d'Upaix.

## V. — Action ascensionnelle du fond des glacières sur les contre-pentes.

Nombre de glaciéristes ont fait intervenir des mouvements orogéniques pour expliquer la présence de coquilles marines, à divers niveaux, dans les formations glaciaires d'Angleterre ou du Nord de l'Amérique et de l'Europe.

En 1874, M. Bell (1) émit le premier l'idée que les coquilles marines de

(1) G. Dollfus : *Ann. Géol. Univ.* t. IX, p. 309.

Moel-Tryfaen avaient été élevées jusqu'à 1.000 et 1.400 pieds par les glaciers.

La vallée de la Durance présente une dizaine d'exemples très démonstratifs de cette aptitude des glaciers à remonter des matériaux, à plusieurs centaines de mètres, au-dessus de leur gisement.

Ainsi, la branche que le glacier de la Durance projetait dans la vallée de Bréziers rencontrait, au seuil de cette vallée, un gisement de *spilite d'un vert d'herbe* absolument distincte de toutes les roches du bassin amont de la Durance et de Bréziers.

Or, de nombreux fragments de cette roche ont été disséminés, par la hernie glaciaire, sur toute l'étendue de la vallée de Bréziers et du bassin de Turriers qui lui fait suite, jusqu'à plus de 500 mètres au-dessus de leur gisement.

On observe des phénomènes analogues de remontage de roches spéciales dans les vallons latéraux des Trente-Pas, du Merdarel d'Espinasse, de Théus, Remollon, Piégut, Venterol, Urtis, etc.

Les glaciers ont donc pu emporter, jusqu'aux extrêmes limites atteintes par leur front, les matériaux qu'ils avaient emballés dans leur masse en se traînant dans le fond des vallées ou sur les plages marines.

Les divers niveaux de coquilles marines observés dans le glaciaire ne sont donc pas une preuve sérieuse de plusieurs glaciations (huit) comme a voulu l'établir M. Geikie.

## VI. — Éboulis de pente formant crémaillère avec le glaciaire.

Dans le gapençais, les dépôts glaciaires comblent une foule de vallons latéraux et s'élèvent en placage sur les pentes rocheuses qui limitent leur bassin.

Le ruissellement a découpé ces dépôts morainiques en fuseaux jusqu'à la roche en place.

En examinant les talus de ces ravines, quand elles sont établies sur des pentes ensoleillées, on constate, à leur base, de petits amas d'éboulis rubéfiés plaqués contre la roche en place et séparés les uns des autres par des apophyses de la masse morainique qui les recouvre.

La genèse de ces accidents (très nombreux dans les vallons d'Espinasse, de Bréziers, etc.) nous paraît d'interprétation facile.

Le golfe de glace que projetait le glacier durancien dans ces vallons, s'avançait jusqu'aux escarpements rocheux (lias schisto-calcaire se rubéfiant à la surface). Chaque été, il se formait, à la base de ces escarpements et sur le front du golfe de glace, une crevasse au fond de laquelle les eaux pluviales et le vent entraînaient les éboulis des pentes supérieures. A l'au-

tomne la progression glaciaire (1) fermait la crevasse et les matériaux de la moraine profonde s'accumulaient sur la couche d'éboulis. *Le phénomène devait vraisemblablement se reproduire toutes les années.*

Ces petits crans d'éboulis se prolongent peu dans le glaciaire où ils se limitent, presque toujours, à une ligne verticale souvent très définie ; ce qui tend à prouver que le glacier leur faisait équilibre. Seule la nappe d'éboulis de fond se prolonge à près d'un kilomètre.

L'épaisseur de ces brèches rubéfiées varie de quelques centimètres à près d'un mètre.

Sur une des ravines du Merdarel, nous avons compté six crans d'éboulis noyés dans 30 mètres d'épaisseur du glaciaire. Comme chaque cran correspond à une année, l'ensemble du dépôt aurait donc exigé une durée de *cinq années seulement.*

Le haut intérêt que présentent ces particularités mériterait, croyons-nous, le sacrifice de quelques nivellements précis.

## VII. — Évolution du profil transversal des vallées pendant la période glaciaire.

Les glaciers ont dû trouver les hautes vallées encombrées de masses d'éboulis considérables qu'ils ont peu à peu déblayés et entraînés sous eux. sous forme de moraine profonde, jusque dans les régions où, grâce à une pente plus faible et à une température plus douce, ils en formèrent des nappes de comblement qui donnèrent à ces régions un profil en U très accusé.

Quant ils eurent déblayé de ces éboulis leur haute vallée et qu'ils n'avaient plus en moraine profonde que le produit peu abondant du limage de leur lit (2), ils employèrent leur activité, aidés en cela par leur torrent sous-jacent, à éroder leurs dépôts inférieurs ; et ils auraient rendu à leur vallée son profil primitif en V s'ils avaient eu une plus longue durée (3).

C'est ce qui a eu lieu cependant dans la Durance sur tous les points où les terrasses n'ont pas été protégées à l'amont par un seuil rocheux.

Ce déblaiement des vallées n'est pas l'œuvre des érosions postérieures puisque des moraines latérales accompagnent, sur de grandes étendues, les rives de la Durance et du haut Drac et presque au niveau des hautes eaux.

(1) Ces golfes de glace ont très rarement édifié des moraines frontales.

(2) Tous les glaciers actuels ayant leur front sur un escarpement sont dépourvus de moraine profonde : Glacier Blanc, glaciers du Vallon, du Lauzon, de Sirac, etc. Voir d'ailleurs les explorations de M. J. Vallot sous la Mer de Glace *dans les Annales de l'Observatoire du Mont-Blanc.*

(3) Sur 38 vallées glaciaires, 30 ont des profils en V et 8 seulement ont des tronçons en V ou en U.

## VIII. — Topographie morainique.

Pendant que les glaciers modifiaient ainsi leur thalweg ils édifiaient sur leurs bords, au fur et à mesure de leur ablation, une topographie spéciale figurée par des moraines latérales.

Ainsi, dans ses stades de retrait, le glacier de la Durance éleva, aux environs de Gap, trente moraines latérales successives étagées entre les altitudes de 1.650 et de 700 mètres.

De ces trente moraines les deux dernières déposées correspondent seules à des moraines frontales : ce sont les moraines frontales du Poët et celles de la Basse-Tourroude près Gap.

Cette rareté des moraines frontales résulte sans doute de plusieurs causes : absence de moraines superficielles ; oscillations incessantes du front du glacier ; trop grand escarpement des rives empêchant le dépôt, et surtout manque de conditions topographiques capables de favoriser la station.

Cette dernière condition est si importante que toutes les moraines frontales que nous connaissons ont été dues à des dépressions préexistantes (Le Poët, la Basse-Tourroude, Saint-Martin-de-Seyne, etc.), ou à des écrans rocheux capables d'abriter le glacier contre le rayonnement solaire : Montmaur, La Champ-de-Servières, l'Aile-Froide, les Auberts, etc.

## IX. — Concrétionnement des cailloutis sous-glaciatres.

Le concrétionnement des cailloutis a-t-il pu s'opérer parfois sous le glacier jusqu'à permettre à celui-ci de polir et de strier la surface de ses dépôts ?

Nous signalons cette question à la compétence de nos confrères, en nous bornant à faire remarquer que le glacier a eu certainement quelque influence dans le concrétionnement de la surface des poudingues qu'il a ensuite striée et polie comme un miroir à Guillestre, à la Freyssinouse, à Embrun.

La terrasse d'Embrun présentait, encore en 1887, des sillons, des cannelures, des vallonnements merveilleusement polis et striés, tandis que le poudingue demeurait très caverneux à quelques millimètres au-dessous de la partie polie.

Il nous paraît inutile de faire ressortir la gravité des faits que nous avons observés. Ceux que nous signalons ici, sans donner les circonstances multiples qui les accompagnent ou les cas analogues qui pourraient les étayer, paraîtront peut-être peu concluants. Toutefois, par suite du caractère général de quelques-uns, il sera possible à nos confrères d'en contrôler l'exactitude dans nombre de régions.

M. Stanislas MEUNIER
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

## SPÉLÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — ÉTUDE SUR LA REPRODUCTION ARTIFICIELLE DES CAVERNES, DES AVENS ET DES COULOIRS MIS A PROFIT PAR LA CIRCULATION SOUTERRAINE DES EAUX.

[551.44]

*— Séance du 11 août —*

Malgré quelques voix discordantes et qui se font d'ailleurs de plus en plus rares, on est maintenant d'accord pour reconnaître à l'intervention de la méthode expérimentale dans l'étude des problèmes de la géologie, une efficacité tout à fait décisive. Le temps est loin où Élie de Beaumont qualifiait avec mépris de *joujoux géologiques* les appareils employés à l'imitation des phénomènes naturels et les critiques formulées si amèrement par Ch. Sainte-Claire-Deville dans son dernier cours du Collège de France, ne trouveraient plus d'écho maintenant.

C'est qu'on a vu la synthèse, non seulement résoudre plus d'une question spécialement délicate, mais s'affirmer comme un procédé de recherche auquel aucun chapitre de la science ne doit rester étranger. Pour ma part, j'ai fait, des généralités de la géologie expérimentale, l'objet de toute une série de leçons qui ont constitué une année de mon cours au Muséum et que j'ai réunies en un volume spécial (1).

Parmi les sujets que, dans ces recherches d'ensemble, il m'a été donné d'étudier avec le plus d'intérêt depuis un certain nombre d'années, je signalerai aujourd'hui celui qu'on peut justement qualifier de spéléologie expérimentale.

J'y ai, dans ces derniers temps, apporté de nombreux compléments et nulle occasion ne saurait être plus favorable pour les résumer que le Congrès actuel, réuni tout auprès de localités rendues célèbres par leurs cavités souterraines et dont la préoccupation s'impose si naturellement que parmi les questions mises à son ordre du jour, figure la circulation des eaux dans l'épaisseur des assises des Causses.

Les cavités que j'ai étudiées sont de diverses catégories et il convient de passer en revue les principaux types qu'il est légitime d'y distinguer.

Certaines perforations, et ce sont sans doute les plus simples à interpréter, sont ouvertes en pleine masse de roche : leur type nous est pro-

(1) La *Géologie expérimentale*, 1 vol. in-8° de 311 pages avec 56 gravures dans le texte. Paris, Alcan, 1899.

curé par les *puits naturels* de la craie blanche d'Angleterre, du calcaire à Mosasaure de Maestricht et du calcaire grossier des environs de Paris, mais on y doit rattacher des pertuis plus ou moins obliques ou horizontaux et même des cavités cylindroïdes renversées pour ainsi dire, c'est-à-dire dont l'ouverture est à la partie inférieure pendant que le cœcum est situé plus ou moins verticalement au-dessus.

Ce groupe de perforations, dont les dimensions sont extrêmement variables, admet des poches remarquables par la variété des substances qui y sont accumulées et dont plusieurs ajoutent une valeur industrielle à leur haute portée géologique.

Une autre série de cavités présente cette circonstance notable, que leur perforation a été évidemmeut préparée, dirigée et activée par l'existence de cassures déjà ouvertes au travers des roches dans lesquelles elles ont pris naissance. Elles sont bien plus nombreuses que celles du premier type et comprennent la plupart des cavernes proprement dites et des conduits si variés qui leur sont associés. Leur importance est toute spéciale au point de vue de la circulation des eaux souterraines qui y trouvent des canaux de traversée plus ou moins facile, au lieu de venir, comme dans le premier cas, s'y arrêter et même refluer sur elles-mêmes.

D'ailleurs, il se constitue, dans certaines circonstances, comme un type intermédiaire entre les deux précédents, par l'ouverture de puits naturels qui, en s'allongeant progressivement, finissent par atteindre des cavités antérieures où le passage de l'eau ne rencontre plus d'obstacle. A partir de ce moment, ces tubulures passent vraiment de la première catégorie à la seconde, ce qui du reste ne les empêche pas toujours de conserver dans leurs formes certains traits caractéristiques de leur manière d'être initiale.

L'examen expérimental des puits naturels et des poches en pleine masse, conduit à des résultats très nets et qui se traduisent par des conséquences géologiques importantes. On peut, suivant les cas, les imiter par des procédés chimiques ou par des procédés mécaniques et des deux parts les applications se présentent à l'histoire des phénomènes naturels.

Un des dispositifs les plus simples consiste à faire arriver sur le milieu de la face supérieure d'un cube taillé dans une roche calcaire, comme la pierre de liais ou la craie, un filet d'eau additionnée d'une très faible quantité d'acide chlorhydrique destiné à jouer ici le même rôle que l'acide carbonique des eaux naturelles. On voit rapidement se faire une cavité au point d'arrivée du liquide et peu à peu cette cavité s'approfondit en même temps qu'elle s'élargit ; suivant la nature de la roche employée, la vitesse relative de l'élargissement et de l'approfondissement varie beaucoup et d'un cas à l'autre on obtient, ou une tubulure sensiblement cylindrique, ou une poche en cône plus ou moins obtus. Le liquide qui ruisselle autour de la perforation est chargé de chlorure de calcium et n'a plus d'action dissol-

vante intense sur le calcaire ; dans la cavité s'accumulent les éléments de la roche qui ne sont pas solubles et qui consistent le plus souvent en sable et en argile. On peut répéter ces expériences en agissant sur un bloc de calcaire recouvert d'une couche plus ou moins épaisse de sable ou de gravier, sans que les résultats soient changés autrement que par la pénétration verticale de ces sables et de ces graviers dans la cavité produite, au fur et à mesure de sa perforation.

Toutes les conditions principales de ces manipulations si simples se retrouvent dans les puits naturels où la solution du calcaire est réalisée non par l'acide chlorhydrique mais par l'acide carbonique contenu dans l'eau de la pluie ; j'ai d'ailleurs obtenu des perforations avec de l'eau de Seltz, mais sans profit et, au contraire, au prix de beaucoup de temps.

Un premier point à retenir ici c'est que souvent, bien que la pluie tombe uniformément sur toute la surface d'une roche horizontale, elle ne tarde pas, d'ordinaire, à concentrer son action en certains points ; c'est seulement alors que les puits naturels sont possibles. On reconnaît que la moindre inégalité dans la surface rocheuse provoque rapidement des appels locaux qui se traduisent par des dissolutions plus rapides, et quand cette allure a commencé de se produire, elle devient elle-même une cause décisive par sa propre accentuation. Et il y a lieu à cet égard d'ajouter que ces circonstances se continuent, tout à fait les mêmes, si la roche attaquable est recouverte d'un lit même épais de matériaux perméables et insolubles. C'est ce qu'on voit bien à Ivry, près Paris, où le calcaire grossier est surmonté de plusieurs mètres de diluvium décalcifié et rubéfié.

Des expériences spéciales m'ont paru utiles pour fixer les détails de cette concentration et elles ont eu l'intérêt spécial de s'appliquer directement à l'histoire des poches où s'exploitent plusieurs catégories de gîtes minéraux. Dans une large conserve tubulée par en bas et sur une assise de gravier destinée à faciliter les circulations, on dispose une couche épaisse de craie pulvérisée et qui par tassement reprend une certaine cohésion et beaucoup d'homogénéité de structure ; par dessus, on étend un lit de sable fin et pur et très perméable. On arrose ensuite avec l'eau acidulée en ayant soin de la faire arriver en un filet toujours au même point, et cela, par exemple, en mettant sur le sable une petite nappe argileuse qui ne le recouvre qu'en partie.

On voit bientôt se creuser dans la région où le liquide parvient le plus facilement une vraie poche, ayant avec celles qui renferment le fer en grains du Berry, ou le phosphate du Quercy, ou la bauxite de Provence, etc., de très intimes analogies de formes et qui sont des plus éloquentes.

Disons tout de suite qu'on peut remplacer l'eau acidulée par certaines solutions salines et qu'alors on imite les poches, non seulement dans leur

morphologie, mais dans la nature chimique de leur contenu. Avec une solution de sulfate de fer, on dépose dans la poche, au fur et à mesure de sa perforation, de l'hydrate de fer qui représente la matière caractéristique des poches sidérolithiques, et le liquide qui s'écoule va déposer bientôt du gypse tout pareil à celui des assises éocènes. Avec une solution de chlorure d'aluminium, on imite de même les gîtes de bauxite, et certains sels phosphatés d'ammoniaque deviennent des générateurs d'amas de phosphate de chaux. Ces matières sont toujours mélangées, cela va sans dire, aux résidus de la dissolution des calcaires attaqués.

Mais il ne faut pas omettre d'ajouter qu'au point de vue purement morphologique, l'expérimentation permet de reproduire les cavités mentionnées plus haut et qui, au lieu d'être en *entonnoirs*, comme on peut qualifier celles qui viennent d'être décrites, sont plutôt en *éteignoirs*, ayant la forme de cônes dont le sommet est en haut.

J'ai reconnu que ces poches résultent de l'action d'une eau corrosive jaillissante, agissant de haut en bas sous les blocs calcaires. On en a signalé beaucoup dans des cavernes où des eaux tombant d'une grande hauteur sont comme réfléchies vers le toit des cavités souterraines; on en a vu dans les canaux de montée de certaines eaux ascendantes, par exemple à Bourbonne-les-Bains, où des muraillements romains sont attaqués d'une façon très suggestive; enfin on en a rencontré dans des gîtes métallifères comme au Laurium, près d'Athènes, où leurs caractères m'ont paru tout spécialement riches en enseignements précis.

Dans cette localité, en effet, se trouvent les poches minéralisées au contact mutuel de schistes et de calcaires qui sont en lits alternatifs parfaitement concordants et assez fortement inclinés. Tous les gîtes qui sont au toit du calcaire sont en *entonnoirs*; les eaux corrosives ont circulé sous les schistes et ont agi sur le calcaire de haut en bas; mais ceux qui sont au toit des schistes et par conséquent en des points où le calcaire a été attaqué par dessous sont en *éteignoirs*. Toutes leurs particularités, même au point de vue de la composition chimique de leur contenu, ont été reproduites par l'expérience.

En continuant assez longtemps la corrosion du premier cube que nous avions supposée tout à l'heure, on arrive, au bout d'un temps convenable, à réaliser la perforation d'outre en outre de la roche soluble. Alors on voit la forme de la cavité se modifier très vite et d'une façon complète. Dès le moment où l'infiltration du liquide devient possible, c'est vers le bas du canal ouvert que se porte le maximum d'action dissolvante et le fond tend à s'élargir beaucoup. Bientôt la forme primitive en entonnoir se complique et l'on voit un éteignoir s'esquisser dans le bas. Le développement successif de ce dernier donne à un certain moment à la cavité la forme qui a été qualifiée de *sablier* et qui a été rencontrée dans un grand nombre de

cavernes. Comme on le voit, l'expérience en donne ici la raison d'être d'une manière complète et permet de l'étudier dans tous les détails de son développement. Elle est, du reste, provisoire et on voit le sommet de l'éteignoir qui s'élève peu à peu, de sorte qu'à la fin la perforation devient un tronc de cône dont la base la plus large est en bas.

Après ces détails, il suffit d'un mot pour que l'on comprenne bien qu'un jet de liquide corrosif, arrivant obliquement contre la paroi d'une masse calcaire, y ouvrira une tubulure inclinée comme il l'est lui-même, et nous n'avons pas à insister sur les innombrables variantes qu'on peut donner à cet égard, aux dispositions expérimentales.

Seulement il importe de noter que bien souvent dans la nature le procédé chimique de préparation dont nous nous sommes exclusivement occupé jusqu'ici est remplacé par un processus mécanique. Dans les montagnes, les eaux tombent de haut et, pourvues d'une force vive considérable, entraînent des matériaux rocheux de dimensions variées et les projettent contre les parois rocheuses, qui cèdent à leur effort. C'est ainsi que se font les marmites de géants dont j'ai imité artificiellement la genèse par un appareil dont on trouvera la figure dans *la Géologie expérimentale*. Et il peut même se faire des projections de graviers et de galets dans d'autres directions, et c'est ainsi que se sont ouvertes les cavités compliquées du genre de celles où circulent le Trummelbach, près d'Interlaken, et d'innombrables torrents analogues.

Sans insister sur ces faits et pour ne pas dépasser les limites qui me sont assignées, je m'empresse de dire quelques mots des perforations ouvertes le long des fissures qui traversent les roches attaquables. Comme on l'a déjà vu, c'est le cas de beaucoup le plus fréquent et celui dont les applications sont le plus nombreuses à l'histoire des conduits hydrauliques souterrains.

Pour en faire l'étude expérimentale, on commence par briser à la masse une dalle de calcaire en plusieurs fragments qu'on rapproche ensuite les uns des autres et on fait arriver le liquide corrosif au contact de la fêlure. Il s'infiltre dans le vide de celle-ci et ne tarde pas à l'élargir et bientôt on constate qu'il y détermine des effets qui sont d'une grande ressemblance avec les phénomènes naturels.

Un premier exemple, qui pourrait être rangé parmi les formes transitoires entre les deux types de cavités que nous avons distinguées, se produit dans les perforations de puits naturels quand on les réalise sur un bloc qu'on a fendu d'abord en plusieurs dalles horizontales remises dans leur position naturelle. On voit alors que dans les fissures laissées entre les dalles et qui correspondent aux diastromes perméables de la nature, il se fait des corrosions latérales qui peuvent être très intenses.

La coupe du puits donne alors un résultat qui se signale par son exacte

conformité avec la disposition des choses dans bien des perforations naturelles du calcaire grossier parisien.: là aussi les diastromes recoupées par les tubulures verticales se sont attaquées transversalement jusqu'à une distance parfois très grande et c'est même une des circonstances qui ont induit en erreur d'anciens observateurs, portés à voir dans les puits les effets d'actions émanant des régions souterraines et non de la surface.

Le long des fissures verticales indiquées tout à l'heure, on remarque aussi un fait qui rappelle la première catégorie de perforations; c'est la tendance des filets corrosifs à se concentrer sur certaines verticales pendant que les régions voisines sont laissées presque intactes. Il arrive aussi de creuser des séries *d'avens* qui sont *alignés* sur une fine fissure dont ils constituent comme des élargissements locaux.

Quand on fait arriver un courant de liquide obliquement sur la paroi verticale d'un bloc fissuré de haut en bas et de façon que l'eau acidulée pénètre avec une certaine force dans la fissure, on creuse sur la paroi de celle-ci des couloirs diversement disposés et qui ont avec les cavernes des analogies très instructives. Les parois de ces cavités subissent une dissection très délicate qui met bientôt en saillie, sous forme de corniches, les petits lits les moins attaquables et le profil obtenu rappelle la forme des cavernes naturelles jusque dans les moindres détails.

Dans des séries d'essais, on a employé des blocs qui avaient été réduits en rhomboïdes, irréguliers par trois systèmes de cassures, grossièrement orthogonaux entre eux. Leur arrosage convenablement réglé à l'aide d'eau acidulée a produit des réseaux de canaux qui nous mettent certainement sous les yeux l'état des choses dans un massif constitué comme les Causses, où la décharge des filets souterrains amène l'apparition de sources du type de celle de Vaucluse.

En divers points des blocs ainsi traités, il se fait des chutes verticales des eaux corrosives et on peut suivre pas à pas, dans les roches très solubles, la régression de ces accidents : il en résulte un mode d'ouverture de certains canaux souterrains qui se fait dans le sens opposé à celui du courant et qui s'accompagne de captures verticales, de déplacement du maximum de dénudation et d'une foule d'autres circonstances qui expliquent maintes particularités de la circulation souterraine des eaux.

On en retire aussi des notions précieuses sur la dénudation et la sédimentation souterraines, qui marchent constamment de pair et qui s'accompagnent aussi de contre-coups sur la forme extérieure du sol. J'ai déjà, dans un Congrès antérieur, traité de sujets voisins de celui-là; il me suffit cette année de noter ses liens intimes avec l'histoire des cavités souterraines.

La collection publique de Géologie expérimentale exposée dans la galerie du Muséum d'histoire, contient de nombreux spécimens qui se rapportent

aux faits résumés dans les pages précédentes. En y jetant un coup d'œil, on se convaincra que de nouvelles expériences élucideront successivement tous les points encore douteux de la Spéléologie.

---


## M. E.-A. MARTEL

Secrétaire général de la Société de Spéléologie à Paris.


---

### CIRCULATION DES EAUX SOUTERRAINES DANS LES CAUSSES DU TARN-ET-GARONNE

[551.35 : 44.75]

---

*— Séance du 11 août —*

En réponse à la deuxième des questions mises à l'ordre du jour par la section de géologie, je ne puis mieux faire que de résumer ce qui a été déjà recherché dans le sous-sol du causse de Saint-Antonin, qui, au N.-E. du département de Tarn-et-Garonne, n'est que la suite du causse de Limogne et de Cahors.

C'est mon collaborateur et cousin G. Gaupillat qui, en 1892, avec le concours de M. Mathet, effectua les premières explorations souterraines dans cette région, sur le plateau à l'ouest de Caylus et de la Bonnette : il put reconnaître que les quatre abîmes, réputés extrêmement profonds, de Carteyrou, Rastibel, la Rousse et Guillaumet n'ont respectivement que 55 mètres, 30 mètres, 35 mètres et 40 mètres de profondeur; le dernier est le plus intéressant parce qu'il aboutit à un ruisseau souterrain et parce qu'il est en relation directe avec des poches à phosphate, ce qui est un argument typique en faveur de l'ancienneté du creusement des avens (que je n'hésite plus, pour certains du moins, à faire remonter jusqu'à l'époque tertiaire). Lors de cette expédition les sources de la Gourgue et de Notre-Dame de Livron se montrèrent impénétrables, et la grotte du Capucin (à 3 kilomètres ouest de Saint-Antonin) laissa entendre au fond (considérablement moins éloigné que les 2 kilomètres d'étendue qu'on lui attribuait) le bruit d'un ruisseau souterrain, à travers une fente qu'il faudrait agrandir pour pouvoir y passer (1).

En août 1894, en compagnie du regretté G. Pradines (de Limogne) et de MM. Rupin, Aymard, Lalande et Pons, j'ai visité quatre autres souterrains

(1) Pour plus de détails sur ces travaux de M. Gaupillat, voir le chapitre XIV de mes *Abîmes* (1894, p. 253-258). Je rappellerai aussi l'éboulement de Saint-Pierre-Livron, produit le 29 mars 1897 par des infiltrations sous le tuf (voir ma note du 9 mai 1898 dans les *C. R. de l'Académie des Sciences*).

situés sur la partie Tarn-et-Garonne du causse de Limogne : la grotte de la Bonnette (Saint-Projet) ou de Saint-Géry, le Trou de Fourfoule, l'igue de Jean-Bru et le trou de Poux-Blanc.

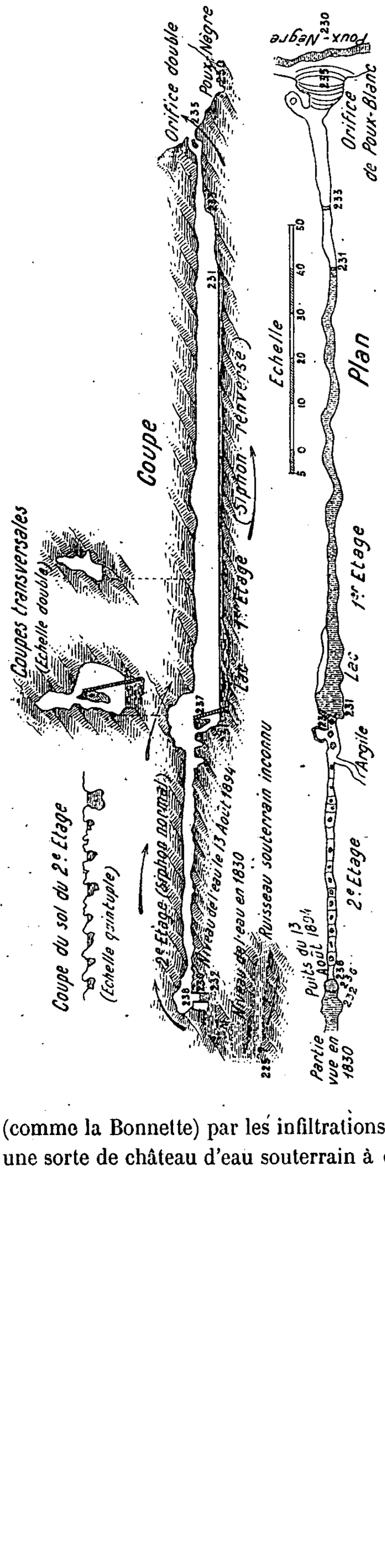
J'ai déjà décrit la grotte de la Bonnette (*Annuaire du Club alpin français* pour 1894) et publié ses plan et coupe (*Annales des Mines*, juillet 1896 et la *Spéléologie*, 1900, p. 68); je me borne donc à rappeler que, tout en ne possédant que 700 mètres environ de ramifications accessibles, elle est des plus intéressantes au point de vue de l'hydrologie souterraine : avec ses deux orifices superposés, sa rivière souterraine navigable sur 100 mètres de longueur (température 12°,5), ses deux dérivations souterraines correspondant, l'une à une source pérenne située 20 mètres plus bas que l'entrée principale, et l'autre à une émergence qui ne jaillit qu'après les fortes pluies, avec ses anciens affluents de drainage aujourd'hui hors de service et remontant vers la surface du plateau, c'est un des plus instructifs exemples de l'abaissement progressif des eaux souterraines dans la masse des calcaires fissurés et du fonctionnement des anciennes issues comme trop-pleins lors des crues intérieures. La Bonnette, qui en sort, y est alimentée par les infiltrations du plateau à l'ouest de Saint-Projet et il est probable que la perte du ruisseau du Cros (petite grotte accessible sur 70 mètres d'étendue seulement en deux branches) constitue l'un de ses tributaires (sans eau en saison sèche) : cette perte (dans le Lot) à 3 k.,2 au N.-N.-O. de la grotte de Saint-Géry est située 35 mètres plus haut (altitudes respectives 285 et 250 mètres). Je rappelle encore que le site de la grotte de Saint-Géry est des plus pittoresques, qu'on voit à l'entrée les ruines d'une tour ou ghette du XIII^e^ siècle, ainsi que des trous de poutres dans le rocher, qui la font rentrer dans la catégorie des grottes fortifiées, et qu'on y a recueilli une pointe de javelot en fer, sans doute du moyen âge.

Sur Fourfoule, Jean-Bru et Poux-Blanc mes notes sont encores inédites, et je ne saurais les produire plus opportunément qu'ici-même.

Les deux premiers de ces trois points sont situés sur la limite même du département de Tarn-et-Garonne, à 4 kilomètres E.-N.-E. de Belmont-près-Lalbenque et 9 kilomètres ouest de Saint-Projet : leur intérêt est plus que restreint.

Dans le vallon de Cantayrac, tout à côté de la Fontaine d'Alby, Fourfoule n'est qu'un insignifiant et rampant couloir boueux, long de 35 mètres, coudé à angle droit vers son milieu et terminé par deux flaques d'eau; après les pluies il devient une source temporaire, c'est donc le trop-plein de quelque veine d'eau inconnue, et il faut seulement noter que son altitude de 215 mètres est inférieure de 5 mètres à celle de la Fontaine Saint-Alby qui ne tarit jamais : ceci prouve une fois de plus l'inexistence des nappes d'eau dans le calcaire et l'indépendance souvent absolue de sources pérennes ou périodiques les plus voisines l'une de l'autre.

A 400 mètres seulement au S.-E. et 55 mètres plus haut, l'igue de Jean-Bru (altitude 270 mètres), sur le revers méridional du long promontoire qui sépare les vallons de Cantayrac et de Poux-Nègre, n'a rien donné : diamètre de l'orifice, 2 mètres sur 1m,50 et cheminée verticale bouchée à 16 mètres de profondeur. Il doit concourir, comme drain des pluies, à l'alimentation de Fourfoule et de Saint-Alby et, comme la plupart de ses semblables, demande à être désobstrué.




Le trou de Poux-Blanc est de beaucoup plus curieux : presque au fond du thalweg même du ruisseau (230 mètres) à sec en été de Poux-Nègre, par 235 mètres d'altitude et à 1.600 mètres E.-N.-E. de l'igue de Jean-Bru, c'est l'orifice (encombré de pierres et de broussailles que nous eûmes à déblayer péniblement) d'une source temporaire, ne donnant d'eau qu'après les fortes pluies; là encore, nous nous trouvons en présence du trop-plein, de la soupape de sûreté, d'un ruisseau souterrain inconnu, enfoui dans les entrailles du sol; jadis ce ruisseau coulait à l'air libre dans le vallon de Poux-Nègre, formé de plusieurs autres dont les thalwegs secs sont visibles sur le plateau à l'est de Saint-Projet; aujourd'hui, il est alimenté (comme la Bonnette) par les infiltrations de ce plateau, qui constitue donc une sorte de château d'eau souterrain à double écoulement en sens inverse

(vers la grotte de Saint Géry à l'est et vers Poux-Blanc à l'ouest); et c'est justement au milieu de ce plateau que se trouve l'aven de Cartayrou, le plus profond jusqu'ici de la région (55 mètres), dont le fond montre le lit d'un ancien ruisseau souterrain, obstrué par le talus des pierres jetées de l'orifice et qu'il serait du plus haut intérêt de déblayer. Sur Poux-Blanc on avait fourni à M. Pradines le renseignement suivant : en 1830, lors d'une désastreuse sécheresse, on s'y était engagé pour y trouver de l'eau; une échelle de 29 échelons avait servi à gravir un premier escarpement; une seconde avait ensuite permis de redescendre dans un puits, au fond duquel une galerie de 5 à 6 mètres avait mené, à l'aide d'une troisième échelle, à un autre puits plein de l'eau recherchée.

Le 13 août 1894 nous avons trouvé la grotte très conforme à cette indication.

Dans l'entonnoir de l'émergence on commence par descendre de 4 à 5 mètres (au niveau du fond du thalweg de Poux-Nègre), pour suivre pendant 140 mètres une diaclase à peu près rectiligne, dirigée vers le nord et haute de 5 à 10 mètres et large de 1 à 4 mètres; sur une centaine de mètres elle est remplie d'une eau stagnante qui, atteignant jusqu'à 1 mètre de profondeur, finit par nous décider à mettre en usage un de nos bateaux pliants en toile; au bout de 20 mètres la navigation s'arrêtait au pied d'une muraille de 5 à 6 mètres de hauteur, où s'appuyaient encore les débris complètement pourris d'une échelle de bois (assurément celle de 1830); notre propre échelle extensible nous conduisit aisément au sommet de la muraille dans une nouvelle galerie, prolongeant exactement la première, dans la même diaclase, mais à un niveau supérieur, à un second étage en quelque sorte, plus élevé de 2 à 3 mètres que l'orifice même de la caverne; ce second étage n'a d'eau que dans les trous et gours de son plancher, très corrodé et difficile à parcourir (quelques-uns de ces trous sont de vraies marmites de géants); mais il présente tous les caractères d'un lit de ruisseau souterrain; au bout de 60 mètres la galerie (qui n'a guère que 1 à 2 mètres de hauteur et qui possède à gauche un petit embranchement latéral encombré d'argile) se termine par un brusque à pic de 6 mètres dont 2 mètres libres et 4 occupés par l'eau; il y a lieu de croire que ce puits est la descente rencontrée en 1830 et qu'alors l'eau était plus basse qu'en 1894 et a permis d'atteindre un niveau inférieur. C'est ce que montre la figure, sur laquelle on se rendra compte de la disposition fort curieuse en somme du trou de Poux-Blanc, reproduisant exactement celle de la grotte de l'Écluse (Ardèche; voir mes *Abîmes*, p. 156). Au fond, le niveau de l'eau y descend plus bas que le thalweg de Poux-Nègre; quand les pluies ont rempli d'eau les fissures du plateau, la pression hydrostatique les élève dans les deux puits terminaux; le véritable *siphon normal*, que constitue la galerie du deuxième étage s'amorce, un écoulement d'eau

s'établit à l'emplacement de la première échelle; la galerie du premier étage s'amorce à son tour en vase communiquant (ou siphon renversé) et le trou de Poux-Blanc jaillit au dehors, parce que son orifice est plus bas que la galerie du deuxième étage. Ainsi s'expliquent tout naturellement et le fonctionnement et l'intermittence de cette émergence. La figure me dispensera de plus amples explications. On voit que, malgré sa modeste longueur de 200 mètres, Poux-Blanc fournit une très importante et très claire contribution à l'étude du mécanisme hydraulique des sources périodiques du calcaire. Le siphon normal surtout est particulièrement à noter.

En résumé, bien que les quelques points actuellement visités du sous-sol du causse de Saint-Antonin n'aient pas encore fourni de sensationnelles découvertes au point de vue pittoresque et touristique, ils ont procuré d'utiles documents géologiques et hydrologiques : comme ses grands frères des causses de Gramat, Noir, Méjean, etc., ce plateau montre les eaux d'infiltration absorbées par les pertes et abîmes du calcaire jurassique fissuré, emmagasinées dans les cavernes et restituées par les résurgences au contact des marnes imperméables du lias. Il confirme tous les principes nouvellement mis en lumière (1) sur l'origine des cavernes, la circulation des eaux souterraines dans les calcaires, les risques de pollution qu'elles y courent, l'absence de nappes d'eau parmi ces terrains, l'opportunité de déblayer les fonds d'abîmes, etc. Et surtout, le peu qu'on en connaît déjà est bien de nature à faire souhaiter la continuation des recherches et travaux souterrains dans cette région; la persévérance et la patience ne sauraient manquer d'y produire de nouveaux et utiles résultats. Je ne puis que formuler à Montauban le vœu que j'exprimais déjà en 1893 à Besançon (Voir C. R. du Congrès), à propos du Jura et que M. Fournier a si hardiment et si fructueusement comblé. Les récentes trouvailles de M. Malbec en Lot-et-Garonne démontrent surabondamment combien il reste à faire dans le sous-sol de l'Aquitaine !

(1) Voir ma *Spéléologie ou science des cavernes*. Paris, Carré et Naud, 1900 (Collection *Scientia*, série biologique, n° 8), 126 p. et fig.

M. Armand VIRÉ

Attaché au Muséum d'histoire naturelle, à Paris.

# LES FOUILLES DU PUITS DE PADIRAC (1) [551.44]

*— Séance du 13 août —*

La question de l'époque et du mode de *remplissage* des cavernes paraît à l'heure actuelle une question vidée et épuisée, grâce aux nombreuses études publiées depuis un demi-siècle sur la question.

Tout autrement en est-il de l'époque de *creusement* des cavités souterraines (grottes, cavernes, avens, etc.), époque qui peut avoir précédé *immédiatement* ou *médiatement* l'époque de leur remplissage. Mais acquérir des documents précis sur la question est une besogne fort délicate ; car, si des dépôts antérieurs à la période pleistocène ont été formés, la plupart du temps, ils ont dû être remaniés par les phénomènes appelés diluviens et la trace n'en est pas restée suffisamment visible ou interprétable.

Il nous a semblé néanmoins que toute difficile que soit cette tâche de reconstitution, elle n'est pas impossible, et qu'une catégorie particulière de cavités était susceptible de nous fournir des indications. Nous voulons parler de certains *avens*, formés par effondrement de voûtes intérieures que l'on rencontre deci delà dans les régions calcaires.

A un moment qui reste à préciser et qui varie d'ailleurs avec chaque aven, une galerie souterraine acquérant des dimensions exagérées en largeur et en hauteur, a vu ses voûtes s'effondrer, s'ouvrir au dehors et emprisonner sous un monticule plus ou moins considérable de déblais, le sol primitif.

Il est évident, à priori, que si le phénomène s'est produit à une époque antérieure à la période pleistocène, nous devrons retrouver sous l'amoncellement des débris, le sol primitif ; car, en général, ces amas de déblais sont assez considérables pour avoir pu résister en partie à l'effort des eaux pleistocènes et actuelles.

Il semble donc qu'en faisant des fouilles méthodiques dans de pareilles cavités et en les conduisant jusqu'au sol primitif, on ait quelque chances de trouver à ce point de vue des documents nouveaux et caractéristiques.

Les chances de succès paraissent augmentées dans de notables propor-

(1) Exécutées grâce à une subvention de l'Association.

tions si l'on s'adresse à des abîmes à large ouverture, présentant au fond d'énormes cônes d'éboulis qui par leur masse ont eu les plus grandes chances de résister à l'effort des eaux pleistocènes.

Un des meilleurs à ce point de vue m'a paru être le gouffre de Padirac. Avec l'autorisation amicale et spontanée du conseil d'administration qui désormais régit Padirac (1) nous avons pu commencer des fouilles dans le cône d'éboulis qui en occupe le fond.

Nous ne referons pas ici la topographie de ce gouffre maintenant bien connu. Nous insisterons seulement sur le cône d'éboulis qui provient de l'effondrement d'une ancienne voûte.

Ce cône forme un monticule d'une trentaine de mètres d'épaisseur, sur un diamètre d'environ 50 mètres. C'est assez dire que nous ne saurions songer à remuer en entier une telle masse de plusieurs dizaines de mille mètres cubes.

Nous nous sommes adressés à deux points particuliers l'un situé dans la partie nord-est, l'autre dans la partie sud-est et qui nous ont livré les documents que nous analysons ici.

### HABITATION DU MOYEN AGE

Le premier point attaqué se trouve situé dans une des parties les plus déclives du talus d'éboulis, au voisinage de l'entrée des galeries souterraines.

Une petite construction en pierres sèches, semblable à un foyer grossier avait attiré notre attention dès notre première descente dans le puits de Padirac, en nous intrigant vivement.

M. Martel l'avait déjà vu à sa première descente, sans y attacher d'ailleurs grande importance, et ne le faisait remonter qu'aux environs de 1863, époque où une descente de justice eut lieu au puits de Padirac, pour quérir le cadavre d'un suicidé.

« Entre ce col et le Puits du Gour, nous avons retrouvé un petit four en pierres sèches établi pour faire du feu par ceux qui ont jadis retiré le cadavre sans pénétrer plus bas. » (Martel, *les Abimes*, p. 266).

Comme nous allons le voir, il faut singulièrement vieillir cette construction.

(1) Situé près de Rocamadour (Lot) sur la ligne de Paris à Toulouse par Capdenac, le gouffre de Padirac fut découvert et exploré en 1889-90 par MM. Martel, Gaupillat, Delaunay, Louis Armand, etc. Il devint la propriété de M. Martel qui en 1898 le vendit à une société d'exploitation. Aménagé la même année, sous les auspices de M. Armand Viré, avec le concours de la Société des Voyages Universels et d'un grand nombre de personnalités scientifiques et industrielles, il est désormais commodément accessible aux touristes et constitue l'une des principales curiosités souterraines de la France et du monde entier.

Beaucoup de problèmes scientifiques pourront y être élucidés. La Faune souterraine (voir A. Viré, *le Monde souterrain*, conférence de l'Association, 1899), les alluvions anciennes qui garnissent certaines parois etc., etc., pourront fournir matière à des travaux aussi divers qu'intéressants.

Ce foyer rustique se trouve abrité par un petit encorbellement en cul de four, haut de 4 à 5 mètres ; en avant est une muraille en pierres sèches, visible encore sur 5 à 6 mètres de long et épaisse de 60 à 80 centimètres, selon les points. Sa présence avait entièrement échappé à M. Martel, mais avait fortement attiré notre attention ; elle ne s'élevait plus d'ailleurs au-dessus du sol actuel, et il fallait sans doute une certaine habitude des fouilles pour la deviner au milieu de l'amas d'éboulis et de détritus qui l'entouraient.

Nous la fîmes entièrement dégager et nous fouillâmes tout l'espace compris entre elle et la paroi de l'abri sous roche.

A la partie superficielle se trouvaient quelques cendres, débris des feux allumés peut être lors de la descente judiciaire, et dans nos précédentes descentes.

Puis une couche stérile composée de cailloutis et de moyens blocs de rochers.

Enfin à 80 centimètres au-dessous du sol actuel une série de petits foyers superposés, alternances de cendres, de charbons, d'argile, de cailloutis, le tout occupant une profondeur variant de 60 centimètres à 1 mètre. Nous avons estimé le volume des cendres et des charbons seuls a environ 20 ou 25 mètres cubes ce qui indique certainement un séjour d'une certaine durée en ce lieu.

A quelle époque remonte ce séjour, voici ce qu'il serait intéressant de préciser, et ce que nous pouvons faire au moins en partie.

Mélangés à ces cendres et charbons étaient une grande quantité de débris de cuisine composés principalement de bœuf, porc, mouton ou chèvre, et dans un angle, d'assez nombreux fragments de poteries cassées ; d'après leur pâte, plutôt que d'après leur forme qui n'était pas aisément reconstituable, on peut à peu près affirmer que ces poteries sont du Moyen Age.

De plus, une lance et une pique en fer bien caractéristiques de la même époque a été rencontrées à peu de distance de là, mais dans les galeries souterraines.

Donc cette habitation, qui dût se prolonger assez longtemps semble dater du Moyen Age ; les fouilles ne nous permettent pas d'être plus précis. Les documents écrits semblent nous autoriser à aller un peu plus loin.

Le xv^e^ siècle fut une période terrible et sanglante pour le Quercy qui eut particulièrement à souffrir des ravages des Anglais. Le village de Padirac notamment fut complètement rasé et détruit.

Une enquête, faite en 1496 par Francis Arnort, lieutenant du Sénéchal du Quercy nous apprend que les Anglais de cette époque employaient déjà en France à peu près les mêmes procédés de guerre que leurs descendants du xx^e^ siècle ont transportés au sud de l'Afrique.

Divers témoins déposent ce qui suit :

« Jean Viergue, de Padirac, âgé de 80 ans, expose que le lieu de Padirac était complètement désert et détruit, au point que personne n'y restait. Plus tard, il revint en ce pays et remplissait dans la maison de son maître la charge de *botheilhier*.

» Jean Lubrenic, de Padirac, âgé de 70 ans, a vu le lieu de Padirac plus que les autres détruit et désert. Il n'y avait personne à domicile fixe, on ne pouvait aller à l'église qu'en se couchant par terre, tant était grande l'épaisseur des ronces et des buissons ».

« Jean-Mathieu Vales, de Padirac, âgé de 66 ans, a vu lui aussi comme les autres, Padirac désert et détruit. Son père fut un des cinq premiers habitants qui vinrent prendre à cens les terres ou l'ennemi n'était plus ».

« Martial Quercy, prêtre, habitant de Miers, a entendu dire que le lieu de Padirac et toute la paroisse, ainsi que plusieurs autres lieux avaient été par trois fois détruits par les guerres, à cause des morts fréquentes qui en étaient la triste conséquence. »

« Aloys Basset, de Miers, âgé de soixante ans, a vu le repeuplement. » Etc., etc.

(Abbé Bargue, registre de la cure de Padirac).

Il semble donc résulter de ces documents que le village de Padirac fut détruit vers 1410 et repeuplé vers 1450. Qu'en étaient devenus les habitants? Nous serions assez tenté, jusqu'à plus ample informé tout au moins, de voir un de leur refuge dans la construction qui nous occupe. Reste à éclaircir comment ils descendaient dans ce refuge situé à 80 mètres verticalement au-dessous du plateau.

### LE TALUS D'ÉBOULIS ; SA CONSTITUTION.

Quittons ce coin qui ne nous apprend plus rien sur son secret et transportons-nous à quelque trente mètres de là.

Nous sommes dans l'angle S.-E. du gouffre, à environ 20 mètres au-dessous du sommet du talus d'éboulis. Ce point a été choisi précisément parce qu'il est sans aucun doute, plus près du sol primitif et tout près de la base de la pente présentée par le talus d'éboulis. On a ainsi chance de trouver les mêmes matériaux et la même composition que dans des fouilles exécutées au sommet du cône d'éboulis, mais d'arriver plus rapidement au sol primitif de l'ancienne galerie de la caverne. Ce travail est encore, comme on le verra, suffisamment long et pénible.

En ce point existait un amoncellement prodigieux d'ossements d'animaux domestiques de toutes sortes : veau, vache, bœuf, mouton, porc, cheval, chien et même chat et poulet fraternisent dans leur dernier sommeil. C'est précisément dans cet angle que s'entassaient toutes les carcasses de bestiaux morts de maladie dont les paysans trouvaient jadis commode de se débarrasser en cet endroit à peu de frais.

Le tout pourrissait consciencieusement, allait souiller les eaux souter-

raines du ruisseau de Padirac et empoisonner les fontaines qu'il forme dans la vallée de la Dordogne.

Nous avons remué là environ 680 mètres cubes de matériaux sur une profondeur atteignant jusqu'à 9 mètres, sans être encore parvenus jusqu'au sol ancien de la grotte. Pour arriver à un résultat précis, il faudra encore plusieurs années de fouilles patientes et difficiles et beaucoup d'argent. Mais nous ne désespérons pas d'arriver petit à pètit à éclaircir la question qui nous occupe.

Ces quelques chiffres donnés, analysons attentivement nos fouilles.

Tout d'abord, à la partie superficielle, les ossements dont nous avons parlé et que l'on trouve mélangés à des pierrailles jusqu'à au moins deux mètres de profondeur. Ceci nous indique que cette pratique remonte à une époque très reculée.

Vers 1 mètre, nous avons recueilli en outre deux plats en étain assez jolis, mais en mauvais état et qui ne datent rien ; on en faisait déjà de semblables au XVII^e^ siècle et on en trouve encore de nos jours chez les paysans.

Vers 2 mètres, nous avons trouvé des fragments notables d'un crâne humain. Accident, crime ou suicide, on ne peut en l'état rien préjuger sur la cause qui a amené là ces débris.

A partir de 2 mètres de profondeur, on se trouve en présence d'un mélange d'argile rouge de décalcification et de menus fragments de roche calcaire arrachée aux parois, d'un volume variant de celui d'une noix à celui d'une tête humaine ; ces fragments sont tout à fait anguleux et nullement roulés.

Ceci se poursuit, sans présenter de variations bien notables jusqu'à la profondeur d'environ 6 mètres. Là on commence à rencontrer des blocs beaucoup plus volumineux, atteignant jusqu'à 1 mètre cube. Il n'y a plus ni faune actuelle, ni faune ancienne.

Nous commençons ensuite à trouver d'énormes blocs atteignant des volumes de 10, 20, 25 mètres cubes et plus. Le travail devient singulièrement pénible et difficultueux. Il s'agit de briser les blocs et d'en extraire petit à petit les morceaux pour s'en débarrasser.

Grâce au courage et à la bonne volonté de mes ouvriers, j'ai pu néanmoins faire à ce niveau des déblais sérieux et nous avons pu foncer ainsi d'environ 3 mètres de profondeur sur une superficie assez grande.

Nous sommes-là, sans doute, en présence des débris de l'ancienne voûte effondrée. Quelle sera son épaisseur, c'est ce qu'il serait difficile de dire à l'heure actuelle et ce que l'avenir nous apprendra, je l'espère.

L'entreprise promet de devenir intéressante, ce n'est pas le moment de l'abandonner.

C'est cependant ce que nous avons dû faire après une somme d'efforts et d'argent qui ne nous permettait pas d'aller plus loin.

Nous avons dressé soigneusement une coupe mètre par mètre de notre travail. Nous ne croyons pas utile de la publier dès maintenant, nous réservant de la faire figurer dans une coupe d'ensemble quand les travaux seront achevés.

---

M. le Dr H. ARNAUD

à Montpellier.

## ÉTUDE SUR LES TRIFOLIUM [583.32]

*— Séance du 8 août —*

On admet en botanique, parmi les *Légumineuses papilionacées*, une tribu des *Trifoliées*, dans laquelle figurent les *Trifolium* en qualité de genre. J'ai cru reconnaître entre les *Trifolium* et les autres prétendues *Trifoliées (Medicago, Trigonella, Melilotus)* de telles différences qu'il ne me semble plus possible de les maintenir dans un même groupe ayant valeur de tribu.

En conséquence, je sépare les *Trifolium* des autres *Trifoliées*, auxquelles je donne le nom de *Médicaginées*. Je vais essayer dans ce travail de justifier une telle séparation. J'exposerai en même temps quelques considérations et conclusions accessoires, suggérées par l'étude des faits à laquelle je me suis livré pour atteindre mon but.

Le groupe des *Trifolium*, dont on a admis jusqu'à 280 espèces, mérite-t-il seulement le nom de genre, ou plutôt, comme je suis disposé à le croire, constitue-t-il une véritable tribu, contenant plus d'un genre?... Quoi qu'on en pense, les vrais *Trifolium* forment un *groupe naturel* et les espèces qu'il contient sont inséparables.

La question des genres est loin d'être définitivement résolue en histoire naturelle : on n'est d'accord ni sur le nombre des genres, ni sur l'extension à donner à plusieurs d'entre eux, ni sur les limites à tracer entre des genres voisins; c'est qu'on manque encore d'un critérium sûr et incontesté pour l'établissement des genres, et par suite ceux-ci sont plus ou moins livrés à l'arbitraire.

Il serait pourtant bon que ces incertitudes cessent; car la notion du genre

est capitale, spécialement en botanique. C'est, je ne crains pas de le dire, la plus importante de la taxonomie. Sans genres bien délimités il ne saurait y avoir de classification et par suite de science botanique.

C'est au *genre* et non à *l'espèce* que s'appliquent les grandes lois de fixité du type, de communauté d'origine : le genre *dans ses caractères majeurs* est invariable. L'espèce, telle qu'elle est admise aujourd'hui, ne l'est pas nécessairement; elle n'a qu'une fixité limitée et relative; tout se passe ordinairement comme si l'espèce n'était qu'une variété devenue relativement fixe, par suite d'une hérédité lointaine et de conditions de milieu longtemps stationnaires, agissant toujours dans le même sens. En un mot, le *genre actuel*, en général, c'est la *véritable espèce*, telle que la comprennent les partisans de son invariabilité, c'est-à-dire avec une source originelle unique, le maintien absolu à travers la durée des caractères fondamentaux, et la variation indéfinie possible des caractères mineurs et accessoires.

Tout en m'attachant spécialement à distinguer plus rigoureusement qu'on ne l'a fait les *Trifolium* des genres voisins de Légumineuses, en particulier des *Médicaginées*, j'ai cru devoir faire ressortir à cette occasion combien peu sûres sont parfois les indications qui servent actuellement à la constitution des genres; et j'ai indiqué en passant quelques-uns des caractères qui peuvent servir de base tant à la constitution de ces groupes qu'à celle des groupes plus étendus.

Passons maintenant en revue les diverses parties importantes de la plante, dans les Trifolium, et cherchons-y les caractères positifs du groupe.

*Parties vertes.* — Elles présentent des caractères remarquables, dont l'examen a été trop généralement négligé : l'un des plus importants pour cette étude est la conformation des feuilles.

Les feuilles, en général, quand elles sont suffisamment développées, pétiolées et polynervurées — qu'elles soient d'ailleurs composées ou simples — se rattachent à deux *types morphologiques* : le type *pennaté* et le type *palmaté* ou *digitaté*. Quand, par une sorte d'arrêt ou d'insuffisance de développement, les feuilles deviennent trinerviées, elles ne cessent pas de se rattacher à l'un ou à l'autre type; et c'est ainsi qu'il faut admettre des feuilles palmatitrifoliolées et pennatitrifoliolées. Dans ce dernier cas *(Médicaginées)*, on voit ordinairement la nervure médiane de la feuille *(fig. 1)* se prolonger plus ou moins loin au delà de l'insertion des folioles, qui se trouvent ainsi visiblement éloignées de la foliole médiane.

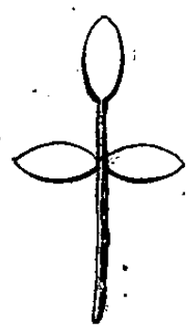


FIG. 1.

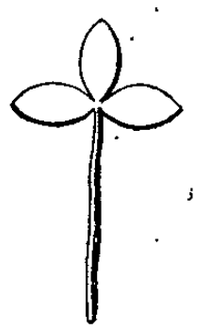


FIG. 2.

Les feuilles des Trifolium, au contraire, sont toujours palmatitrifoliolées, c'est-à-dire à trois folioles sensiblement équidistantes *(fig. 2)* (1).

(1) Exceptionnellement le Trèfle peut avoir, paraît-il, une ou deux feuilles de 4 à 5 folioles. Elles ne cessent pas alors de présenter le type palmaté, D'autre part, les folioles peuvent être réduites à 1, à l'extrémité supérieure de la plante. En dehors de ces exceptions, le type palmatitrifoliolé du Trèfle est constant.

On a pourtant signalé quelques prétendus Trèfles, de la section des *Chrosonemium* (procumbens, patens, agrarium, brutium, campestre, speciosum, etc.), qui seraient en partie ou en totalité pennatitrifoliolés. En réalité, ce ne sont là, y compris le *Filiforme*, que des *Médicaginées* et même pour la plupart des *Medicago*, qui ont été pris pour des *Trèfles*.

Le *Filiforme* (prétendu Trifolium) semble au premier abord absolument palmaté; il a été pris pour tel par Grenier et Godron. Mais je me suis convaincu qu'il n'en est rien. Le plus souvent on trouve dans la plante examinée au moins quelques feuilles de type incontestablement pennaté, bien que la prolongation de la nervure médiane nue au-delà des folioles latérales soit relativement courte. On reconnaît cette prolongation à la gouttière qu'elle porte et qui fait suite à celle du pétiole de la feuille.

Il y a pourtant des *Filiformes* qui ont des feuilles d'apparence palmatée et il n'est pas impossible que toutes les feuilles le soient dans une plante donnée. C'est qu'en effet, si les vrais Trèfles appartiennent toujours au type *palmaté*, parce que celui-ci ne saurait dégénérer en type *pennaté*, la proposition inverse ne serait pas exacte. Quand on suit le développement d'un bourgeon de feuille pennatée, en remontant assez haut dans le cours de l'évolution, on s'aperçoit qu'à un moment donné il n'y a plus de différence sensible avec une feuille palmatée. Il est donc possible, par arrêt, insuffisance de développement, qu'une feuille normalement destinée à être *pennatitrifoliolée* demeure en apparence *palmatitrifoliolée*. C'est ce qui a lieu pour quelques feuilles de *Médicaginées*.

Mais alors, outre qu'il est très rare que la fausse palmatation s'étende à toutes les feuilles de la plante, d'autres signes, empruntés toujours aux parties vertes, pourront permettre d'éviter la confusion, dans le cas des *Medicago* spécialement, et de décider quand le cas est douteux. C'est ainsi que :

1° Les Trifolium vrais en général ont des folioles plus étendues que celles des *Médicaginées*, et certaines Médicaginées ont des folioles tellement minimes qu'elles ne sauraient être prises pour des Trèfles : c'est le cas du *Filiforme*;

2° Le pétiole des feuilles est en général très long dans les feuilles basilaires ou inférieures des Trifolium. On n'observe jamais à cet égard dans les Medicago le développement dont certains Trèfles sont susceptibles. Or le *Filiforme* a des feuilles presque sessiles dans toute l'étendue de la plante;

3° La partie aérienne de la tige est en général plus large, plus résistante dans les Medicago; et même dans le cas où la plante est mal venue, comme avortée, le caractère de prédominance relative de la tige sur les feuilles persistera ; c'est ce que l'on voit très nettement dans le *Filiforme*, dont la tige est relativement très large, si on la met en regard de l'exiguïté des pétioles foliaires;

4° Les articulations des feuilles sont en général bien plus évidentes dans le g. Medicago que dans les Trifolium. Il en est ainsi particulièrement de celle qui se trouve immédiatement au-dessus des stipules, d'où résulte pour le pétiole des Medicago une mobilité dont les Trifolium ne sont ordinairement pas susceptibles (1);

5° Les *stipules* sont adnées dans les *Trifolium* comme dans les *Médicaginées*; mais elles le sont très longuement dans la plupart des *Trifolium*, plus courtement dans les *Medicago*. Aucun *Medicago* ne peut atteindre le développement de certains Trèfles à cet égard. Or les stipules sont courtement adnées dans le *Filiforme*.

(1) Il ne faut pas confondre cette mobilité articulaire avec la souplesse qui résulte de la longueur et de la ténuité du pétiole, et qui est fréquente dans les Trifolium.

De plus, les stipules sont le plus souvent embrassantes dans les Trifolium; elles le sont moins fréquemment dans les Médicaginées, surtout dans les Mélilots. Mais il n'en est pas moins vrai que le plus souvent, à cause de la largeur des tiges, l'implantation de la stipule sur la tige dans le Medicago est à peu près égale ou peu inférieure, quand elle n'est pas supérieure en étendue à l'implantation sur le pétiole, ce qui ne s'observe pas sur le *Trifolium*, où l'implantation pétiolaire l'emporte toujours visiblement. A ce point de vue encore, le *Filiforme* est conformé sur le type des *Médicaginées* plutôt que des *Trifolium*.

Donc, de par l'ensemble des caractères des parties vertes le *Filiforme* (prétendu *Trifolium*) et à plus forte raison les procumbens, patens, agrarium, etc., appartiennent aux Médicaginées et non aux Trifolium.

On peut affirmer en même temps que les Trifolium appartiennent tous, en réalité comme en apparence, au *type foliolaire palmaté*, tandis que les Médicaginées, quelles que soient les apparences, appartiennent réellement au type *pennaté*.

*Parties florales*. — Leur examen n'est pas moins démonstratif.

Un mot d'abord sur un certain nombre de caractères accessoires, concomitants des caractères majeurs. Ils établissent une présomption relativement à la nature de la plante, ou la confirment quand elle est douteuse; mais à eux seuls *ils sont insuffisants* comme caractères distinctifs des genres.

Par exemple, l'aspect de l'inflorescence n'a rien d'absolument caractéristique pour la distinction des *Trèfles* d'avec les *Medicago*; toutefois, quand elle est à la fois allongée en épi et dense, la plante est à peu près sûrement un *Trifolium*.

Il y a des trifolium à fleurs jaunes, mais il y en a peu; les Medicago à fleurs jaunes sont au contraire extrêmement nombreux : la couleur jaune de la corolle est donc une présomption en faveur des *Medicago*.

Les Trifolium comme les Medicago ont des ailes et une carène auriculées; mais l'auricule est bien plus longue et saillante ordinairement dans les Medicago, et la longueur de cet ornement tend à indiquer un *Medicago*.

La corolle est le plus souvent marcescente dans les Trifolium; très rarement dans les Médicaginées.

Dans les Medicago le calice est généralement plus souple, moins rigide sur les côtés, à stries moins manifestes; il est plus large à la base, plus épais, plus induré : il est assez facile de voir que c'est sur lui que s'insère la corolle (caliciflore); tandis qu'à l'examen approfondi, chez les *Trifolium*, la corolle paraît *hypogyne* (1).

Dans les Medicago, l'étamine vexillaire est moins nettement séparée des neuf autres que dans les Trifolium, et les étamines sont presque monadelphes (bien qu'au fond leur diadelphie ne soit pas douteuse). Mais il n'y a jamais dans les Medicago soudure de l'étamine isolée avec la corolle.

Voici maintenant les *caractères majeurs :* ils appartiennent aux organes de la génération et à la corolle.

L'ovaire dans les Trifolium n'est pas absolument uniforme; mais il a pourtant des caractères communs : il est petit, le plus souvent inclus, *peu allongé*, ainsi que le fruit, et par suite à un petit nombre de graines, le plus souvent réduites à une seule. Il est *encore moins large ;* le plus souvent sessile ou très brièvement

(1) Je donne ce caractère comme accessoire non par sa nature qui est des plus importantes, mais à cause de la difficulté assez grande qu'il y a ici à s'assurer de sa réalité.

stipité ; il est uni, égal, sans angles ni fortes bosselures ; et le style qui le surmonte est au moins à peu près égal, pouvant être beaucoup plus long (dans les ovaires monospermes). Le plus souvent l'aspect du fruit est caractéristique et celui des Médicaginées s'en distingue aisément. Néanmoins, il est possible, dans les fleurs très minimes, que le fruit des Medicago soit à une seule graine ou à un petit nombre, que ses courbures et ses inégalités s'atténuent, et bien qu'il reste encore relativement large, il peut se faire que la corolle ne soit pas détachée par son accroissement, reste marcescente et que le fruit soit pris pour celui d'un *Trifolium*.

*Cette confusion a été faite, dans un petit nombre de cas, par les observateurs les plus compétents et les plus consciencieux.*

Mais la corolle, jointe aux étamines, fournit un caractère différentiel majeur d'une sûreté absolue, sur lequel on n'a pas, jusqu'à présent, suffisamment insisté.

En effet, la corolle dans les Trifolium est *toujours gamo* ou *dipétale*, avec soudure des étamines à la corolle (corolliflore) tandis que les Médicaginées sont *toujours polypétales* et d'apparence *caliciflore* comme la plupart des légumineuses. Les Medicago présentent une adhérence constante de leurs longs ornements auriculaires qui peut induire en erreur et les faire supposer à première vue *dipétales* ; mais elles ne le sont pas réellement : l'onglet des pétales y est entièrement libre, soit par rapport aux pétales voisins, soit par rapport aux étamines. L'adhérence quand elle existe est superficielle, se produit à l'extrême base et est insignifiante ; enfin, l'insértion de la corolle et des étamines semble se faire incontestablement sur le calice. Je me suis assuré par de très nombreuses observations que ce signe différentiel des *Trifolium* est *absolument constant*. Je n'insiste pas sur son importance : il permet d'admettre que les Trifolium sont au moins une tribu tout à fait à part dans les légumineuses, *sinon une véritable famille*. Je ne connais pas d'autre légumineuse pouvant être considérée au premier abord comme *corolliflore*, *gamo* ou *dipétale*.

Dans les cas de *dipétalie*, l'étamine vexillaire et l'étendard m'ont paru le plus souvent soudés près de la base. Je crois que c'est là l'état normal ; néanmoins, il arrive assez fréquemmenl qu'on n'arrache pas l'étamine vexillaire en même temps que l'étendard. Quant aux neuf autres étamines, elles sont soudées fortement en faisceau au pétale inférieur, composé de la carène et des deux ailes.

Dans le cas de *monopétalie*, la disposition générale est la même ; mais la soudure de la corolle avec les étamines est plus intime encore et de plus l'étendard est fortement soudé au reste de la corolle.

J'ai remarqué que la *monopétalie* et la *dipétalie* sont constantes, tant l'une que l'autre, dans la même plante et dans les plantes de même espèce, et que chacune de ces dispositions s'accompagne d'une forme de fruit particulière. Je suis disposé à voir là un moyen sûr de distinguer au moins deux genres dans le groupe Trifolium.

Je donnerai comme exemple de Trifolium gamopétale le *T. Pratense*, et le *T. Repens* comme exemple de dipétale. J'ai même la conviction qu'on trouverait d'autres genres bien distincts dans les *Trifolium*. Mais je ne me suis pas proposé de les examiner tous en ce moment ; je dois me borner à établir qu'à l'aide des signes tirés de la fleur et des parties vertes la distinction radicale des Trifolium d'avec toutes les autres légumineuses est possible et facile.

Tel est le but que je crois avoir atteint.

Conclusions. — Les unes sont d'ordre particulier ; je les résumerai comme il suit :

1° Le groupe des Trifolium doit être révisé, pour savoir s'il constitue seulement un genre, ou si l'on doit en faire une *tribu* de plus d'un genre ou même une petite *famille* ne cessant pas d'appartenir au grand type des *légumineuses ;*

*N.-B.* — Mon avis personnel est, tout considéré, qu'il convient d'en faire une tribu des *Papilionacées*.

2° Il y a lieu d'ores et déjà de séparer les Trifolium des autres légumineuses dites *Trifoliées*, et d'en retrancher un certain nombre d'espèces, comprises actuellement dans la section des *Chrosonemium* (filiforme, procumbens, etc.) ;

Les autres conclusions, d'ordre plus général, peuvent être énoncées en ces termes :

3° La marcescence n'est pas un caractère majeur des plantes pouvant à lui seul déterminer un genre ou un groupe supérieur : c'est un petit caractère concomitant que l'on trouve dans les plantes les plus variées ; il résulte d'un ensemble de dispositions plus profondes, auxquelles il est subordonné.

Quand la corolle est suffisamment adhérente par sa base, et qu'elle n'est pas sollicitée au détachement par la croissance des fruits en sens divers, elle peut sécher sur place et alors elle est *marcescente*. Mais on a eu tort de choisir un tel signe comme distinctif entre les Médicaginées et les Trifolium ;

4° Les caractères des genres et autres groupes naturels plus compréhensifs doivent être empruntés à la fois aux parties vertes et à la fleur ;

5° Dans les parties vertes, la disposition des feuilles aux types *pennaté* ou *palmaté* a une très grande valeur et doit être prise en sérieuse considération : il est au moins exceptionnel, pour ne pas dire impossible, de voir ces deux types figurer dans le même genre ;

6° Pour la fleur, les caractères les plus importants me semblent devoir être cherchés le plus souvent dans la corolle ; et la soudure des étamines avec la corolle, dans les fleurs nettement chlamidées, est notamment un signe différentiel de la plus grande valeur.

Ces deux dernières conclusions ne s'appuient pas seulement sur mes observations relatives aux Trifolium ; elles résultent de l'ensemble de mes études sur les végétaux en général.

Bien qu'on ne puisse pas affirmer qu'une même règle et un même ordre de signes aient présidé partout à la distinction des genres et à leur séparation ; bien que, au contraire, il paraisse évident que le même caractère, envisagé dans les divers groupes du règne végétal, n'y a pas toujours une

égale valeur ; néanmoins, on peut dire qu'en général, parmi les signes les plus importants, figurent ceux qui sont empruntés à la corolle. Ceux des organes de la génération proprement dits et spécialement de l'ovaire, dont je suis loin de méconnaître la valeur différentielle, ne les égalent même pas toujours ou les égalent à peine comme caractères majeurs.

Il semble qu'en agissant ainsi la nature a voulu nous montrer qu'elle fait autant de cas de l'accessoire, de l'ornement, de l'agréable, que du fondamental, de l'utile, du nécessaire ; que pour elle, en un mot, rien n'est au-dessus de la beauté.

---

M. Paul PETIT

Lauréat de l'Institut (Académie des Sciences), à Saint-Maur-les-Fossés (Seine).

## CATALOGUE DE DIATOMÉES PROVENANT DE MADAGASCAR

[589.61 : 969]

*— Séance du 8 août —*

A la fin de l'année dernière, M. Paul Hariot, assistant au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, a eu l'obligeance de me remettre, afin de rechercher les Diatomées qu'ils pouvaient contenir, les débris d'une récolte d'algues marines, faite par M. A. Ferlus, administrateur adjoint des colonies, sur les rivages de Fort-Dauphin, à l'extrême sud de Madagascar.

Le travail fut long et difficile, car, après les lavages terminés, les diatomées étaient pour ainsi dire perdues dans une grande quantité de sable et de spicules de spongiaires, qui avaient un poids spécifique presque égal à celui de ces dernières. Il fut donc nécessaire de multiplier les décantations et de faire deux parts : dépôt lourd et dépôt léger.

Après avoir fait l'étude de la récolte de Fort-Dauphin, qui m'avait fourni un assez grand nombre d'espèces intéressantes, j'ai pensé qu'il serait bon d'examiner une autre récolte, qui avait été faite en 1878 à Helleville de Nossi-Bé par M. le Dr Corre, médecin principal de la marine. Cette récolte, composée de vase et de sable vasard, m'avait procuré de très belles espèces, que je m'étais contenté d'isoler et de monter, remettant à plus tard l'étude complète. C'était le moment d'entreprendre ce travail, car les espèces de Fort-Dauphin, situé au sud comme je l'ai dit, étaient surtout des diatomées épiphytes et celles de Nossi-Bé, situé au nord-ouest, provenant de dépôts marins, devaient par leur réunion donner une idée générale de la flore diatomique de Madagascar.

J'ai rencontré beaucoup d'espèces ubiquistes, dont j'ai simplement cité les noms, mais aussi j'ai trouvé beaucoup de diatomées rares et peu connues, provenant des régions voisines: du Cap de Bonne-Espérance, du Natal, de Java, de Ceylan, des Seychelles et surtout de Samoa. Quelques espèces déjà connues comme provenant de Ngucy, côte ouest de Madagascar, avaient été publiées et figurées, sans diagnoses, par MM. Weissflog et Gründler dans l'Atlas de M. Ad. Schmidt. J'ai pu, autant que possible, faire disparaître cette lacune.

J'ai rencontré un certain nombre d'espèces de Chatoceros que j'ai laissés de côté, car pour moi ces organismes, ainsi que les Bacteriastum, les Lauderia, les Rhizosolenia, etc., forment un groupe en dehors des Diatomées, dont ils diffèrent surtout par leur mode de reproduction.

Pour la désignation des localités, j'ai employé les abréviations suivantes: F.D. pour Fort-Dauphin et N.B. pour Nossi-Bé.

## Placochromaticées.

### Cocconeis.

C. dirupta Greg. F.D.
C. pellucida Greg. F.D.-N.B.
C. pseudomarginata Greg. F.D.
C. pinnata Greg. F.D.
C. Scutellum Ehr. F.D.
C. Scutellum, var. ornata Grun. F.D.

C. gibbocalyx Brun. Diat. esp. nouv., p. 17, *Pl. 18, fig. 4.* — A. S., atl., t. 190, *fig. 34* et *35*. — Très rare. N.B.

C. mammalis (Castr.) Cl. — Raphoneis mammalis Castr. Diat. Chall. *Pl. 26, fig.* 3, var. reticulata Cl. Nov. Diat. II, p. 187, *Pl. 3, fig. 16*. Long. 65 μ 52, larg. 36 μ 4, côtes 6 in 10 μ. La ponctuation intercostale est formée par de gros points irréguliers, carrés et rectangulaires. Très rare; je n'ai vu qu'un frustule. F.D.

### Campyloneis.

C. Argus Grun. F.D.
C. Grevillei W. Sm. Type. F.D.

C. regalis (Grev.) Grun. Novara, p. 11. — V. Hk. Syn. *Pl. 28, fig. 13* et *14*. F.D.

C. regalis, var. obliqua Grun. l. c., p. 11, t. I, *fig. 5, a.b.* — Long. 45 μ 5, larg. 34 μ 58. Assez rare. F.D.

### Orthoneis.

O. aspera Per. Diat. mar. *Pl. 5, fig. 13*. F.D.
O. fimbriata (Ehr.) Grun. F.D.
O. splendida (Greg.) Grun. F.D.
O. ovata Grun. Hedw. VI, p. 20. F.D.
O. binotata Grun.

O. Clevei Grun. in V. Hk. Syn. *Pl. 28, fig. 4.* — Per. Diat. mar., *Pl. 5, fig. 12.* — De Toni. Syll., p. 468. F.D.

O. Horvathiana Grun. Verh. 1860, p. 578. *Pl. 7, fig. 13.* — Per. Diat. mar., p. 28, *Pl. 5, fig. 11*. Long. 65 μ, larg. 45 μ. Rare. F.D.

### Rhaphoneis.

R. amphiceros Erh. — V. Hk. Syn., p. 147, *Pl. 36, fig. 22* et *23*. N.B.

R. Castracanei Grun., in V. Hk. Syn. *Pl. 36, fig. 28*. Long. 34 à 38 µ, plus grande largeur 25 à 27 µ, au centre 18 à 20 µ. Très commun. N.B.

R. elliptica Castr. Diat. Chall., p. 49, *Pl. 26, fig. 13*. Long. 56 à 63 µ, larg. 25 µ 4 à 29 µ. 6 côtes in 10 µ. Très commun. N.B.

### Achnanthes.

A. glabrata Grun. Verh. 1863, p. 146, t. 13, *fig. 17*. — Long. des valves 34 à 45 µ, larg. 7 à 9 µ. N.B.

A. javanica Grun., in Cl. et Grun. A. D., p. 18. — Cl. et Möl. Diat. nº 147. Long. 57 µ, larg. 29 µ, stries 5 in 10 µ.

A. javanica, var. rhombica. Cl. Nav. Diat. II, p. 196. — Long. 80 µ, larg. 32 µ, stries 5 in 10 µ.

La variété est plus grande que le type. Il n'existe pas de figures de l'espèce ni de la variété, mais il y a un caractère, indiqué par le professeur Clève, qui les fait reconnaître : « Central nodule transversely dilated into a *stauros bifid near the margin.* » J'ajoute que le stauros est excessivement étroit et presque linéaire. Commun. N.B.

A. hexagona Cl. et Brun. Diat. Esp. nouv., p. 5, *Pl. 19, fig. 3 a. b.* — Je n'ai vu qu'un fort fragment de la valve supérieure. N.B.

### Gephyria.

G. media Arn. Q. M. J. 1860, p. 20. — Tru. et Witt. Diat. Jérem., t. 4, *fig. 15* et *16*. — A. S., atl., t. 232, *fig. 7* à *13* et t. 231, *fig. 18* à *21*. Assez rare. F.D.

### Entopyla.

E. pulchella (Arn.) Grun. Verh., 1862, p. 428. — A. S., atl., t. 231, *fig. 9* à *11*. Rare. F.D.

### Epithemia.

E. Argus W. Sm. N.B.

E. Musculus Kütz. F.D.

### Amphora.

A. arenaria Donk. Long. 80 µ. N.B.
A. cingulata Cl. N.B.
A. ergadensis Greg. Long. 14 µ, larg. 7 µ. N.B.
A. granulata Greg. F.D.
A. lævis Greg. N.B.
A. macilenta Greg. D.C. p. 38, t. 12, *fig. 65*. N.B.
A. obtusa Greg. N.B.
A. oblonga Greg. Long. 72 µ. N.B.
A. Proteus Greg. Long. 80 µ. N.B.
A. turgida Greg. F.D. et N.B.

A. angusta Greg., var. gracilenta Grun. A. S., atl., t. 25, *fig. 15*. Long. 45 à 72 µ, larg. 16 µ (valve). F.D.

A. angusta, var. Eulensteinii Cl. A. S., atl., t. 25, *fig. 1* à *3* et t. 40, *fig. 35* à *37*. F.D.

A. crassa Greg., var. modesta Cl. Nav. Diat., p. 109. — A. S., atl., t. 28, *fig. 23*. F.D.

A. cymbifera Greg. D. C., p. 526, *Pl. 14, fig. 97.* — A. S., atl., t. 26, *fig. 33.* Type. F.D. et N.B.

A. cymbifera, var. A. S., atl., t. 25, *fig. 36.* F.D.

A. cymbifera, forme : A. S., atl., t. 25, *fig. 18.* N.B.

A. fluminensis Grun. Verh., 1863, p. 148, *Pl. 13, fig. 15.* Long. 23 μ 6, larg. du frustule 14 μ 5, larg. de la valve 7 μ 10. N.B.

A. granulifera Cl. Nav. Diat. II, p. 116, *Pl. 3, fig. 32* et *33.* Long. 72 μ. larg. 16 μ. F.D.

A. javanica A. S., atl., t. 27, *fig. 27, 30-33.* — Cl. Nav. Diat., p. 104. Long. 56 μ, larg, 18 μ. F.D. et N.B.

A. lineata Greg. D. C., p. 40, *Pl. 12, fig. 70.* N.B.

A. lineata, forme très petite. Long. 36 μ, larg. du frustule 12 μ 7, larg. de la valve 6 μ 3. N.B.

A. marina W. Sm. — V. Hk. Syn. p. 58, *Pl. 1, fig. 16.* — A. S., atl., t. 27, *fig. 14, 17, 18.* Long. 41 μ. F.D.

A. marina, forme : Pér. Diat. mar. *Pl. 44, fig. 16.* F.D.

A. monilifera Greg. D. C., p. 511, *Pl. 12, fig. 69.* Long. 32 μ 7, larg. de la valve 9 μ 10. N.B.

Je ne pense pas qu'on doive réunir cette espèce avec l'Amphora costata de W. Smith, car les dimensions sont très différentes et la granulation également. L'Amphora monilifera, figurée A. S., atlas, t. 26, *fig. 32,* provenant de Java, est sans doute une forme sporangiale.

A. cymbelloïdes Grun. Hedw., 1867, p. 24 et 25, var. Mauritania. A. S., atl., t. 25, *fig. 10.* Long. 63 μ 7, larg. 12 μ 7. La variété se distingue du type par deux sillons longitudinaux parcourant la valve et placés à une petite distance des deux marges. Les stries sont très serrées et à peine rayonnantes. Le professeur P.-T. Clève (Nav. Diat., II, p. 136) pense que cette variété doit appartenir à une autre espèce. Peut-être est-ce une espèce particulière. Dans tous les cas, elle est rare à F.D.

### Mastogloïa.

M. Braunii Grun. F.D.
M. Quinquecostata Grun. F.D.
M. Smithii Thw. F.D.

### Pinnularia.

P. Yarrensis Grun., in A. S., atl., t. 46, *fig. 1* à *6.* — Clève, Nav. Diat. II, p. 69. L'espèce trouvée à Nossi-Bé correspond exclusivement à la *fig. 4,* t. 46. A. S. Long. 72 μ 8, larg. 23 μ 6. Stries 4 1/2 in 10 μ. N.B.

### Navicula.

N. liber W. Sm. N.B.
N. liber, var. linearis Grun. N.B.
N. elegans W. Sm. N.B.
N. maxima Greg., var. excentrica Grun. F.D.
N. directa W. Sm., var. subtilis, Greg. N.B.
N. longa (Greg.) Ralfs. F.D. et N.B.
N. Zostereti (Rab.) Grun. N.B.
N. (cymatoneis) sulcata Grev. F.D.

N. (diploneis) Crabro Ehr. Kütz. N.B.
N. Entomon Ehr. F.D.
N. Præstes A. S. F.D.
N. Pandura Bréb.
N. suspecta A. S. N.B.
N. advena A. S. N.B.
N. advena, var. Sansegana Grun. N.B.
N. advena, var. parca A. S. N.B.
N. Bombus (Ehr.) Kütz. F.D.
N. Bombus var. densestriata A.S.F.D.
N. Beyrichiana A. S. F.D.
N. elliptica Kütz, N.B.
N. nitescens Greg. N.B.
N. nitescens, var. A.S., atl., t. 7, f. 35. F.D.
N. Smithii, Bréb. F.D.
N. notabilis Grev., var. expleta A. S. F.D. et N.B.

N. nicobarica Grun. Long. 34 μ, larg. 19 μ 2. F.D.

N. clavata Greg. F.D.
N. Californica Greg. F.D.
N. forcipata Grev. F.D.
N. Lyra Ehr. N.B.
N. Lyra, var. subcarinata Grun. N.B.
N. polysticta A. S., var. circumsecta Grun. F.D.

N. humerosa Bréb., var. Kamorthensis Grun. N.B.

N. arabica Grun. N.B.

N. Scandinavica Lagst. Bohus. Diat. p. 47. — N. lacustris A. S., in N. S. D. p. 88, *Pl. 1, fig. 29*, et atl., t. 6, *fig. 30*. — Stauroneis Eichbornii Schum. Pr. D., p. 89, t. 9, *fig. 55*. — Long. 62 μ, larg. 30 μ. N.B.

### Trachyneis.

T. aspera (Erh.), Cl. Nav. Diat. I, p. 191. — Type. — Nav. aspera Donk. B. D. *Pl. 10, fig. 1*. F.D.

T. aspera, var. vulgaris Cl., *l. c.* — A. S. atl., t. 48, *fig. 5*. F.D.

T. Clepsydra Donk. Cl. — Nav. Clepsydra Donk. Q.M.J., 1861, p. 8, *Pl. 1, fig. 3*. F.D. et N.B.

T. Clepsydra, var. Capensis A.S., atl., t. 48, *fig. 36*. — Long. 105 μ, larg. 27 μ. 11 stries in 10 μ. Area centrale très petite; stries *presque perpendiculaires à l'axe*, excepté vers le sommet. Comme cette variété a été trouvée au Cap de Bonne-Espérance, je propose de la nommer *Capensis*.

T. Debyi (Leud-Fort), Cl. Nov. Diat., p. 193. — Alloioneis Debyi. Leud-Fort. Diat. Malais., p. 18. *Pl. 2, fig. 5*. Rare. F.D.

### Scoliopleura.

S. tumida Bréb. — Commun. F.D. et N.B.

### Pleurosigma.

P. attenuatum Kütz. Long. 265 μ, larg. 30 μ. N.B.
P. decorum W.Sm. Long. 193 μ. N.B.
P. formosum W. Sm. Long. 191 μ. F.D.
P. longum Cl. Long. 172 μ. F.D.
P. marinum Donk. Long. 200 μ. F.B.
P. naviculaceum Bréb. F.D.
P. Normanii Ralfs. Long. 158 μ. F.D.
P. rigidum W. Sm. N.B.
P. Strigilis, W. Sm. N.B.
P. strigosum, W. Sm. F.D.

### Tropidoneis.

T. Lepidoptera (Greg.) Cl. — Amphiprora Lepidoptera Greg. T. M. S., 1857, p. 76, *Pl. 1, fig. 39*. F.D.

### Amphiprora.

A. sulcata O'M. — Long. 109 μ. Rare. F.D.

A. Temperei Cl. Diatomiste I, p. 2, *Pl. 2, fig. 3.*

A. Jolisiana Grev. T. of Bot. Soc. Edimb., vol. VII, 1863, p. 579, *Pl. 15, fig. 11.* Rare. N.B.

J'ai pu voir avec un fort grossissement les détails de la partie centrale du frustule, non décrite ni figurée par Greville. Voici la description qui complète celle de l'illustre diatomophile anglais.

Long. 81 μ, plus grande larg. 34 μ, à la constriction 27 μ; zone 9 μ 10; ponctuation marginale 3 à 4 in 10 μ. Face oblongue à extrémités largement arrondies, contractée au milieu; ailes étroites portant au milieu *une seule rangée* de grosses ponctuations assez écartées; la partie centrale est oblongue, montrant une zone connective *droite* ayant sur les côtés des petites ponctuations, 4 à 5 in 10 μ. Cette espèce diffère de l'A. Temperei par sa zone droite et par une seule rangée de ponctuations sur les ailes.

Je n'ai pas trouvé l'A. Temperei Cl. J'en ai fait mention seulement comme ayant été isolée d'un sondage fait sur les côtes de Madagascar, sans indication de localité et comme ayant une grande affinité avec l'A. Jolisiana Grev.

### Nitzschia.

N. panduriformis Greg. Type. F.D.
N. panduriformis, var. lata O. Wit. F.D. et N.B.
N. longissima (Bréb.), Ralfs. N.B.
N. plana W. Sm. Type. N.B.
N. plana, var. Zebuana Cast. F.D.
N. plana, var. abludens Grun. Long. 172 μ. N.B.
N. sigma (Kütz) W. Sm. N.B.
N. vitrea Norm., var. salinarum Grun. N.B.
N. acuminata (W. Sm.) Grun. N.B.

### Campylodiscus.

C. angularis Greg. F.D.
C. biangulatus Grev. F.D. et N.B.
C. Phalangium A. S. N.B.
C. simulans Greg., rare. F.D.
C. Grevillei Leud-Fort. N.B.
C. Normanicus Grev. N.B.
C. samoënsis Grun. N.B.
C. undulatus Grev. F.D. et N.B.
C. Crebrecostatus Grev., var. minor. Larg. 45 μ. A. S., atl., t. 15, *fig.* 17. N.B.
C. Chrysanthemum Brun. Diat. fos. du Jap., p. 28, *Pl. 2, fig. 7.* Très rare. N.B.

Le seul échantillon que je possède a un diamètre de 63 μ. Cette espèce est très belle quoique petite et le dessin ne peut pas rendre exactement son élégance. Le professeur Brun se sera peut-être servi de l'espèce fossile pour faire la reproduction du C. Chrysanthemum.

### Surirella.

S. fastuosa Ehr. Type. F.D. et N.B.
S. fastuosa, var. cuneata O. Wit. N.B.
S. fastuosa, var. robusta. A. S. N.B,
S. fastuosa forma dubia. Long. 27 μ, larg. 21 μ. N.B.
S. fluminensis Grun. F.D.
S. Lorenziana Grun. N.B.
S. reniformis Grun. Assez commune. F.D. et N.B.
S. armoricana Pér. N.B.

### Podocystis.

P. (Euphyllodium) spathulum, Shad. T.M.S., vol. II, p. 14, t. 1, *fig.* 3. Long. 54 à 57 μ, larg. 21 à 51 μ. N.B. Cette espèce ne peut pas être confondue avec le P. adriatica Kütz, comme le voudraient plusieurs auteurs. Chez cette dernière espèce il existe entre les côtes deux lignes de petites ponctuations, tandis que chez le P. spathulatum il n'existe entre les côtes qu'une seule rangée de grosses ponctuations quadrangulaires et très irrégulières, ainsi que le fait très bien remarquer M. Péragallo. Diat. mar. de Fr., p. 261. La figure de Shadbolt est très exacte et fait bien ressortir le caractère distinctif, qui ne suffit cependant pas pour créer un genre nouveau.

P. adriatica Kütz. Bacil., p. 62, t. 7, *fig.* 8 et t. 30, *fig.* 80. — Grun. Verh. 1862, p. 467, t. 7 (10), *fig.* 13. Plus rare que le précédent. N.B.

### Synedra.

S. formosa Hantz. Diat. Ostind., p. 19, t. 5, *fig.* 3. — Ardissonia formosa Grun. A. D. Commun. F.D. et N.B.

S. fimbriata Castr. Diat. Chall. *Pl.* 25, *fig.* 14. Long. 38 μ 2, la rg. 10 μ 9, stries 11 in 10 μ. N.B.

S. Baculus Greg. T. M. S., 1867, p. 88, *Pl.* 1, *fig.* 54. Long. 442 μ, larg. 14 μ 5, stries 12 en 10 μ. Rare. N.B.

## Coccochromaticées.

### Fragilaria.

F. Cylindrus Grun. D. Fr. Jos., p. 55, t. B, *fig.* 13. Long. 45 μ 5, larg. 9 μ, stries 8 in 10 μ. Rare. N.B.

Cette espèce a beaucoup de ressemblance avec F. linearis Castr. Diat. Chall. p. 56, *Pl.* 19, *fig.* 9. Je n'ai trouvé dans toute la récolte qu'un échantillon isolé.

### Dimerogramma.

D. nanum (Greg.) Ralfs. Long. 23 μ 6, stries 10 à 11 dans 10 μ. N.B.

### Climacosphenia.

C. moniligera Ehr. Commun. F.D. | C. indica Hantz. Rare. N.B.

### Plagiogramma.

Pl. decussatum Grev. T. M. S., 1866, p. 1, *Pl.* 1, *fig.* 1 et 2. Long. 45 à 54 μ, larg. 16 à 18 μ. N. B.

Pl. spinosum Cl. Diat. new or lit. kn., p. 18, *Pl.* 4, *fig.* 55. Long. 72 μ, 8. N.B.

Pl. interruptum (Greg.) Ralfs in Pritch. Inf., p. 774. — Dent. interrupta Greg. Diat. of Cl., p. 495, t. 10, *fig.* 30. — A. S., atl., t. 210, *fig.* 22.

J'ai été assez heureux pour rencontrer les valves, qui étaient inconnues jusqu'ici, ce qui me permet de compléter la diagnose de l'espèce :

Valves de même longueur que les frustules, largeur 10 μ 9, elliptiques lancéolées, légèrement contractées en dessous des sommets, qui sont capités et hyalins; area centrale largement elliptique et hyaline; ligne médiane apparente, étroite

et blanche; stries très fines visibles seulement sur les bords de la valve, avec un fort grossissement. L'aspect général de la valve est à peu près celui de la figure 2, A. S., atl., t. 209, seulement la valve de l'espèce P. interruptum est plus large.

### Grammatophora.

G. arctica Cl. F.D.
G. macilenta (W. Sm.) Grun. F.D.
G. marina (Lyngb.) Kütz. F.D.
C. undulata Ehr. F.D.

G. Mülleri Grun. in F. Hk. Syn., t. 53, *fig. 19*. Frustules vus par la zone ayant: long. 47 à 54 μ, larg. 14 à 18 μ, 13 à 14 stries in 10 μ. Valves linéaires lancéolées, un peu renflée au centre. Avec un fort grossissement on voit une ligne de fines ponctuations entre les stries. F.D.

### Rhabdonema.

Rh. adriaticum. Kütz. F.D.
Rh. arcuatum (Lyngb.) Kütz. F.D.

### Climacosira.

Cl. mirifica (W. Sm.) Grun. Verh., 1862, p. 424, t. 9, *fig. 3*. F.D.

### Isthmia.

I. minima B. et H. Exped. Wilkes', p. 176, t. 9, *fig. 11*. — A. S., atl. t. 145, exclusivement *fig. 6* et *7*. Cette espèce est assez rare à Nossi-Bé, elle a été trouvée sur un autre point de la côte ouest à Ngucy (Weissflog), elle est de petite dimension et de forme très curieuse, qui la distingue des autres Isthmia. Les deux valves sont dissemblables, l'une est courte et l'autre allongée. Les aréoles des valves sont disposées comme chez l'I. enervis, mais elles sont fort inégales, carrées ou souvent plus longues que larges; la zone connective est longue de 72 μ et large de 41 μ, elle porte une ponctuation décussée à la manière des Pleurosigma; on compte, en 10 μ, 6 séries se coupant sous un angle de 60°. Les bords de la zone, contigus aux valves, sont garnis d'une bande de granulations un peu allongées. Cette espèce diffère de l'Isthmia Lindigiana Grun. par la présence des ponctuations des bords de la zone et aussi par la forme des alvéoles des valves.

I. nervosa Kütz. Bacil. p. 137, t. 19, *fig. 5*. N.B.

### Auliscus.

A. Macraëanus Grev. F.D.
A. pruinosus Bail. N.B.

A. cœlatus Bail. var. strigillata A. S., atl., t. 32, f. 24 à 26.

### Cerataulus.

C. (Odontella) turgidus Ehr. V. Hk. Syn., t. 104, *fig. 1* et *2*. A. S., atl., t. 115, *fig. 12* et surtout *fig. 14*. Long. 96 à 176 μ, larg. 85 à 142 μ, déjà trouvé à Ngucy (Weissflog), assez commun à N.B.

Cette superbe espèce se rapproche beaucoup par son aspect et ses dimensions du Cerat. Petiti Leuduger-Fortmoral. Diat. de la Malaisie, p. 39, *Pl. 6, fig. 3*.

### Biddulphia.

B. aurita (Lyngb.) Bréb. F.D. et N.B.
B. pulchella Gray. F.D. et N.B.
B. reticulata Rop. F.D. et N.B.
B. reticulata, var. trigona. F.D. et N.B.

B. Roperiana Grev. Q. M. J. 1859, *Pl. 8, fig. 11* à *13*. Cast. Diat. Chall., p. 106, *Pl. 26, fig. 4*. Rare. N.B.

B. Tuomeyi (Bail.) Rop. Très polymorphe. Commun. F.D.

### Amphitetras.

A. cruciata Jan et Rab. Diat. Hond., p. 4, t. 1, *fig. 5*. Rare. N.B.

### Triceratium.

T. bicorne Cl. West Ind. F.D.
T. dubium Bright = T. bullosum, O. Wit. F.D.
T. Favus Ehr. F.D.
T. fimbriatum Wall. F.D. et N.B.

T. sculptum Shad. T.M.S., 1854, p. 15, *Pl. 1, fig. 4*. — *Non* T. punctatum Bright. F.D.

T. junctum A. S., atl., t. 98, *fig. 1* et *3*. — Diat. rares et nouvelles. Diatomiste I, p. 6, *Pl. 2, fig. 2*.

Très belle espèce assez commune à Nossi-Bé ; elle avait déjà été trouvée à Ngucy (Weissflog). Elle se rapproche du T. pentacrinus, dont elle diffère par ses grosses granulations, par les arcs se trouvant à l'intérieur au devant des bras et par sa plus forte texture.

T. formosum Bright. var. pentagonalis. A. S., atl., t. 79, *fig. 4*. Plus grande largeur 94 à 114 µ ; *aréoles très petites*, 5 1/2 in 10 µ ; angles *aigus*, à sommets très finement aréolés. Assez commun. F.D.

Cette espèce bien caractérisée se distingue facilement des autres espèces pentagonales, telles que T. grande Bright, pentagonium ; Triceratium Favus Ehr., f. pentagona Grun., etc.

### Euodia.

E. ventricosa Castr. Diat. Chall., p. 150, *Pl. 12, fig. 5*. Long. 71 µ, larg. 36 µ. F D.

### Coscinodiscus.

C. cocconeiformis A. S. F.D.
C. denarius A. S. F.D.
C. excentricus Ehr. N.B.
C. Normanii Greg. F.D.
C. lineatus Ehr. F.D.
C. lentiginosus Jan. F.D.
C. marginotolineatus A.S. F.D. et N.B.
C. nitidus Greg. N.B.
C. nitidus, var. tenuis Ratt. F.D.
C. obscurus A. S., var. minor. F.D.
C. radiatus Ehr. N.B.
C. radiatus, var. minor. A.S. N.B.
C. suspectus Jan. F.D.
C. curvatulus Grun., var. genuinus. F.D.

### Actinocyclus.

A. subcrassus Ratt. Révis. Actin., p. 154. — Actin. crassus V. Hk. (*non* W. Sm.). Syn., p. 215, *Pl. 124, fig. 6* et *8* = Actin. circumdatus Pant. Fos. Bac. Ung., p. 66, *Pl. 3, fig. 28*. Diamètre 31 µ, pseudo-nodule 1 µ 7. Très rare. N.B.

### Actinoptychus.

A. splendens (Shad.) Ralfs et ses variétés. F.D. et N.B.

A. splendens, var. Californica, nov. var. A. S., t. 153, *fig. 3*. Diamètre 60 µ. Valve ayant sept larges secteurs, tous à stries décussées, portant une aréa mar-

ginale et des alvéoles au-dessous des secteurs; ombilic central hyalin en forme d'étoile dont les rayons se prolongent jusqu'à 1/3 des secteurs. Cette variété ayant été récoltée pour la première fois à San-Francisco, je propose de la nommer *Californica*. Elle est très élégante et rare. F.D.

A. concentricus A. S., atl., t. 153, *fig. 13*. Diamètre 34 à 47 μ. Valves portant douze segments étroits, alternativement obscurs et pâles, munis de stries décussées ; les ponctuations et les alvéoles forment des zones concentriques estompées et séparées les unes des autres par des zones claires, c'est cette disposition qui a valu son nom à cette petite espèce; ombilic circulaire et hyalin. F.D.

A. summissus. A. S., atl., t. I, *fig. 13*. Diamètre 61 μ 8. Valves circulaires ayant six secteurs alternativement sombres et clairs; secteurs munis de stries décussées et d'un petit appendice marginal; pas d'espace blanc hyalin vers le bord et pas d'alvéoles; ombilic hyalin *hexagonal*, large de 9 μ 10. N.B.

A. vulgaris Schum. Pr. Diat., p. 64, var. australis Grun., in V. Hk. Syn. t. 121, *fig. 8*. — Diamètre 51 μ. Valves circulaires ayant quatorze secteurs alternativement sombres et pâles; secteurs à stries décussées, portant un espace blanc et un appendice dans la partie marginale; alvéoles larges, presque rondes; ombilic circulaire, hyalin, large de 14 à 16 μ; marge de la valve hyaline et étroite. Assez commun. N.B.

A. Janischii Grun., in V. Hk. Syn. *Pl. 122, fig. 6*. — A. S., atl., t. 153, *fig. 9* et *10*. — Diamètre 116 μ 48. Valve circulaire ayant dix-sept secteurs (leur nombre semble être variable d'après les figures de A. Schmidt), tous de même teinte, séparés les uns des autres par une aréa étroite s'élargissant subitement en cercle près de la marge, munis d'un petit appendice marginal et de deux espaces hyalins dans les angles ; stries décussées, pas d'alvéoles; ombilic hyalin, circulaire et large de 18 μ 20, dont le milieu porte un disque estompé de 10 μ 9; marge réduite à une ligne assez étroite. Très rare. F.D.

### Asteromphalus.

A. flabellatus (Bréb.) Grev. Q. M. J., 1859, p. 160, *Pl. 7, fig. 4*. F.D.

### Arachnoïdiscus.

A. ornatus Ehr. A. S., atl., t. 73, *fig. 4* et *6*. Très commun. F.D.

### Hyalodiscus.

H. subtilis Bail. New. sp., p. 10, *fig. 12*. — Jan et Rab. Diat. Hond., p. 8, t. I, *fig. 13*. F.D.

### Podosira.

P. maculata, W. Sm. B. D. II, p. 54, *Pl. 49, fig. 328*. F D.

### Gaillonella.

G. sulcata Ehr. Ber. 1840, t. 3, *fig. 5*. F.D.

Le professeur Clève a rencontré, dans un sondage fait sur les côtes de Madagascar, le Navicula Madagascarensis n. sp. Cl. Diatomiste I, p. 23, *Pl. 4, fig. 2*. Sans localité.

M. le Dr C. GERBER

Professeur à l'École de Médecine de Marseille.

## CURIEUSES MODIFICATIONS DU *STATICE GLOBULARIÆFOLIA* DESF. [583.671]

*— Séance du 8 août —*

*Statice globulariæfolia* (Desf.) est une plante très rare en France. On la rencontrait autrefois en assez grande abondance aux portes même de Marseille, çà et là, le long des falaises du chemin du littoral, depuis Arenc jusqu'un peu au delà de l'Estaque; mais elle a presque entièrement disparu entre Arenc et Mourepiane, par suite de l'agrandissement des nouveaux ports. Il faut aller actuellement jusqu'à l'usine du Rio-Tinto, entre l'Estaque et l'Establon, pour en rencontrer de beaux et nombreux exemplaires. Il n'est pas même bien sûr que cette dernière station, découverte jadis par M. Reynier, le zélé botaniste provençal, puisse, longtemps encore, contenter les naturalistes désireux de posséder notre plombaginée. Je crains fort que nous ne soyons bientôt obligés de les conduire beaucoup plus loin, jusqu'à l'Étang de Berre, sur les falaises duquel, *Statice globulariæfolia* Desf. est encore assez abondant, entre Saint-Thomas et l'anse du Rouquet.

La disparition que nous constatons au Rio-Tinto, de la plante de Desfontaine, n'est pas due à la même cause que celle observée à Arenc et à Mourepiane; il ne s'agit pas en effet, ici, de la destruction violente de la station même, mais de modifications graduelles transformant l'espèce primitive.

Ces modifications sont si importantes qu'actuellement la moitié des pieds, au moins, ne répondent plus au type *Statice globulariæfolia* tel que l'a établi Desfontaine.

Nous allons étudier tout d'abord la série de modifications qui font passer du type normal au type le plus anormal, puis nous rechercherons les causes qui ont pu déterminer ces modifications.

### DESCRIPTION DE LA PLANTE NORMALE

*Statice globulariæfolia* Desf., est une plante dressée, atteignant environ un mètre de hauteur et formée de deux parties :

1° Une souche ligneuse, épaisse, très ramifiée et portant un grand nombre de rosettes de feuilles constituant un véritable gazon serré. Les feuilles de ces rosettes, qui, au premier abord, semblent des feuilles radicales, sont très rap-

prochées sur un axe court, oblongues, légèrement spatulées, atténuées en un pétiole assez large; elles sont coriaces, parcourues par trois à cinq nervures longitudinales très prononcées et ont le plus souvent 6 centimètres de long sur 2 à 3 centimètres de large.

2° Des tiges dressées, dépourvues de feuilles et partant chacune du centre d'une des rosettes de feuilles dont elles sont la continuation de l'axe. Ces tiges sont d'abord simples; mais bien avant d'arriver à la moitié de leur hauteur, elles commencent à émettre des rameaux; ceux-ci se ramifient également à plusieurs reprises. Toutes les branches ainsi formées sont flexibles, allongées, assez étalées et sont, comme la tige principale, dépourvues de feuilles vertes; à leur place on trouve de petites bractées scarieuses. Les rameaux ultimes portent un certain nombre de fleurs groupées, par deux le plus généralement, en petites cymes héliçoïdales contractées ou faux épillets; les cymes sont rapprochées sur ces rameaux en des sortes d'épis composés dont les épillets sont tous disposés d'un même côté de l'axe.

La partie ramifiée de la tige dressée constitue une panicule large, bien plus longue que le reste de la tige et très lâche; cette tige porte dans les *Statice* le nom de scape.

*Série des pieds anormaux observés au Rio-Tinto.* — Au Rio-Tinto, à côté de nombreux pieds normaux, semblables à celui représenté dans la figure 1, nous avons trouvé un certain nombre d'individus se distinguant immédiatement des pre-

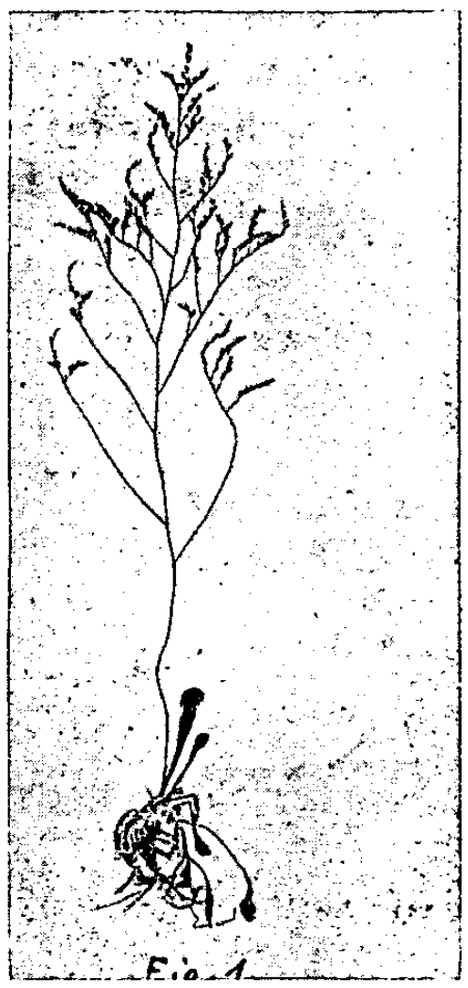


FIG. 1.

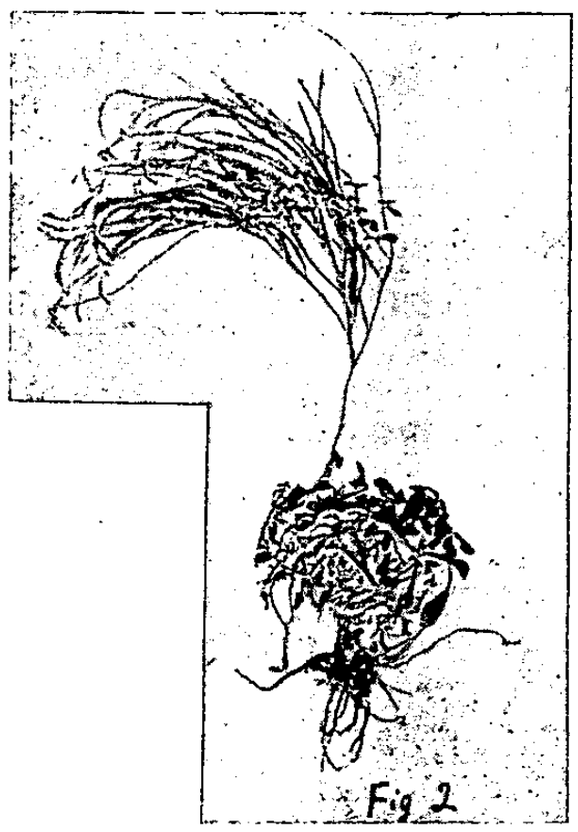


FIG. 2.

miers par leur inflorescence. Les scapes de tous ces pieds anormaux se présentent sous la forme d'une queue de cheval; mais certains portent des épillets bi ou triflores à l'extrémité de chaque ramification ultime, tandis que d'autres n'ont absolument aucune fleur à l'extrémité de leur chevelu. Les uns comme

les autres peuvent d'ailleurs être soit abondamment pourvus de feuilles vertes, moins grandes que les feuilles en rosette de la base, mais bien différentes des



FIG. 3.




FIG. 4.

petites bractées scarieuses que nous avons signalées chez les individus normaux soit en être privés.

Nous avons donc quatre types anormaux représentés dans les figures 2 à 5 et caractérisés de la façon suivante :

Scape abondamment ramifié dès la base, offrant l'aspect d'une queue de cheval

| Feuilles vertes réunies en petits bouquets à la base des diverses ramifications du scape | | Pas de feuilles vertes sur le scape | |
|---|---|---|---|
| Fleurs à l'extrémité du chevelu *(Fig. 2)*. | Pas de fleurs à l'extrémité du chevelu *(Fig. 3)*. | Fleurs à l'extrémité du chevelu *(Fig. 4)*. | Pas de fleurs à l'extrémité du chevelu *(Fig. 5)*. |

Il suffit de jeter un coup d'œil sur les cinq premières figures pour voir combien ces formes diffèrent entre elles et s'éloignent de la forme type: aussi croirait-on avoir affaire, au premier abord, à cinq espèces différentes. Il n'en est rien. Le scape de certains pieds de *Statice globulariæfolia*, rares,

à la vérité, portent, en effet, deux sortes de ramifications : les unes norma-



FIG. 5.

lement constituées, les autres présentant quelqu'une des anomalies signalées plus haut.

C'est ainsi que la figure 6 représente une inflorescence dont les bran-

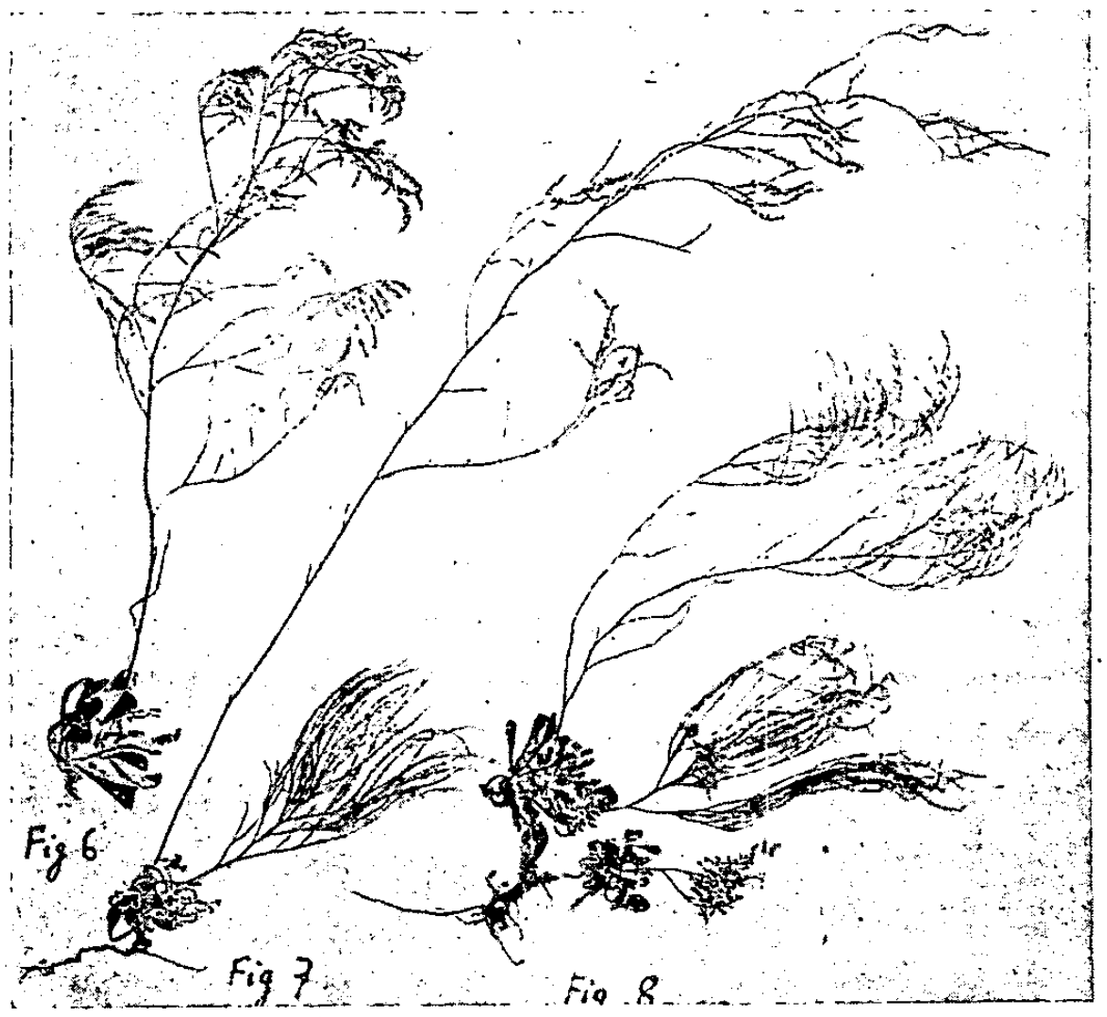



FIG. 6 à 8.

ches émises par le tiers supérieur de l'axe portent des faux épillets très

rapprochés les uns des autres comme cela existe dans le type normal, tandis que les branches du tiers moyen se terminent en chevelu.

Le chevelu est bien plus prononcé dans les deux branches situées au sommet du scape de droite de la figure 7; tout le reste de l'inflorescence étant normal, on peut dire que nous assistons ici à l'ébauche d'une anomalie. Sur la plante vivante, ce chevelu était rabattu le long de l'axe du scape, nous l'avons redressé en renversant la plante, afin d'obtenir une photographie plus expressive. La figure 7 est encore remarquable en ce que, de la même touffe de feuilles basilaires d'où part l'inflorescence partiellement modifiée, se dégage un second scape, complètement anormal et rappelant celui de la figure 4.

La figure 8 est des plus démonstratives en ce qui concerne l'étroite parenté des quatre types d'anomalie que nous avons distingués au début. Le *Statice globulariæfolia* Desf. qu'elle représente, possède en effet quatre scapes groupés deux par deux et offrant les modifications que nous avons trouveés séparées sur des pieds différents dans les figures 2 à 5. En outre, de la souche qui a émis ces scapes, on voit partir, à droite, un stolon terminé par une rosette de feuilles grandes et larges, semblables aux feuilles de la souche principale. De cette rosette se détache l'axe d'un scape qui, au lieu de porter les faux épillets caractéristiques du genre Statice, porte de petites feuilles vertes rapprochées en petits bouquets, à l'extrémité et le long de ramifications assez courtes d'ailleurs.

### EXPLICATION DES FORMES ANORMALES PRÉCÉDENTES

Toutes les anomalies que nous venons de signaler doivent être attribuées :

1° D'une part à l'exagération de deux tendances que l'on constate dans les espèces du genre *Statice*, à savoir :

*a)* La tendance qu'offrent toutes les bractées scarieuses qui se trouvent sur l'axe principal et les axes de divers ordres du scape à présenter des rameaux axillaires;

*b)* La tendance à l'avortement des fleurs groupées en petites cymes hélicoïdales contractées ou faux épillets rapprochés eux-mêmes les uns des autres en des sortes d'épis composés;

2° D'autre part à l'élongation de tous les entre-nœuds des rameaux, épis et épillets, ou d'un certain nombre de ces entre-nœuds.

Cela demande quelques explications.

1° *a) Statice globulariæfolia* Desf. est assez fréquemment confondu avec *Statice confusa* dont on a pu dire jusqu'à un certain point qu'il paraît une forme à dimensions exagérées. Il s'en distingue surtout, outre ses grandes dimensions, en ce que les bractées scarieuses supérieures et moyennes de

l'axe principal du scape ont des rameaux à leur aisselle, tandis que chez *Statice confusa*, seules les bractées supérieures en sont pourvues.

Eh bien ! dans nos types anormaux, non seulement les bractées supérieures et moyennes de l'axe principal portent des rameaux à leur aisselle, mais il en est de même des bractées scarieuses correspondantes, portées par ces ramifications de second ordre; il en résulte la disposition en queue de cheval. De plus, dans quelques cas, certains rameaux de second ordre ou d'un ordre plus élevé restent courts au lieu de s'allonger en un long filament; les entre-nœuds sont par suite très courts et les bractées scarieuses qui existent à chaque nœud sont rapprochées en une véritable rosette. Elles deviennent vertes et acquiérent de plus grandes dimensions.

*b)* Un très petit nombre (1 ou 2) des rameaux les moins élevés du scape des *Statice confusa* et *globulariæfolia* sont dépourvus de fleurs. Mais chez les espèces voisines, appartenant à la même section *Globulariastrum* du genre *Statice*, telles que *Statice virgata* si commun sur les côtes de la Méditerranée, tous les rameaux inférieurs et moyens sont stériles. C'est donc par exagération de cette tendance à l'avortement des fleurs que l'inflorescence entière de certains des types anormaux, que nous avons décrits, est stérile.

2° Chez *Statice globulariæfolia* normal, les rameaux des divers ordres ont des entre-nœuds assez courts. Ces entre-nœuds deviennent extrêmement longs dans nos scapes anormaux et cette élongation frappe même les ramifications ultimes, c'est-à-dire les épis et les faux épillets. C'est ce dont on peut se rendre compte en examinant les figures 9 à 21, représentant un groupe d'épis du type normal et les diverses élongations que les épis et les épillets subissent dans les types anormaux les plus fréquents.

Voici l'explication de ces diverses figures :

Fig. 9. — Type normal : groupe d'épis courts, épillets sessiles très rapprochés les uns des autres.

Fig. 10. — Première manifestation de l'anomalie : épis un peu allongés, épillets sessiles, un peu éloignés les uns des autres.

Fig. 11. — Un seul épi très allongé : avortement des épillets situés à l'aisselle des premières et des dernières bractées de l'épi; les épillets médians sont sessiles, fertiles, et assez éloignés les uns des autres.

Fig. 12. — Un épi très allongé : presque toutes les bractées de cet épi sont fertiles; les épillets ne sont plus sessiles; il y a un demi-centimètre de distance entre les deux petites bractées, très rapprochées d'ailleurs l'une de l'autre, ainsi que de l'axe de l'épi et de la base de l'épillet, et la grande bractée bien diminuée de dimension qui enveloppe la base de la première fleur; les fleurs supérieures de chaque épillet ont avorté.

Fig. 13. — Un épi très allongé : les épillets, comme dans l'exemple précédent, ne sont pas sessiles; mais en outre de l'espace de un demi-centimètre séparant la première fleur de la base de l'épillet, on constate la même distance entre la première et la seconde fleur ainsi que le montre bien l'épillet inférieur de la

figure : cette seconde fleur, non seulement n'est pas avortée comme dans le cas précédent, mais encore est suivie de deux autres fleurs également fertiles, ce

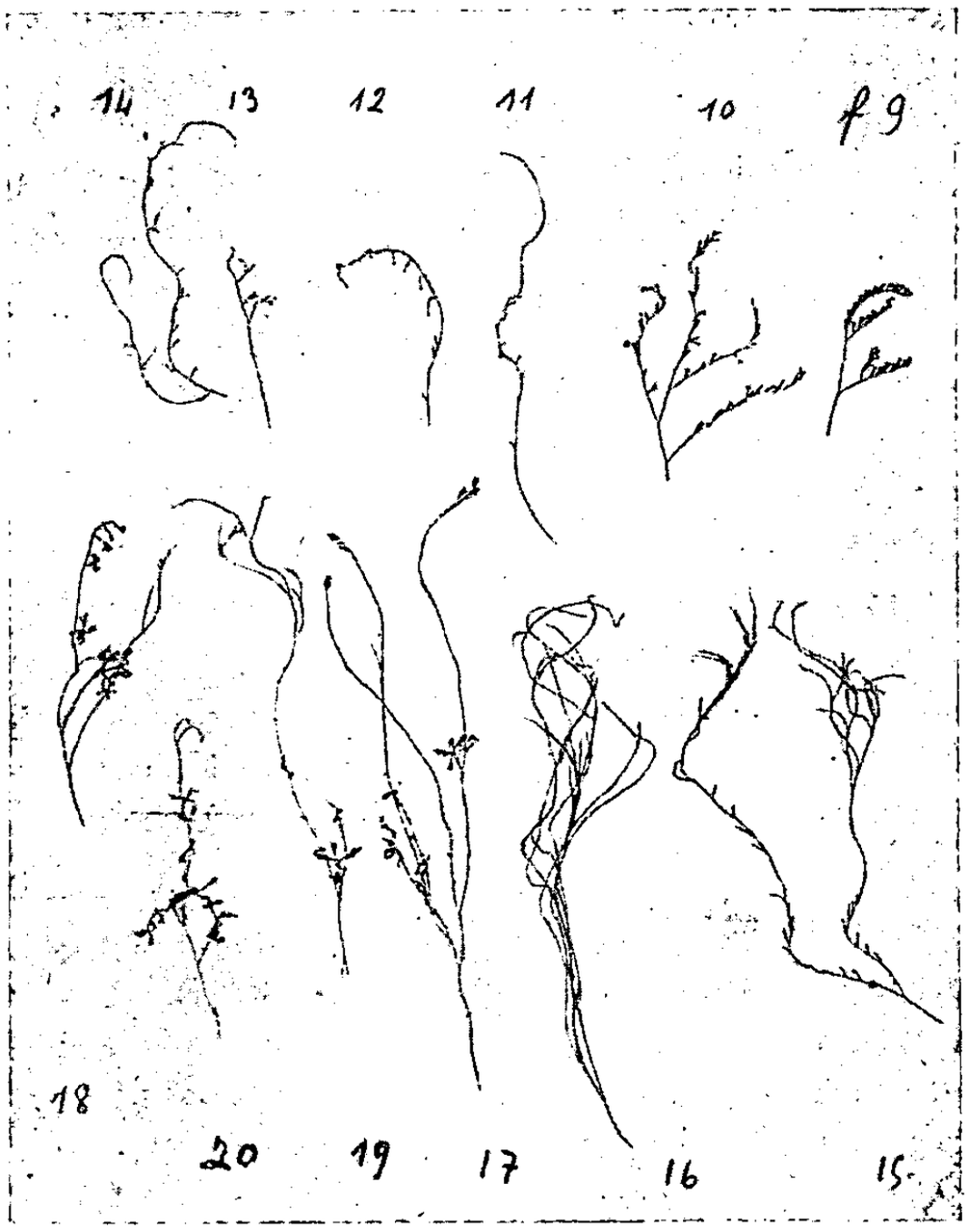



FIG. 9 à 20.

qui porte à quatre le nombre de fleurs de l'épillet; ces deux dernières fleurs sont très rapprochées de la seconde.

FIG. 14. — Deux épis très allongés : chaque épillet, non sessile, porte une fleur fertile et se continue en un axe stérile assez court.

FIG. 15. — Deux épis : les épillets de la base de chaque épi sont fertiles, ceux du milieu stériles et à axe court, ceux du sommet stériles également et à axe très allongé en forme de filament mince.

FIG. 16. — Un épi : tous les épillets sont remplacés par un filament mince, très long et ne portant aucune fleur; l'ensemble constitue un véritable chevelu.

FIG. 17. — Groupe d'épis allongés : à l'aisselle des bractées scarieuses inférieures et moyennes de chaque épi naissent des rameaux à entre-nœuds très rapprochés et portant de petites feuilles vertes qui forment des rosettes identiques aux rosettes de la base de la plante: ce sont des épillets virescents; à l'aisselle des bractées supérieures naissent des épillets fertiles et sessiles.

FIG. 18. — Groupe d'épis allongés, présentant comme comme ceux de la figure 17 des rosettes de feuilles à l'aisselle des bractées inférieures et moyennes et des épillets fertiles à l'aisselle des bractées supérieures; mais ces épillets fertiles ne sont pas sessiles.

FIG. 19. — Un épi allongé ; les épillets inférieurs sont pédicellés et transformés en rosettes de feuilles ; les épillets moyens ont complètement avorté, il ne reste que les bractées axillantes ; quant aux épillets supérieurs, ils sont stériles et réduits à de longs filaments.

FIG. 20. — Non seulement les épillets inférieurs sont transformés en rosettes de feuilles comme dans le cas précédent, mais il en est de même des épillets moyens qui ici n'ont pas avorté ; quant aux supérieurs, ils sont, comme tout à l'heure, réduits à l'état de filaments, mais moins allongés.

## CAUSES DES ANOMALIES DU *STATICE GLOBULARIÆFOLIA* DESF.

Les exemplaires les plus déformés se trouvent sur la pente abrupte, parfois verticale d'une falaise bordant la route du littoral à droite quand on va vers le Rove. Cette pente est constamment arrosée par de l'eau qui suinte à travers la terre végétale de la région supérieure, coule ensuite le long des grandes herbes pendantes et tombe enfin goutte à goutte sur les *Statice* déformés situés plus bas. Je ferai tout de suite remarquer que très près de ces plantes déformées, à quelques mètres de distance, sur la même falaise, tous les *Statice* sont normaux et que, en ce point, on n'observe pas le moindre suintement.

Y a-t-il simple coïncidence ou relation de cause à effet entre ces deux phénomènes : écoulement de l'eau et anomalies? C'est ce que nous devons chercher.

A l'époque où M. Reynier découvrit la station du *Statice globulariæfolia* au Rio-Tinto, il n'existait aucun suintement ; on n'observait pas non plus d'anomalies, car ces dernières n'auraient certainement pas échappé à l'œil exercé du sagace botaniste provençal, lequel m'a plusieurs fois dit n'avoir constaté que des pieds normaux. Depuis, deux événements se sont produits qui ont modifié les conditions de la station : percement de la route du littoral et création d'une usine de produits chimiques. La route a coupé la station en deux parties : l'une, où tous les pieds sont restés normaux, se trouve entre la mer et le chemin ; l'autre, dans laquelle se sont produites les anomalies, est située entre le chemin et l'usine. L'eau qui arrose les *Statice* anormaux coule dans le fossé de la route et par suite n'arrive en aucune façon jusqu'aux *Statice* de la première partie. Quant à l'usine, elle a déterminé l'écoulement de l'eau, car ce n'est que depuis son fonctionnement que le suintement a eu lieu.

La question, on le voit, se précise. Il nous est en effet fort difficile de ne pas chercher s'il existe un rapport de cause à effet entre : le fonctionnement de l'usine, l'arrosage des pieds de *Statice globulariæfolia* Desf. et les modifications de ces derniers.

La station de la plante de Desfontaine est située en contrebas de cette usine où l'on fabrique entre autres de la lessive de soude et des acides

(acide sulfurique, acide chlorhydrique). Les eaux acides rejetées comme résidus sont recueillies dans un grand réservoir et neutralisées au moyen de blocs de calcaire plus ou moins dolomitique, puis elles sont déversées dans la mer. C'est juste au-dessous de ce bassin que se trouvent les suintements dont nous avons parlé, et les exemplaires les plus déformés de la plombaginée. Il était donc à prévoir que l'eau qui coule sur ces derniers était une eau chargée en sels minéraux. C'est ce que l'analyse a confirmé.

Nous avons trouvé, pour la composition de l'eau qui coulait sur les pieds les plus déformés, les nombres suivants :

| | Grammes. |
|---|---|
| Cl. . . . . | 4,24 par litre. |
| $SO^4$ . . . . . | 0,93 — |
| K. . . . . | 0,05 — |
| Na . . . . . | 0,34 — |
| Ca . . . . . | 2,18 — |
| Mg . . . . . | 0,17 — |

Si à l'aide des chiffres du tableau précédent on calcule le poids des différents sels contenus dans l'eau, on trouve que 1 litre de cette eau contient :

| | Grammes. |
|---|---|
| Chlorure de calcium . . . . . | 4,96 |
| Sulfate de calcium . . . . . | 1,32 |
| Chlorure de sodium. . . . . | 0,87 |
| Chlorure de potassium . . . . . | 0,09 |
| Chlorure de magnésium. . . . . | 0,67 |

Les divers sels contenus dans notre eau à dose très forte sont loin d'être inactifs et pourraient très bien être la cause des anomalies observées. Nous croyons en avoir fait la démonstration directe de la façon suivante. Nous avons dirigé l'écoulement de cette eau saline sur la région située quelques mètres plus loin et signalée tout à l'heure comme ne présentant que des pieds normaux. Ceux-ci, quelques mois après, se sont mis à varier, et les scapes qui ont pris naissance à partir de cet instant ont rapidement présenté la disposition si curieuse en queue de cheval représentée dans la figure 5.

Néanmoins un doute reste dans notre esprit. Si l'on admet que les diverses anomalies observées dans la station du Rio-Tinto sont dues à l'eau chargée de sels qui s'échappe de l'usine, il n'en est pas moins vrai que deux facteurs se présentent comme pouvant produire les déformations : l'eau et les sels en dissolution. Nous ne pourrons accuser les sels d'être les coupables que lorsque, après avoir fait couler pendant longtemps de l'eau douce sur

des pieds normaux, nous aurons constaté qu'il ne s'est rien produit. Afin de ne pas changer les autres conditions auxquelles sont soumis les *Statice globulariæfolia*, nous avons essayé, mais en vain, de réaliser l'expérience au Rio-Tinto même. Nous ne renonçons pas à notre projet, et, s'il le faut, nous opérerons sur les *Statice globulariæfolia* des bords de l'étang de Berre (1), ce qui, à notre avis, vaut mieux que de tenter l'expérience sur un pied transplanté hors de sa station naturelle.

Quoi qu'il en soit, les anomalies si curieuses que *Statice globulariæfolia* Desf. nous a offertes au Rio-Tinto, et qui affectent surtout l'inflorescence, sont très différentes des modifications que l'eau douce et l'eau salée déterminent en général sur les plantes et qui affectent surtout l'appareil végétatif. Aussi, malgré les observations et les expériences que nous venons de relater, il nous est difficile de conclure, sans faire aucune réserve, que ces anomalies sont dues aux eaux qui s'écoulent de l'usine du Rio-Tinto.

---


## M. Edmond GAIN

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Nancy.


### L'HERBIER DE DOMINIQUE PERRIN, MÉDECIN LORRAIN DE LA PREMIÈRE PARTIE DU XVII[e] SIÈCLE [580.7]

*— Séance du 9 août —*

Avant la fin du XVII[e] siècle, les herbiers étaient relativement peu nombreux. Par suite aussi des moyens défectueux de conservation, bien peu sont parvenus jusqu'à notre époque.

On sait qu'il n'y a actuellement, en Europe, que six herbiers connus et conservés dont l'ancienneté est antérieure à 1650.

Un seul d'entre eux est d'origine française.

Ces herbiers sont les suivants (2) :

| Origine. | | Dépôt actuel. |
|---|---|---|
| Herbier d'Aldrovandi (1550-1600) . . . . | 5.000 espèces | (Bologne). |
| — de Jean Girault de Lyon (1558) . . | 310 — | (Paris). |
| — de Césalpin (1563) . . . . . | 768 — | (Florence). |

(1) L'eau de cet étang est salée, car il communique avec la mer.

(2) Dr SAINT-LAGER : *Histoire des Herbiers (Bull. de la Soc. Bot. de Lyon).* De l'Herbier Bauhin, il ne reste que 2.000 espèces environ.

| | Origine. | Dépôt actuel. |
|---|---|---|
| Herbier de Rauwolf (1560-1575) . . . . . | | 972 espèces (Leyde). |
| — de Caspar Bauhin (1577-1624) . . | 4.000 | — (Bâle). |
| — de Ratzenberger (1592) (1) . . . . | 746 | — (Cassel). |

Nous venons d'en découvrir un septième (2) qui a été constitué de 1604 à 1650 par un Lorrain, Dominique Perrin, né à Dompjulien (Vosges), qui habitait Nancy sous le duc Charles IV. L'auteur de l'herbier, docteur en médecine, était médecin de la princesse de Phalsbourg en 1624 (3).

Les cahiers de cet herbier étaient disséminés dans un autre herbier volumineux, datant du XVIII^e siècle, et ignoré lui-même, laissé dans un grenier depuis 1789. Grâce au numérotage des feuillets anciens et à leurs caractères distinctifs spéciaux, nous avons collationné les folios de 1 à 149 qui d'ailleurs semblent former un tout complet.

## I. — L'Auteur de l'Herbier.

L'herbier de *Dominique Perrin* présente une authenticité certaine. Sur le premier cahier et sur une autre page spéciale, N.-J. Gormand, secrétaire perpétuel du Collège des Médecins de Nancy (1750), a écrit la mention suivante :

« Cet herbier a été fait par Dominique Perrin, médecin lorrain, vers l'an 1640. »

Nous avons d'ailleurs comparé l'écriture de l'herbier (noms des espèces) avec celle d'un acte officiel écrit et signé par Perrin lui-même (4).

Dominique Perrin a laissé en Lorraine la réputation d'un savant médecin et botaniste (5).

Nous avons pu consulter, dans les archives des descendants des Perrin (6), l'acte d'annoblissement (1^er septembre 1620) du père de Dominique Perrin et de ses deux fils, par le prince Henri, duc de Lorraine.

Il y est fait mention de Dominique et de son frère aîné Nicolas, qui sont anoblis en même temps que leur père et reçoivent le titre nobiliaire de Dommartin.

Voici quelques lignes, empruntées à ce document, où sont relatés les voyages et les études des deux frères :

« ... Nicolas, qui se trouve présentement employé à servir le public aux

(1) Dr Kessler : *Das älteste und erste Herbarium Deutschlands un Iahr 1592.*
(2) Emond Gain : *C. R. Acad. des Sc.*, 23 déc. 1901.
(3) Archives départementales de Meurthe-et-Moselle.
(4) Acte de Congrès judiciaire (3 janvier 1664). Archives de la famille Gormand.
(5) Michel : *Biographie historique et généalogique des hommes marquans de l'ancienne province de Lorraine* (1829). — Lepage : *Statistique des Vosges*, t. I, p. 308. — Simonin : *Histoire de la Médecine en Lorraine.*
(6) Famille Berlet, de Nancy.

fonctions Judiciaires dont il s'est acquitté jusques icy avec toutes preuves d'intégrité après avoir recherché de s'en rendre capable en diverses Universités, même en celles de Vallence et Sallamanque, en Espagne. Ainsi que le dit Dominique, Docteur en médecine, s'estant dédié à cette profession, il s'est rendu aussi curieux d'acquérir la Science et l'expérience d'icelle en plusieurs lieux de France, Italie, Espagne, en suitte dequoy il se serait establi si favorablement en ce lieu, qu'il estime que notre Très cher cousin le Sr Comte de Boullay luy fera bien l'honneur de nous tesmoigner ce qu'il a recognu de sa personne et capacité depuis que sur l'occasion de son voyage en Bohême il l'a appelé et retenu à son service... »

Comme on le voit, les voyages du botaniste, docteur Dominique Perrin de Dommartin, sont antérieurs à 1620. Ce document et d'autres aussi, nous permettent de dire que son herbier date des années 1604 à 1650 environ.

## II. — L'Herbier.

Au point de vue de sa constitution, l'herbier présente une grande analogie avec celui d'Aldrovandi et celui de Jean Girault. Comme ceux de ces deux auteurs, il est dépourvu de classification,

Il comprend 996 plantes, groupées en 13 cahiers, et disposées au nombre de plusieurs (3-17) sur chaque folio. Le format est de 42cm,5 sur 32 centimètres.

Les feuillets ont été numérotés par l'auteur comme ceux de Rauwolf et d'Aldrovandi. Les plantes sont collées sur le papier, particularité qu'on retrouve dans les herbiers d'Aldrovandi et de Césalpin. Comme pour la plupart des herbiers antérieurs à Tournefort, les échantillons ne sont que rarement des plantes complètes,

Empruntées à la flore spontanée et à la flore des jardins, comme celles de Girault et de Césalpin, les espèces récoltées ne sont pas toutes lorraines. Il en est par exemple qui semblent provenir de la flore méditerranéenne ou de la flore des rivages de l'Océan. Les études de Dominique Perrin en Italie et en Espagne, et ses voyages en France, antérieurs à 1620, expliquent ces particularités.

Les noms des plantes sont empruntés à Théophraste, Dioscoride, Pline, Dodoens, Lobel, Clusius, Matthioli, Rondelet. L'auteur n'avait pas encore à sa disposition, à cette époque, les travaux synthétiques des Bauhin.

Chronologiquement, l'herbier Perrin est plus ancien que l'herbier anonyme de Ferrare (1650 : 182 espèces), et aussi que l'herbier de 675 espèce dû à Triumfetti (1658-1670), qu'on peut consulter à Rome,

Cet ancien document des études botaniques en France et en Europe, le plus ancien de beaucoup pour la Lorraine, tire de l'oubli un botaniste de

grand mérite. Celui-ci s'affirme très instruit et ses annotations seront peut-être de quelque intérêt pour la botanique historique.



Folio 13 de l'herbier de Dominique Perrin.

Au point de vue du nombre des espèces conservées, on voit, en effet, que cet herbier ne le cède qu'à ceux de Bauhin et d'Aldrovandi. D'autre

part, il est trois fois plus important que le seul herbier français qui est plus ancien que lui. Nous nous proposons de donner ultérieurement le catalogue des espèces de l'herbier Perrin, et nous reviendrons plus longuement sur la biographie de son auteur.

L'herbier Perrin fait désormais partie des collections de la Faculté des Sciences de Nancy.

## LÉGENDE DU FOLIO 13

### DE L'HERBIER DE *DOMINIQUE PERRIN DE DOMMARTIN.*

| Noms donnés par l'auteur vers 1620. | Noms actuels des espèces représentées sur le folio 13. |
|---|---|
| Geranium batrachoïdes minus | Geranium columbinum L. |
| Polygonum flore purpureo | Spergularia rubra Pers. |
| Nummularia | Lysimachia nummularia L. |
| Cardamine aquatica | Cardamine pratensis L. |
| Tormentilla | Potentilla tormentilla L. |
| Papaver rhœas | Papaver Rhœas L. |
| Herba impia sive philago Plinii | Filago apiculata G. E. Sm. |
| Muscus coralloïdes | Lichen... |
| Geranium supinum | Erodium cicutarium L'Hérit. |
| Paronichia rutaceo folio | Saxifraga tridactylites L. |
| Lingua serpentina ophioglossum lancea Christi | Ophioglossum xulgatum L. |
| Argemone | Papaver Argemone L. |
| Gentianella cruciata minor | Gentiana cruciata L. |
| Gramen Parnassi | Parnassia palustris L. |
| Saxifraga fol. pimpinella | Poterium sanguisorba L. |
| Gramen typhinum | Luzula campestris DC. |
| Muscus Apuloij | Funaria hygrometrica Hedw. |

MM. le Dr X. GILLOT, MAZIMANN et PLASSARD

à Autun (Saône-et-Loire).

## ÉTUDE DES CHAMPIGNONS. — PROJET DE TABLEAUX SCOLAIRES

[589.2.372]

*— Séance du 9 août —*

L'étude des Champignons, aux points de vue scientifique, économique et médical, mérite d'attirer de plus en plus l'attention, car si, depuis quelques années, surtout depuis la fondation de la Société Mycologique de France (1885), la Mycologie a fait de grands progrès comme systématique, description et morphologie, il n'en est pas de même comme applications

hygiéniques. Dans un travail récent, le plus complet qui soit sur la matière, le Dr Victor Gillot (*Étude médicale de l'empoisonnement par les champignons*. Lyon, 1900), a démontré que le manque de connaissances suffisantes pour la distinction des champignons laissait perdre chaque année une énorme quantité de substances alimentaires qu'on pourrait tirer des bons champignons, et, d'autre part, était la cause d'erreurs déplorables et d'empoisonnements malheureusement trop fréquents. Mais il a démontré, en outre, que presque tous, sinon tous, les empoisonnements par les champignons étaient dus aux seules espèces d'un petit groupe, le genre *Amanite*, y compris les *Volvaires*, qui ne sont que des Amanites à spores roses. Il ne s'agit donc pas tant de signaler un plus ou moins grand nombre de champignons comestibles que de bien faire connaître les quelques espèces réellement vénéneuses.

Malgré les appels récents et réitérés des mycologistes les plus compétents (L. Rolland. *De l'instruction populaire sur les champignons* in *Actes du Congrès international de botanique*, Paris, 1901, p. 405; E. Perrot, *La vente des champignons sur les marchés des différentes villes*, in *Bull. Soc. mycol. de France*, XVIII (1902), p. 187; Dr X. Gillot, *L'empoisonnement par les champignons et l'étude des champignons vénéneux* in *Bull. Soc. hist. nat. d'Autun*, XIII, 2 (1900), p. 256; malgré les vœux émis, avec quelque solennité, par des Congrès spéciaux (*Actes du Congrès internat. de bot.*, Paris, 1900, p. 413), la question reste au même point et avec la même insuffisance de moyens. C'est qu'en France, nous sommes trop enclins à tout attendre de la science officielle et que l'étude des champignons ne peut se poursuivre ni dans les laboratoires des Facultés ni dans le cabinet des professeurs émérites. Ce sont les naturalistes de province, les membres des Sociétés scientifiques locales, médecins, pharmaciens, desservants, instituteurs, qui ont, jusqu'ici, fourni à la science mycologique les documents les plus nombreux, les observations les plus précises. Les livres ou flores élémentaires, mises à la portée du public, ne manquent pas, rédigés, en France, par d'excellents mycologistes : Cordier, Boyer, Sicard, J. Bel, Ch. Bernard, Latarrade, Morel, Lavalle, L. Rolland, Grélet, Bigeard, etc.

Mais les descriptions les mieux faites ne peuvent remplacer, pour l'instruction populaire, l'image, mais l'image exacte et à bon marché. Ce qu'on pourrait appeler les tableaux populaires de Champignons, en France, sont notoirement défectueux, soit comme dessin, soit comme coloris, soit par la confusion des espèces réunies en trop grand nombre sur le même tableau, et qualifiées un peu au hasard. C'est le reproche qu'on peut adresser à la planche nº 56 de l'Encyclopédie Bouasse-Lebel où l'on a entassé sur la même planche les figures, très médiocres d'ailleurs, de 62 champignons exactement partagés entre 31 espèces comestibles et 31 espèces soit-disant véné-

neuses ! Les deux tableaux des Musées scolaires édités par la maison E. Deyrolle, à Paris, valent un peu mieux avec 19 espèces de champignons comestibles d'une part et 13 espèces vénéneuses de l'autre, malheureusement sans légende. Dans son tableau, plus récent, des champignons comestibles et vénéneux, Paul Dumée a réuni 30 numéros assez exactement dessinés et coloriés, parmi lesquels seulement cinq espèces vénéneuses, insuffisamment mises en relief. Et c'est tout pour la France !

Il en est à peu près de même à l'étranger où de bonnes planches, cependant, ont été publiées, en Angleterre, par G. Smith *(Mushrooms and Toadstools*, London. 1867), avec un tableau de 28 champignons comestibles *(Edible Mushrooms)*, et un autre tableau de 31 champignons vénéneux (*Pernicious Mushrooms)* ; en Allemagne où les deux tableaux, en bonne chromolithographie, de Schlitsberger, contenant 23 espèces comestibles et 18 espèces vénéneuses, servent de vade-mecum pour l'instruction scolaire et pour l'inspection des champignons sur les marchés !

Il y a donc mieux à faire, dans l'intérêt public, pour éviter les accidents mortels qui, chaque année, se reproduisent encore trop souvent, et sur tous les points du territoire. (Drs V. et X. Gillot. *Empoisonnements par les Champignons*, in *Bull. Soc. Myc. de France*, XVIII, 1902, p. 33); c'est de mettre sous les yeux des instituteurs, des enfants des écoles, du public tout entier, l'image fidèle des principaux champignons vénéneux, qu'il faut savoir, avant tout, reconnaître et éviter. Deux jeunes et zélés instituteurs, attachés à l'École de cavalerie d'Autun, MM. Mazimann et Plassard, ont entrepris cette tâche, et soumettent au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences un projet de tableaux scolaires dressés par eux. Le premier tableau donne, en grande dimension, la reproduction schématique d'une Amanite ; le second représente les quatre espèces les plus communes et les plus toxiques, auxquelles on peut attribuer la presque totalité des cas mortels : *Amanites phalloïde*, *citrine*, *panthérine* et *tue-mouches* ou *fausse-oronge*. Les auteurs se proposent, en outre, de réunir dans un même groupe, après les avoir encore étudiées et dessinées sur le vif, les variétés de ces espèces, qui sont principalement la cause de confusions regrettables, comme on peut en juger par les croquis des variétés verte, jaune et blanche de l'*Amanite phalloïde*.

Les légendes destinées à accompagner ces dessins sont rédigées en termes clairs, à la fois précis et dégagés de la technologie scientifique incompréhensible pour les classes populaires. Ce texte ne peut être l'œuvre que des instituteurs primaires, plus aptes et plus habiles que tous autres à se mettre en communication avec les jeunes intelligences ou l'intellect des classes ouvrières pour lesquelles, surtout, les champignons sont un attrait et une ressource, trop souvent aussi un grand danger.

En présentant, à titre de simple projet, d'ébauche première, les tableaux

de MM. Mazimann et Plassard, nous désirons appeler l'attention sur cette entreprise, et sur l'utilité urgente d'encourager et de favoriser l'exécution de ces tableaux scolaires qu'il importerait de reproduire au plus bas prix possible et de placer dans toutes les écoles, voire dans toutes les maisons de village. Une subvention de l'Association française pour l'avancement des sciences serait donc bien placée en faveur de MM. Mazimann et Plassard pour leur permettre de compléter leurs tableaux populaires de champignons et de subvenir aux premiers frais de reproduction.

---

MM. A. VAYSSIÈRE et C. GERBER

de Marseille.

## RECHERCHES CÉCIDOLOGIQUES SUR CISTUS ALBIDUS L. ET CISTUS SALVIFOLIUS L. CROISSANT AUX ENVIRONS DE MARSEILLE [632:595.4]

— *Séance du 9 août* —

### I

### Cistus albidus L.

#### 1. — Cécidies dues à *Apion cyanescens* Gyll.

Il n'est guère de naturalistes familiarisés avec nos collines marseillaises qui n'aient maintes fois observé les nombreuses nodosités dont sont couverts les rameaux de *Cistus albidus* L.

A une époque (printemps 1898) où l'un de nous parcourait journellement les environs de Marseille pour étudier le mécanisme curieux de la chute des pétales chez les divers Cistes et leur mode original de fécondation directe (1), il avait été frappé par l'abondance de ces galles sur le Massugue (2).

Le parasite qui les produit avait été lui-même non seulement récolté sur la plante même, mais d'habiles entomologistes l'avaient obtenu d'éclosion.

Aussi n'était-ce pas sans quelque surprise qu'on voyait naguère l'auteur d'une note récente s'attribuer la découverte d'un phénomène si généralement connu des naturalistes provençaux (3).

(1) C. Gerber : *De la fécondation directe chez quelques plantes dont les fleurs semblent adaptées à la fécondation croisée,* in *C. R. Ac. Sc.,* 13 juin 1898.

(2) Nom provençal du *Cistus albidus* L.

(3) Jacob de Cordemoy. B. Soc. Ent. Fr. 1902, p. 119.

Toutefois, si les cécidies avaient été depuis longtemps observées, il n'en était pas de même de leur mode de formation, de leur évolution, et la question biologique restait encore très obscure.

Nous espérons être assez heureux pour combler, en partie du moins, cette importante lacune, en publiant aujourd'hui les observations patientes que nous avons réunies au cours de ces dernières années.

Si l'on examine, au printemps, au début de la nouvelle poussée végétative, des pieds de *Cistus albidus* L., on distingue, sur la tige, deux sortes de renflements : les uns, à surface rugueuse, brune, présentant une large ouverture circulaire, sont situés sur le bois ayant au moins deux ans ; les autres, à surface blanchâtre, veloutée au toucher, ne présentant aucun orifice, sont situés sur le bois de l'année précédente. On en conclut de suite :

1° Que les renflements du bois âgé ont pris naissance alors que ce bois était jeune, qu'ils contenaient un parasite, et que le parasite est sorti par l'orifice circulaire qu'ils présentent ; ces galles, débarrassées de leur habitant, ont continué à évoluer comme le reste de la tige, dont la vitalité n'avait pas été atteinte ;

2° Que les renflements du bois de l'année précédente contiennent encore, dans leur intérieur, l'auteur de la cécidie.

Si, au contraire, on procède au même examen en été (juillet), on remarque que les galles du bois de l'année précédente présentent, tout comme celles du bois plus âgé, des ouvertures circulaires. En outre, sur le bois formé depuis le printemps, on distingue de petits points noirs. La portion avoisinant chacun de ces points s'accroît plus vite que le reste de la tige ; à la fin de l'automne, il en résulte de petits renflements qui grossissent dès le premier printemps de l'année suivante et deviennent identiques aux cécidies signalées au printemps précédent sur le bois d'un an. Cette observation nous permet d'étendre les conclusions que nous avons émises tout à l'heure :

Le parasite pénètre ou est introduit dans la tige formée au printemps, dès le commencement de l'été de la même année, et il sort de la galle dans le courant des mois d'avril, mai et juin de l'année suivante. Par suite, il demeure près d'un an renfermé dans la cécidie. Le point noir de pénétration probable étant très petit et l'orifice circulaire de sortie étant très large, on est en droit de penser que le parasite est introduit dans la tige à l'état d'œuf, qu'il se développe dans cette tige en se nourrissant des tissus végétaux, et que c'est son évolution qui est la cause du développement anormal de l'axe.

Quel est le parasite cécidogène ? En examinant les galles, du mois d'avril au mois de juillet, nous aurons chance de le voir sortir de sa loge. On

remarque tout d'abord, à côté du petit point brun de pénétration, une surface circulaire déprimée, assez large. On dirait une membrane tendue, et cette membrane à un moment donné, présente des mouvements vibratoires à longue période; puis subitement, au centre, apparaît un trou par où sort un rostre légèrement recourbé et assez long. Ce rostre rentre et sort par des mouvements rapides et l'ouverture s'agrandit peu à peu. On se rend ainsi compte que le parasite ébranlait la membrane à coups répétés de son rostre et que c'est grâce à ces coups que l'ouverture deviendra suffisante pour lui livrer passage. Bientôt on assiste à la sortie d'un petit coléoptère noir, très joli, appartenant sans conteste au groupe des Apionides.

La sortie a lieu surtout par les temps chauds et lourds, et toujours un certain temps après que l'orifice a été pratiqué. Parfois la bestiole, trop pressée de sortir, s'engage imprudemment avant d'avoir suffisamment élargi sa porte; elle laisse paraître à l'extérieur sa tête, son thorax avec ses deux premières paires de pattes; mais l'abdomen ne peut passer, et les efforts désespérés que fait l'insecte contribuent davantage encore à le serrer dans l'étau. Cela arrive surtout pour les femelles à abdomen plus renflé que les mâles. On peut alors tuer par la benzine l'Apion qui reste à sa fenêtre, témoignant ainsi qu'il est bien l'auteur de la cécidie. C'est ce que représente la figure 1.



Fig. 1. *Apion cyanescens* sortant de sa galle.

Le coléoptère parasite des tiges de *Cistus albidus* L. répond, ainsi qu'on l'établira plus loin, à la diagnose de *Apion cyanescens* Gyll.

Telles sont les observations cécidologiques que nous avons faites, concernant les galles du *Massugue*, dès 1898, mais nous ne nous en sommes pas tenus là. La cécidologie ne consiste pas, en effet, ainsi que certains paraissent le croire, à constater simplement une déformation chez une plante et à faire déterminer la cause de cette déformation par un spécialiste. Quiconque a des yeux et quelques relations est capable de mener à bonne fin ce petit travail. Mais, se borner à signaler le nom de la plante portant la cécidie et celui de l'auteur de cette galle, puis à piquer dans une boîte, l'un à côté de l'autre, la cécidie et le parasite, ce n'est pas suffisamment faire œuvre de biologiste.

Tout naturaliste mis en présence de deux êtres vivants : la plante déformée et l'auteur de la galle, doit se demander comment cette cécidie se produit, quels sont les tissus, les organes qui prolifèrent ou s'atrophient pour la constituer, et quelles indications on peut tirer du développement ou de l'atrophie de ces organes, au point de vue de leur origine et de leur signification. Ensuite, envisageant l'auteur de la déformation, le naturaliste, après avoir cherché quels sont les tissus de la plante utilisés pour la nourriture du parasite, doit étudier sous quelle forme celui-ci se trouve dans la galle. Puis, abandonnant un moment la méthode d'observation

impuissante à éclairer tous les détails d'un phénomène biologique aussi complexe, il s'adressera à la méthode expérimentale. Il est utile, en effet, de chercher à provoquer la formation de la cécidie, et cela non seulement en se plaçant dans les mêmes conditions que celles qui ont présidé à la formation naturelle de la galle observée, mais encore en variant ces conditions. Enfin, si nous nous sommes aperçus de l'existence d'une déformation, il faut songer que d'autres êtres mieux doués que l'homme au point de vue de certains organes des sens, les insectes en particulier, n'ont pas manqué de s'en apercevoir de leur côté ; comme un certain nombre d'entre eux cherchent à assurer à leurs larves une réserve nutritive animale où elles puissent puiser tout à loisir, il y a des chances pour que certaines de ces galles soient habitées, non seulement par la larve cécidogène, mais encore par un ou plusieurs parasites de celle-ci, d'où la nécessité de rechercher et d'étudier ces parasites du second degré.

Nous avons adopté, dans ce Mémoire, le plan que nous venons d'exposer, nons rappelant toujours les précieux conseils de notre cher maître M. Giard, l'éminent biologiste et cécidologue de la Sorbonne : *Ne jamais effleurer une question, mais l'attaquer résolument, consciencieusement et prudemment, en l'envisageant sous toutes ses faces, sous tous ses aspects* ».

## Morphologie externe des cécidies du *Cistus albidus* L.

Les galles déterminées par l'*Apion cyanescens* Gyll. sur le *Massugue*, n'intéressent que la tige de la plante. Tantôt, et le plus souvent, ce sont des renflements des entre-nœuds de la tige principale et des branches. Ces axes continuent alors à s'allonger par leur bourgeon terminal, de sorte que les galles se trouvent de plus en plus éloignées des points végétatifs. Tantôt, au contraire, le renflement envahit le point extrême de la tige ou des rameaux, et le bourgeon terminal prenant part à la formation de la galle ne s'allonge plus l'année suivante. Dans ce cas, la cécidie est et reste définitivement terminale.

Dans le premier cas, nous avons une pleurocécidie, dans le second cas, une acrocécidie.

Parfois la galle intéresse non seulement un entre-nœud, mais encore le nœud suivant. Comme elle s'est constituée chez un tissu très jeune, dans une région de la tige où les ramifications qui doivent apparaître aux nœuds sont encore à l'état de bourgeons à peine développés, on voit, l'année suivante, alors que le renflement a acquis ses dimensions définitives, partir de la surface de la cécidie deux feuilles, et à l'aisselle de ces feuilles, deux rameaux qui se développent normalement et constituent finalement deux branches ; mais, d'autres fois, on ne distingue aucune feuille, aucun rameau sur les cécidies des nœuds, de sorte que l'on est porté à considérer celles-ci comme formées au milieu d'un entre-nœud. Mais, outre ce que

prétendu entre-nœud est deux fois plus long que les autres, l'anatomie microscopique prouve qu'il s'agit bien d'une cécidie nodale, car, ainsi que nous le verrons plus tard, on retrouve, dans la structure du renflement, les faisceaux foliaires et les stèles des bourgeons, ces derniers ne se manifestant que par l'ébauche de leur système libéroligneux et n'apparaissant pas à l'extérieur.

*Forme et dimensions.* — Les pleurocécidies du *Cistus albidus* L. sont ou bien ovoïdes, à grand axe parallèle à l'axe de la tige, ou bien lenticulaires, à grand cercle perpendiculaire à cet axe. Les premières sont les cécidies des entre-nœuds, les secondes, les cécidies des nœuds.



FIG. 2. Acrocécidie terminant la tige.



FIG. 3. Acrocécidie d'un bourgeon latéral.

Quant aux acrocécidies, elles ont le plus souvent la forme d'une massue, la partie la plus grosse étant celle qui termine la tige. La figure 2 représente une cécidie en massue terminant une tige et la figure 3, une semblable galle terminant un bourgeon latéral.

Toutes ces formes sont symétriques par rapport à l'axe de la tige. Assez



FIG. 4. — Branche de *Cistus albidus* à nombreuses pleurocécidies dont celle de droite double.

souvent, cependant, on observe, aussi bien dans les pleurocécidies que dans

les acrocécidies, qu'une face de la galle est plus renflée que l'autre. Parfois même, cette exagération du renflement, au lieu d'être transversale est en spirale et parcourt toutes les faces de la cécidie. Ces modifications des types fondamentaux précédents sont dues aux galeries que creuse la larve, galeries qui, ainsi que nous le montrerons plus tard, au lieu de rester axiales, sont assez souvent latérales et spiralées. L'excitation produite par les morsures du parasite détermine une prolifération des tissus du côté de la cécidie correspondant à la galerie, d'où l'exagération du renflement de ce même côté.

La figure 4 représente, à droite, une pleurocécidie paraissant double, à galerie spiralée, ne contenant qu'une seule larve ; quant à la figure 5, elle représente une acrocécidie également à galerie spiralée et offrant à l'extrémité l'orifice circulaire de sortie. Enfin, la cécidie de la figure 6, est à galerie transversale; cette galerie part de la gauche de la figure, passe derrière et vient finir à l'ouverture circulaire située à droite et en bas de la figure; il s'agit ici, comme dans la figure précédente, d'une acrocécidie.



FIG. 5.
Acrocécidie spiralée.



FIG. 6.
Acrocécidie bilobée.

Dans les galles ovoïdes, le diamètre transversal ne dépasse pas deux fois celui de la tige; il est d'environ 4 millimètres et demi, au moment de la sortie du parasite; au contraire, dans les galles lenticulaires, le diamètre transversal dépasse trois fois celui de la tige et est d'environ 7 millimètres.



FIG. 7.
Branche de *Cistus albidus* L. portant trois cécidies, dont deux le long d'un même entre-nœud.



FIG. 8.
Branche de *Cistus albidus* L. portant trois pleurocécidies le long d'un même entre-nœud.

Les cécidies du Massugue sont en général très nombreuses sur les pieds atteints; mais elles sont assez éloignées les unes des autres, chacune étant séparée de la plus rapprochée par plusieurs entre-nœuds. Cependant, il n'est pas rare d'en rencontrer deux ou trois sur le même entre-nœud; au lieu d'être ovoïdes, elles deviennent alors sphériques ou lenticulaires comme le montrent bien les figures 7 et 8.

Dans la figure 7, on voit deux cécidies lenticulaires portées par un même entre-nœud court, et dans la figure 8, trois cécidies sphériques le long d'un seul entrenœud assez long. Dans l'un et l'autre cas, on a la dis-

position en chapelet. Il peut arriver que les renflements soient très rapprochés, bien que situés sur des entre-nœuds différents. C'est lorsqu'ils résultent de piqûres un peu tardives faites par l'Apion sur une branche près d'un nœud portant déjà deux rameaux latéraux, et sur la base de ces deux rameaux ou de l'un d'entre eux.

La figure 9 représente deux galles offrant la disposition précédente, et la figure 4 (branche médiane) trois galles. Là il ne saurait être question de



FIG. 9.

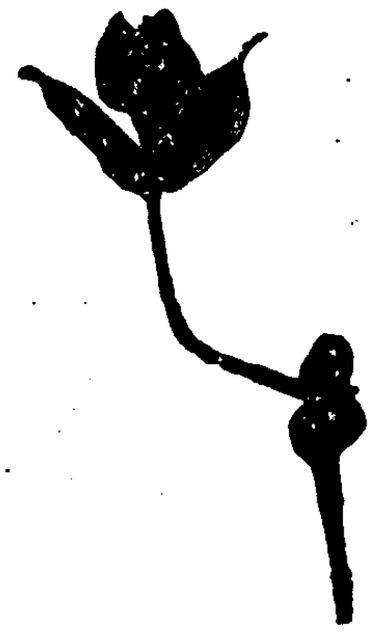


FIG. 10.
Branche de *Cistus albidus* L. portant une pleurocécidie et une acrocécidie superposées.

disposition en chapelet. Au contraire, cette disposition reparaît dans la figure 10, où les deux galles appartiennent bien à des entre-nœuds différents, mais où l'on a affaire à une pleurocécidie et à une acrocécidie superposées.

## MORPHOLOGIE INTERNE DES CÉCIDIES DU *Cistus albidus* L.

Jusqu'ici, nous n'avons examiné que l'aspect extérieur des galles. Des coupes pratiquées dans ces cécidies vont nous permettre de nous assurer qu'elles sont bien habitées par des larves et de nous rendre compte de la disposition des galeries creusées par celles-ci.

*Coupe longitudinale.* — Examinons la coupe longitudinale d'une pleurocécidie intéressant un entre-nœud. La figure 11 nous montre deux renflements situés sur un même entre-nœud. Le renflement supérieur présente une galerie rectiligne oblique de haut en bas et traversant l'écorce, le cylindre central, la moelle, pour venir finir inférieurement dans le bois

du côté opposé. Cette loge est habitée par une larve dont la tête est dirigée vers le bas, ce qui nous fait penser que le point par où l'œuf a été introduit est situé en haut et à droite de la figure. Tout autour de ce point, la galerie est séparée de l'extérieur par une mince pellicule; la larve, dans son processus de destruction, ayant respecté l'épiderme de la porte d'entrée, afin d'être protégée contre les dangers extérieurs. On voit, d'après la figure, que la larve va continuer à creuser sa galerie dans le même sens, jusqu'à ce qu'elle rencontre l'épiderme de la face opposée, épiderme qu'elle respectera jusqu'au moment où, étant devenue insecte parfait, elle sortira en détruisant cette mince cloison. D'ailleurs, s'il est difficile d'apercevoir, sur les galles fraîches, les deux régions de la cécidie réduites à l'épiderme (porte d'entrée et porte de sortie), il n'en est pas de même avec les renflements macérés dans l'alcool. Dans ces derniers, on distingue nettement deux opercules circulaires plus aplatis, plus clairs que le reste de la surface et tranchant nettement sur celle-ci. Si, dans beaucoup d'échantillons plongés dans l'alcool, on constate facilement que les deux opercules circulaires sont opposés, assez souvent cependant, on rencontre des galles chez lesquelles les deux cercles plus clairs sont rapprochés l'un de l'autre; la coupe longitudinale intéressant la cécidie inférieure de la figure 11 nous donne l'explication de ce fait. La larve, après s'être dirigée obliquement vers le centre de la tige, creuse sa galerie pendant un certain temps dans la moelle, de haut en bas; puis elle se redresse et continue à creuser sa loge dans une direction faisant un angle de près de 90° avec la direction de pénétration primitive à travers l'écorce et le cylindre central.

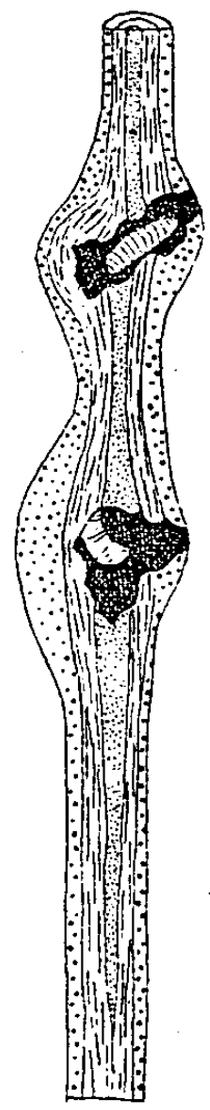


FIG. 11.
Coupe longitudinale à travers deux galles d'un même entre-nœud.

Les deux galles dont nous venons d'étudier la section longitudinale se sont produites assez loin des nœuds, dans un entre-nœud long, là où la tige présentait une moelle continue. Or, cette moelle disparaît presque complètement aux nœuds; elle y est remplacée par du bois beaucoup plus résistant. On est en droit de se demander si cette modification de structure anatomique observée en passant d'un entre-nœud à un nœud, n'amènera pas quelque perturbation dans la marche de la larve quand celle-ci arrivera à un nœud.

Les figures 12 et 13 montrent que la larve s'arrête lorsqu'elle arrive à un nœud et qu'elle rebrousse chemin. Dans la galle représentée figure 12 la piqûre a été faite au-dessus du nœud, mais très près de celui-ci. La larve s'est dirigée horizontalement jusqu'au centre, puis elle s'est redressée, se

dirigeant dans l'axe de la région supérieure, là où se trouvait la moelle. Au contraire, dans la galle représentée figure 13, la piqûre a été faite beaucoup plus loin du nœud, mais toujours au-dessus de lui. La larve s'est creusé sa galerie obliquement, puis verticalement de haut en bas, tant qu'elle a rencontré de la moelle ; arrivée au nœud inférieur, elle a dû se relever et elle creuse une nouvelle galerie dans la région diamétralement opposée à la porte d'entrée, obliquement de bas en haut.



FIG. 12.

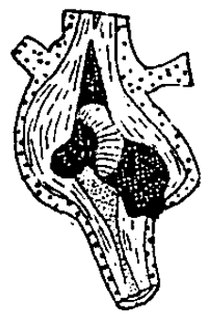


FIG. 13.

*Coupes transversales.* — Étudions maintenant les modifications qui se produisent dans les tissus attaqués par la larve.

Il suffit de comparer les figures 14, 15, 16, représentant trois sections transversales pratiquées peu de jours avant la sortie de l'insecte : la première au-dessus du renflement, la seconde au-dessous, et la troisième dans le renflement même, pour voir que ces modifications sont considérables.

Observons en premier lieu la coupe pratiquée dans la région de la tige immédiatement supérieure à la cécidie (*fig. 14*).

On remarque tout d'abord au centre une moelle abondante dont l'épaisseur est à peu près la moitié de l'épaisseur de la tige. Les cellules de cette moelle sont grandes, polyédriques, plus grandes au centre qu'à la phériphérie. Quelques-unes d'entre elles se sont cloisonnées en trois, quatre, cinq petites cellules contenant chacune une macle d'oxalate de chaux.

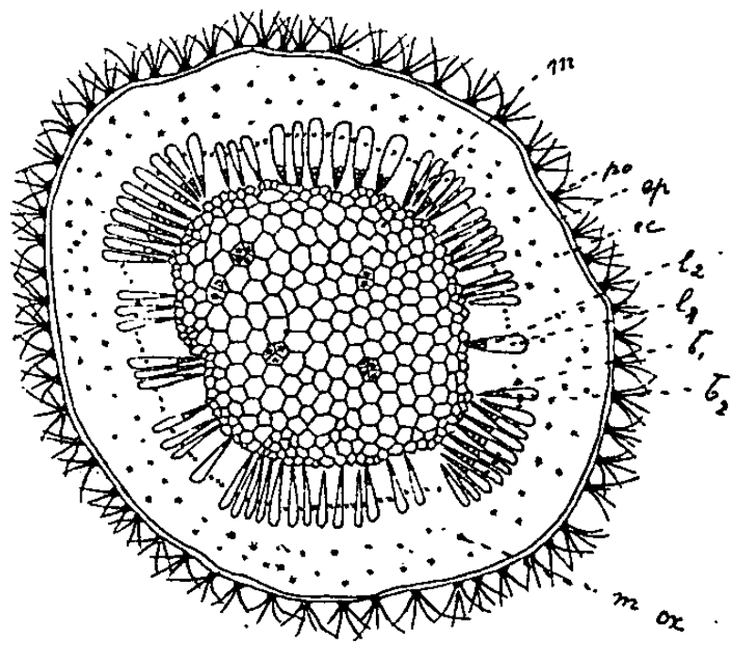



FIG. 14. — Coupe transversale immédiatement au-dessus d'une pleurocécidie de *Cistus albidus* L.

Plus à l'extérieur, on distingue des faisceaux libéroligneux disposés en cercle et séparés les uns des autres par un tissu conjonctif plus ou moins abondant suivant les régions, de sorte que ces faisceaux sont rapprochés en un certain nombre de groupes, dont quatre, disposés en croix, sont formés d'un plus grand nombre de faisceaux que les autres. Tous ces faisceaux, ainsi que le tissu conjonctif qui les sépare, contiennent des cellules à macles d'oxalate de chaux, cellules disposées en un cercle coupant la région libérienne de chacun d'eux et semblant marquer la limite du liber primaire et du liber secondaire.

Ce cercle libéroligneux est entouré d'une écorce à nombreux cristaux

d'oxalate de chaux toujours en macles; elle est limitée par un épiderme portant de nombreux poils fasciculés.

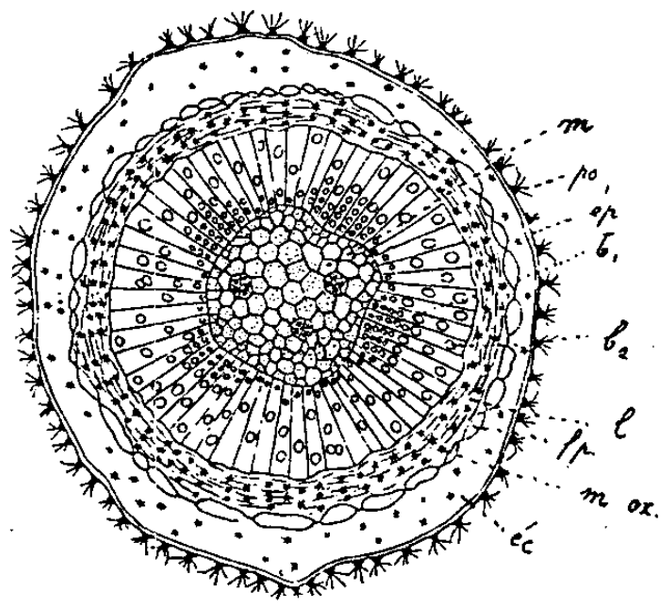



FIG. 15. — Coupe transversale immédiatement au-dessous d'une pleurocécidie de *Cistus albidus* L.

Voyons maintenant la coupe pratiquée immédiatement au-dessous de la cécidie *(fig. 15)*.

On retrouve, au centre, la moelle; mais son diamètre est de beaucoup inférieur à la moitié du diamètre total de la tige. Les cellules médullaires ont acquis des parois plus épaisses que dans la coupe précédente; elles sont en voie de sclérification et présentent des cloisons épaisses, ponctuées. On y voit la même forme de cellules oxalifères.

Quant à la région libéroligneuse, au lieu d'être formée par un cercle discontinu de faisceaux, comme dans la portion supracécidienne de la tige, elle constitue :

1° une bague continue de bois secondaire recouvrant les faisceaux de bois primaire et les soudant les uns aux autres. Ce bois secondaire est surtout composé de fibres ligneuses très épaisses et ne présente que peu de vaisseaux.

2° Une bague continue de liber secondaire se comportant de la même façon vis-à-vis du liber primaire que le bois secondaire vis-à-vis du bois primaire. Le liber secondaire est parcouru non plus par un seul cercle de cellules oxalifères comme le liber primaire, mais par un grand nombre.

Les formations libéroligneuses secondaires sont flanquées, à l'extérieur, de nombreux îlots de fibres péricycliques à parois très épaisses, fibres qui manquaient complètement dans la coupe précédente.

Même écorce et même épiderme que dans la figure 14.

Il ne nous reste plus qu'à étudier la coupe pratiquée à travers la cécidie.

Un examen superficiel de la figure 16 montre que cette coupe est beaucoup plus grande que les deux précédentes. Elle présente, au centre, une grosse lacune (lac) correspondant à la loge de la larve. Cette loge est bordée par une paroi épaisse dont il nous faut étudier la constitution.

En allant de l'intérieur à l'extérieur, on rencontre tout d'abord un certain nombre de paquets de bois secondaire, séparés les uns des autres par du liber secondaire, lequel les recouvre également à l'extérieur, en formant, dans le tissu cortical, autant de mamelons qu'il y a de paquets de bois.

La figure 16 indique nettement qu'en certains points la lacune centrale n'est plus limitée par du bois secondaire, mais directement par des paquets

de liber secondaire. Il est tout naturel d'admettre qu'en ces endroits, non seulement le bois primaire, mais encore le bois secondaire a été complètement mangé par le parasite, alors que, là où la lacune est limitée par du bois secondaire, les dégâts occasionnés par la larve cécidogène ont été limités au bois primaire.

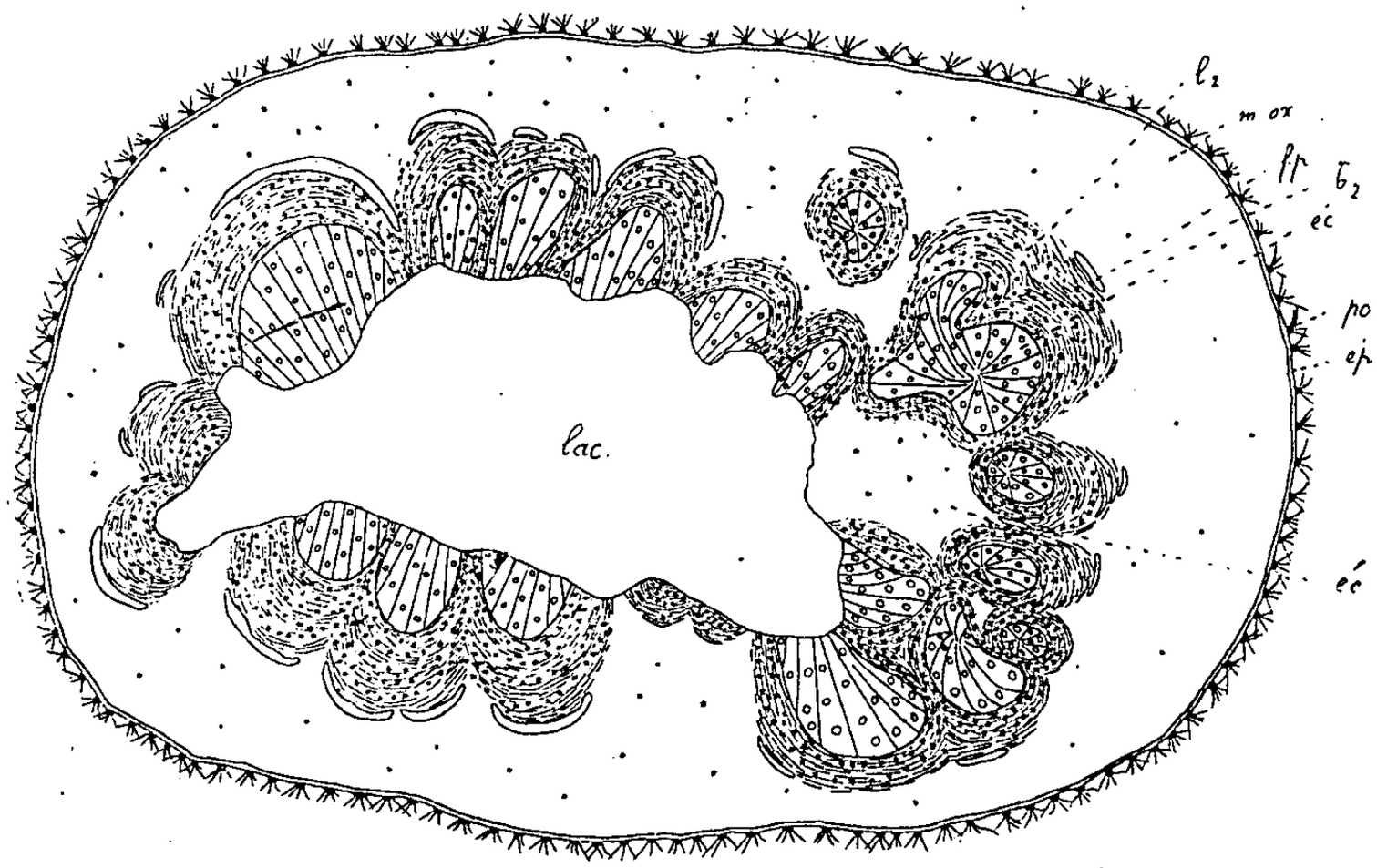



FIG. 16. — Section transversale à travers une grosse cécidie d'un entrenœud de la tige de *Cistus albidus* L.

Chaque mamelon libérien est coiffé, à l'extérieur, d'un ou de plusieurs îlots de fibres péricycliques (fig. 16) semblables à ceux de la région infracécidienne de la tige.

Enveloppant tout cela se trouve l'écorce qui, comme le bois et le liber, est fortement hypertrophiée par rapport à l'écorce des deux coupes précédentes. Cette région corticale, dans la figure 16, limite même directemen une portion de la lacune centrale, par suite de la destruction, en cette région, non seulement des paquets ligneux, mais encore des calottes libériennes qui coiffaient ces derniers.

Autour de l'écorce se trouve enfin l'épiderme couvert de ses poils fasciculés.

Bois, liber, fibres péricycliques, écorce, épiderme, présentent tous les caractères des tissus correspondants de la région infracécidienne; un seul tissu manque : la moelle; à sa place se trouve la lacune centrale. Telle est la structure que présente une galle de *Cistus albidus* de dimensions moyennes située dans un entre-nœud de la tige. Cette structure est, on le voit, assez simple. Si l'on s'adresse, au contraire, à une galle

formée à un nœud, on rencontre une telle intrication de faisceaux libéroligneux et de cylindres centraux qu'il semble impossible de s'y reconnaître. Néanmoins, en prenant comme terme intermédiaire les grosses galles formées dans les entre-nœuds, tout s'explique facilement. La coupe représentée figure 16 a été faite dans une de ces dernières cécidies. Elle ne diffère de celle que nous venons de décrire que par sa région corticale. A gauche de la figure, plongeant dans le tissu cortical, on remarque un certain nombre de colonnes ligneuses plus ou moins irrégulières, et dont les éléments présentent, dans chacune d'elles, une disposition rayonnée. Ces colonnes sont entourées par du liber. Il est impossible de ne pas trouver, dans ces ilots libéroligneux corticaux, une certaine ressemblance avec des cylindres centraux; mais ces stèles ne présentent ni moelle, ni bois primaire; elles sont formées de bois secondaire enveloppé d'un manchon libérien. Il ne saurait donc être question de polystélie vraie. Si l'on suit la marche longitudinale d'une de ces colonnes de la région corticale, on la voit prendre naissance dans la région inférieure de la galle, aux dépens des faisceaux de bois secondaire qui entourent la lacune. Un des paquets ligneux périlacunaires s'étrangle latéralement; le liber pénètre dans l'encoche, qui s'accentue de plus en plus, et bientôt la portion externe du paquet ligneux est complètement séparée de la portion interne et se trouve enveloppée par le liber; puis la colonne libéroligneuse ainsi constituée se dirige obliquement de bas en haut et du dedans au dehors; arrivée dans la moitié supérieure de la galle, elle se rapproche du centre et vient se fondre dans un des paquets ligneux de la région terminale de la cécidie, par un processus inverse de celui qui lui avait permis de s'individualiser.

Durant son trajet, cette colonne se ramifie activement; c'est ainsi que sur la coupe de la figure 16 on observe, à droite, une stèle en voie de trifurcation.

En résumé : *on constate dans les galles à grand diamètre transversal des entre-nœuds, une pseudo polystélie d'origine parasitaire, caractérisée par l'absence de moelle et de bois primaire dans les stèles.*

Si nous abordons maintenant l'étude du système libéroligneux des galles des nœuds, nous rencontrerons, outre les stèles si particulières que nous venons de signaler pour les grosses cécidies des entre-nœuds, deux cylindres centraux corticaux avec *moelle*, *bois primaire*, bois secondaire et liber. Ces deux stèles à structure normale sont opposées et se dirigent, à travers l'épais tissu cortical, obliquement de bas en haut et de dedans en dehors; elles vont aboutir aux deux rameaux opposés qui, on le sait, prennent naissance normalement à chaque nœud de la tige des Cistes. Parfois ces stèles prolifèrent sous l'action du parasite et se ramifient comme se ramifient les divers paquets libéroligneux du cylindre central

proprement dit de la cécidie ; il en résulte une complexité de structure véritablement déconcertante.

### Description de l'insecte auteur de la cécidie.

Passons maintenant à l'étude des Apions, qui provoquent la formation de ces galles ; mais avant de décrire la larve qui est l'auteur principal de celles-ci, donnons d'abord la diagnose du genre et de l'espèce.

Ces petits insectes font partie du grand groupe de Coléoptères Tétramères, que l'on désigne sous le nom de Curculionides, tous caractérisés par le prolongement plus ou moins accentué de leur rostre, et dans cette grande famille le genre Apion est le type d'une subdivision, tribu (ou petite famille, suivant les auteurs), à laquelle il a donné son nom.

### Genre Apion, Herbst.

Tête prolongée en avant en un bec ou rostre subcylindrique ; bouche placée au sommet de ce rostre ; palpes et autres pièces buccales très petites et cachées, mandibules robustes. Antennes droites, en massue. Abdomen de cinq segments. Tarse de quatre articles, l'avant-dernier bilobé.

L'espèce d'Apion qui est sortie de nos galles des Cistus albidus et salvifolius, nous a été déterminée tantôt sous le nom d'*Apion cyanescens*, Gyll., tantôt sous celui d'*Apion Capiomonti*, Wencker. En lisant les descriptions de ces deux espèces dans la Monographie des Apionides, publiée par Wencker en 1864, l'on est frappé par la similitude des caractères de ces deux espèces et l'on ne peut que se ranger à l'opinion de beaucoup d'entomologistes qui considèrent ces deux espèces comme identiques.

Cette opinion est aussi la nôtre ; en conséquence, nous mettrons en synonymie le plus récent de ces deux noms, conservant à cette espèce le plus ancien, suivant les règles adoptées en systématique.

#### APION CYANESCENS, GYLLENHAL.

Syn. — **Apion Capiomonti**, Wencker, 1858.

(*Société Entomologique de France.*)

Corps ovale, convexe, d'un gris noir, à reflets ardoisés, parcimonieusement pubescent. Tête large, légèrement déprimée en avant et un peu transversalement après le vertex, ponctuée irrégulièrement, quelquefois avec deux ou trois stries interoculaires ; rostre épais, un peu recourbé, plus long que la tête et le pronotum à peine plus épais à la base, peu brillant ; ponctuations peu serrées. Antennes submédiaires, fortes, noires ; scape ferrugineux à la base, à peine plus long que les deux articles suivants réunis ; massue ovale, courte, assez épaisse. Pronotum convexe aussi long que large à la base, ou un peu moins long, plus rétréci, étranglé au bord antérieur lequel est généralement relevé, surtout latéralement, arrondi sur les côtés, couvert d'une ponctuation grosse, irrégulière,

plus serrée sur les côtés ; pointe antéscutellaire obsolète. Écusson arrondi, fovéolé. Élytres assez convexes, plus larges à la base que le pronotum, presque parallèles ou très peu élargies sur les côtés après le milieu, arquées postérieurement ; épaules arrondies, bien accentuées ainsi que le calus longuement strié et ponctué ; interstries plans, finement écailleux, sans soies dressées, mais à une forte loupe on remarque une rangée de soies grises et couchées. Dessous du corps finement pubescent.

Pattes noires, assez allongées et robustes ; postérieures plus longues, cuisses plus fortes.

Mâle plus petit, rostre un peu plus court ainsi que les antennes ; pattes postérieures quoique plus longues que les autres, moins fortes que celles de la femelle.

*Dimensions* : longueur de $2^{mm},5$ à $3^{mm},3$.

*Larve.* — En ouvrant une de ces galles dans le courant d'avril ou de mai, l'on trouve souvent à l'intérieur de celles ci un animal vermiforme, court, assez large, à segmentation très marquée et d'une coloration blanc-jaunâtre ; c'est cette sorte de ver qui représente l'état larvaire de l'*Apion cyanescens*.

Peu après son éclosion, la larve, au lieu de demeurer près de la région corticale de la jeune tige au point où l'œuf avait été introduit par la femelle, se dirige au contraire vers la région médullaire où elle trouve une nourriture plus molle et ce ne sera que plus tard, après avoir dévoré la moelle qu'elle s'attaquera aux tissus libéro-ligneux.

Toute la surface du corps de cette larve *(Pl. IV, fig. 3)* est couverte d'une multitude de petits poils, très courts, placés chacun au sommet d'un petit mamelon arrondi ; ces poils sont si nombreux que la surface du corps sous le microscope paraît être tomenteuse *(fig 4)*. En dehors de ces poils minuscules se trouvent de loin en loin des poils longs, grêles, hyalins-jaunâtres, que l'on distingue facilement sous la loupe ; ces derniers, les seuls représentés dans notre figure 3, sont toujours isolés et assez éloignés les uns des autres, sauf à la surface des six renflements de la face ventrale du thorax. Sur chacun de ces renflements qui représente les mamelons pédieux de cette larve, l'on observe au sommet, quatre de ces longs poils, disposés régulièrement en carré, et quelques autres, poils (trois à cinq) un peu moins longs et plus éloignés du milieu du mamelon.

La région céphalique montre également sur toute sa surface quelques-uns de ces poils jaunâtres, mais pas de traces de petits poils.

Le corps de la larve peut se diviser en trois régions : en avant nous avons la tête qui est petite, comprimée dorso-ventralement, légèrement bombée en dessus, presque plate au-dessous ; sa teinte d'un brun foncé permet facilement de la distinguer à l'œil nu malgré sa petitesse, d'autant plus qu'elle se trouve aux trois quarts encastrée dans la partie antérieure du thorax.

Les trois segments volumineux de la région thoracique sont surtout mis en relief à la face ventrale par les trois paires de mamelons pédieux que nous avons déjà indiqués ; leurs lignes de séparation sont moins distinctes à la face dorsale.

L'abdomen présente neuf à dix segments très inégaux et peu délimités par suite de la présence dans cette région du corps de plis secondaires transverses ou obliques qui masquent plus ou moins les lignes de séparation de ces anneaux ; le dernier segment de forme conique est disposé tout à fait à la face ventrale, avec son orifice anal qui le termine. Nous avons représenté cette portion de

l'abdomen, vue un peu par transparence, à un grossissement de quatre-vingts fois en diamètre, dans notre Pl. IV, figure 4.

Bien que ne comptant pas décrire l'organisation interne de cette larve, nous voulons, avant de parler de la nymphe, dire quelques mots de la structure des pièces buccales. Celles-ci sont, chez cette larve, proportionnellement très fortes et, par suite, en rapport avec son genre de nourriture.

Ces organes se composent *(fig. 6)* d'une grande pièce *l*, très large qui termine en avant la région céphalique et que l'on peut considérer comme représentant le labre. Ce prolongement céphalique offre en son milieu une portion convexe, à bord ondulé, garnie de onze poils ou bâtonnets rigides; quatre autres poils disposés symétripuement par deux, de chaque côté de la ligne médiane, se trouvent un peu en dedans. Aux extrémités de cette grande pièce *l* l'on constate la présence, de chaque côté, dans une légère échancrure, d'un bâtonnet inséré sur un petit mamelon, et en dedans de celui-ci nous avons un poil.

Les mandibules *m* sont petites mais très robustes; leur bord interne offre trois forts denticules.

Enfin, la pièce *L*, représentant à la fois les machoires et la lèvre inférieure, se compose d'une partie centrale demi-ellipsoïdale, sur les côtés de laquelle se trouvent les épaississements *p*, *p*. Ces derniers ressemblent tout à fait à des mâchoires rudimentaires dont les bords antéro-internes sont garnis de cinq bâtonnets, en dehors desquels s'en trouve un sixième très volumineux, sorte de palpe uniarticulé atrophié.

Presque sur le bord antérieur de la partie centrale de la pièce *L*, nous avons deux petits mamelons coniques surmontés chacun d'un court bâtonnet.

Toutes ces pièces que nous avons dessinées à un grossissement de cent fois en diamètre sont d'une coloration brune très foncée.

Nous avons pu suivre la transformation en nymphe de plusieurs de nos larves et obtenir aussi un certain nombre de nymphes en ouvrant des cécidies du *Cistus albidus*. La première que nous avons examinée était parvenue à cet état le 12 avril, les autres sont postérieures à cet date.

La figure 5 (toujours Pl. IV) qui représente l'une d'elles, a été faite à la chambre claire avec la loupe de Brucke, tirage complet (grossissement de dix fois en diamètre); l'insecte est vu par le flanc droit, un peu ventralement.

La teinte générale de son corps est d'un blanc jaunâtre, ou blanc crémeux, opaque dans ses parties bombées, tandis que les espaces séparant les segments, la trompe, les pattes et les fourreaux d'ailes sont d'un jaune paille clair et un peu hyalin.

L'animal, pendant que l'un de nous le dessinait, faisait mouvoir de temps en temps son abdomen, l'allongeait puis reprenait bien vite sa forme arquée.

Ainsi recourbée, cette nymphe avait $2^{mm},7$, mais en complète extension, elle arrivait à une taille de $3^{mm},2$.

Chez la nymphe, la plupart des appendices de l'insecte parfait sont nettement indiqués; élytres et ailes sont représentés par les deux fourreaux superposés, celui des élytres offrant des stries longitudinales, l'autre étant lisse; on remarquera également la trompe avec ses quatre articles bien nettement distincts, articles qui ne laisseront bientôt entre eux aucune trace de séparation; insérée à la base de celle-ci se trouve de chaque côté l'antenne en voie de formation. En dessous et latéralement l'on distingue les deux premières paires de pattes, quant à la troisième elle est complètement masquée par les fourreaux des ailes.

La coloration de la nymphe, d'abord uniformément d'un blanc laiteux, se fonce peu à peu en certains points ; ce sont d'abord les taches oculaires qui apparaissent sous la forme de deux points rougeâtres qui deviennent ensuite noirs. Puis, tour à tour, les fourreaux des ailes supérieurs, les pattes et la trompe brunissent progressivement ainsi que les autres parties du corps et au bout d'une quinzaine de jours, l'animal a presque pris sa teinte noire. L'insecte se métamorphose alors et nous nous trouvons en présence de l'individu parfait.

*Adulte.* — Notre intention n'est pas de redonner ici tous les caractères signalés dans la diagnose, nous nous contenterons d'insister sur quelques détails de structure.

Au point de vue de la coloration nous n'avons remarqué chez aucun des deux ou trois cents individus examinés, cette teinte noir-bleuâtre que la dénomination spécifique de *cyanescens* (Gyll.) semble indiquer ; tous nos spécimens avaient la face supérieure de leur corps uniformément noire sans trace de reflets bleutés.

La différence de taille entre les deux sexes est assez sensible, la femelle est d'un bon quart plus grande que le mâle, et a l'abdomen plus renflé. Les autres parties du corps (rostre, antennes et pattes) ne nous ont pas montré de différences bien grandes proportionnellement à leur taille respective, sauf le rostre qui est sensiblement plus court chez le mâle.

Nous avons représenté dans notre Planche IV, figure 1, un individu femelle grossi vingt fois en diamètre, vu un peu de trois quarts (flanc droit). Toute la surface de sa tête, le rostre compris, est ponctué, il en est de même du prothorax ; entre les yeux, un peu en avant, l'on trouve deux ou trois légers sillons.

Les élytres qui recouvrent toute la région abdominale offrent chacune une douzaine de sillons bien accentués, moniliformes, concentriques et communiquant entre eux deux par deux postérieurement ; les espaces compris entre les sillons sont rugueux.

Si l'on examine au microscope un fragment de la surface externe d'une des élytres, l'on remarque que le revêtement chitineux de la partie comprise entre deux sillons a un aspect écailleux *(fig. 7)* et offre en son milieu une seule rangée longitudinale de poils courts, grisâtres et assez distants les uns des autres ; quant au sillons, ils constituent des creux ovifórmes, lisses, communiquant entre eux.

Les antennes insérées sur les parties latéro-ventrales du rostre, près de la base de celui-ci, se composent chacune de onze articles inégaux ; le premier ou scape est un peu plus long que les deux suivants réunis, les autres (4e, 5e, 6e, 7e et 8e) sont plus courts que 2 ou 3 et vont progressivement en s'élargissant un peu ; les 9e, 10e et 11e, intimement soudés entre eux, forment un corps ovoïde, volumineux, en cône de pin, sorte de massue dont la longueur totale est au moins égale à celle des cinq anneaux précédents. Toute la surface des antennes est couverte de nombreux poils fins mais assez longs.

Les pattes offrent entre elles une certaine inégalité ; inverse de celle signalée par Wencker dans la diagnose de cette espèce *(Monographie des Apionides*, 1864) ; nous ne nous expliquons pas pourquoi il dit que les pattes antérieures sont plus longues que les autres dans les deux sexes, tandis qu'un examen minutieux de ces pièces montre que leur longueur et leur grosseur vont en augmentant des premières aux dernières ; celles-ci sont d'un septième plus longues que celles de la première paire.

Les ailes complètement étalées *(fig. 2)* possèdent à leur surface une multitude de petits poils qui leur donnent un aspect grisâtre; leur bord antérieur légèrement convexe offre presque en son milieu une petite dépression; leur bord postérieur montre près de l'insertion de l'organe sur le métathorax une forte échancrure; en arrière les ailes se terminent en pointe arrondie. Quant à leurs nervures elles sont simples, peu nombreuses et peu accentuées comme on peut le constater sur notre dessin.

## Recherches expérimentales sur la formation de la cécidie.

A quel état le parasite pénètre-t-il dans la tige du Massugue?

Nous avons, au début de ce travail, donné les raisons qui faisaient supposer qu'il y pénétrait à l'état d'œuf, en insistant sur l'existence d'un point noir, en juillet, sur la portion de tige formée au printemps, et sur la production de la galle aux dépens de la région avoisinant ce point; ce n'est pas suffisant pour entraîner la conviction. Aussi avons-nous observé, à diverses reprises, longuement, les ébats des Apions sur les Cistes, espérant surprendre une femelle occupée à introduire ses œufs dans la tige. Nos efforts n'ont pas été couronnés de succès. Comme, d'autre part, le mécanisme de cette inoculation de l'œuf était intéressant à suivre de près, étant donné que la femelle est à peu près dépourvue de tarière, nous nous décidâmes à récolter un grand nombre d'individus mâles et femelles et à les répandre sur des branches de quelques pieds de Cistus albidus plantés à cet effet dans notre jardin. Chaque branche portant des Apions était enveloppée complètement par un vaste manchon de mousseline blanche laissant facilement passer l'air et la lumière. Cette expérience fut répétée plusieurs fois à divers intervalles, dans le cours des mois d'avril, mai et juin.

En avril et mai, les Apions courent un peu lourdement à la surface de la tige et des feuilles, recherchant de préférence l'aisselle des feuilles, où ils meurent au bout de quelques jours, sans s'être accouplés. A la fin de mai et au commencement de juin, au contraire, ces bestioles sont beaucoup plus agiles. Elles se recherchent et ne tardent pas à s'accoupler, chaque femelle portant sur son dos, un mâle plus petit. L'accouplement dure en général plus d'une heure, et les deux insectes sont tellement intéressés à leur œuvre de propagation qu'ils se laissent saisir plutôt que d'abandonner leur occupation. Peu d'heures après la fécondation, les femelles recherchent les derniers entre-nœuds de la tige, ceux qui n'ont pas encore acquis leur longueur définitive et là, cachées par les jeunes feuilles, elles frappent à coups redoublés, avec leur rostre, la surface de l'axe; puis, quand elles ont réussi à entamer une petite portion de la tige, elles se retournent et déposent un œuf dans l'intérieur du tissu meurtri-
Ayant mis à l'abri leur progéniture, les Apions femelles ne tardent pas à

mourir, suivant ainsi l'exemple que les mâles leur ont donné peu de temps avant. Faisons remarquer en passant que la brusque et remarquable disparition du charançon cécidogène vivant sur *Cistus albidus* L., dans la seconde quinzaine de juin est due à la courte existence de l'insecte parfait une fois qu'il est sorti de sa loge et non pas à ce que *Apion cyanescens* Gyll se cacherait et s'engourdirait pendant une dizaine de mois, comme cela se passe pour un certain nombre d'Apions, d'après Perris (1), le sagace observateur des mœurs de ces coléoptères.

Si on regarde de temps en temps les points d'inoculation faits par les bestioles sur les jeunes tiges, on ne tarde pas (au bout de deux ou trois jours) à les voir brunir fortement, tranchant ainsi nettement sur le reste de la tige d'un brun beaucoup plus clair. L'entre-nœud contaminé, pendant plus de deux mois, ne se distingue pas autrement d'un entre-nœud ordinaire. C'est ce que montre bien la figure 17, dans laquelle la branche feuillée de droite présente un point d'inoculation, tandis que la branche de gauche n'en offre pas. Les photographies correspondantes ont été faites le 15 septembre.

Ce n'est qu'à la fin du mois de septembre, que la portion de l'entre-



FIG. 17. — Cécidie de *Cistus albidus* L. deux mois après l'inoculation de l'œuf de *Apion cyanescens*. Aucun renflement de la tige.



FIG. 18. — Cécidie de *Cistus albidus* L. deux mois et demi après l'inoculation de l'œuf. La tige commence à se renfler.

nœud voisine du point d'entrée de l'œuf, commence à se renfler; à partir de ce moment, la cécidie est nettement accusée, comme l'indique la figure 18 représentant une photographie prise le 5 octobre. Durant les mois d'octobre et de novembre, la galle continue son évolution et grossit considérablement, si bien que vers le 30 novembre, époque à laquelle elle cesse de s'accroître, elle est bien près d'avoir atteint ses dimensions définitives. Cet arrêt de développement se prolonge tout l'hiver, et il faut attendre,

(1) ED. PERRIS : *Notes pour servir à l'histoire des Apions*, in *An. Soc. Ent. Fr. 1863*, 4e série, tome III, pages 451-469.

avec le premier printemps, la nouvelle poussée végétative, pour voir la cécidie acquérir la grosseur d'une galle prête à laisser sortir son parasite, Quant à la larve, son développement se fait parallèlement à celui du renflement.

### 2. — Parasites des larves de *Apion cyanescens* Gyll.

Si l'on examine attentivement, en juillet, les nombreuses galles percées qui sont répandues le long des diverses branches d'un pied parasité de *Cistus albidus* L., on est frappé de ce fait qu'elles présentent deux sortes d'orifices de sortie; les uns ayant un diamètre au moins deux fois plus petit que les autres.

Il est impossible d'admettre que les orifices les plus petits aient donné la liberté à des Apions mâles et les plus grands à des Apions femelles car, bien qu'il y ait une différence de taille entre les individus des deux sexes, les Apions mâles sont beaucoup trop gros pour avoir pu sortir par les petits orifices. Or, ces deux sortes d'orifices sont portés par des galles bien distinctes, les grandes ouvertures appartenant à des cécidies deux fois plus grosses que les petites ainsi que le montrent bien les figures 19 et 20. On le



FIG. 19. — Galle de *Cistus albidus* L. ayant abrité *Apion cyanescens* et un hymenoptère parasite de la larve de ce coléoptère.



FIG. 20. — Galle de *Cistus albidus* L. n'ayant abrité que *Apion cyanescens*.

voit, il n'y a que deux hypothèses possibles : ou bien *Cistus albidus* est visité par deux êtres cécidogènes différents ou bien *Apion cyanescens* Gyll. est attaqué, dans les galles, avant d'avoir atteint tout son développement, et par suite avant d'avoir suffisamment renflé sa loge, par un parasite qui vit à ses dépens et sort de la galle en son lieu et place.

Tel est le problème biologique qui, s'étant présenté à l'esprit de l'un de nous dès 1898 fut la cause du retard apporté à la publication de cette étude cécidologique, par suite de la règle qu'il s'est imposé de ne publier chacune des nombreuses zoocécidies qu'il a récoltées en Provence que lorsque son côté biologique lui paraîtrait complètement élucidé.

#### CHALCIDIENS.

Le nombre des galles à petite ouverture, quoique plus faible que celui des cécidies ayant abrité *Apion cyanescens* Gyll. est cependant considérable; nous avons donc des chances de rencontrer, soit l'être cécidogène nouveau, soit le parasite de la larve du coléoptère, en ouvrant en mai ou juin, les plus petites galles non percées formées sur les tiges de l'année précédente.

En opérant ainsi on trouve en général deux larves : l'une grande, répondant au signalement de la larve d'*Apion cyanescens* Gyll, l'autre petite, n'offrant aucun caractère de larve de coléoptère et vivant à la surface de la première. Nous sommes donc bien en présence d'un parasite vivant aux dépens de l'auteur des galles du Massugue et non d'un second insecte cécidogène. Afin d'obtenir ce parasite à l'état d'insecte parfait, nous avons récolté le 1er et le 15 avril, deux lots de petites galles et nous avons obtenu l'éclosion de seize individus du premier lot et de vingt-cinq individus du second lot. Nous reconnûmes rapidement que tous ces individus étaient des hyménoptères du groupe des Chalcidiens.

Le parasite qui s'attaque le premier aux larves de l'*Apion Capiomonti* est un Hyménoptère appartenant à la famille des Chalcidiens de Maurice Girard (1) (Ptéromalidés de Claus).

Cet insecte appartient, d'après M. R. du Buysson, du Muséum de Paris, qui a eu l'obligeance de nous le déterminer, au genre *Mesopolobus* et serait le *Mesopolobus fasciiventris* de Westwood. Cette espèce d'Hyménoptère est signalée comme étant parasite des Cynipidés, parasitisme auquel il faut ajouter maintenant celui chez les Apionides.

Cet animal est un type très voisin de l'Eupelmus urozonus, parasite des Anobium paniceum, que l'un de nous a étudié en détail dans un précédent fascicule des *Annales de la Faculté* des Sciences de Marseille (fasc. 3 du tome XI, 1900); aussi ayant donné dans ce Mémoire (2) une description des organes internes de l'Eupelmus, vu l'analogie qui existe à ce point de vue entre ces deux types d'Hyménoptère, nous nous contenterons dans le présent travail de décrire les caractères généraux du genre *Mesopolobus*, puis ceux de l'espèce en question, laissant de côté son anatomie interne.

Par suite de la présence de cinq articles tarsiens cet hyménoptère fait partie de la Section des Chalcidiens que Maurice Girard désigne sous le nom de Chalcidiens Pentamères, par opposition à celles des tétramères et des trimères dont les représentants ne possèdent que quatre ou trois articles à leurs tarses.

### Mesopolobus.

Tête volumineuse, large, arrondie et courte; antennes assez longues, un peu plus chez le mâle que chez la femelle, de quatorze articles les trois derniers en forme de massue ovoïde; thorax assez long surtout chez le mâle; abdomen pétiolé, au moins aussi large que le thorax, ovalaire, un peu déprimé dorsalement.

Pattes robustes, longues, surtout celles de la troisième paire, ce qui leur permet de sauter.

(1) Maurice Girard : *Traité d'Entomologie.*

(2) A. Vayssière : *Étude sur les insectes qui s'attaquent aux bâtons du suc de réglisse,* pages 77-89, avec une planche.

MESOPOLOBUS FASCIIVENTRIS, Westwood, 1833.

(*Philosophical Magazine*, II, p. 493.)

Synon. — Eutelus fulvicornis, Walker (*Entomologist's Magazine*, II, p. 363), 1834.

Pteromalus fasciculatus, Forster (*Beitr. Monogr.*, p. 11. Pteromalus), 1841.

Insectes d'un vert métallique, d'un vert bleu ou d'un vert bronzé.

Mâle, longueur moyenne 2 millimètres, moitié plus petit que la femelle, à téguments un peu pubescents sur toute leur étendue, avec un abdomen très ovoïde dont la moitié est jaune, le reste d'un vert cuivré ainsi que toute la face inférieure du thorax; la face dorsale du thorax et la tête sont d'un beau vert émeraude; antennes d'un jaune un peu brunâtre; pattes d'un jaune assez clair.

Femelle, atteignant près de 4 millimètres de longueur, à téguments presque glabres; abdomen ovoïde allongé dont la longueur est égale à la moitié de celle du corps; d'une belle coloration métallique uniforme, antennes noirâtres et pattes variant du jaune au brun noirâtre.

Les diagnoses générique et spécifique étant données, nous allons d'abord décrire sa larve, puis l'état adulte.

*Larve.* — Dans plusieurs galles du *Cistus albidus*, examinées à la fin d'avril et au commencement de mai de cette année, nous avons remarqué à la surface du corps de la larve ou de la nymphe de l'Apion cyanescens, un animal fusiforme, annelé, reposant sur le corps de celle-ci, l'entourant en partie *(fig. 12)*, une de ses extrémités un peu enfoncée dans les téguments de son hôte.

Ce ver n'est autre que la larve du *Mesopolobus fasciiventris*; dès qu'il sort de l'œuf qui a été pondu sur la région abdominale de la larve de l'Apion, avec les fortes pièces chitineuses dont sa bouche est armée, il entame la peau de celle-ci et plonge le sommet de sa tête dans la plaie. Pendant les premiers jours le parasite demeure ainsi immobile aspirant les liquides de la cavité viscérale de sa victime.

En grossissant, cette larve parasite perd sa forme en fuseau, son corps se bombe davantage à sa face dorsale, et de chaque côté, entre celle-ci et la face ventrale, nous avons un fort bourrelet sur toute la longueur de l'insecte *(fig. 13)*; les segments, au nombre de quatorze, sont bien marqués sans traces d'appendices, sauf le premier ou anneau céphalique qui présente dorso-latéralement deux petits appendices très courts, cylindro-coniques *(fig. 14)*. Son orifice buccal est garni d'une armature chitineuse, difficile à délimiter car elle se prolonge en arrière en filaments de même nature.

Toute la surface du corps de cette larve, surtout lorsqu'elle est sur le point de se transformer, est couverte d'une multitude de petits crochets chitineux *(fig. 15)* ou piquants peu recourbés, ce qui lui donne un aspect velouté.

Cette larve a une teinte jaune, plus ou moins accentuée suivant son âge; jaune très pâle presque blanche au début, elle devient peu à peu d'un beau jaune luisant, jaune d'or, lorsqu'elle est complètement développée; à ce moment elle arrive à une longueur maximum de 4 à $4^{mm}$ 5 sur 1,2 à $1^{mm}$ 4 de largeur et près de 1 millimètre de hauteur.

Parmi les nombreuses galles du Cistus albidus que nous avons ouvertes et contenant des *Mesopolobus fasciiventris*, nous n'en avons trouvé que trois dans lesquelles le parasite était à l'état de nymphe. Celle-ci, d'une teinte blanc jau-

nâtre, n'offrait aucun caractère bien spécial devant nous retenir, les diverses parties du corps de l'insecte adulte se dessinaient toutes sous l'enveloppe nymphale.

*Adulte.* — Nous allons décrire séparément chaque sexe, en commençant par la femelle.

Sur la majeure partie du corps de la femelle la teinte métallique est uniforme, variant du vert bleuâtre, vert foncé au vert bronzé suivant les individus que l'on considère; ces différences n'ont d'après nous qu'une importance secondaire et ne doivent pas faire considérer ces divers types comme des variétés et à plus forte raison comme des espèces distinctes. A la face dorsale du thorax et sur toute la surface de la tête, la coloration est toujours chez toutes les femelles d'un beau vert émeraude, avec les yeux d'un grenat foncé; quant aux antennes elles sont d'un brun noirâtre, complètement noires à leur extrémité.

Les pattes ont toujours leur hanche, leur trochanter et plus ou moins leur cuisse d'un brun foncé, tandis que leur tibia et les quatre premiers articles tarsiens sont d'un brun clair et le cinquième ou dernier noir.

Toutefois, d'une manière générale, la coloration des divers appendices (antennes et pattes) est claire chez les individus d'un vert émeraude ou d'un vert bleuâtre, et foncée chez ceux d'un vert bronzé.

La tête, qui constitue une sorte de segment de sphère, est la partie du corps la plus large; nous l'avons représentée dans notre dessin *(fig. 16, Pl. V)* relevée en avant ce qui permet d'apercevoir quelque peu les mandibules. Les yeux composés constituent sur ses parties latérales, deux corps ovoïdes, volumineux, d'une coloration grenat foncé; les ocelles au nombre de trois occupent le sommet du vertex et forment entre les deux yeux une sorte de triangle isoscèle à sommet antérieur.

Les antennes insérées en avant, sur le clypeus, presque côte à côte, sont coudées à angle droit; leur longueur est moindre chez la femelle que chez le mâle bien que sur notre dessin *(fig. 18)* elle paraisse être plus considérable. Il ne faut pas oublier, d'une part, que ces représentations des antennes sont faites au même grossissement, et que d'autre part, les mâles sont moitié plus petits que les femelles; si ces organes étaient proportionnellement égaux dans les deux sexes, vu la différence de taille, l'antenne de la femelle devrait être deux fois plus longue, tandis qu'elle dépasse à peine d'un cinquième celle du mâle.

La forme de ces appendices n'offre pas d'autres différences. Ces organes sont formés de quatorze articles très inégaux entre eux, l'article basilaire est très court, en partie contenu dans l'épaisseur des téguments céphaliques; le second ou scape, d'une longueur égale au tiers de celle de la totalité de l'antenne, est cylindrique, un peu recourbé en dehors et muni de poils clairsemés. Le troisième article, inséré à angle droit sur le bord supéro-externe du précédent, est un peu conique allongé, sa surface offre aussi quelques poils; les deux suivants (quatrième et cinquième), très courts, me paraissent distincts, bien que de prime abord on puisse croire qu'ils ne forment qu'un, ayant en son milieu une forte rainure circulaire, ces articles possèdent l'un et l'autre quelques poils à leur surface. Les articles 6 à 11 sont tous de la même forme, un corps cylindro-conique très arrondi à son sommet, mais leur taille va légèrement en augmentant du sixième au onzième sans qu'il y ait toutefois une différence d'une bonne moitié en plus dans la taille du onzième par rapport à celle du

sixième; tous ces segments de l'antenne ont leur surface couverte de poils un peu plus serrées et un peu plus longs.

Enfin les trois derniers articles (douzième, treizième et quatorzième) sont réunis en un seul en forme de massue ou mieux de cône de pin; leur surface est également recouverte de poils longs et nombreux.

Le thorax n'a pas tout à fait le tiers de la longueur totale de l'insecte, tandis que chez le mâle cette partie est proportionnellement un peu plus longue.

La face dorsale est bombée, laissant bien voir la division du prothorax, mais la séparation du mésothorax d'avec le métathorax est difficile à observer à cette face. Ventralement, aidé par les points d'insertion des pattes, il est possible de mieux se rendre compte de la division en trois de cette partie du corps.

Le prothorax a une longueur un peu inférieure au tiers de celle de la région thoracique; son bord antérieur est arrondi et ses bords latéraux divergent; à la surface dorsale des deux autres anneaux se trouve, au centre, une partie un peu plus bombée, limitée par une ligne hexagonale plus ou moins accentuée.

Sur les bords du mésothorax, même en avant, sont insérées les deux ailes antérieures, ayant leur base d'articulation protégée par un paraptère, fort crochet chitineux implanté sur l'extrémité du prothorax et recourbé en arrière. Les ailes postérieures sont articulées sur les bords latéro-antérieurs du métathorax, mais à leurs points d'insertion on ne trouve aucune trace de paraptères.

Les ailes, dans les deux sexes, offrent la même structure et les mêmes dimensions; elles sont toujours membraneuses avec une transparence atténuée sur la majeure partie de leurs deux faces par de nombreux petits poils qui leur donnent en outre une teinte gris-jaunâtre. Les bords de ces organes sont garnis sur toute leur longueur d'une rangée de poils plus forts et plus serrés.

Les ailes antérieures, rabattues sur le dos, recouvrent tout le corps chez le mâle, mais laissant dépasser l'oviscapte chez la femelle; chacune d'elles a une forme ovale très allongée, surtout dans sa partie en pointe, celle qui va s'insérer sur le thorax. Une seule forte nervure part de cette base *(fig. 16)*, presque vers le milieu de la membrane alaire, puis se rapproche du bord supérieur en décrivant une courbe assez rapide ce qui lui permet d'atteindre ce bord un peu avant d'arriver au milieu de la longueur de celui-ci. La nervure longe ce bord sur un bon tiers de son étendue et se termine brusquement en pointe. Presque du milieu de cette seconde partie de la nervure part à l'intérieur de la membrane une nervure secondaire qui finit bientôt par un renflement en forme de coin.

L'aile inférieure des *Mesopolobus fasciiventris*, plus courte d'un quart que la supérieure, a une forme moins ovoïde, son diamètre étant le même sur les trois quarts postérieurs de sa longueur. Une seule nervure très forte longe le bord, puis se dirige intérieurement en prenant un volume moindre sur un certain parcours, puis revient lentement vers le bord qu'elle atteint vers le troisième cinquième de la longueur de celui-ci; en ce point se trouvent trois crochets qui la terminent. Une petite nervure secondaire à peine distincte apparaît au moment où la principale se rapproche du bord.

Les pattes offrent entre elles une certaine inégalité, leur longueur va en augmentant de la première à la troisième; elles sont assez robustes et résistantes pour permettre à cette espèce d'Hyménoptère de s'en servir comme organes de saut; leur surface est garnie d'un nombre peu considérable de poils assez longs, à l'extrémité du tibia, du côté interne, se trouve un piquant barbelé. Les articles tarsiens au nombre de cinq vont en diminuant du premier au

quatrième, quant au dernier qui est plus long que le précédent, il est bifurqué et se termine par deux onglets.

L'abdomen, très ovoïde, est relié au métathorax par un pédicule très court mais large *(fig. 16)*; cette partie du corps se compose de sept anneaux. C'est au niveau du troisième que l'abdomen acquiert le maximum de sa largeur.

A l'extrémité du corps nous avons la tarière qui a l'aspect d'un corps très conique *(fig. 16)* et plein, mais si l'on porte cette partie de l'abdomen sous une forte loupe et qu'on la dissocie, l'on constate qu'elle est en réalité formée de deux pièces latérales qui représentent les valves. Ces pièces, ainsi que la tarière proprement dite, ne sont pas seulement localisées vers l'extrémité de l'abdomen elles remontent au contraire très avant dans la cavité abdominale et pour les obtenir en entier l'on est obligé de briser ou d'inciser tous les segments de cette région du corps.

L'ensemble de l'appareil rappelant celui de la tarière du *Bracon Marshalli* dont nous représentons *(fig. 38)* la portion basilaire, et que nous décrivons plus loin assez en détail, nous n'insisterons pas ici sur celui-ci, nous contentant de donner seulement quelques détails de structure sur les différentes pièces.

Les valves forment deux longues tiges latérales, brunâtres, larges et couvertes de poils assez fins sur toute leur étendue; le long des bords une rangée longitudinale de poils raides complète le revêtement pileux de ces pièces; inférieurement les valves s'élargissent un peu en spatule effilée ce qui donne cet aspect très conique à la partie externe de la tarière. Dans leur partie extérieure les valves sont lisses à leur face externe, et offrent à leur face interne un revêtement chitineux plus fin avec nombreux plis disposés en petits losanges irréguliers.

La pièce médiane protégée par les deux valves, est le produit de la réunion de trois longues tiges chitineuses, très élastiques; l'une d'elles, la plus large, que l'on nomme le gorgeret, constitue une sorte de sonde cannelée dont le sillon assez profond loge les deux autres. L'extrémité du gorgeret se termine par une portion pleine, pointue, sur les côtés de laquelle se trouvent huit à dix dentelures.

Quant aux deux autres tiges, les *spicules*, elles sont grêles, pleines dans toute leur longueur et terminées en pointe sans trace de dentelures à leur extrémité.

Dans l'acte de la perforation de la tige, c'est l'extrémité du gorgeret qui doit remplir le rôle principal, il fait le trou avec sa pointe et l'agrandit au moyen de ses dentelures; les spicules, une fois la tige perforée, guident la marche de l'œuf et lui permet d'arriver sans encombre sur le corps de la larve de l'Apion qui a produit la galle. Nous verrons plus loin en faisant la description de la tarrière du *Bracon Marshalli* que chez cet hyménoptère, l'extrémité pointue du gorgeret est lisse et que ce sont les extrémités des spicules qui sont dentées, aussi ce sont elles qui doivent alors être chargées d'agrandir le trou initial fait par la pointe du gorgeret.

Le mâle de ce *Mesopolobus* est la moitié plus petit que la femelle, les plus gros individus ne dépassant pas 2 millimètres à $2^{mm},2$ de longueur. Leur coloration générale est d'un beau vert émeraude, sauf dans la partie antéro-dorsale de l'abdomen qui est jaune ainsi que les pattes.

La forme du corps est ramassée, comme on peut le constater sur notre figure 17 représentant un de ces individus, vu par sa face dorsale, les ailes appliquées sur le dos qu'elles recouvrent en entier. La tête, disposée bien verticalement, montre, à sa face dorsale, les deux yeux composés, les trois ocelles

et presque sur le bord antérieur, les deux antennes; les yeux sont proportionnellement un peu plus petits que ceux de la femelle, l'inverse se présenterait pour les antennes, comme nous l'avons indiqué précédemment en faisant la description de la femelle.

Les autres parties du corps (thorax, pattes, ailes...) offrent la même structure dans les deux sexes, la région abdominale seule montre quelque différence. Cette partie du corps se compose, comme chez la femelle, de sept segments assez inégaux entre eux, le troisième étant le plus large.

L'organe copulateur, contenu dans les deux derniers segments abdominaux, est constitué par un corps cylindrique assez long lorsqu'il est totalement projeté; cette partie cylindrique forme une sorte de gaine *(fig. 21)* à l'intérieur de laquelle est logé le pénis proprement dit. Celui-ci représenté dans tout son développement *(fig. 20)* se compose d'une masse très musculaire, conique, en forme de mitre, avec un orifice terminal entouré de granulations. A la base du pénis, du côté de sa face ventrale, se trouvent deux raquettes chitineuses, à bord postéro-externe portant cinq fortes dentelures crochues devant servir à maintenir la femelle pendant l'acte de la copulation.

## Braconides.

Ayant eu besoin, en mai, de quelques spécimens de chalcidiens et notre stock d'avril étant épuisé, nous dûmes surveiller de nouvelles éclosions. Quelle ne fut pas notre surprise de voir sortir des galles : non seulement les insectes dont nous cherchions des échantillons, mais encore d'autres hyménoptères dont les longues antennes contrastaient avec les courtes antennes de nos parasites et permettaient d'affirmer tout de suite que nous nous trouvions en présence d'insectes n'appartenant pas au type étudié. Ces hyménoptères se classent même dans un tout autre groupe : celui des Braconides. La présence de débris de larves d'*Apion cyanescens* Gyll. dans les galles d'où ces Braconides sortent ne laisse aucun doute sur le genre de vie de ces derniers. Comme les Chalcidiens précédents, ils vivent aux dépens des larves du coléoptère cécidogène ; aussi devons-nous les étudier en détail.

### Genre Bracon (1), Fabr. 1804.

« Tête transversale; antennes sétacés, longues et grêles, les derniers articles plus ou moins distincts ; palpes peu développés, les maxillaires de quatre à cinq articles, les labiaux de trois.

Ailes supérieures offrant trois cellules cubitales. Pattes grêles, terminées par deux crochets très petits entre lesquels se trouve une pelote assez marquée.

Abdomen d'aspect sessile, ovalaire de six à huit segments, les premiers plus ou moins impressionnés, à sculpture variable ; le premier est formé d'une plaque médiane dorsale convexe ou plane.

La tarière des femelles est longue, très longue même chez quelques espèces. »

(1) Nom de fantaisie sans étymologie.

BRACON MARSHALLI.

« Coloration : Corps et pattes d'un beau jaune ambré avec plus ou moins de noir ; tête d'ordinaire toute noire, sauf les yeux d'un jaune gris et les pièces buccales d'un jaune ambré ; antennes noire.

Thorax d'un beau noir luisant chez les mâles et d'un jaune brun avec grandes taches noires chez les femelles ; ailes grisâtres avec reflets irisés (rose, violet...), stigma et nervures d'un gris jaunâtre ; tarses noirâtres.

Abdomen jaune ambré ou jaune d'or, avec une très large bande noire médio-dorsale, et une bande également noirâtre sur chaque côté du corps.

La coloration générale est toujours plus foncée chez les mâles que chez les femelles.

Structure : Antennes moniliformes, de vingt-huit articles, un peu moins longues que le corps.

Tête et thorax lisses, luisants ; pronotum hémisphérique, mésonotum nettement gibbeux et bicaréné à la face ventrale, métanotum arrondi ; ailes plus longues que le corps, cellule radiale lancéolée et n'atteignant pas l'extrémité de l'aile, la deuxième cellule cubitale une fois et demi plus large que haute.

Abdomen oliviforme, se comprimant de haut en bas sous l'effet de la dessiccation et prenant alors un aspect lancéolé ; segments imbriqués au nombre de huit.

Tarière un peu moins longue que l'abdomen ; ses valves noirâtres, un peu plus larges postérieurement, cachent un aiguillon en fer de lance formé par la réunion de ses trois pièces constitutives, le gorgeret et les deux spicules ; l'extrémité des spicules est dentelée, tandis que la pointe du gorgeret est lisse.

Dimensions de la femelle, longueur totale moins les antennes, 4 millimètres à $4^{mm},6$ ; du mâle, longueur totale moins les antennes, $2^{mm},5$ à $2^{mm},8$. »

Habitat : Dans les galles des *Cistus albidus, salvifolius*, aux dépens des larves de l'*Apion cyanescens*, insecte producteur de ces galles.

Nous avons été heureux de pouvoir dédier cette nouvelle espèce de *Bracon* à M. T. A. Marshall, le savant hyménoptériste d'Ajaccio, qui a bien voulu nous donner de précieuses indications au sujet de notre animal, et dont l'important ouvrage *Monographie des Braconides*, 1891-1901, nous a été si utile pour l'étude de cet insecte.

Après la diagnose spécifique assez étendue que nous venons de donner, nous aurons peu de choses à ajouter pour la compléter.

Pour bien se rendre compte de la forme générale de cet insecte, il faut examiner des individus vivants, sinon l'animal desséché ou conservé dans l'alcool offre une torsion spéciale au point d'insertion de son abdomen, qui, jointe à l'aplatissement des animaux abdominaux lui donne un facies tout différent. Très souvent aussi les derniers segments de l'abdomen rentrent plus ou moins dans les précédents, ce qui rend tronquée cette région du corps.

Il faut donc se méfier de ces différentes causes de déformation ou en tenir compte, si l'on n'a à sa disposition que des individus desséchés.

Les mâles ont toujours une coloration plus sombre, généralement même le jaune est absent ou n'est représenté que par quelques taches sur l'abdomen, tandis que chez les femelles, la teinte jaune prédomine et la noire n'est qu'accessoire ; toutefois nous avons observé des variations assez grandes à ce point de vue, les dernières femelles écloses en octobre dernier étaient beaucoup plus sombres que les précédentes.

La différence de taille entre les sexes est très sensible et suffit presque à les distinguer ; parmi nos femelles nous en avons eu cependant deux qui n'avaient guère plus de 3 millimètres de longueur totale, mais d'ordinaire leur taille dépassait 4 millimètres.

Les téguments du *Bracon Marshalli* paraissent glabres sous un faible grossissement, mais avec l'aide du microscope l'on constate la présence sur toute leur étendue de nombreux petits poils grisâtres, surtout à la surface de l'abdomen et des pattes.

Les antennes sont constituées chez les deux sexes par vingt-huit articles bien distincts (chez quelques mâles j'en ai compté trente et un) ; ce nombre pourrait être porté à vingt-neuf si l'on considère comme représentant deux articles le petit qui suit le scape *s* et que l'on désigne sous le nom d'annelet *(a fig. 26)* ; cet article serait d'ordinaire dédoublé par suite de la présence d'un étranglement circulaire que nous n'avons pas observé ici. Les antennes offrent chez les deux sexes à peu près la même structure *(fig. 26* et *27)*, le scape serait un peu moins fort chez le mâle et l'annelet un peu plus long ; mais en dehors de ces petites différences, les antennes chez le mâle sont toujours proportionnellement plus longues que chez la femelle comme l'on peut le constater sur nos figures 30 et 31, Pl. VI.

Les ailes offrent des reflets irisés assez marqués variant du rose au bleu violacé ; les nervures de ces organes sont bien nettes et le stigma offre une forme ovoïde bien définie *(fig. 32)* qui est identique dans les deux sexes.

Les pattes sont un peu inégales en longueur, elles vont en augmentant de la première à la troisième paire. Chacune d'elles se compose d'une hanche ovoïde et peu volumineuse dans les pattes des deux premières paires, mais qui chez celles de la troisième paire a un volume beaucoup plus considérable et une forme conique très marquée. Le trochanter toujours cylindrique est séparé du fémur par un espace membraneux presque aussi long que lui. La cuisse ou fémur est la pièce la plus forte, mais n'offre pas d'une paire à l'autre une bien grande différence ; elle serait un peu plus robuste dans les pattes de la troisième paire ; il en est de même pour la jambe ou tibia. A l'extrémité inférieure de cet article, du côté antéro-externe nous avons un fort crochet, *l'éperon*, qui offre quelques différences suivant la paire observée ; celui du tibia des pattes de la première paire est constitué par un fort crochet unguiforme *(fig. 28)* offrant à l'intérieur de sa concavité quelques piquants rigides qui vont s'emboîter contre une rangée de poils insérés au sommet du premier article tarsien. Aux autres pattes nous trouvons à l'extrémité du tibia deux éperons, disposés un de chaque côté ; ces éperons sont constitués par des piquants presque droits *(fig. 28 bis)* couverts sur toute leur surface de poils courts et raides.

Nous allons décrire maintenant les pièces buccales et ensuite nous ferons connaître l'ensemble de l'appareil digestif.

Les appendices qui entourent l'orifice buccal chez le Bracon Marshalli se composent d'une paire de mandibules, d'une paire de mâchoires et de la lèvre inférieure.

Les mandibules forment de petits corps triangulaires massifs, ayant leur sommet bidenté ; la dent supérieure qui est la plus forte termine l'organe, tandis que l'autre placée au-dessous se trouve sur le bord interne *(fig. 34)*. Ces deux dents sont crochues et ont une teinte ambrée noirâtre qui tranche sur la teinte jaune du reste de l'organe ; quelques poils se trouvent insérés près de la base du côté externe.

Les mâchoires, d'aspect lamelleux, d'une coloration ambrée, sont constituées chacune par une pièce supérieure très grande, assez large mais peu épaisse, représentant à la fois le maxillaire, l'intermaxillaire et le galea *(fig. 35)*; inférieurement elle s'insère sur le sous-maxillaire qui lui-même est en rapport avec les pièces chitineuses de l'intérieur de la tête. Sur le milieu du bord externe de la mâchoire proprement dite (le maxillaire) dans une cavité se trouve inséré le palpe; cet appendice se compose de quatre articles assez allongés, grêles et garnis d'un certain nombre de poils.

La lèvre inférieure est relativement petite, elle est constituée par une seule pièce en forme de losange *(fi. 36)* représentant les maxillaires réunis, et par deux palpes. Les bords de cet organe offrent de nombreux poils, assez longs latéralement, courts vers le milieu ; l'on en trouve également sur les deux faces surtout à la face externe. Les deux palpes *l* sont insérés côte à côte vers la base de la face interne de la lèvre : ces palpes triarticulés, sont courts, leur article supérieur dépassant à peine les bords de l'organe.

Entre les pièces buccales se trouve la véritable bouche donnant accès dans une cavité buccale qui est peu vaste comme chez tous les insectes ; de cette cavité l'on passe dans l'œsophage qui se renfle progressivement pour former le jabot. Ces deux parties qui occupent toute la longueur de la région thoracique *(fig. 33)* *œ* et *j*, ont des parois minces, résistantes, d'aspect papyracé et plissées longitudinalement.

Nous arrivons ensuite à l'estomac *v* par l'intermédiaire d'un tube très étroit qui occupe la partie centrale du pédicule réunissant l'abdomen au thorax. L'estomac est très vaste, légèrement bilobé dans sa longueur; ses parois très hyalines laissent voir facilement le contenu plus ou moins grenu de cette cavité.

L'étranglement qui suit l'estomac sert de point d'insertion à une douzaine de tubes de Malpighi M, de longueur un peu inégale, d'une teinte blanchâtre et un peu opaques. L'intestin *i* que nous trouvons ensuite prend d'abord une largeur assez considérable pour diminuer jusqu'au renflement des corps charnus qu'il ne tarde pas à atteindre vu son peu de longueur.

Les corps charnus *c* forment quatre éminences ovoïdes, disposées en anneau autour de l'intestin, d'une coloration blanc crémeux et montrant chacun dans son épaisseur les nombreuses ramifications d'une forte trachée. Le rectum *r* terminant le tube digestif est court, à parois minces et assez résistantes.

Dans notre figure 33 donnant le dessin du tube digestif du *Bracon Marshalli*, nous avons représenté à côté la partie abdominale de la chaîne nerveuse, qu'il nous a été possible d'étudier. Comme on le constate cette portion du système nerveux est constituée par six renflements ganglionnaires réunis entre eux par un double connectif. Chacun de ces renflements est constitué en principe par deux ganglions latéraux qui se sont accolés l'un à l'autre comme on peut le constater chez beaucoup de types d'insectes, mais ici la soudure est si intime qu'elle n'a laissé aucune trace de la division primitive. Ces ganglions *n, n,* sont de même volume sauf le dernier *n'* qui est plus volumineux ce qui tient à son rôle plus important, c'est en effet lui qui est chargé de l'innervation des deux derniers anneaux de l'abdomen et de toutes les pièces qu'ils supportent (tarière ou pièces copulatrices),

Malgré tout le soin que nous avons mis à disséquer les quelques individus dont nous avons pu disposer pour étudier l'organisation de ce nouveau Braconide,

il ne nous a pas été possible d'examiner en entier les appareils reproducteurs de ce type d'insecte.

L'appareil génital mâle se compose de deux glandes testiculaires que nous n'avons pas pu représenter vu leur mauvais état de conservation ; ces glandes, placées au-dessus du tube digestif, vers le milieu de l'abdomen, m'ont paru être accolées l'une à l'autre. De la partie latérale externe de chacune d'elles part un canal *g (fig. 37, Pl. VI)* qui ne tarde pas à former deux très forts, renflements successifs *s, s'* les poches séminales ; celles-ci sont logées sur la partie latérales droite de là cavité abdominale. De l'extrémité inférieure de la dernière part un canal efférent *e* qui se réunit bientôt à celui-*é* du côté opposé pour former le canal déférent *d* qui va aboutir à la base du pénis P ; un peu au-dessous du point de jonction des deux canaux efférents se trouve la glande prostatique *pr* glande très hyaline et plissée versant sa sécrétion dans le conduit déférent.

L'organe copulateur est constitué lorsqu'il est projeté à l'extérieur comme le roprésente notre figure 37 par un corps P régulièrement conique, un peu tronqué à son extrémité ; autour de l'orifice qui se trouve à cette extrémité l'on constate la présence de quelques petites aspérités qui doivent faciliter la copulation.

Autour du pénis nous trouvons d'abord deux prolongements chitineux, crochus, *l, l,* que l'on nomme les *forceps,* destinées à protéger le pénis ; plus en dehors nous avons deux autres lames chitineuses, *t, t,* terminées en pointe et offrant à leur sommet un bouquet de poils. Ces deux derniers prolongements sont en rapport direct avec les parties latérales du huitième anneau abdominal.

Au-dessus de ces pièces, à la face ventrale de l'abdomen nous voyons une grande lame triangulaire qui est la portion sternale de l'anneau chitineux *m* qui entoure la base de l'organe copulateur.

Dans notre dessin de la Planche V *(fig. 29)*, cette partie de l'appareil génital est vue du côté dorsal.

Des organes reproducteurs femelles il ne nous a été possible d'étudier en détail que la tarière.

Cet organe semble formé de trois pièces, deux extérieures nommées valves *(fig. 25 et 38, v v.)*, qui peuvent s'écarter plus ou moins l'une de l'autre, et une médiane homologue de l'aiguillon des Hypménoptères Aculeata. Cette pièce médiane est composée elle-même comme nous allons le voir de trois pièces, le *gorgeret* et les *spicules*.

Les valves, *v, v* forment chez le *Bracon Marshalli* deux tiges aussi longues que l'abdomen ; ces tiges, disposées latéralement, ont leur face interne presque plane, tandis que leur face externe est arrondie. Ces deux surfaces ne sont pas semblables, l'interne offre une membrane assez délicate plissée transversalement sur toute son étendue et portant des poils assez espacés ; l'externe fortement chitinisée est à peu près lisse et porte également des poils sur toute sa longueur. De chaque côté sur la limite de ces deux surfaces, se trouve une rangée longitudinale de poils plus forts.

Les deux valves offrent une certaine rigidité grâce à la présence à l'intérieur de chacune d'elles d'un fort prolongement chitineux *t (fig. 38)* de l'armature interne de la tarière.

Enfermée entre les deux valves, se trouve la pièce médiane *m* (*fig. 38*) ; nous disons la pièce, car elle paraît être unique, de prime abord ; pour se rendre compte de sa composition, il faut la dissocier, soit par pressions répétées sous

le couvre-objet, soit à l'aide de deux aiguilles très fines. On constate alors que le sillon que l'on remarquait sur toute sa longueur, est l'ouverture canaliforme de la tige principale ou *gorgeret ;* c'est à l'intérieur de cette sorte de canal ouvert que se trouvent les deux soies rigides ou *spicules*.

Chez le Bracon Marshalli, aussi bien que chez le Mésopolobus fasciiventris et que chez tous les types d'Hyménoptères térébrants, ces soies offrent supérieurement la disposition que nous avons dessinée dans la Pl. VI, *(fig. 38)*. Elles se prolongent plus ou moins suivant les espèces d'Hyménoptères, à l'intérieur de la cavité abdominale, puis elles se séparent en deux groupes latéraux, constitué chacun par un des spicules et par une bifurcation de la base du gorgeret ; ces groupes décrivent chacun un arc double, *a*, *a'* sur les bords desquels s'insèrent des faisceaux musculaires destinés à les faire mouvoir. D'autres pièces chitineuses accessoires *l*, *l'*, *d*, *d'*, *p*, *p'* et *c* viennent par leur agencement faciliter les mouvements d'avant en arrière ou de latéralité que la tarière doit exécuter pour percer la galle et pondre ensuite son œuf à l'intérieur.

Dans notre dessin *(fig. 39)*, nous avons représenté ces trois pièces dans une position divergente afin que l'on puisse bien se rendre compte de leurs rapports. Le gorgeret, qui est une pièce très résistante, se termine inférieurement par une portion élargie en forme de fer de lance asymétrique ; c'est la pointe de cette pièce qui s'enfonce d'abord dans la tige de la plante pour faire le premier trou. Les deux spicules, qui sont aussi des tiges chitineuses un peu aplaties, présentent à leur extrémité en pointe, le long de leur bord le moins épais, quatre dentelures, tandis que l'autre bord de chacune de ces pièces possède un repli qui se prolonge sur toute la longueur et qui èst destiné à leur donner plus de résistance. Grâce à la présence de ces dentelures, les spicules par un mouvement de va-et-vient agrandissent l'ouverture faite par la pointe du gorgeret jusqu'à ce que l'orifice soit suffisant pour permettre à l'œuf d'être pondu à l'intérieur de la cavité de la galle du Ciste.

Il va sans dire que par le toucher, au moyen de l'extrémité de sa tarière, la femelle cherche avant de pondre son œuf, non seulement la larve de l'Apion, mais encore la partie du corps de celle-ci où son œuf sera le mieux placé.

## Observations sur l'éclosion des Chalcidiens et des Braconides

Des deux groupes de parasites : Chalcidiens et Braconides qui s'attaquent à la larve de *Apion cyanescens* Gyll, l'un est plus précoce que l'autre, en ce qui concerne la sortie de la galle. Durant tout le mois d'avril, en effet, nous n'avons obtenu que des Chalcidiens, et ce n'est qu'à partir du 1er mai que les Braconides ont fait leur apparition.

Les Chalcidiens sont également les premiers à disparaître, car nous n'avons pas pu en obtenir après le 30 juin, tandis que quatre mois plus tard, le 2 novembre, nous constations encore l'éclosion d'un Braconide ; il suffit, en outre, de jeter un coup d'œil sur le tableau suivant, pour voir que du 30 juin au 2 novembre, le nombre des Braconides sortis des galles a été assez considérable.

*Récolte du 10 juin : 103 cécidies.*

| Dates des éclosions. | Chalcidiens. | Braconides. | Dates des éclosions. | Chalcidiens. | Braconides. |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 juin . . . | 1 | » | 5 juillet . . . | » | 2 |
| 14 — . . | 1 | » | 7 — . . . | » | 1 |
| 16 — . . | 1 | » | 9 — . . . | » | 3 |
| 17 — . . | » | 1 | 12 — . . . | » | 1 |
| 21 — . . | 2 | » | 15 — . . . | » | 2 |
| 22 — . . | 2 | » | 17 — . . . | » | 1 |
| 23 — . . | » | 1 | 19 — . . . | » | 1 |
| 26 — . . | 3 | » | 21 — . . . | » | 2 |
| 28 — . . | 4 | » | 4 août . . . | » | 2 |
| 30 — . . | 3 | 2 | 15 — . . . | » | 3 |
| 1er juillet . . | » | 2 | 8 octobre . . | » | 1 |
| 2 — . . | » | 1 | 12 — . . | » | 2 |
| 3 — . . | » | 1 | 25 — . . | » | 1 |
| 4 — . . | » | 2 | 2 novembre . | » | 1 |

Si, maintenant, ainsi que nous l'avons fait, on récolte à divers intervalles toutes les galles non ouvertes d'un certain nombre de pieds de *Cistus albidus* L. et que l'on compte le nombre d'*Apions cyanescens* Gyll,, de Chalcidiens et de Braconides qui sortent de ces galles, on obtient des résultats très intéressants que nous avons groupés dans le tableau suivant :

| Dates des récoltes. | Nombre des cécidies. | Éclosions totales. Apion. | Chalcidiens. | Braconides. | Éclosions pour cent Galles récoltées. Apion. | Chalcidiens. | Braconides. | Galles habitées pour cent. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1er avril. . . . . | 150 | 98 | 16 | 0 | 65,3 | 10,7 | 0 | 76 |
| 15 avril . . . . . | 130 | 79 | 25 | 0 | 60,8 | 19,3 | 0 | 80,1 |
| 1er mai . . . . . | 210 | 111 | 60 | 3 | 52,9 | 28,6 | 1,4 | 82,9 |
| 15 mai . . . . . | 186 | 84 | 62 | 10 | 45,2 | 33,3 | 5,4 | 83,9 |
| 1er juin . . . . . | 212 | 60 | 109 | 15 | 28,3 | 51,4 | 7 | 86,7 |
| 6 juin . . . . . | 105 | 10 | 50 | 25 | 9,5 | 47,6 | 23,8 | 80,9 |
| 10 juin . . . . . | 103 | 0 | 19 | 32 | 0 | 18,5 | 31,1 | 49,5 |

On voit que la proportion des galles fertiles augmente jusqu'au moment de l'accouplement des Apions (1er juin), tandis que, dans le même temps, on voit diminuer de plus en plus le nombre des éclosions de *Apion cyanescens* L. En un mot, au début (1er avril), tandis qu'il y a un déchet considérable de galles, on observe le maximum d'éclosion en *Apion cyanescens*. Il faut donc chercher la cause de ce déchet en dehors des Apions et il nous est difficile de ne pas l'attribuer au parasitisme trop précoce des Hyménoptères, probablement des Chalcidiens. Les parasites du Coléoptère cécidogène meurent quand les galles ont été cueillies trop tôt, après avoir

tué néanmoins la larve du Coléoptère auteur de la cécidie; cela s'explique facilement. La larve d'*Apion cyanescens* n'est pas tuée immédiatement par celle du parasite. Affaiblie par les emprunts que lui font fréquemment les Hyménoptères parasites, elle n'arrive pas à se transformer en insecte parfait, il est vrai, mais elle continue à vivre aux dépens des tissus végétaux dont elle détermine la formation par ses morsures. Cependant, si la galle est détachée de la plante, il ne peut être question de prolifération de tissus, puisqu'il n'y a plus apport, dans le liber de la cécidie, des sucs nourriciers de la plante. La larve d'*Apion cyanescens* Gyll., dans ces conditions défavorables, ne trouve plus à se nourrir et le parasite en subit le contre-coup ; il n'arrive plus lui aussi à l'état d'insecte parfait.

### 3° Déformation des fleurs de *Cistus albidus* L. par *Apion tubiferum*.

Le coléoptère que nous venons d'étudier n'est pas le seul Apionide qui fréquente le Massugue. En fauchant, dans les champs de *Cistus albidus* L., on récolte fréquemment un Apion pubescent, plus petit que le précédent et à trompe plus longue. Il est beaucoup plus agile et s'échappe très facilement. Cet insecte ne provient pas des renflements de la tige. Nous avons surveillé l'évolution de plus d'un millier de ces cécidies, et jamais nous n'avons constaté l'éclosion d'*Apion tubiferum*, pour l'appeler par son nom. Ce joli coléoptère sort, à l'état adulte, des boutons floraux, par un orifice circulaire semblable à celui qui donne passage, dans les renflements de la tige, à *Apion cyanescens* Gyll., après avoir parcouru les divers stades de son développement, depuis l'état d'œuf jusqu'à celui de nymphe, dans ces boutons, en se nourrissant des diverses pièces florales.

Dans les jeunes boutons, la larve est petite et le pistil seul est dévoré.

Dans les boutons de taille moyenne, la larve est plus grande, mais n'a pas acquis sa taille définitive; pistil et étamines ont disparu.

Enfin, dans les boutons ayant acquis la taille de ceux qui s'épanouissent, la larve est généralement remplacée par une nymphe ; pistil, étamines et pétales n'existent plus. Seuls les sépales persistent. Les boutons floraux parasités ne s'épanouissent pas ; cela est dû à la destruction des pétales, car, ainsi que l'un de nous l'a établi autrefois (1), les sépales ne s'écartent, lors de l'épanouissement de la fleur, que par action des pétales, agissant comme des coins par leurs onglets interposés entre le réceptacle et le calice.

Cependant, parfois, la fleur s'étale à moitié. Les sépales s'écartent légèrement et on voit apparaître à l'extérieur une corolle chiffonnée dont les pièces, plus petites que les pétales normaux, ne s'ouvrent jamais complè-

(1) GERBER : *Études anatomiques, physiologiques et biologiques sur les Cistes de Provence,* in *An. Fac. Sc. Marseille,* t. IX, avec deux planches.

tement. En cherchant au centre de semblables fleurs, on constate l'existence d'une jeune larve d'*Apion tubiferum* et l'absence du pistil ainsi que des étamines. On ne peut attribuer cet épanouissement accidentel qu'à un retard dans l'éclosion de la larve; l'évolution du bouton floral a été, par suite, en avance sur celle de la larve, qui n'a pas eu le temps de consommer les pétales avant que ceux-ci aient déterminé l'écartement des sépales.

Les fleurs demi-ouvertes, parasitées, contrastent avec les fleurs complètement épanouies qui se trouvent sur la même branche, ainsi qu'on peut



FIG. 21. — Fleurs épanouies de *Cistus albidus* L. provenant de boutons habités par *Apion tubiferum*.



FIG. 22. — Fleur épanouie de *Cistus albidus* L.

s'en rendre compte en comparant les trois fleurs parasitées de la figure 21 à la fleur normale de la figure 22.

### APION TUBIFERUM, GYLL.

Corps oblong, ovale, convexe, bronzé cuivreux, verdâtre ou rarement bleuâtre; tout le corps est hérissé de soies blanches, longues et flexibles, mais la pubescence est surtout prononcée sur les élytres et le pronotum. Tête allongée, plus étroite chez la femelle; rostre armé, cylindrique, droit, plus ou moins brillant, un peu dilaté près des antennes et à l'extrémité, finement pointillé; chez les individus frais ou conservés dans l'alcool, à un assez fort grossissement, on y découvre des poils blanchâtres et dressés; antennes grêles, scape plus long que les deux articles suivants. Pronotum un peu plus long que large, cylindrique, rétréci en avant, convexe; sculpture allongée, confluente, gaufrée, moins grosse que celle de l'Apion Perrisi; transversalement déprimé le long du bord postérieur; fossette antescutellaire obsolète; on y voit, ainsi que sur la tête, des poils blancs couchés. Écusson punctiforme, bronzé. Élytres ovales-oblongues, convexes, près de quatre fois aussi longues que le pronotum, d'un vert bronzé, légèrement arrondies sur les côtés, dilatées un peu au delà du milieu, arrondies à leur extrémité; épaules accentuées, peu profondément striées, ponctuées; interstries subconcaves, finement écailleuses, hérissées de soies blanches, longues, flexibles, dentelées; les soies des stries sont un peu

moins longues, spatuliformes, d'ordinaire couchées. Dessous du corps régulièrement ponctué, cuivreux verdâtre, finement pubescent.

Pattes allongées, bronzées, pubescentes.

Le rostre chez le mâle est plus court.

Longueur, $2^{mm},4$ à $3^{mm},4$.

Telle est la diagnose de cette espèce, d'après celle de Wencker (*Monographie des Apionides*, p. 125), diagnose à laquelle nous avons fait quelques petites modifications ; il nous semble inutile de la reprendre en détail. Nous allons nous contenter de décrire seulement quelques caractères spéciaux à ce type d'Apion.

Occupons-nous d'abord de la coloration. Celle-ci nous paraît être à peu près uniforme sur toute l'étendue du corps et ne nous a pas offert ces différences de teinte suivant les parties que Wencker signale. La couleur générale est d'un vert foncé (vert-de-gris), parfois un peu vert-bleuâtre ; sur les élytres et sur le pronotum l'on a souvent des reflets vert bronzé.

Si l'on examine des individus dans l'alcool, l'on constate que leur coloration est alors d'un bleu foncé, sans trace de teintes verte ou bronzée ; mais si on les sort de ce liquide, dès que ces insectes sont secs, leur couleur primitive, d'un vert bronzé, ne tarde pas à reparaître. Cette dernière coloration est donc due à un effet de lumière à travers le revêtement pileux de ces êtres.

L'observation sous une très forte loupe ou avec l'aide d'un faible grossissement microcospique d'un fragment d'une des élytres permet de constater que la surface interlinéaire de la face dorsale de ces organes offre un aspect écailleux moins accentué que chez l'*Apion cyanescens*.

Comme chez cette dernière espèce, l'espace compris entre deux sillons consécutifs présente *(fig. 9)* en son milieu une seule rangée longitudinale de poils ; ceux-ci sont assez longs, blanchâtres, comprimés, à bords dentelés. Nous avons, en outre, dans les sillons qui forment ici des rainures continues d'un même diamètre dans toute leur étendue, une seule rangée de poils spatuliformes, couchés d'ordinaire dans le sillon ; l'insertion de ces poils alterne avec celle des poils des parties interlinéaires *(fig. 10, Pl. IV)*.

Les antennes sont plus grêles que chez l'*Apion cyanescens ;* le scape est presque égal en longueur aux trois articles suivants ; les articles 2, 3, 4, 5 et 6 sont un peu oviformes, 7 et 8 beaucoup plus élargis et plus courts que les précédents ; enfin 9, 10 et 11 très renflés, soudés entre eux mais avec les traces de soudure très nettes, forment une massue, sorte de cône de pin, proportionnellement plus petite que celle des antennes de l'*Apion cyanescens*.

Les pattes offrent aussi quelques différences qu'il est utile de signaler.

Les pattes de la première paire sont plus courtes et plus massives ; la hanche, le trochanter et la cuisse sont ici plus volumineux. Ces trois

articles possèdent aussi peu de poils blanchâtres à leur surface ; il en est de même du tibia, sauf à son extrémité interne où se trouvent un grand nombre de poils serrés, raides, un peu moins longs et formant brosse. Cette même disposition des poils se présente sur toute la longueur du bord interne des trois premiers articles tarsiens, le quatrième et dernier article, assez long et moins pubescent, est terminé par les deux forts crochets chitineux symétriques nommés onglets.

Les pattes de la deuxième et surtout de la troisième paire sont plus longues, plus grêles et moins pileuses, même à l'extrémité interne du tibia ; en ce point, ces poils (*fig. 11*, Pl. IV) forment encore brosse, mais à la face externe de cette même pièce nous avons une dizaine de poils incurvés, très rigides, un peu inégaux entre eux. Quant aux articles tarsiens, ils sont semblables à ceux des pattes précédentes.

Les sexes sont ici, comme chez l'*Apion cyanescens*, reconnaissables par la différence de taille, le mâle étant toujours un peu plus petit (environ d'un quart) et ayant son abdomen moins bombé que chez la femelle.

Le nombre relativement très restreint des *Apion tubiferum* que nous avons eus à notre disposition ne nous a pas permis de voir ces insectes à tous leurs états ; nous n'avons pu observer que des individus adultes.

### OBSERVATIONS SUR LA DIFFÉRENCE DE SITUATION DES CÉCIDIES D'*Apion cyanescens* ET D'*Apion tubiferum*.

Si l'on compare les deux Apions parasites de *Cistus albidus* L. on voit de suite que le rostre de *Apion tubiferum* ne le cède en rien, quant à la force et à la solidité, à celui de *Apion cyanescens*. Le parasite des boutons floraux du Massugue peut donc, tout aussi bien que celui de la tige, entamer à coups de rostre celle-ci pour y introduire les œufs. Ils faut chercher ailleurs la raison de la différence de situation des deux cécidies. La raison n'est autre que l'époque différente de la ponte des deux coléoptères. *Apion cyanescens* pond en mai et au commencement de juin et meurt aussitôt après. Au contraire, *Apion tubiferum* se trouve sur le Massugue non seulement au printemps, mais encore pendant tout l'été et une partie de l'automne ; il ne dépose ses œufs que fin octobre et commencement novembre. Or, les Apions, ainsi que Perris l'a déjà constaté autrefois, ne peuvent guère entamer, avec leur rostre, que des organes très tendres, tels que les entre-nœuds, au moment où ils se dégagent des bourgeons, et les jeunes bourgeons. En mai et juin il n'y a que des bourgeons foliaires ; *Apion cyanescens* ne peut, par suite, que déterminer des pleurocécidies nodales et internodales sur les jeunes entre-nœuds et des acrocécidies sur les bourgeons foliaires. Au contraire, en octobre et novembre, les entrenœuds ont pris des formations secondaires, ils sont devenus trop durs, trop résistants ; quant aux

bourgeons qui apparaissent à cette époque, ils sont tous floraux ; *Apion tubiferum* ne peut, par suite, que déterminer des acrocécidies florales.

## II

### CISTUS SALVIFOLIUS L.

### 4. — Cécidies produites par *Apion cyanescens* Gyll.

*Apion tubiferum* se développe, aux environs de Marseille, non seulement sur le *Massugue*, mais encore sur les deux autres espèces de Cistes de la contrée : *Cistus salvifolius* L et *Cistus monspeliensis* L. Or, depuis longtemps, Perris et Frauenfeld (1) ont signalé, dans d'autres régions, le parasitisme de ce coléoptère dans les boutons à fleurs de ces mêmes plantes (*C. salvifolius*, Perris et *C. monspeliensis*, Frauenfeld). Ces deux Cistes ne se comportent donc pas, vis-à-vis de *Apion tubiferum*, autrement, aux environs de Marseille, que dans les autres contrées. Cela est naturel, et il semble tout aussi naturel qu'il en soit de même, en ce qui concerne *Apion cyanescens* Gyll. Tel n'est pas l'avis d'un auteur récent. Si l'on s'en rapporte en effet aux quelques lignes qu'il a publiées à ce sujet (2), le Ciste à feuilles de Sauge, par exemple, dans notre région, jouirait d'une immunité particulière vis-à-vis de *Apion cyanescens* Gyll. Tandis que, partout ailleurs, l'inoculation de l'œuf du coléoptère, dans la tige de cette plante, amène la formation d'une cécidie semblable à celle du Massugue, aux environs de Marseille, rien de semblable ne se manifeste. *Cistus salvifolius* L. s'y montre réfractaire à un point tel qu'il a été impossible à cet auteur d'observer une seule apiocécidie de la tige, malgré la promiscuité fréquente du Ciste à feuilles de Sauge avec des Massugues parasités.

Or, en 1898, l'un de nous avait récolté plusieurs galles sur *Cistus salvifolius* L. ; comme ces galles étaient semblables aux cécidies du Massugue ; comme, d'autre part, divers auteurs avaient observé la sortie de *Apion cyanescens* Gyll. de galles identiques récoltées en d'autres régions sur le Ciste à feuilles de Sauge, nous avions admis que l'existence de ce parasite sur le Ciste en question, était suffisamment démontrée, pour les environs de Marseille. Aussi ne fûmes-nous pas peu étonnés lorsque nous prîmes connaissance de la note dont nous avons déjà parlé. De deux choses l'une : ou bien l'immunité des Cistes à feuilles de Sauge par rapport à *Apion cyanescens* était une acquisition récente ou bien l'auteur précédent avait commis une erreur. On voit quel intérêt biologique cette question présentait dans le cas où la première hypothèse aurait été reconnue exacte et par suite combien il était important de vérifier l'opinion de l'auteur.

(1) *An. Soc. Ent. Fr.*, tome III, 4e série, p. 460 (1863),
(2) Jacob de Cordemoy. *Bul. Soc. Ent. Fr.*, 1902, p. 119.

Nous nous mîmes donc en campagne, et, malheureusement, nous ne tardâmes pas à constater que *Cistus Salvivolius* L. n'avait pas renoncé à loger, dans des renflements de sa tige, le coléoptère. Notre cher collègue de la Société Entomologique, M. Lombard, et divers botanistes marseillais qui avaient bien voulu nous aider dans nos recherches, nous apportèrent aussi, quelque temps après, de très belles galles récoltées sur *Cistus Salvifolius* L. et contenant des larves de *Apion cyanescens* Gyll.

Nous ne nous attarderons pas à décrire ces cécidies et à étudier leur structure histologique. Nous serions obligés de répéter mot pour mot tout ce que nous avons dit au sujet des apiocécidies de *Cistus albidus* L. Contentons-nous de faire remarquer que l'on constate, ici encore, des pleurocécidies déformant les entre-nœuds et les nœuds de la tige, ainsi que des acrocécidies détournant les bourgeons terminaux de leur évolution normale.

La figure 23 représente une pleurocécidie et la figure 24 une acrocécidie. La figure 25 représente également une pleurocécidie. Ces trois simili-gravures proviennent de photographies de tiges de *Cistussalvifolius* L. portant des feuilles, afin qu'il n'y ait aucun doute sur la nature du végétal cécidifère.



FIG. 23. — Pleurocécidie de la tige de *Cistus Salvifolius* L. due à *Apion cyanescens*.



FIG. 24. — Acrocécidie de la tige de *Cistus Salvifolius* L. due à *Apion cyanescens*.

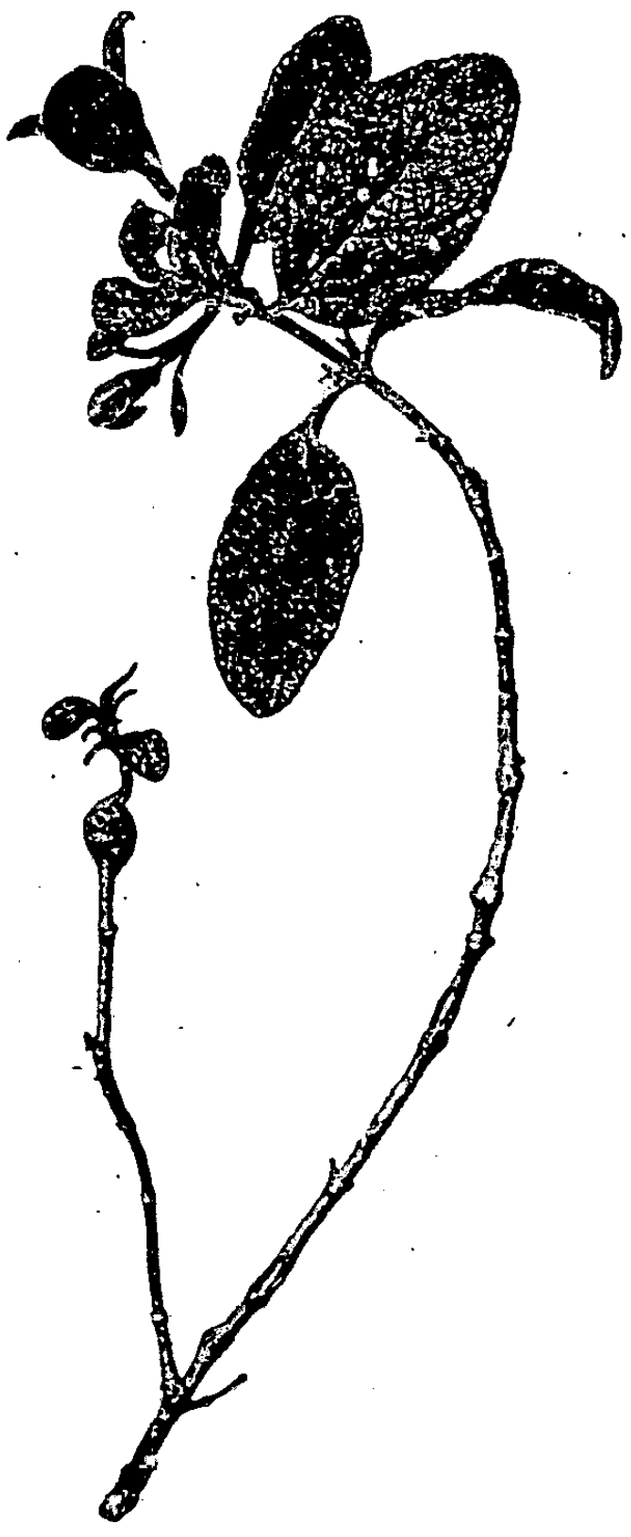


FIG. 25. — Galle de *Cistus Salvifolius* L.

Non seulement *Apion cyanescens* Gyll. se comporte vis à vis du du Ciste à feuilles de Sauge comme il le fait vis-à-vis du Massugue, mais encore il est attaqué pendant sa phase larvaire par des parasites semblables à ceux qui vivent à ses dépens, dans les galles de *Cistus albidus* L. Comme cela se produit pour celles-ci, les galles du Ciste à feuilles de Sauge qui abritent

la larve carnivore de l'hyménoptère à côté de la larve de *Apion cyanescens* Gyll., sont plus petites que celles n'abritant que le coléoptère cécidogène. C'est ainsi que la galle représentée figure 26 a laissé sortir par un orifice relativement étroit, un chalcidien, tandis que la cécidie de la figure 25, deux fois plus grande, a laissé sortir, par un orifice beaucoup plus large, un *Apion cyanescens* Gyll. adulte. Nous n'avons pas poussé plus loin l'étude des hyménoptères parasites des larves du coléoptère cécidogène de *Cistus salvifolius* L., le nombre des éclosions que nous avons obtenues



FIG. 26. — Galle de *Cistus Salvifolius* L. ayant contenu un chalcidien parasite de la larve cécidogène.

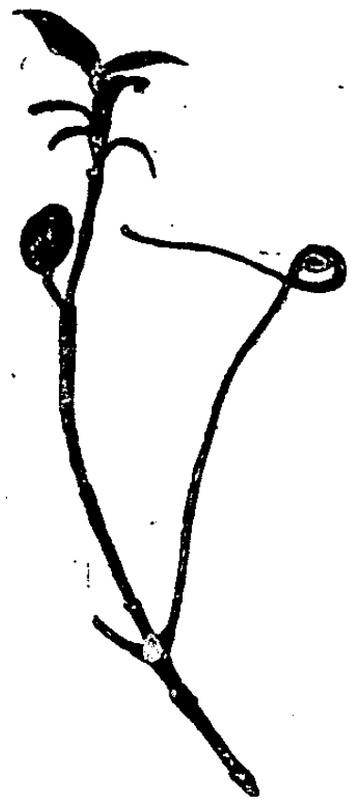


FIG. 27. — Hémiptérocécidie de la tige de *Cistus Salvifolius*.

étant insuffisant pour arriver à une détermination précise et pour faire une étude approfondie.

### 5. — Déformations de la tige de *Cistus Salvifolius* L. par un hémiptère.

Le Ciste à feuilles de Sauge présente encore une curieuse déformation, une cécidie due, cette fois-ci, non à un parasite interne, mais à un parasite externe, à un hémiptère appartenant au genre Lecaniodaspis.

Jetons un coup d'œil sur la figure 27. Elle représente une branche feuillée de *Cistus salvifolius* L. portant, à droite, un rameau qui présente une boucle. Dans cette boucle se trouve une masse blanche accolée au point où le rameau commence à se recourber pour constituer la boucle. Il semble bien que le mécanisme de l'enroulement soit le même ici que pour les plantes volubiles.

On sait que si l'on fixe un petit objet solide sur la face interne d'une tige volubile dans la région la plus jeune, celle où les mouvements de circumnutation sont les plus forts, et où la croissance longitudinale est très développée, la tige s'infléchit, décrit un tour de spire autour du corps solide, puis continue sa route, quand la boucle est complète.

Or, ici, la masse blanche est placée, par rapport au rameau, dans les mêmes conditions que l'objet solide par rapport à la tige volubile; les résultats sont les mêmes.

Parfois, on rencontre ces masses blanches dans des régions de la tige plus grosses, là où la croissance intercalaire est beaucoup plus faible : le tour de spire alors n'est pas complet, il se réduit à une simple incurvation, comme on peut l'observer en deux points de la figure 28. Semblables phénomènes se produisent avec les tiges volubiles, quand l'obstacle est collé assez loin du sommet de la tige.

Enfin, il arrive quelquefois qu'au lieu d'une masse blanche on en observe deux placées côte à côte et recouvrant au moins la moitié de la tige. Dans ce cas, il ne se produit aucune incurvation; les effets des deux obstacles sont opposés. C'est ce que montre nettement la figure 29 où on rencontre : en bas deux masses blanches et aucune torsion, tandis qu'un peu plus haut se trouve une seule masse et, par suite, un demi-tour de spire.



FIG. 28.



FIG. 29.

En un mot, on trouve, dans les divers échantillons de *Cistus salvifolius* que nous venons de passer en revue, réalisées naturellement, les conditions des expériences par lesquelles on a voulu établir le mécanisme de l'enroulement des tiges volubiles, et, chose remarquable, l'obstacle est, ici, d'origine animale.

Chaque masse blanche n'est, en effet, autre chose qu'un *Lecaniodaspis* femelle formant une sorte de cocon pyriforme blanchâtre *(Pl. IV, fig. 22)* plat à sa face d'insertion sur la tige et arrondi dans le reste de son étendue. La surface externe de ce cocon est couverte de nombreux petits poils rigides. Les quelques spécimens que nous avons eu entre les mains étaient tous percés à leur extrémité en pointe. Les jeunes coccidés que la carapace

de la mère avait abrités étaient partis, laissant pour toute trace de leur séjour quelques débris de leur mue. Une de ces femelles que nous avons montrée au docteur Guercini, de Florence, lui a paru être celle d'un *Lecaniodaspis*, voisin du *Lecaniodaspis Sardoa*..

Vu le doute que nous avons sur ce type de coccidé, nous ne chercherons pas à donner aujourd'hui une description fort incomplète ; nous attendrons pour la faire de posséder de nouveaux échantillons plus nombreux et plus frais.

## Planche V.

Fig. 1. — *Apion cyanescens*, Gyllenhal. — Animal adulte, vu par le flanc droit et un peu dorsalement. — Grossissement 20/1.

— 2. — — — Aile de gauche complétement étalée. — Grossissement 16/1.

— 3. — — — Larve complétement développée, vue de profil. — Grossissement 20/1.

— 4. — — — Extrémité postérieure de la larve précédente, vue de profil, mais à un plus fort grossissement, 80/1.

— 5. — — — Nymphe du même Apion, vue de profil, montrant les fourreaux de l'élytre et de l'aile de droite, sa trompe et ses pattes. — Grossissement 10/1.

— 6. — — — Pièces de la bouche de la larve de l'*Apion cyanescens*. — Grossissement 100/1.
*l*, labre; *m*, mandibules; *L*, lèvre inférieure; et *p*, *p*, mâchoires atrophiées.

— 7. — — — Un fragment des élytres pour montrer le détail de leur structure: — Grossissement 100/1.

— 8. — *Apion tubiferum*, Gyll. — Antenne de gauche représentée à un grossissement de 75 fois.

— 9. — — — Fragment des élytres pour mettre en relief leur structure. — Grossissement 75/1.

— 10. — — — Les deux types de poils, ou piquants mobiles de la face dorsale des élytres. — Grossissement 210/1.

— 11. — — — Extrémité inférieure du tibia et tarse d'une des pattes de la troisième paire chez la même espèce d'Apion. — Grossissement 75/1.

— 12. — *Mesopolobus fasciiventris*, Westw. — Jeune larve de ce type d'Hyménoptère térébrant en train de dévorer une larve de l'*Apion cyanescens*. — Gross. 8/1.

— 12 *bis*. — — — Un stigmate thoracique de la larve du *Mesopolebus fasciiventris*. — Grossissement 210/1.

— 13. — — — Larve arrivée à son complet développement. — Grossissement 8/1.

— 14. — — — Région céphalique de cette même larve. — Grossissement 50/1.

— 15. — — — Quelques petits crochets chitineux très grossis, de la surface tégumentaire de cette larve. — Grossissement 350/1.

## Planche VI.

Fig. 16. — *Mesopolobus fasciiventris*, Westw. — Individu femelle vu par sa face dorsale, les ailes de droite étalées latéralement. — Grossissement 15/1.

— 17. — — — Individu mâle vu par sa face dorsale. Grossissement 15/1.

— 18. — — — Antenne de gauche d'un individu femelle. — Grossissement 65/1.

— 19. — — — Antenne de gauche d'un individu mâle. — Grossissement 65/1.

— 20. — — — Pénis complétement dévaginé et vu par sa face ventrale. — Grossissement 210/1.

— 21. — — — Pénis moins dévaginé, vu par sa face dorsale. — Grossissement 90/1.

— 22. — *Lecaniodaspis*, sp.? — Grossissement 8/1.

— 23. — *Bracon Marshalli*, nov. sp. — Individu femelle vu par sa face ventrale. — Grossissement 6/1.

— 24. — — — Ailes antérieure *a* et postérieure *b* du côté gauche. — Grossissement 11/1.

— 25. — — — Oviscapte ou tarière avec le dernier segment du corps, vus de côté; les valves de la tarière sont seules représentées. — Grossissement 75/1.

— 26. — — — Antenne d'un individu femelle. — Grossissement 54/1.

— 27. — — — Portion basilaire de l'antenne d'un individu mâle. — Grossissement 54/1.

— 28. — — — Région tarsienne d'une patte de la première paire d'un individu mâle. — Grossissement 75/1.

— 28 *bis*. — — — Les deux piquants ou éperons insérés à l'extrémité du tibia des pattes de la deuxième et de la troisième paire. — Grossissement 75/1.

— 29. — — — Pièces de l'organe copulateur, vues par leur face dorsale. — Grossissement 150/1.

## Planche VII.

Fig. 30. — *Bracon Marshalli*, nov. sp. — Individu femelle vu par sa face dorsale, les ailes étalées. — Grossissement 10/1.

— 31. — — — Individu mâle, vu de profil par le flanc droit. — Grossissement 10/1.

— 32. — — — Stigma de l'aile antérieure d'un individu mâle, pour bien montrer ses rapports avec les nervures voisines. — Grossissement 30/1.

— 33. — — — Appareil digestif et chaîne nerveuse (région abdominale). — Grossissement 40/1.

— 34. — — — Mandibule. — Grossissement 75/1.

— 35. — — — Mâchoire avec son palpe quadriarticulé. — Grossissement 75/1.

— 36. — — — Lèvre inférieure (face interne) avec les deux palpes labiaux et le palpe maxillaire gauche. — Grossissement 75/1.

— 37. — — — Appareil génital mâle, moins les testicules. — *g*, conduit génital; *s*, *s'*, poches séminales de

droite ; *e*, canal efférent qui se réunit à *e'*, celui de l'autre côté pour former le canal déférent *d* ; *pr.*, prostate ; *P*, pénis ; *v*, *v'*, les deux plaques protectrices ; *t*, *t'*, éminences chitineuses ; *a*, *a'*, deux tubercules. — Grossissement 86/1.

FIG. 38. — *Bracon Marshalli*, nov.sp. — Partie supérieure de la tarière pour montrer les différentes pièces qui la font mouvoir. — Grossissement 45/1. *v*, *v'*, valves ; *m*, tarière proprement dite dont les trois pièces constitutives se prolongent supérieurement et en dehors pour former les arcs doubles *a*, *a'* ; *b*, renflement musculo-chitineux contre lequel s'effectue la séparation des pièces de la tarière ; *l*, *l'*, *d*, *d'*, *p*, *p'* et *c*, différentes pièces chitineuses de cet appareil ; *f*, *f'*, quelques-uns des faisceaux musculaires qui font mouvoir ces organes.

— 39. — — — Extrémités des trois pièces (*g*, *s*, *s'*) de la tarière. — Grossissement 86/1.

— 40. — *Mesopolobus fasciiventris*. — Extrémités des pièces de la tarière : *g*, le gorgeret, *s* et *s'* les spicules, et *v*, d'une des valves. Grossissement 80/1.

---


# M. le Dr APERT

Médecin des Hôpitaux de Paris.


---

## CHICORÉES MONSTRUEUSES [581.22]

---

*— Séance du 9 août —*

Je désire simplement présenter deux pieds de chicorée sauvage (*Cichorium Intybus* L.) dont les tiges sont transformées en des sortes de lanières plates qui ne rappellent nullement la forme cylindrique normale de la tige des Chicorées. Sur une épaisseur de 3 millimètres, la largeur de la tige atteint 11 millimètres pour l'un des pieds, 32 millimètres pour l'autre.

Elles n'atteignent du reste pas d'emblée leur plus grande largeur.

Le premier pied mesure au ras du sol 6 millimètres de largeur sur 3 millimètres d'épaisseur ; à 10 centimètres du sol, la largeur est de 7 millimètres ; elle est de 8 millimètres à 20 centimètres, de 10 millimètres à 30 centimètres, de 12 millimètres à 40 centimètres ; à 42 centimètres du sol, la tige se divise en deux parties inégales ; la plus étroite, qui continue la direction primitive verticale, mesure 4 millimètres de largeur ; la plus large,

qui se recourbe horizontalement, mesure 10 millimètres de largeur ; la première s'élève verticalement pendant 8 centimètres, puis se termine en s'enroulant en crosse sur son bord extrême; la seconde décrit une courbe qui l'éloigne d'abord de la direction primitive, puis la relève vers la verticale, et se termine en situation verticale au bout de 14 centimètres de longueur. Elle se rétrécit légèrement à mesure qu'elle approche de sa terminaison, mais à sa partie la plus étroite elle mesure encore 6 millimètres



FIG. 1.

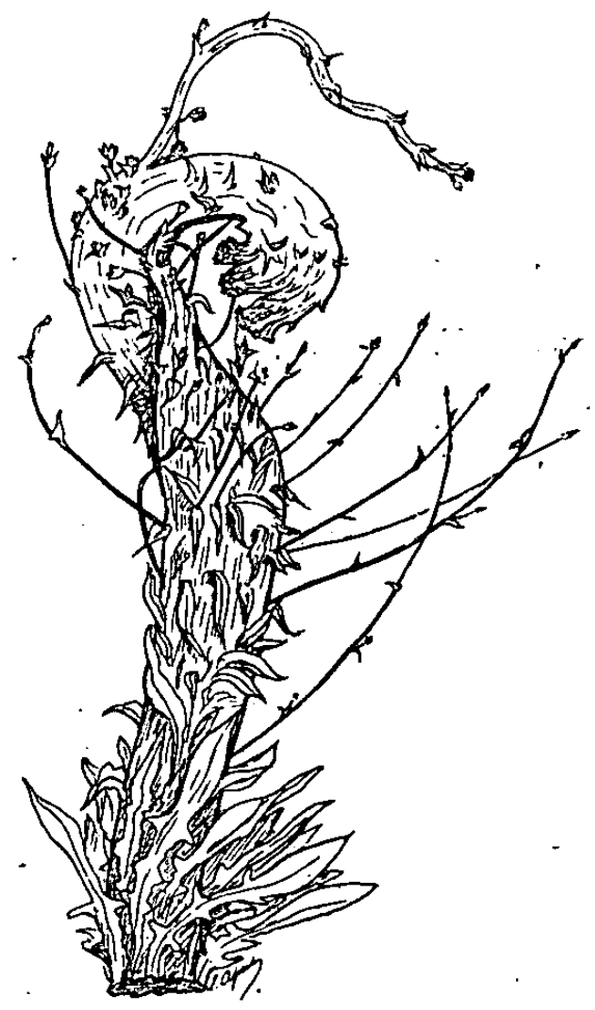


FIG. 2.

de largeur. Quant à l'épaisseur, elle décroît progressivement de la base de la plante jusqu'au sommet, si bien que la plante rigide à sa partie inférieure, devient à la partie supérieure une souple lanière verte de 1 millimètre d'épaisseur.

Le second pied mesure au ras du sol déjà 13 millimètres de largeur sur 3 millimètres d'épaisseur. A 10 centimètres du sol, la largeur atteint 23 millimètres; elle est de 30 millimètres à 20 centimètres du sol, de 39 millimètres à 30 centimètres du sol; à 38 centimètres du sol la tige se divise en deux portions, la moins large, mesurant seulement 3 millimètres et demi, s'élève verticalement et a une longueur de 14 centimètres; la plus large se recourbe en crosse qui mesure environ selon son axe 8 centimètres de longueur. Son extrémité supérieure présente trois échancrures la divisant de nouveau en trois parties.

Tandis que la tige du pied n° 1 reste plane, la tige du pied n° 2 présente

une torsion en spirale sur son axe, de telle sorte que le bord qui est à gauche au niveau du sol est devenu antérieur à 20 centimètres du sol; et droit à 30 centimètres. Ce mouvement de spirale se continue sur la division principale de la tige enroulée en crosse. (Le bord inférieur de cette crosse présente sur une longueur de 6 à 8 centimètres une solution de continuité cicatrisée, comme si un fragment avait été arraché par un homme ou rongé par un animal; peut-être cela a-t-il été la cause déterminante de l'incurvation en crosse.)

Il est curieux de voir, sur une tige aussi anormale, les rameaux secondaires avec leurs feuilles et leurs fleurs, conserver leurs caractères normaux. Le seul point à noter est la gracilité remarquable de ces organes, et le retard de la floraison. Nous retrouvons là, en tératologie, la loi bien connue en morphologie normale du balancement des organes. Lorsqu'un organe acquiert un développement exagéré, le développement des autres en est diminué et retardé d'autant.

Sur chacun des deux pieds, il existe à la base un bouquet de feuilles longues et profondément dentées, comme normalement. Plus haut sur la tige sont çà et là des bouquets de feuilles, d'autant plus petites et moins dentées qu'on remonte plus haut. Cela encore est normal. Sur la plante normale, ces bouquets de feuilles sont disposés sur la tige le long d'une spirale ascendante et tous les deux cinquièmes de tour, et de chacun de ces bouquets part un rameau secondaire. Sur les tiges élargies que nous considérons, il est impossible de retrouver une telle régularité. Sur le pied n° 1, une certaine alternance peut toutefois être encore notée dans la disposition des feuilles et des rameaux secondaires partant de leur aisselle. Sur le pied n° 2, on voit parfois une série de bouquets de feuilles consécutifs s'insérer sur une des faces de la tige selon une même ligne oblique ascendante de gauche à droite. Mais, en général, la disposition des bourgeons, feuilles et rameaux secondaires sur la tige est tout à fait irrégulière.

Les rameaux secondaires sont grêles, pour la raison que nous avons dite plus haut. Aussi sont-ils souvent incurvés, au lieu d'être rigides comme s'ils étaient robustes. Pour la même raison, au lieu de se diviser selon la même loi que la tige, ils sont tous indivis, car les bourgeons partant de l'aisselle de leurs feuilles sont restés rudimentaires.

A l'extrémité de chaque rameau, et assez constamment dans l'aisselle des bouquets de feuilles, existe un bouton floral, plus ou moins avancé dans son développement. Mais aucun d'eux n'est fleuri. Cependant les pieds de chicorée normaux voisins étaient tous en fleurs. Il faut encore voir là un résultat de la loi du balancement, le trop grand développement de la tige a empêché les fleurs de prendre un développement suffisant.

A l'extrémité de la tige, aussi bien de la division la plus large que de la division la plus étroite, existaient des boutons floraux terminaux, plus

retardés encore dans leur développement que les bourgeons floraux latéraux. Ils sont rangés en ligne à côté les uns des autres sur le bord supérieur terminal de la tige; ils sont au nombre d'une douzaine sur la division principale de la tige du pied n° 1, et au nombre de trois sur la division la plus étroite de la même tige; ils sont cinq sur la petite division de la tige du pied n° 2 et dix à vingt sur chacune des trois portions de la plus large division cette même tige.

Telles sont les particularités que présentent ces deux pieds de chicorée. Ils ont été recueillis le 20 juillet sur le territoire du domaine de Terrides, commune de Labourgade (Tarn-et-Garonne), sur le bord de la route de Labourgade à Garganvillar, en face la métairie appelée Borde-Neuve. Ils étaient à quelques centimètres l'un de l'autre, et au milieu de nombreux pieds complétement normaux.

---

## M. le Dr Ed. BONNET

à Paris.

---

### DOCUMENTS POUR SERVIR A L'HISTOIRE DE LA COLLECTION DE MINIATURES D'HISTOIRE NATURELLE, CONNUE SOUS LA DÉNOMINATION DE *VÉLINS DU MUSEUM* [580.7]

---

*— Séance du 13 août —*

Les faits relatifs à l'histoire des Vélins du Museum dont j'ai à parler, embrassent une période de onze années, comprise entre 1668 et 1679, et se rapportent à l'époque où ces miniatures, devenues propriété de la Couronne, étaient placées sous l'administration de Colbert; mais, pour être mieux compris du lecteur, je commencerai par résumer brièvement les origines de la collection en même temps que je discuterai certaines assertions émises par les auteurs qui se sont, avant moi, occupés de cette célèbre iconographie (1).

(1) A. DE JUSSIEU.: *Histoire de ce qui a occasionné et perfectionné le Recueil de Peintures de Plantes et d'Animaux sur des feuilles de Vélin conservé dans la Bibliothèque du Roi (Mém. de l'Acad. royale des sciences,* 1727, p. 131).

A. L. DE JUSSIEU : *Notice Historique sur le Muscum d'Histoire naturelle (Ann. du Mus.,* II, 12; III, 16; IV, 18 et suiv.).

DELEUZE : *Histoire du Museum d'histoire naturelle,* p. 698.

FLOURENS : *Journal des Savants,* 1856, p. 597.

H. DELABORDE : *Le département des Estampes à la Bibliothèque Nationale (Rev. des Deux-Mondes,* 15 novembre 1872, p. 346).

CHABOUILLET : *Recherches sur les origines du Cabinet des Médailles et particulièrement sur le legs des*

Gaston de France, duc d'Orléans, grand amateur d'histoire naturelle, fut, comme on sait, le fondateur de la collection de miniatures aujourd'hui connue sous la dénomination de Vélins du Museum; l'idée de cette iconographie paraît lui avoir été suggérée par son premier médecin, Abel Brunyer, docteur de la Faculté de Montpellier (1) et l'un des meilleurs élèves de Richer de Belleval; Brunyer qui avait vu les débuts du Jardin de Montpellier et gardé le souvenir du projet d'iconographie végétale conçu par Richer de Belleval (2), dut développer et entretenir chez Gaston le goût des curiosités de la nature et c'est vraisemblablement sur les conseils de son premier médecin, que le prince créa dans son château de Blois le Jardin et la volière dont il fit ensuite peindre les sujets les plus rares ou les plus intéressants.

D'après une ancienne tradition, on admettait, il n'y a pas encore bien longtemps, que Nicolas Robert était le seul artiste que Gaston eût employé et l'on fixait à 1631 les débuts de la collection parce que cette date est inscrite sur quelques vélins anonymes; on croyait alors que Robert était né en 1610, tandis que, plus récemment, Jal a prouvé par les registres de catholicité de l'église Saint-Martin de Langres, que Robert était né quatre ans plus tard c'est-à-dire le 18 avril 1614; il n'aurait donc eu que dix-sept ans en 1631 et, par suite, il n'était plus possible de lui attribuer les miniatures portant cette date. Mais quel était l'auteur de ces premiers vélins? M. Stein a résolu le problème et démontré (*op. laud.* p. 292 et suiv.) que les vélins portant les dates 1631 et 1632 ainsi que quelques autres restés sans indication étaient l'œuvre de Daniel Rabel, mais dans son enthousiasme pour cet artiste, M. Stein a été trop loin et lui a fait, aux dépens de Robert, une part beaucoup trop large dans l'iconographie dont je m'occupe; Rabel n'est représenté dans la collection que par une dizaine d'aquarelles et il n'est même pas certain que ces aquarelles aient été peintes spécialement pour le duc d'Orléans; si l'on veut bien en effet se rappeler que les années 1631, 1632 et suivantes correspondent précisément à la période la plus agitée de l'existence de Gaston, que ce prince constamment en révolte ouverte contre Louis XIII ou mêlé à tous les complots dirigés contre le cardinal de Richelieu, habitait alors plus souvent la Lorraine ou les

*collections de Gaston duc d'Orléans au Roi Louis XIV*; Paris 1874 (Extr. des *Nouv. Arch. de l'Art français*.

H. STEIN : *Vélins conservés à la Bibliothèque du Jardin des Plantes (Invent. gén. des rich. d'art de la Fr.;* Paris, Monum. civ., II, 116). — *La collection des Vélins du Museum d'Histoire naturelle (Gaz. des Beaux-Arts*, 1er avril 1890, p. 290).

(1) La *Notice* plusieurs fois réimprimée que de Pétigny a consacrée aux Brunyer (*Mém. Soc. des Sc. et Lettres de Blois* I, 381; *Les trois Brunyer*, Blois, s. d.; *Notice historique, biogr. et généal. de la famille Brunyer*, Rouen 1869), de même que la biographie d'Abel Brunyer publiée par les frères Haag dans la *France protestante* (1re et 2e éd. III) contiennent, l'une et l'autre en ce qui concerne les études médicales et notamment le doctorat du premier médecin de Gaston d'Orléans, d'assez graves erreurs que J.-E. Planchon a rectifiées dans son travail sur Pierre Richer de Belleval (Montpellier 1869, p. 61, en note).

(2) Pour l'histoire des *Icones*, de Richer de Belleval, consulter le travail de Planchon déjà cité, p. 50.

Flandres que Paris ou son château de Blois, on conviendra que le duc d'Orléans devait avoir en tête d'autres préoccupations que celle de faire peindre des fleurs en miniature. L'examen de ces aquarelles ne nous révèle, du reste, rien de leur origine; ce sont, comme toutes celles qu'a peintes Rabel (1) des figures d'un brillant coloris, mais médiocres au point de vue de l'histoire naturelle, représentant des sommités fleuries de plantes communément cultivées à cette époque dans tous les jardins d'agrément et le jardin de Blois n'a pu fournir à l'artiste ses modèles, car sa plantation était à peine commencée au moment du décès de Rabel (2 janvier 1637).

Les vélins de 1631 ont-ils été achetés à Rabel ou à ses héritiers par Gaston, ou bien ont-ils été introduits dans les portefeuilles après que la collection fut devenue propriété de la Couronne Je l'ignore; tout ce que je puis affirmer c'est qu'ils sont inscrits dès la fin du XVII^e^ siècle sur un Catalogue manuscrit des Miniatures du Cabinet du Roi conservé à la Bibliothèque Nationale (fonds Baluze n° 305) (2) et que c'est, à ma connaissance, la mention la plus ancienne qui les concerne.

Les doutes que je viens d'émettre relativement à la part importante qu'il conviendrait, d'après M. Stein, d'attribuer à Rabel dans la collection de peintures d'histoire naturelle du duc d'Orléans, me semblent encore corroborés par ce fait que dans son testament (3) le duc lui-même, parlant des « livres de fleurs et d'oyseaux qu'il a fait portraire par Robert peintre », ne mentionne aucun autre artiste comme ayant collaboré à ce travail. J'attribue à Robert et non à Rabel, ainsi que l'a fait M. Stein sans en donner de raisons bien plausibles, le magnifique portrait de Gaston qui sert de frontispice à la collection des vélins et je base cette identification sur les considérations suivantes : Tous les vélins de Rabel se reconnaissent, de prime abord, à leur encadrement un peu lourd formé d'une large bande d'or limitée par deux traits de carmin avec un autre trait plus extérieur et de même couleur; les vélins de Robert, au contraire, sont encadrés d'un mince filet d'or que fait ressortir un seul trait extérieur d'un brun pâle; or le portrait de Gaston présente précisement ce dernier encadrement, en outre, le cartouche qui entoure le buste du duc d'Orléans et les bouquets de fleurs qui en complètent la décoration dérivent de la même conception artistique que les frontispices qui ornent plusieurs des recueils de gravures publiés par Robert (4), les bouquets de fleurs notamment, sont tout à fait

(1) Voir au Cabinet des Estampes de la Bibliothèque Nationale, le volume de *Fleurs peintes* sur vélin, par Daniel Rabel en 1624 et consulter à ce sujet : 1° la Notice de l'Abbé Rive reliée en tête de ce volume; 2° MILLIN : *Discours sur les progrès de l'histoire naturelle (Actes Soc. hist. nat.*, Paris p. III); 3° STEIN : *Op. laud.* 293 et *Invent.* 319; 4° HAMY : *Jean Le Roy de la Boissière et Daniel Rabel*, peintres d'histoire naturelle (*Nouv. Arch. du Museum*, 4^e^ série, III, p. 15.)

(2) Voyez à l'appendice L.

(3) Bibl. Nat. Ms. fonds français, n° 10206, fol. 307.

(4) *Fiori diversi intagliati* da Nicolo Rubert *(sic)*; Roma 1640. — *Variæ ac multiformes florum speciès...*; Paris, s. d. — *Plusieurs espèces de fleurs dessinées et gravées d'après le naturel...* Paris 1676. — *Recueil de fleurs gravées et disposées en bouquets* (Le frontispice manque dans l'exemplaire du

dans la manière de cet artiste et je ne vois rien de comparable dans toute l'œuvre de Rabel; c'était également l'opinion de feu Faguet, professeur d'iconographie végétale au Museum d'Histoire naturelle, dont on ne peut nier la haute compétence en cette délicate question d'attribution artistique.

On m'objectera peut-être que dans le portrait que j'attribue à Robert, la physionomie de Gaston est celle d'un jeune homme et qu'à l'époque correspondant à l'âge de ce portrait, Robert devait être encore un inconnu; à cette objection dont je ne conteste point la valeur, je répondrai que le portrait n'était pas la spécialité de Robert et que nous ne possédons aucune preuve que l'artiste ait peint le prince d'après nature; j'ai même de fortes présomptions de croire que Robert a copié un portrait plusieurs fois reproduit par la gravure, mais dont le prototype m'est inconnu (1).

Si la personnalité de Nicolas Robert est assez bien connue grâce aux notices de Jal et de Chabouillet, nous possédons, par contre, fort peu de détails sur la part qui revient à cet artiste dans la collection des vélins; nous ne savons ni à quelle époque il fut officiellement attaché à la maison de Gaston en qualité de peintre d'histoire naturelle (2), ni combien de feuilles de vélin il exécuta pour ce prince; toutefois il est possible d'arriver à une évaluation très approchée; l'inventaire sommaire des *Manuscrits provenant de la Bibliothèque de feu Mgr le Duc d'Orléans* (3) dressé en 1660 par Clément (4) nous apprend que la collection de plantes et d'oiseaux peints en miniature formait cinq volumes, or le Catalogue manuscrit des *Miniatures du Cabinet du Roy* que j'ai déjà eu l'occasion de citer, indique, pour chaque volume, une moyenne de soixante feuilles de vélin et, en appliquant ce même chiffre aux volumes de Gaston, on arrive ainsi à un total d'environ trois cents vélins peints par Robert pour le duc d'Orléans.

On a disserté sur les deux questions de savoir si Robert avait exécuté ses miniatures à Blois ou à Paris et si la collection des vélins était, du vivant de Gaston, conservée au Palais d'Orléans, devenu plus tard le Luxembourg, ou au château de Blois; sur la première, Dupetit-Thouars, dans la *Biographie universelle*, affirme, sans en donner de preuves, que Robert travailla à Blois; Chabouillet (*op. laud.* 23) admet que cet artiste « n'habita Blois qu'exceptionnellement, s'il l'habita, et qu'il travaillait d'ordinaire à Paris »; pour ma part, je partage complètement l'opinion de Dupetit-Thouars, et

Museum, plusieurs gravures portent la date 1683). — Robert a en outre gravé, d'après ses propres vélins, plusieurs recueils d'oiseaux.

(1) Voir notamment les portraits du duc d'Orléans gravés par Montcornet, Boinevin, Vouillemont et Poilly, qui ont été exécutés à des dates très différentes, mais qui représentent tous le prince avec une physionomie juvénile et ne diffèrent que par des détails accessoires.

(2) Adanson (*Fam. des Pl.*, p. CXLIII) fixe à l'année 1653 les débuts de la collection, probablement parce que le premier Catalogue du Jardin fut publié cette même année.

(3) Bibl. Nat., fonds lat., n° 17172, fol. 43.

(4) Clément (Nicolas) alors copiste à la Bibliothèque de Colbert et plus tard sous-bibliothécaire à la Bibliothèque Royale.

j'en trouve la confirmation dans ce fait que la plus grande partie des vélins de botanique peints par Robert représente des espèces énumérées dans les Catalogues du Jardin de Blois (1), dès lors je ne m'explique pas comment Robert aurait pu peindre à Paris les plantes cultivées au Jardin de Blois si l'on pense aux moyens de transport dont on disposait, au XVII^e^ siècle, pour franchir la distance qui sépare ces deux villes; à la vérité la chose n'aurait pas été absolument impossible pour quelques espèces cultivées en pots, mais elle était impraticable pour les plantes de pleine terre et celles-ci étaient de beaucoup les plus nombreuses dans les cultures du château de Blois.

Une phrase ambiguë du testament de Gaston (2) reproduite dans les lettres patentes d'acceptation de Louis XIV (3) a pu faire supposer que la série des miniatures d'histoire naturelle était déposée au palais d'Orléans, dans cette splendide bibliothèque dont le P. Louis Jacob nous a laissé la description (4), tandis qu'en réalité cette collection était conservée au château de Blois, à côté des plantes et des oiseaux qui en avaient fourni les modèles et confiée aux soins d'Abel Brunyer fils (5); une lettre de celui-ci à Théodore Godefroy, garde des Chartes de France (6), nous en fournit la preuve en nous faisant connaître, en même temps, que cette collection fut transportée de Blois à Paris, le 28 novembre 1660, sous la surveillance de l'abbé Bruno (7).

Gaston d'Orléans mourut le 2 février 1660 et, bien que Louis XIV n'ait accepté le legs de son oncle qu'au mois de novembre de l'année suivante (1661), par lettres patentes enregistrées au Parlement seulement le 5 juin 1663, nous avons vu que quelques mois après la mort du duc d'Orléans, la Couronne avait pris possession de la collection de miniatures; celles-ci furent déposées, avec les manuscrits, à la Bibliothèque du Roi,

(1) *Hortus regius Blesensis;* Parisiis, 1653, in-4°. Ed : altera *cui accessit 500 plantarum nomenclatura;* Parisiis, 1655, in-fol. minus.

(2) « ... Comme aussy de tous ses livres de fleurs et d'oyseaux... et tous ses livres d'histoire et autres qui sont dans son cabinet du pallais d'Orléans... »

(3) Voir le texte de ces lettres patentes dans l'ouvrage de Chabouillet déjà cité, p. 5.

(4) P.-L. JACOB : *Traité des plus belles Bibliothèques*, p. 476.

(5) Abel Brunyer, fils aîné du premier médecin de Gaston d'Orléans, portait le même prénom que son père, et, pour cette raison, a été souvent confondu avec lui; inscrit comme étudiant à la Faculté de Médecine de Montpellier, le 7 août 1639, d'après Planchon (*op. laud*, p. 61, en note), il n'y resta que peu de temps et quitta l'Université sans avoir pris aucun grade. Suivant de Pétigny et les frères Haag, Abel Brunyer fils, après avoir voyagé pendant plusieurs années en Italie, en Allemagne et en Hollande serait rentré à Blois en 1640 et le duc d'Orléans lui aurait confié la garde de ses miniatures, de ses médailles et de ses objets d'art; mais de Pétigny, comme les frères Haag, me paraissent avoir commis une double confusion; le personnage qui fit, pour le compte de Gaston, plusieurs voyages à l'étranger était Raphaël Trichet du Fresne et le garde du Cabinet des raretés était l'abbé Breunot dit Bruno ou Bruneau; Abel Brunyer fils n'avait, dans ses attributions, que la collection des vélins dont il s'occupait sous la haute direction de son père, c'est également lui qui a rédigé le manuscrit de Gaston intitulé : *Index plantarum Augustissimi principis, Regis patrui, Aurelianensium Ducis...* etc. (Bib. Nat., fonds latin, n° 6824; cf. Ed. BONNET, in Ass. franç. pour l'Av. des Sc., 19^e^ session, pp. 416 et 464.)

(6) Voir appendice II.

(7) Sur ce personnage, dont le vrai nom était Breunot, cf. CHABOUILLET, *op. laud*, p. 24.

ainsi que semble l'indiquer l'inventaire dressé par Clément, sans que j'aie pu trouver d'autre preuve plus concluante; en tout cas, les vélins étaient certainement conservés à la Bibliothèque Royale à l'époque de Baluze (1667-1700) puisque celui-ci en dressa lui-même ou fit dresser plusieurs inventaires. J'insiste sur ce point parce que M. Stein a reproduit (*op. laud.*, p. 29), en l'amplifiant, une assertion de H. Delaborde (1) et accuse Fagon, premier médecin de Louis XIV d'avoir confisqué à son profit, pour ses études personnelles et celles de ses amis, cette collection au moment de son arrivée à Paris, et de l'avoir conservée chez lui, au Jardin des Plantes, où elle serait restée jusqu'à sa mort pour être de là transférée à Versailles et enfin rapportée à la Bibliothèque du Roi en 1718. Que Fagon ait obtenu, à une certaine époque, communication de la collection des vélins, le fait est certain et se trouve consigné en ces termes dans le *Mémoire* déjà cité d'Antoine de Jussieu : « M. le premier médecin (Fagon) qui voyoit avec plaisir l'utilité de ce travail..., se proposant d'y donner un arrangement qui servît de règle à ceux qui, dans la suite, travailleroient à cet ouvrage, obtint de Louis XIV d'être pendant quelque temps dépositaire de tous ces volumes; mais la mort de ce prince ne lui ayant pas permis de les garder plus longtemps, il les remit au Cabinet du Roi ». Toutefois, je ne vois pas que cette phrase autorise à conclure, comme l'ont fait Delaborde et M. Stein, à une sorte de main-mise de Fagon sur les vélins; il y a en outre, dans l'assertion de M. Stein, un anachronisme manifeste puisque Fagon, reçu docteur en 1664, n'est devenu premier médecin de Louis XIV qu'après la disgrâce de Daquin auquel il succéda en 1693, ce n'est donc pas avant cette date qu'il aurait obtenu du roi communication de la collection et j'ai de bonnes raisons de croire que ce fut beaucoup plus tard; enfin, en sa qualité d'archiâtre, Fagon avait son appartement dans le palais de Versailles que la Cour ne quittait guère et ainsi s'expliquerait la présence des vélins dans ce palais où ils auraient été apportés par ordre de Louis XIV, sur les instances de Fagon et où ils restèrent, sans passer par le Jardin des Plantes, jusqu'en 1717 ou 1718, date à laquelle ils furent reportés à Paris dans la Bibliothèque Royale.

Après la mort de Gaston d'Orléans, Nicolas Robert nommé, sur la proposition de Colbert, peintre ordinaire de Sa Majesté pour la miniature, continua d'augmenter la collection des vélins d'un certain nombre de feuilles chaque année; il prenait ses modèles au Jardin Royal pour les plantes et à la Ménagerie de Versailles pour les oiseaux; malheureusement nous ne connaissons ni le nombre précis, ni le détail des vélins peints pour Louis XIV, car les quittances de Robert qui nous sont parvenues — et il n'est pas certain que nous les possédions toutes — ne mentionnent que le

(1) Cf. DELABORDE : *Op. laud.* p. 346.

chiffre des miniatures livrées par l'artiste et la somme payée; malgré leur laconisme, ces quittances nous fournissent cependant un précieux renseignement que Jal et Chabouillet, ont, avant moi, mis en évidence, à savoir qu'en 1666, Robert ne touchait que 22 livres par chaque feuille de miniature de plante ou d'oiseau et non 100 livres comme cela était généralement admis d'après une légende accréditée par Ant. de Jussieu; les élèves ou les collaborateurs de Robert qui ont, avec lui et sous sa direction, travaillé à la collection des vélins touchaient même une somme beaucoup moindre; à partir de 1668, peut-être même avant, Robert eut en effet trois collaborateurs dont les noms complètement tombés dans l'oubli m'ont été révélés par une série de trente-cinq quittances autographes conservées à la Bibliothèque Nationale (fonds français, n° 5662); ces pièces comptables, provenant des papiers de Colbert, ont été récemment réunies en un petit volume; elles sont précédées d'un mémoire adressé par Carcavi, commis-garde de la Bibliothèque du Roi, à Colbert qui cumulait, avec la charge de ministre d'État, les fonctions de surintendant de la Bibliothèque et des Bâtiments du Roi (1). Je reproduis intégralement, ci-après, le mémoire de Carcavi dont le texte va nous faire connaître quelques particularités fort intéressantes de l'histoire des vélins.

*Mémoire général de toutes les feuilles de miniature d'oyseaux et de plantes que j'ay fait faire pour Monseigneur.*

Monseigneur m'ordonna, en 1668, de prendre soing, au lieu de M. du Metz, de lui faire achever ses feuilles d'oyseaux et de plantes en miniature; on payoit alors 16 livres de chaque feuille, tant d'oyseau que de plante, ainsi qu'il appert par la quittance du sieur Le Roy, ce qui fut réduit à 15 livres et peu aprez à 12 livres. J'y employay le sieur Bailly et le sieur Villemont qui travailloit sous M. Robert.

En l'année 1668, il y a eu quatre-vingt-huit feuilles, sçavoir vingt-huit d'oyseaux et soixante de plantes, lesquelles quatre-vingt-huit feuilles montent ensemble à 1.131 livres contenues en sept quittances, une du sieur Le Roy, trois du sieur Bailly et trois du sieur Villemont.

En 1669, il y a eu cent vingt-quatre feuilles, sçavoir quarante-sept d'oyseaux et soixante-dix-sept de plantes qui montent à 1.488 livres contenues en huit quittances, cinq du sieur Villemont et trois du sieur Bailly.

En 1670, il y a cent dix-huit feuilles, cinquante-trois d'oyseaux et soixante-cinq de plantes, qui montent à 1.426 livres contenues en huit quittances, sept du sieur Villemont et une du sieur Bailly.

En 1671, Monseigneur voulut qu'il n'y eût plus qu'un seul homme qui travaillât, ce fut le sieur Villemont qui fist cett'année-là quatre-vingt-huit feuilles, trente et une d'oyseaux et cinquante-sept de plantes qui montent à 1.056 livres contenues en cinq de ses quittances.

(1) On sait que Colbert administrait la Bibliothèque du Roi comme la sienne propre et que la collection royale était à peine distincte de la collection particulière de ce ministre. (Cf. DELISLE : *le Cabinet des Manuscrits*, I, pp. 264 et 476; FRANKLIN : *les Anciennes Bibliothèques de Paris*, II, pp. 168 et 172.

En 1672, ledit sieur Villemont fist soixante-dix-neuf feuilles, vingt-cinq d'oyseaux et cinquante-quatre de plantes, qui montent à 948 livres contenues en trois de ses quittances.

En 1673, le même fist seulement cinquante-cinq feuilles de plantes, n'y ayant plus d'oyseaux à faire, lesquelles montent à 660 livres contenues en deux quittances.

En 1674, ledit sieur Villemont a achevé ce qui restoit des plantes, sçavoir trente-huit feuilles, dont je mets icy joint le mémoire et la quittance qui monte à 456 livres, laquelle quittance contient encore une quittance générale de tout le passé.

J'ay donné, chaque année, à Monseigneur, le mémoire particulier de touts les oyseaux et de toutes les plantes, je ne le donne pas cett'année icy, parceque cela est spécifié dans lad. dernière quittance.

| | |
|---|---|
| Total des feuilles des oyseaux. . . . . | 184 |
| Total des feuilles de plantes. . . . . | 406 |
| | 590 |

Ce 10 febvrier 1675.

. . . . . (fol. 12).

Ayant dit à Monseigneur que j'avois toutes les quitances de ce que j'avois payé depuis l'année 1668 pour toutes les feuilles de miniature des oyseaux et des plantes auxquelles il m'a ordonné de faire travailler, et que ce travail estant maintenant achevé je le supliois très humblement agréer que je luy rendisse toutes les quitances, je les joints à ce mémoire par ordre des années et en mets au commencement un estat distinct et particulier.

Fait ce 10 mars 1675.

CARCAVY.

Cet exposé est suivi de plusieurs mémoires particuliers donnant la liste des miniatures exécutées chaque année, et des dépenses faites par Carcavi pour la mise en état de la collection, comme achat de plusieurs « mains de très grand papier pour les volumes à mettre les feuilles de miniatures » et reliure desdits volumes; en outre, Carcavi a joint à ces différents mémoires les quittances originales données par chaque artiste; ces quittances, dont la rédaction est assez uniforme, énumèrent le nombre des vélins exécutés, chaque espèce étant désignée par la nomenclature alors en usage, elles se terminent par l'indication de la somme due et l'acquit donné par le titulaire à Carcavi, agissant pour le compte de Colbert; assez souvent, du reste, le créancier ne recevait qu'un acompte sur le montant de sa facture.

A partir de 1675, la collection cesse de s'accroître pendant quatre ans et Villemont, qui était seul à y travailler, ainsi qu'on l'a vu dans l'exposé de Carcavi, ne reparaît plus qu'en mai 1679 avec un mémoire de seize miniatures de plantes, dont le montant lui est soldé par Baluze, bibliothécaire de Colbert.

S'il m'a été facile, grâce au mémoire de Carcavi et aux pièces comptables annexées, d'établir la part de travail qui revient à chacun des trois

artistes susmentionnés, je n'ai, par contre, trouvé que fort peu de renseignements sur leur personnalité.

Le Roy qui avait peut-être le prénom de Nicolas, car il signe N. Le Roy, n'a fourni que « six feuilles d'oyseaux escripture de fillet d'or », d'après une seule quittance de nonante six livres, datée du 21 avril 1668, il était élève de Robert, ainsi que nous le révèle une phrase d'Ant. de Jussieu « ... on trouve, dans quelques cabinets, certaines de ses copies (de Robert) si fidèlement exécutées qu'on les prendroit pour ses originaux ; elles sont l'ouvrage de M. Le Roy et de M^lle^ Perraut, ses élèves, qu'il formoit pour la miniature ». Ce N. Le Roy avait-il un lien de parenté avec une autre famille de miniaturistes, les Le Roy de la Boissière, que M. le professeur Hamy nous a fait récemment connaître (1)? Je l'ignore, n'ayant fait aucune recherche sur ce point de généalogie ; quant à la demoiselle Perraut, les pièces comptables conservées à la Bibliothèque nationale n'en font aucune mention et elle ne paraît pas avoir travaillé à la collection des vélins.

Bailly, dont nous possédons sept quittances, cinq signées J. Bailly et les autres Bailly sans initiale, a peint soixante-sept feuilles de plantes et vingt-deux d'oiseaux, soit un total de quatre-vingt-neuf vélins ; si le J dont il fait précéder son nom de famille est l'abréviation du prénom Jacques, il faudrait identifier cet artiste avec Jacques Bailly, peintre de fleurs, miniaturiste et graveur, né en 1634, mort en 1679 et qui fut reçu à l'Académie de Peinture en 1664, d'après Jal et Bellier de la Chavignerie.

Enfin Villemont, le plus laborieux auxiliaire de Robert, a peint à lui seul quatre cent quatre-vingt-quinze feuilles de miniatures, dont trois cent vingt-trois de plantes et cent soixante-douze d'animaux ; toutes ses quittances sont signées Villemont, sauf deux, l'une du 15 mai 1668, l'autre du 30 octobre 1669 qui sont signées N. Vouillemont, les lettres N et V étant, dans cette dernière, liées en forme de monogramme, particularité qui se retrouve dans la signature de N. Robert. Les renseignements biographiques sur Villemont ou Vouillemont font presque complètement défaut ; cependant, un acte notarié dans lequel il assiste Robert nous apprend que son prénom était Nicolas ; M. Stein, qui cite (*Op. laud.*, p. 300) cette pièce, dit que Nicolas Vouillemont était élève de Rabel, mais M. Stein a dû confondre deux membres d'une même famille ; l'élève de Rabel, ainsi qu'il résulte de la notice de Jal, était Sébastien Vouillemont qui a gravé l'un des portraits du duc d'Orléans ; quant à Nicolas Vouillemont, la similitude de prénom permet de supposer qu'il avait eu Robert pour parrain, j'ajouterai qu'il devait être en même temps son élève, c'est du moins ce que semble indiquer la phrase de Carcavi « le sieur Villemont qui travaillait sous

(1) Cf. Hamy : *Op. laud.*

M. Robert » et sa manière de peindre la fleur qui rappelle tout à fait celle de son maître.

Pour me rendre un compte exact de l'œuvre complète de Le Roy, Bailly et Villemont, j'ai dressé, d'après les quittances originales et les pièces comptables de Carcavi, la liste des miniatures exécutées par chacun de ces trois artistes, puis, comparant cette liste avec le Catalogue manuscrit des *Miniatures du Cabinet du Roy concernant l'histoire naturelle*, conservé à la Bibliothèque Nationale (fonds Baluze, n° 305; voyez Appendice, I), j'ai pu m'assurer que la série complète des miniatures peintes par ces artistes figurait sur ce catalogue; en outre, j'ai recherché au Muséum, dans la collection des vélins, les miniatures elles-mêmes et j'ai eu la satisfaction de constater que, sauf un petit nombre qui manquent et paraissent avoir été perdues (1), la majeure partie s'y retrouvait et se reconnaissait assez facilement grâce à la vieille nomenclature de cette époque; je dois, à la vérité, reconnaître qu'aucun de ces vélins ne porte la signature de l'un des artistes ci-dessus cités et qu'un assez grand nombre porte au contraire la signature de Nicolas Robert, mais, comme je vais le démontrer, cette signature a été ajoutée longtemps après la mort de l'artiste.

Pas plus que Rabel, Robert n'avait l'habitude de signer ses miniatures et si réellement il en a signé quelques-unes, ce dont je ne suis nullement certain, ce ne fut qu'exceptionnellement; ses trois collaborateurs, Le Roy, Bailly et Villemont se sont donc conformés à la tradition en laissant leurs vélins anonymes.

Lorsqu'on étudie avec attention la signature N. Rob. qui figure au bas d'un assez grand nombre de vélins, on remarque d'abord qu'elle est absolument différente et de la signature autographe apposée dans l'acte notarié dont il a été question plus haut, et de celles dont Robert a signé ses différentes œuvres gravées; jamais cet artiste n'a employé l'abréviation N. Rob., une seule fois il s'est servi du monogramme NR (2), les deux lettres étant liées ensemble, partout ailleurs il a toujours signé N. Robert, la première lettre étant libre ou réunie à l'R (3); en second lieu, lorsqu'on examine à l'aide d'une loupe la signature des vélins, on reconnaît que le plus souvent, elle a été écrite avec une couleur jaune foncé simulant le vieil or qui a été également employée pour inscrire au bas du vélin le nom linnéen de la plante représentée; or la nomenclature linnéenne n'a été admise dans la

(1) C'est ainsi qu'il m'a été impossible de retrouver dans la collection du Museum plusieurs vélins de zoologie tels que : un cheval isabelle, une gazelle, un écureuil et deux ou trois autres peints par Villemont; parmi les miniatures de botanique qui ont disparu; plusieurs ont été gravées dans le Recueil des *Plantes gravées par ordre du Roy*; deux ou trois cependant se retrouvent au Cabinet des Estampes de la Bibliothèque Nationale parmi les trente-deux vélins que le Museum échangea en 1834, avec un exemplaire des Oiseaux d'Audubon, contre la collection des dessins originaux du P. Plumier, que possédait le Cabinet des Estampes (Assemblée des professeurs du Museum, séance du 12 août 1834 et autorisation ministérielle du 22 octobre de la même année).

(2) Dans ses *Variæ ac multiformes florum species*; Paris, s. d.

(3) Dans ses *Fiori diversi*, éditées à Rome en 1640.

science que postérieurement à la publication de la deuxième édition du *Species plantarum* (1763), soit soixante-dix-huit ans après la mort de Robert; j'ai même quelques raisons de croire que cette nomenclature n'a été ajoutée sur les vélins que beaucoup plus tard; la même main qui a si maladroitement contrefait la signature de Robert, a quelquefois employé pour cette contrefaçon, au lieu de la couleur jaunâtre dont il vient d'être question, une encre de carmin pâle.

Sur quelles données les attributions à Robert ont-elles été faites? Très probablement d'après une appréciation plus ou moins exacte des caractères artistiques du vélin, appréciation qui me paraît d'autant plus difficile que Bailly et Villemont, les principaux collaborateurs de Robert, semblent s'être appliqués à imiter la manière de ce peintre; toutefois, parmi les sept cents miniatures qui portent la signature de Robert (1), deux tiers environ lui appartiennent certainement, le reste devant être restitué à Bailly et à Villemont.

Les quelques exemples que je vais citer confirmeront les assertions que j'ai émises au cours de ce travail. Le 31 janvier 1674, Villemont livre à Carcavi, vingt-quatre miniatures de plantes dont il donne la liste détaillée; je relève au hasard, dans cette liste, deux pivoines dénommées, la première : *Pœonia mas folio nucis* Ger. *(P. corallina* Retz), la seconde : *Pœonia tenuis laciniata, subtus pubescens flore purpureo* B., *Byzantina prima* Clus. *(P. pubens* Sims?), et je constate ensuite la présence de ces deux vélins dans la collection du Muséum; le premier, resté anonyme, est une copie d'un vélin de Robert; le second a été faussement attribué à Robert dont il porte la signature ajoutée.

Dans le « Mémoire des plantes et oyseaux livrez à Mons. Carcavy le dernier jour de septembre 1669 » par Bailly, je vois mentionné en première ligne : *Asphodelus luteus* et *Asphodelus albus* dans une même feuille; un vélin de la collection nous montre en effet ces deux liliacées peintes sous ces deux noms, l'une à côté de l'autre, sur la même feuille; comme le précédent, ce vélin a été attribué à Robert.

Parmi les cinquante-sept miniatures de botanique exécutées par Villemont dans le courant de l'année 1671, sa quittance du 12 avril mentionne trois Chrysanthèmes sur un même vélin, savoir : 1° *Chrysanthemum foliis serratis (Chr. Myconis* L.*)*; 2° *Chr. segetum* Clus. *(Chr. segetum* L.*)*; 3° *Chr. valentinum* Clus. *(Anacyclus radiatus* Lois*)*; il est facile de s'assurer qu'une miniature de la collection du Museum, attribuée sans preuves à Robert, représente ces trois Chrysanthèmes, sur le même vélin et avec la même nomenclature.

Je ne multiplierai pas davantage les citations, celles qui précèdent suffi-

(1) Cf. Stein : *Op. laud.*, p. 300 et suiv. et *Inven. des richesses d'art*, p. 119-147.

ront, je pense, à prouver : 1° que les miniatures exécutées par Bailly, Le Roy et Villemont, après avoir fait partie de la collection du Roi, sont passées avec celle-ci au Muséum d'histoire naturelle; 2° que si une partie de ces miniatures sont restées anonymes, un nombre assez important a été faussement attribué à Robert.

Pour faciliter l'attribution des vélins qui appartiennent à chacun des trois artistes sus-nommés, j'en ai dressé, d'après les quittances originales, une liste alphabétique que j'ai déposée à la bibliothèque du Muséum où elle restera à la disposition des personnes qui auraient intérêt à la consulter.

## APPENDICE

### I. — *Note sur les anciens catalogues de la collection des Vélins.*

La Bibliothèque Nationale possède plusieurs catalogues des Miniatures du Cabinet du Roi; quatre proviennent des papiers de Baluze (fonds Baluze nos 305, 317, 318 et 319) et ont été rédigés lorsque cet érudit était bibliothécaire de Colbert.

Le ms. 318 contient une double liste des oiseaux figurés sur les vélins; la première (fol. 1), disposée par ordre alphabétique et la seconde (fol. 61), classée suivant les divisions alors adoptées en ornithologie; le nombre total des espèces ou variétés énumérées est de deux cent soixante-neuf.

Le ms. 319 est une reproduction du précédent dont il ne diffère que par une calligraphie plus soignée.

Le ms. 317 donne l'énumération, par ordre alphabétique, des vélins de botanique dont le nombre s'élevait alors à huit cent vingt-et-un et qui étaient répartis en douze volumes.

Le ms. 305, de quelques années moins ancien que les précédents, a pour titre : *Miniatures du Cabinet du Roy, concernant l'histoire naturelle*; c'est un petit in-folio, d'une très belle écriture, contenant tout à la fois l'énumération des vélins de zoologie et de botanique. Les miniatures de zoologie (fol. 1), au nombre de deux cent quatre-vingt-seize, étaient réparties dans cinq volumes, les oiseaux y tiennent la plus grande place, les autres animaux n'étant représentés que par huit espèces. Au fol. 11 commence l'énumération des vélins de botanique, au nombre de neuf cents, formant quinze volumes; cette énumération est classée, non par ordre alphabétique, mais suivant une méthode artificielle dont quelques divisions paraissent empruntées à la méthode de Tournefort; on y retrouve, en outre, mentionnés, en tête du premier volume « un portrait du Roy et un de feu Monsieur » (1). Enfin, ce manuscrit ajoute, pour la première fois, à la suite de l'indication du vélin, le nom abrégé de l'artiste qui a peint ou qui est censé avoir peint ce vélin; ces indications qui se rapportent seulement à Nicolas Robert et à Jean Joubert, ne sont, du reste, pas toujours exactes; quant aux vélins de

(1) Gaston d'Orléans. Le portrait de Colbert, qui se trouve aujourd'hui dans ce même volume, à la suite des portraits de Louis XIV et de Gaston d'Orléans, n'est entré dans la collection qu'en 1780; il est très vraisemblablement dû à la collaboration de Robert et de Bailly, car, si certains détails, notamment la palme et la branche de laurier qui s'étalent au sommet du cartouche, sont, sans aucun doute, empruntés au portrait du duc d'Orléans, les deux aigles qui supportent ce cartouche sont incontestablement la reproduction du vélin dénommé *Chrysœtus Bellonii*, Aigle royal (tome I, n° 43), lequel représente, en réalité, l'orfraie (*Falco ossifragus* L.) et a été peint par Bailly, ainsi que sa quittance du 7 février 1669 en fait foi.

Rabel, ils y figurent, avec leur date, parmi les anonymes. Si l'on s'en rapporte aux attributions de ce manuscrit, on remarquera que cent vingt miniatures seulement portent le nom de Joubert; or cet artiste, dont l'œuvre totale se compose de cent quatre-vingt-dix-sept vélins de botanique et cinq de zoologie, a été remplacé, comme peintre du Cabinet du Roi, par Claude Aubriet, le 23 janvier 1700, le manuscrit 305 a donc été exécuté du vivant de Joubert et antérieurement à l'année 1700.

Un autre manuscrit de la Bibliothèque Nationale (fonds latin, nº 9327), plus récent que les précédents, car il paraît avoir été rédigé dans le courant du XVIIIe siècle contient l'énumération des vélins de zoologie; il est divisé en trois sections disposées par ordre alphabétique; la première, consacrée aux oiseaux, contient quatre cent quatre-vingt-seize vélins; la seconde, qui a pour titre : *Animaux quadrupèdes, reptiles,* etc., comprend, en outre, les crustacés et les insectes et énumère quatre-vingt-huit vélins; enfin, la dernière section donne la liste des vélins d'icthyologie et de malacologie au nombre de cent quatorze; pour les coquilles, comme pour les insectes, il y a souvent dix à douze espèces figurées sur le même vélin.

II. — *Lettre d'Abel Brunyer fils à Théodore Godefroy (Bibl. Nat., fonds franc., nouv. acquisitions, nº 5613, fol. 5).*

Monsieur,

L'espérance que vous eustes la bonté de me faire concevoir de vostre faveur au moment de la plus cruelle disgrâce que Dieu m'ait jamais fait sentir, est demeurée dans mon âme pour sa plus essentielle consolation. J'ay toujours pris l'offre de vostre protection pour ma principale ressource et comme j'en ay ressenti des effets très considérables durant la vie de feu Monsieur, je me persuade, quoy qu'il ne soit plus, que j'en recevray les mesmes avantages, estant asseuré que cette noble passion qui règne en vous de faire du bien n'est point ensevelie avec le prince que j'avois l'honneur de servir et, ne doutant point que vous n'ayés la bonté de parler pour moy au Roy ou à la Reyne lorsqu'on leur monstrera les livres de plantes et d'oiseaux en miniature, dont feu Monsieur m'avoit confié la garde; Ils partent aujourd'huy de cette ville, soubs la conduitte de M. Bruno et, comme il n'y a personne qui possède plus que moy l'intelligence de ces livres et qui puisse donner plus de mémoires pour leur continuation, si Leurs Majestés en formoient le dessin, je vous supplie très humblement, si l'occasion s'en présente, de me vouloir nommer et, s'il estoit possible, de faire revenir entre mes mains ce qu'elles ont conservé avec tout le soin et la fidélité imaginable du vivant de feu S. A. R. Vous donnerés par cette faveur, à une personne qui vous est desja acquise, le moyen de vous rendre ses respects et ses soumissions avec assiduité et faire pour vostre service, étant près de vous, tout ce que doit.

Monsieur, Vostre très humble et très obéissant serviteur.

BRUNYER.

De Blois, le 28 novembre 1660.

# M. le Dr BRAEMER

Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.


## L'ALOÈS AROMATE [61593]

*— Séance du 13 août —*

Sous le nom d'*ahâlot* ou *ahâlim* la Bible (1) mentionne, associé à la myrrhe, un aromate que les traducteurs ont appelé *aloès*. Cette substance « n'a aucun rapport avec le suc d'aloès ni avec la plante liliacée qui le produit » (2). C'est par suite d'une similitude de consonnance, que les traducteurs des Écritures ont confondu un bois aromatique employé comme parfum avec une résine purgative.

Le *bois d'aloës* est une substance rare et qui n'existe plus dans le commerce européen (3). Son origine est restée longtemps inconnue.

Flückiger (4) qui fait autorité en ces matières, le rapporte à un arbre de la famille des Thyméléacées décrit pour la première fois par Roxburgh (5) sous le nom d'*Aquilaria Agallocha* Roxb. et qui croît en Indo-Chine, à Sumatra et dans l'île d'Hainam. D'après le même pharmacographe, il est déjà question de cet aromate dans le Mahâbhârata sous le nom sanscrit d'*agourou*.

D'autre part, Dioscoride décrit sous le nom d'ἀγάλλοχον une substance que ses traducteurs (6) et ses commentateurs (7) identifient avec le xylaloe ou lignum aloes. Le nom arabe *agalugin* cité par Mathiole a une similitude indéniable avec le mot hébreu précité et le mot grec qui a servi de terme spécifique à Roxburgh. Le nom générique de la plante mère, créé par Lamarck, a pour origine le portugais « *aguila* » (8) dérivé lui-même de *aghil* qui dans la langue tamoule désigne encore aujourd'hui l'arbre producteur.

(1) *Proverbes* de Salomon, VII, 17. — *Cantique* des Cantiques, IV, 14. — *Psaumes* XLIV, 8. (*Vulgate* trad. Lemaistre de Sacy). Bruxelles, 1881.

(2) Guibourt : *Histoire naturelle des drogues simples*, III, p. 313 (4e édition), 1850.

(3) J. Moeller : *Lignum aloës*, p. 3. Wien. 1896.

D'après Flückiger, *Pharmacognosie*, p. 216, on en consommerait encore de grandes quantités en Chine, où elle était déjà très estimée du temps de Marco Polo.

Le bois d'aloès du commerce actuel, plus connu sous le nom espagnol de *linaloë* est originaire du Mexique et a été rapporté par notre collègue et ami J. Poisson au *Bursera Delpechiana* Poiss. (Burseracées).

(4) Flückiger : *Pharmacognosie des Pflanzenreiches* 3te Aufl., p. 216. Cf. Heyd, *Levantehandel*, II, p. 559, Stuttgard, 1879.

(5) *Flora indica*, II, p. 422. 1824.

(6) Pedanii Dioscoridis Anazarbei, *De Medicinali Materia*, libri VI, interprete J. Ruellio, Lugd., MDLII, p. 31.

(7) Mathioli : *Commentarii*, Venet., MDLVIII, p. 48.

(8) *Pao de Aguila*, d'où les noms de « bois d'aigle » en français et « Adlerholz » en allemand.

Flückiger rattache à ce mot d'aghil le nom hébreu lui-même, de sorte que les termes si divers qui ont prêté à tant de confusions viendraient tous d'un même vocable déformé en passant d'une langue dans une autre.

Il faut ajouter que le portugais Loureiro qui a exploré la Cochinchine, a rapporté le bois d'aloès à une Césalpiniacée, de la tribu des Cynométrées, qu'il a appelé *Aloexylon Agallochum* Lour. (1). Cette manière de voir a été adoptée par Lenz (2) et par Joret (3). C'est à cette même origine que Dragendorff (4) rapporte le xylalœ de Simon Seth encyclopédiste byzantin du XI^e^ siècle.

La confusion entre le bois et la résine d'aloès se trouve dans l'Évangile selon Saint Jean ; mais c'est bien du bois d'*ahalot* dont il doit être question dans « la composition de myrrhe et d'aloès », c'est-à-dire « les aromates » introduits dans les linceuls du Christ « selon la manière d'ensevelir qui est en usage chez les Juifs » (5) et non de la résine qui a servi aux expériences de MM. Vignon et Colson dans leurs recherches sur le *Linceul du Christ* (6).

---

## MM. L. GÉNEAU DE LAMARLIÈRE et J. MAHEU

### SUR LES AFFINITÉS GÉOGRAPHIQUES DES MUSCINÉES DES CAVERNES

[589:551.44]

*— Séance du 13 août —*

L'étude des Muscinées des cavernes, à laquelle nous nous sommes livrés depuis quelques années (7), nous a permis de signaler quelques faits intéressants, surtout au point de vue des modifications morphologiques externes et internes que présentent ces végétaux lorsqu'ils se trouvent placés dans les conditions particulières de lumière, de température, d'humidité, etc., que leur présente une station aussi spéciale que celle des cavernes.

(1) Memoria sobre è naturezza e verdeira origen do *Pao de Aguila* (Mem. d. Acad. de Lisboa, I, 1797) d'après Colmeiro, *La Botanica y los Botanicos, etc.*, p. 57. Madrid, 1858.

(2) *Botanik der alten Griechen und Romer*, p. 733, Gotha, 1859.

(3) *Les plantes dans l'antiquité*, I, p. 300, Paris 1897.

(4) *Heilpflanzen*, p. 298.

(5) Évangile selon *saint Jean*, XX. 39, 40, 41.

(6) Paris, Masson, 1902.

(7) L. Géneau de Lamarlière et J. Maheu : *Sur la flore des Mousses des cavernes (C. R. de l'Académie des Sciences*, 15 avril 1901). — *Sur la flore bryologique des grottes du Midi de la France (Bull. de la Soc. bot. de France*, t. XLVIII, 1901, p. 243). — *Sur les Mousses des cavernes de l'Yonne (Journal de Botanique*, 1902, [illegible]

Dans cette étude nous avons laissé volontairement au second plan les rapports que présentent les Muscinées des cavernes, considérées spécifiquement, avec la flore bryologique des régions environnantes. Nous croyons cependant qu'il est intéressant de rechercher l'origine des espèces qui ont peuplé les diverses cavités explorées jusqu'à ce jour. Cela n'est pas toujours possible d'une façon absolument satisfaisante, car, dans plusieurs cas, on ne connaît pas suffisamment à fond la flore bryologique avoisinante, pour pouvoir affirmer avec certitude que telle espèce, prise en particulier, manque ou existe dans la contrée, et que sa présence dans telle caverne est due à une origine proxime ou éloignée. Cependant, dans la plupart des cas, on connaît suffisamment les données générales de la bryogéographie pour pouvoir, par comparaison, arriver à des conclusions certaines.

L'ensemble de la flore bryologique de la France se divise, comme on sait, en trois grandes régions principales, la région méditerranéenne, dite région de l'Olivier, la région silvatique et la région alpine, qui ont été très bien définies et étudiées par M. l'abbé Boulay (1). C'est la division que nous adopterons dans cette note.

## I

Peu de grottes ont été explorées jusqu'à maintenant au point de vue bryologique sur le territoire même de la région méditerranéenne. Seules, celles du massif de la Gardiole (Hérault) nous ont fourni quelques Mousses.

Aucune espèce caractéristique absolue de la région de l'Olivier n'a encore été constatée dans ces grottes. Les conditions spéciales, surtout celles de température et de sécheresse, exigées par les espèces à proprement parler méditerranéennes, ne paraissent pas devoir se rencontrer dans les cavernes, même dans celles qui sont situées sur le territoire de la région.

Ce qui domine dans ces cavités, ce sont les espèces qui, très fréquentes et très répandues dans la région de l'Olivier, peuvent cependant s'en éloigner beaucoup et s'étendre dans la région silvatique, en particulier dans le sud-ouest, l'ouest et le nord de la France, en suivant de plus en plus étroitement le littoral de l'Océan et de la Manche, à mesure qu'elles s'avancent dans des contrées plus septentrionales, cherchant dans la douceur relative du climat maritime une moyenne de température qui se rapproche le plus de celle de leur véritable patrie.

Parmi ces espèces émigrantes, les *Eurhynchium striatulum*, *E. circinatum* et *Leptodon Smithii* ont été constatés à la grotte de la Madelaine.

(1) N. BOULAY : *Étude sur la distribution géographique des Mousses en France*, 1877. — *Muscinées de la France*, 1884.

L'élasticité assez grande des exigences de ces plantes, surtout en ce qui concerne la température, leur permet d'habiter des stations relativement froides, telles que les grottes, stations plus froides que celles exigées par les espèces méditerranéennes proprement dites. La constance de la température qu'elles y rencontrent peut compenser aussi jusqu'à un certain degré le manque d'intensité de cette dernière condition de développement.

Sous le rapport de la lumière l'*E. striatulum* est peu difficile. Il en est de même de l'*E. circinatum*. L'un et l'autre savent se contenter des stations ombragées, et l'on a constaté depuis longtemps que le premier produit une forme adaptée aux lieux sombres, c'est là var. *cavernarum* Mdo. De plus, une humidité moyenne n'est pas non plus pour nuire à ces espèces. Malgré cela, l'*E. circinatum* se rencontre parfois dans des stations tout à fait sèches et ensoleillées et se conduit alors comme une véritable xérophile. Il est d'ailleurs à remarquer que dans les cavernes il recherche les places les moins humides.

Quant au *Leptodon Smithii*, bien qu'il ait normalement une station arboricole et xérophile, il présente aussi parfois une variété *filescens* Ren:, forme d'adaptation sous laquelle on le rencontre dans les cavités fraîches des rochers. C'est aussi en partie sous cette forme qu'il pénètre dans la caverne de la Madelaine.

D'autre part, l'*Orthotrichum saxatile* Brid., qui a été recueilli en compagnie des espèces précédentes, dans les grottes du massif de la Gardiole, est aussi commun dans la région méditerranéenne que dans la région silvatique. Sa station est xérophile et il habite les rochers calcaires. On ne doit donc pas s'étonner de le rencontrer, au moins à l'entrée des grottes relativement sèches, creusées dans un sol calcaire.

Il serait intéressant de savoir si dans certaines grottes plus humides de la région méditerranéenne on ne pourrait trouver des Muscinées caractéristiques de la région des forêts, manquant à la région méditerranéenne, ou ne s'y rencontrant qu'accidentellement. Le fait n'est pas invraisemblable, au contraire, mais nos recherches sont restées, nous devons l'avouer, tout à fait sans résultat sur ce point.

## II

Les grottes explorées dans le département du Tarn (grottes de Caucalières, grottes de la Montagne-Noire), bien que situées dans une contrée qui, sous bien des rapports, se rapproche de la région méditerranéenne, n'ont présenté aucune ou presque aucune affinité avec la flore bryologique de cette dernière région. Les Muscinées qui y ont été recueillies se rattachent entièrement à la région silvatique. Il est vrai que l'altitude intervient

ici pour modifier fortement l'aspect de la flore, plusieurs de ces grottes étant en effet à une altitude de 500 mètres. Beaucoup d'espèces qui y ont été constatées ont une aire de dispersion très vaste, ne caractérisent aucune région, et sont par conséquent douées d'exigences peu limitées, au moins sous le rapport de la température (*Hypnum cupressiforme*, *Hypnum molluscum*, *Anomodon viticulosus*, *Bryum argenteum*, *Orthotrichum affine*, *Barbula muralis*, *Grimmia pulvinata*, *Frullania Tamarisci*, *Madotheca platyphylla*, etc.) Elles sont pour la plupart saxicoles, ou peuvent l'être au moins accidentellement.

Plusieurs espèces aquatiques, constatées en même temps, ont une aire de dispersion tout aussi étendue (*Fontinalis antipyretica*, *Pellia epiphylla*, *Hypnum cuspidatum*, *Rhynchostegium rusciforme*).

On trouve en somme dans les grottes du Tarn, explorées jusqu'aujourd'hui, la végétation des plaines basses de la partie moyenne et septentrionale de la France, qui se rattache le plus nettement à la zone inférieure de la région silvatique. Fait à remarquer, on n'a pas encore constaté dans ces grottes l'existence de ces espèces qui font partie des extensions de la région méditerranéenne. Mais il nous paraît vraisemblable, étant donnée la position géographique de la contrée, que cette lacune pourra être comblée quelque jour par des explorations plus étendues.

Ce qui vient d'être dit des cavernes du Tarn, peut s'appliquer exactement à celles des causses Méjean et de Sauveterre, dans la Lozère.

## III

Les cavernes des causses du Lot, qui ont été le mieux explorées jusqu'à maintenant, et qui ont fourni aussi les résultats les plus abondants, ont livré à l'observateur des faits intéressants concernant la bryogéographie. Placées comme les grottes du Tarn et de la Lozère dans une contrée appartenant à la région silvatique, elles sont à une altitude un peu plus faible, qui ne dépasse pas en général 350 mètres. On sait que nombreuses sont les Phanérogames méditerranéennes qui ont été trouvées dans les causses du Lot, qui ne sont pas dépourvus d'une certaine analogie avec les *garrigues* de la région de l'Olivier. Nombreuses sont aussi les Mousses qui se trouvent dans le même cas, et, parmi les plus caractéristiques, nous citerons : *Eurhynchium striatulum*, *E. circinatum*, *Grimmia orbicularis*, *Barbula inermis*, *B. squarrosa*, *Trichostomum crispulum*, *Hymenostomum tortile*, etc., qui foisonnent dans les endroits les mieux appropriés du causse de Gramat.

Or, après avoir éliminé les types de Muscinées répandus presque uniformément par toute la France, chacun avec une abondance plus ou moins

grande, tels que *Hypnum cupressiforme*, *H. commutatum*, *H. filicinum*, *Rhynchostegium rusciforme*, *Eurhynchium prælongum*, *E. crassinervium*, *Brachythecium Rutabulum*, *B. glareosum*, *Camptothecium lutescens*, *Neckera complanata*, *Fissidens taxifolius*, *F. bryoides*, *Lophocolea bidentata*, et qui peuvent, les uns comme les autres, d'après leurs exigences propres, pénétrer plus ou moins profondément dans les cavernes, les uns plus xérophiles, restant au bord, les autres plus ombrophiles, allant jusqu'au fond, si on examine la série des Muscinées trouvées dans les cavernes du Lot, série qui se compose actuellement d'une cinquantaine d'espèces bien constatées, on en trouve un nombre assez considérable qui se rattachent sans difficulté à la catégorie des extensions de la région méditerranéenne. Ces espèces sont: *Rynchostegium tenellum*, *Eurhynchium striatulum*, *E. circinatum*, *Barbula inermis*, *B. tortuosa*, *Fissidens decipiens* et *Eucladium verticillatum*.

Elles sont généralement bien représentées dans le causse environnant, au moins dans les anfractuosités ombragées des rochers, où elles cherchent la fraîcheur nécessaire à leur développement. On ne doit donc pas s'étonner de les retrouver dans les cavernes de la région qui leur présentent une station éminemment favorable sous ce rapport.

D'autre part, on trouve dans ces mêmes grottes, en compagnie des espèces précédentes, les Muscinées les plus caractéristiques et les plus répandues de la région silvatique et qui apparaissent dès la base de celle-ci. La position géographique des grottes du Lot les plaçant en réalité dans la région silvatique, il est naturel que des représentants de la flore de cette région s'y rencontrent en majorité. Les principales espèces sont: *Hypnum molluscum*, *Amblystegium serpens*, *Plagiothecium denticulatum*, *Thamnium alopecurum*, *Rhynchostegium murale*, *Eurhynchium Stokesii*, *E. striatum*, *Brachythecium rivulare*, *Thuidium tamariscinum*, *Anomodon viticulosus*, *Neckera crispa*, *Mnium affine*, *M. stellare*, *Bryum capillare*, *Barbula inclinata*, *Gymnostomum tenue*.

Parmi ces espèces, un certain nombre s'élèvent assez haut dans les montagnes, et peuvent même atteindre la base de la région alpine. Mais elles sont dispersées dans la région silvatique d'une façon continue. Elles sont même toutes fréquentes dans la zone silvatique inférieure; mais une attention particulière doit être accordée aux espèces telles que *Hypnum palustre*, *Orthothecium intricatum* et *Plagiochila interrupta* qu'on trouve à Padirac et qui se relient d'une façon plus étroite à la zone silvatique moyenne, restant généralement très rares et comme exceptionnelles dans la zone inférieure. Plus remarquable encore est le *Gymnostomum rupestre*, du même Gouffre de Padirac, qui appartient par sa distribution géographique à la région subalpine.

Il en résulte que dans le Gouffre de Padirac on trouve côte à côte des

représentants de la plupart des degrés de l'échelle d'altitude des Muscinées, et des espèces méditerranéennes croissent côte à côte avec des espèces des montagnes assez élevées. L'uniformité dans les conditions de chaleur et d'humidité est sans doute une des causes de ces phénomènes.

Il faut noter que l'*Orthothecium intricatum* paraît manquer dans les environs de Padirac et il n'est signalé au plus près que dans les Cévennes, où il est d'ailleurs très rare. Le *Plagiochila interrupta* manque également dans tout le Plateau central. Il en est de même du *Gymnostomum rupestre*. On ne peut donc attribuer à ces Muscinées des cavernes, comme aux autres espèces qui ont des représentants dans les environs, une origine proxime. Il faut, admettre dans ce cas, un transport de germes à de grandes distances, probablement par le vent, la légèreté de ces germes permettant cette hypothèse. On a d'ailleurs constaté maintes fois des cas de dispersion semblables pour d'autres espèces des montagnes et il est vraisemblable d'admettre que les apports de germes sont fréquents et que, si les espèces montagnardes ne se développent pas plus souvent en plaine, c'est parce qu'elles n'y trouvent pas des conditions extérieures suffisamment favorables.

## IV

Les cavernes de l'Yonne, situées comme les précédentes, dans la région silvatique se sont surtout peuplées d'espèces de cette région, la plupart communes ; la moyenne partie de leur population bryologique est donc d'origine proxime. Toutefois on y constate fréquemment et sous des formes intéressantes le *Rhynchostegium tenellum*, d'origine méditerranéenne et qui paraît décidément un des habitants les plus assidus des grottes à roches calcaires.

On y rencontre également une forme de *Bryum* très curieuse, que nous avons rattachée au *Br. pallens*, sous le nom de variété *pseudo-capillare*. Si, comme nous le pensons cette forme dérive réellement du *Bryum pallens*, ce serait une espèce d'origine éloignée, appartenant à la zone silvatique moyenne et subalpine.

## V

Une grotte creusée dans le granit de la falaise de la Corbière, dans l'île de Jersey, nous a fourni deux espèces, les *Eurynchium myosuroides* et *Fissidens bryoides*, qui appartiennent toutes deux à la région silvatique.

## VI

Enfin des excavations peu profondes, mais bien abritées, et parfois très obscures qui se trouvent sous les rochers portlandiens de la falaise du Cap

Gris-Nez (Pas-de-Calais) nous ont permis de recueillir deux espèces appartenant aux extensions de la région méditerranéenne : *Eurynchium striatulum*, et *Rhynchostegium tenellum*, qui toutes deux avaient été déjà rencontrées dans la contrée environnante, quoique rarement. Elles y sont accompagnées de *Eurynchium prælongum* et *Zygodon rupestris* qui appartiennent à la région silvatique.

## Conclusions

En résumé, l'origine des Muscinées des cavernes peut être proxime ou éloignée. Le premier cas est de beaucoup le plus fréquent, tandis que le second ne se trouve réalisé que dans des circonstances assez rares, et cela va de soi, les chances de développement pour les germes transportés à de grandes distances, et tombant souvent en dehors des conditions optima, étant relativement moins nombreuses.

Ce sont donc les Muscinées du voisinage immédiat qui, en grande majorité, pénètrent dans les cavernes, et encore faut-il pour cela que les conditions de développement qu'elles requièrent ne soient pas trop en contradiction avec celles que présentent ces cavités. Ainsi les espèces submergées, pour lesquelles l'optimum de l'intensité lumineuse pour la fonction chlorophyllienne correspond à l'insolation complète, ne s'aventurent jamais bien loin, et, sitôt que la lumière commence à diminuer, elles cessent de se développer.

Les espèces xérophiles, exigeantes aussi sous le rapport de l'intensité lumineuse, adaptées à une station sèche, ne pénètrent que dans les portions sèches des cavernes, et encore peu profondément. La véritable population bryologique cavernicole est constituée surtout par les espèces peu exigeantes et ubiquistes, ou bien par les espèces ombrophiles de différentes régions du domaine bryologique, région méditerranéenne, région silvatique (zone inférieure et moyenne), qui trouvent déjà, dans les stations ombragées et fraîches des environs, des conditions favorables à leur développement.

Ces diverses espèces peuvent présenter des formes d'adaptation excessivement marquées, et elles arrivent quelquefois à différer tellement du type qu'on ne pourrait les y rattacher avec sécurité si l'on n'avait pour le faire une série d'intermédiaires. Mais dans aucun cas on n'a encore rencontré de type spécifique propre aux cavernes. Sous ce rapport, les Muscinées se montrent moins favorisées que certains groupes d'animaux, qui, au contraire, se sont adaptés et modifiés assez profondément pour donner des espèces particulières (1), étudiées par notre collaborateur et ami M. Viré.

L'absence de types spécifiques propres s'explique par la nécessité où sont les Muscinées de ne point quitter les stations éclairées. Si on peut

(1) A. Viré : *La faune souterraine en France*, 1900.

trouver des représentants de ce groupe dans les endroits presque obscurs, on n'en trouve pas cependant à l'obscurité absolue. Lorsque la lumière atteint un certain degré d'atténuation, variable d'ailleurs avec chaque espèce, les spores venues de l'extérieur peuvent bien se développer en gamétophyte (protonéma et tige feuillée), mais la plante, dans ces conditions défavorables, ne va pas jusqu'à former des gamètes ou, si elle en forme, la fécondation n'arrive pas à produire de sporophyte (sporogone). Le cycle végétatif reste forcément interrompu. L'individu persiste pendant un certain temps à l'endroit où il s'est développé, il peut s'y multiplier par voie végétative, conservant les modifications qu'il a acquises. Mais, l'hérédité n'étant pas possible, la fixation des caractères acquis n'a pas lieu. L'individu une fois disparu, il peut être remplacé par d'autres de même espèce provenant de germes extérieurs, mais ceux-ci ont à recommencer toute la gamme des variations.

Un certain nombre de Mousses des cavernes fructifient cependant, mais c'est dans le cas où les modifications sont le moins intenses et le moins appréciables. Il n'y a pas alors acquisition de caractères morphologiques nouveaux. En somme, on ne constate chez les Mousses des cavernes que des caractères d'adaptation immédiate et passagère, mais on n'en a pas trouvé qui soient d'adaptation ancienne et fixée.

---


## M. P. LEDOUX

Professeur aux Écoles Arago et Turgot, à Paris.


---

### SUR L'APLATISSEMENT DES ORGANES DU *LATHYRUS OCHRUS* D. C.

[583.32]

*— Séance du 13 août —*

On sait qu'un grand nombre de Viciées et particulièrement de *Lathyrus*, tels que *L. articulatus* (L.); *L. Cicera* (L.); *L. Latifolius* (L.); *L. Ochrus* (D. C.) *L. Nissolia* (L.) *L. Sylvestris* etc., sont caractérisés au point de vue morphologique par un aplatissement souvent considérable de la tige, des rameaux, des pétioles et même des vrilles. Je me propose de rechercher ici quelles sont les modifications que ce phénomène d'aplatissement apporte à la structure générale de la plante. Craignant d'abuser de l'hospitalité qui m'est si gracieusement offerte dans les comptes rendus de l'Association, je me bornerai à l'examen d'une espèce unique le *L. ochrus* (D. C.) chez laquelle ce phénomène d'aplatissement atteint son maximum *(fig 1)*.

## A. — Morphologie externe.

Comme chez les Viciées, les cotylédons chez le *L. ochrus* sont hypogés. L'axe épicotylé, d'abord elliptique, s'aplatit progressivement à partir de la première feuille, et c'est à ce niveau qu'apparaissent les ailes de la tige. Or, chez les Viciées, en général, les premières feuilles jusqu'à la troisième ou quatrième inclusivement sont écailleuses. Ainsi dans le genre *Pisum* on en trouve le plus souvent deux, dans le genre *Vicia* trois (*fig. 2*), et chez les *Lathyrus* quatre (Ex. *L. sylvestris*). Ces feuilles écailleuses sont constituées par trois lobes soudés,

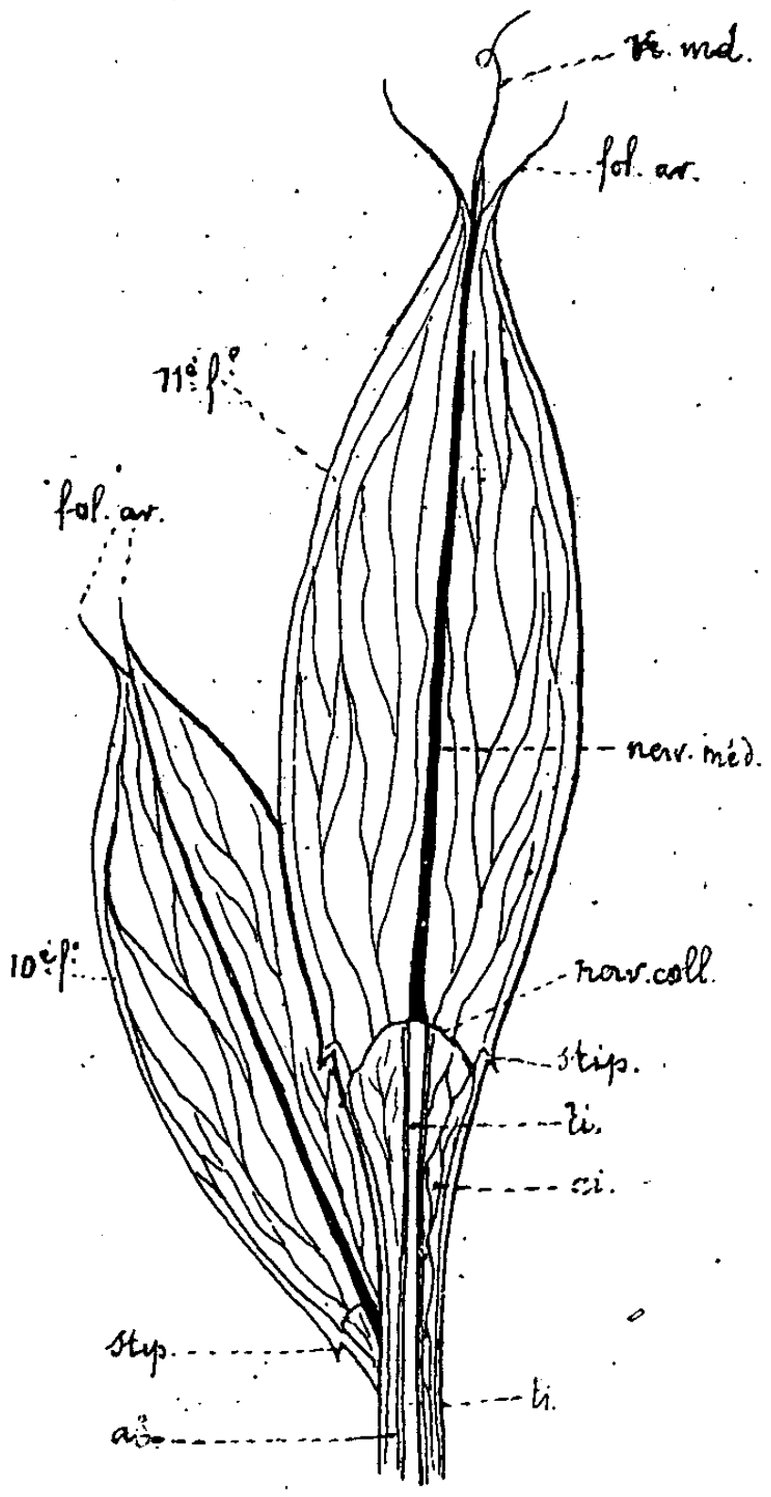



Fig. 1. — Mode d'insertion des feuilles sur la tige ailée de *Lathyrus Ochrus*. — 10e fe, 10e feuille; 11e fe. 11e feuille; ti., tige; ai., ailes; stip., stipules; nerv. coll. et nerv. méd., nervure collatérale et nervure médiane; fol. av., foliole avortée; vr. md., vrille médiane. Grandeur réelle.

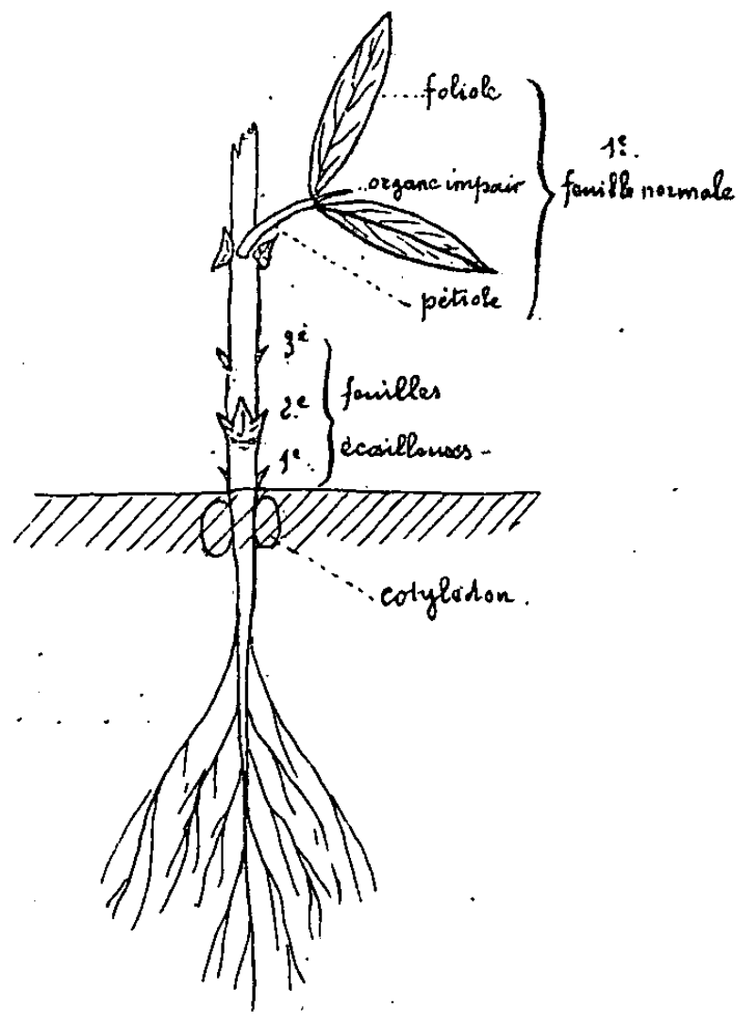



Fig. 2. — Disposition des feuilles écailleuses de *Vicia Communis*.

savoir : 1° un lobe médian de 2 à 4 millimètres de longueur avec une largeur à peu près égale; 2° deux lobes latéraux beaucoup plus petits situés de part et d'autre du premier et dont la longueur ne dépasse pas un millimètre. Le lobe médian peut être assimilé à la feuille proprement dite ou tout au moins à son pétiole. Quant aux lobes latéraux, l'examen morphologique et anatomique m'a montré qu'ils correspondent en réalité aux stipules.

Les feuilles normales, — j'entends par là les feuilles stipulées et foliolées, — n'apparaissent qu'au troisième ou quatrième nœud suivant les genres.

Chez le *L. ochrus* l'aplatissement de tous les organes trouble complètement la

morphologie de cette Viciée. Les folioles normales n'apparaissent généralement que vers le treizième nœud. *Tous les organes foliaires situés au-dessous, dépourvus de folioles doivent donc en réalité être assimilés à des feuilles écailleuses.* Quatre ordres de faits peuvent le prouver :

1° Par suite de l'absence des folioles, ces feuilles écailleuses se modifient progressivement. A partir du troisième nœud, *elles remplacent les folioles.* Alors que les feuilles écailleuses des autres Viciées sont incolores ou tout au plus colorées d'un vert très clair; chez le *L. ochrus* au contraire, elles prennent rapidement la teinte verte plus ou moins foncée des feuilles normales.

2° Le *lobe médian*, toujours très petit (3 à 4 millimètres de longueur) chez

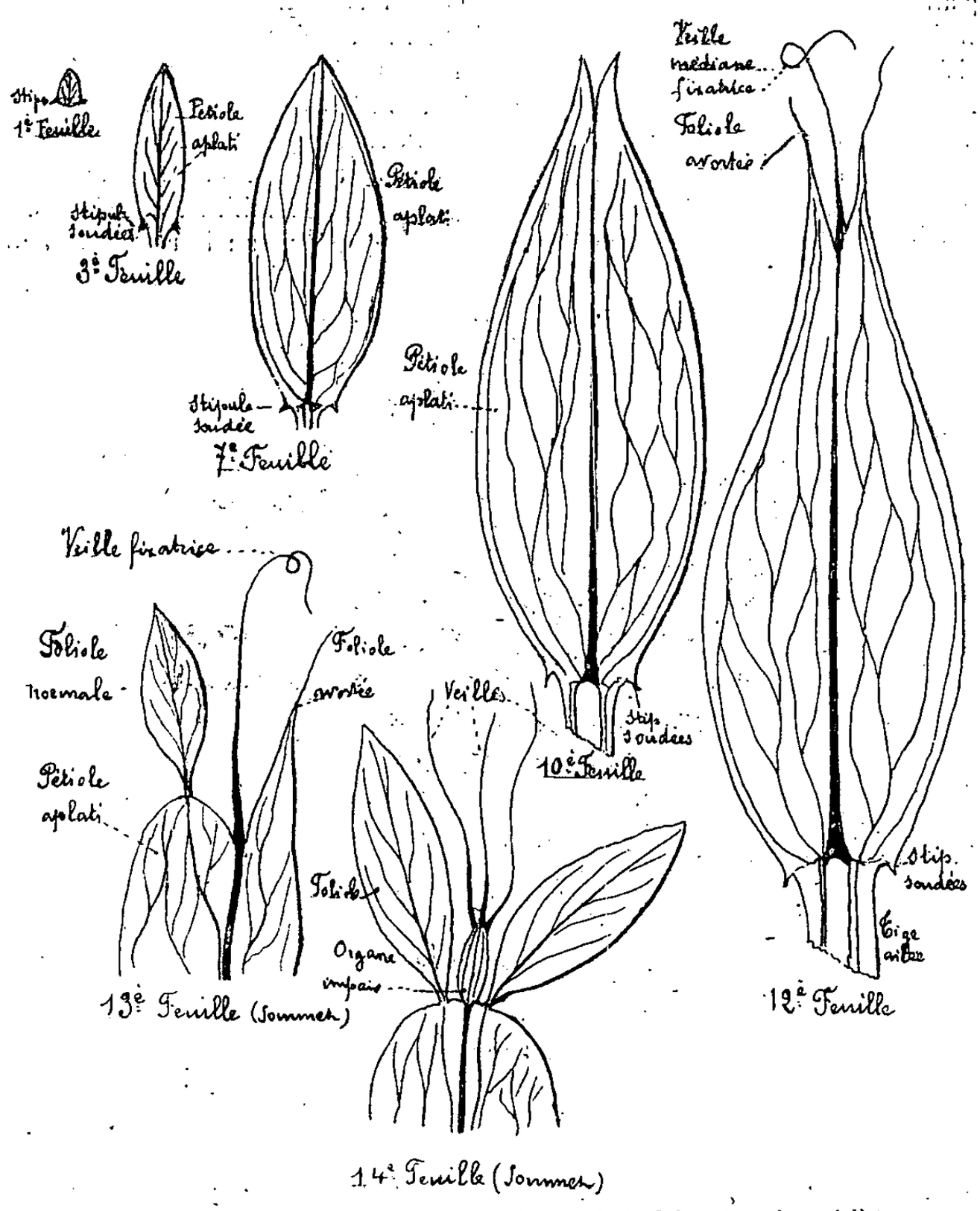



FIG. 3. — Formes successives des feuilles de base de *L. Ochrus* (grandeur réelle).
(Les stipules des 13e et 14e feuilles sont également soudées à la base du pétiole aplati.)

les feuilles écailleuses des genres *Vicia* et *Pisum*, occupe toujours, au point de vue morphologique la même situation que le pétiole des feuilles normales, mais il *acquiert ici des dimensions relativement considérables.* Par exemple, sur un

échantillon de taille moyenne, choisi au hasard dans un semis abondant, ces organes avaient les dimensions suivantes *(fig. 3)* :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Première feuille écailleuse (lobe médian) | | | 4 × 2 | millimètres. |
| Troisième | — | — | 13 × 7 | — |
| Cinquième | — | — | 40 × 12 | — |
| Septième | — | — | 45 × 14 | — |
| Douzième | — | — | 70 × 32 | — |

Dès que les folioles apparaissent, les pétioles des feuilles sont encore très aplatis, mais leurs dimensions diminuent progressivement à mesure qu'on les considère à des niveaux de plus en plus élevés. Ainsi, l'un des pétioles aplatis, voisin des extrémités et pourvu de quatre folioles très développées *(fig. 4)*, n'a plus que 30 millimètres de longueur sur 6 millimètres de largeur. En même temps, les dimensions des folioles s'accroissent. Alors que la première foliole apparue vers le quinzième nœud a 18 × 6 millimètres, une foliole d'une feuille du milieu de la tige a 65 millimètres de longueur sur 25 millimètres de largeur.

3° Ces feuilles écailleuses, adaptées à un rôle particulier : le remplacement

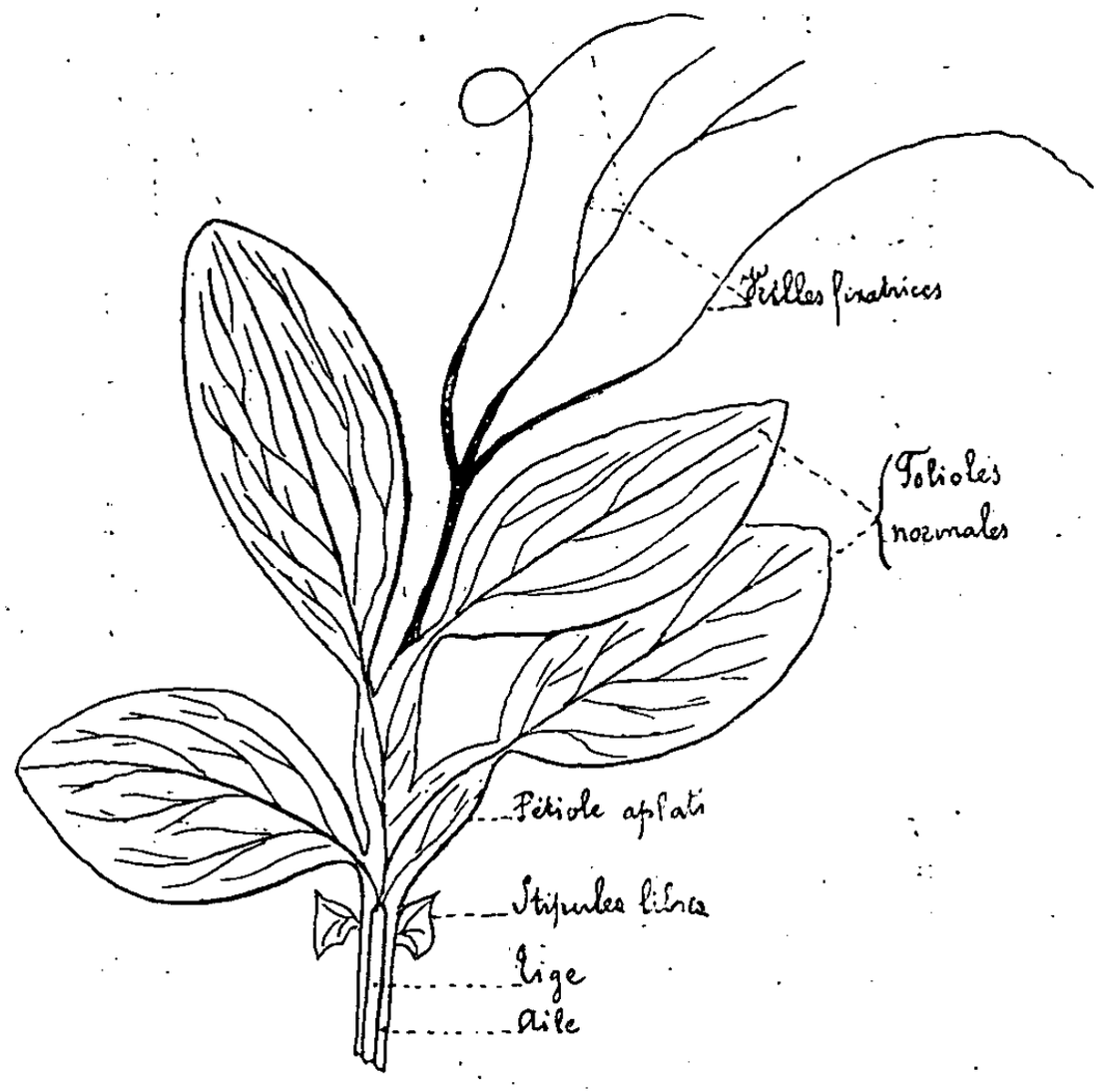



FIG. 4. — Feuille voisine des extrémités florifères de *L. Ochrus* (Grandeur réelle).

des folioles, *ont tendance à porter des folioles, mais leur adaptation ne va jamais aussi loin.*

En effet, à partir du huitième nœud environ, le lobe médian des feuilles écailleuses qui, aux nœuds inférieurs se termine par une seule pointe plus ou moins obtuse (comme chez toutes les Viciées) *tend à se trifurquer.* Il porte d'abord deux, puis trois lobes filiformes dont la longueur n'excède guère 20 à

25 millimètres *(fig, 3)*. Au premier abord, on pourrait prendre ces trois lobes filiformes pour des vrilles. Mais un examen attentif montre que de ces trois prolongements grêles, *un seulement* — le médian — peut ultérieurement jouer le rôle physiologique de vrille. Les deux lobes latéraux ne peuvent jamais s'enrouler à un support. Ils correspondent simplement à *des feuilles non développées*. Aussi bien, vers le treizième nœud *(fig. 3)*, l'un de ces prolongements filiformes latéraux est-il remplacé à l'extrémité de l'organe aplati qui le porte par une foliole bien caractérisée. Au nœud suivant, ces deux lobes latéraux ont généralement fait place à deux folioles. C'est donc *à partir de ce moment* que l'organe foliaire peut être réellement assimilé à une feuille normale. Quant à l'organe filiforme médian, il se trifurque rapidement en vrilles légèrement aplaties à leur base. Ces vrilles qui atteignent jusqu'à 120 millimètres sont *seules fixatrices*.

Enfin, au voisinage des extrémités florifères, les pétioles ailés portent le plus souvent quatre folioles. Deux d'entre elles sont terminales; deux autres folioles semblables sont insérées sur les marges du pétiole ailé et ne sont pas opposées *(fig. 4)*.

4° Comme *chez toutes les feuilles écailleuses*, les stipules des feuilles de base conservent des dimensions uniformes. Elles restent *soudées au lobe médian et sont toujours réduites à une petite pointe à peine visible d'un millimètre de longueur au plus (fig. 3)*.

Il est bon d'ajouter pourtant que cette réduction extrême des stipules se manifeste encore jusqu'à un niveau assez élevé. Cela tient, sans doute, à ce que, par suite de l'aplatissement, les stipules restant soudées aux ailes de la tige ne peuvent s'individualiser. *Leur évolution est ainsi retardée.*

Quoiqu'il en soit, à mesure qu'on se rapproche des extrémités, le pétiole ainsi que je l'ai déjà montré, acquiert des dimensions de plus en plus petites. Quand ce phénomène est assez accentué, on voit apparaître à la base du pétiole, simplement ailé et non plus largement aplati, d'abord une seule stipule de forme normale, *rudimentaire mais libre*. Au nœud suivant, la feuille porte deux stipules semblables et ces organes, dès maintenant nettement individualisés *(fig. 4)*, prennent rapidement la forme sagittée des stipules des Viciées. Pourtant, chez les exemplaires malingres, les stipules sont rarement isolées, même au voisinage des pédoncules floraux.

## Conclusions tirées de la morphologie externe.

En résumé, *au point de vue morphologique*, l'aplatissement de la tige et des organes qu'elle porte *a pour résultats de retarder l'apparition des folioles*.

Ce retard dans l'apparition des folioles correspond :

1° A une *adaptation des feuilles écailleuses* qui deviennent ainsi des organes de remplacement des folioles. Cette adaptation n'est cependant jamais assez complète pour que les feuilles écailleuses puissent présenter des folioles;

2° A un *retard dans l'évolution des stipules* qui, sur une très grande partie de la tige, à partir de la base, restent réduites à une très petite pointe soudée à la feuille écailleuse ou au pétiole élargi.

## B. — Anatomie.

Pour faire comprendre la nature des modifications anatomiques que l'aplatissement imprime à la plante, il importe de faire connaître rapidement l'organisation générale de la tige dans le genre *Vicia* choisi comme type de Viciée.

1° *Raccord des premières feuilles écailleuses des Viciées avec la tige.* — Chez *toutes les Viciées*, il sort immédiatement au-dessus du nœud cotylédonaire, deux dérivations importantes issues du cylindre central *(fig. 5)*, qui forment les faisceaux corticaux. Ceux-ci, vus dans les coupes, sont légèrement obliques et situés sensiblement aux deux extrémités du petit axe d'une coupe transversale de la tige. Aux deux extrémités du grand axe, également au-dessus du nœud cotylédonaire, deux colonnes de sclérenchyme s'individualisent rapidement et persistent sur toute la longueur de la tige. C'est *en face de ces deux colonnes sclérenchymateuses que toutes les feuilles prennent alternativement naissance.*

A chaque nœud, en même temps que le faisceau foliaire sort du cylindre

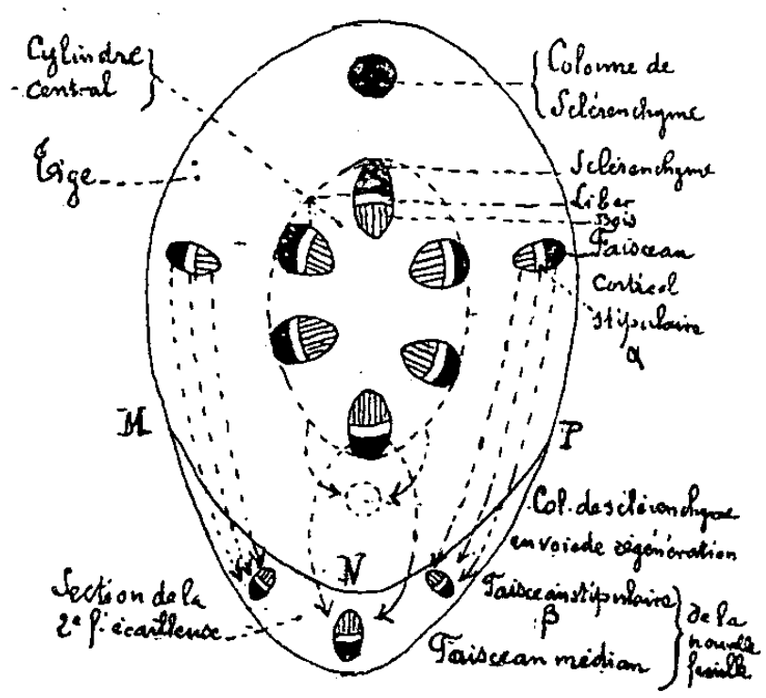



Fig. 5. — Coupe transversale schématique d'une tige Viciée au-dessous de la 2e feuille écailleuse. Les flèches en pointillé indiquent le trajet suivi par les déviations des faisceaux.

central pour se rendre dans le lobe médian de la feuille écailleuse, chaque faisceau cortical se dédouble. Une partie α reste dans l'écorce, l'autre, β, se déplace et vient alimenter le lobe latéral droit ou gauche de la feuille écailleuse.

Attendu que chez les feuilles normales situées plus haut sur la tige, ces mêmes faisceaux se rendent aux stipules libres, on peut dès maintenant les appeler *faisceaux corticaux stipulaires.*

Chez les feuilles écailleuses, la stipule réduite à une pointe soudée au lobe médian (lobe correspondant à la feuille proprement dite), n'est donc alimentée que par une portion du faisceau cortical stipulaire. La feuille écailleuse se sépare un peu plus haut suivant la ligne MNP *(fig. 5)*.

2° *Raccord des feuilles normales des Viciées avec la tige.* — Chez les feuilles normales (foliolées et stipulées) chaque faisceau cortical stipulaire *se rend en entier dans la stipule (fig. 6)*. Ces faisceaux corticaux stipulaires sont alors *régénérés immédiatement* par une dérivation issue du cylindre central qui vient les remplacer. C'est donc au nœud immédiatement inférieur que chaque faisceau cortical est régénéré.

Cela posé, étudions les rapports des diverses feuilles du *Lathyrus Ochrus* avec la tige. Chez cette plante, la tige présente au-dessous de la première feuille

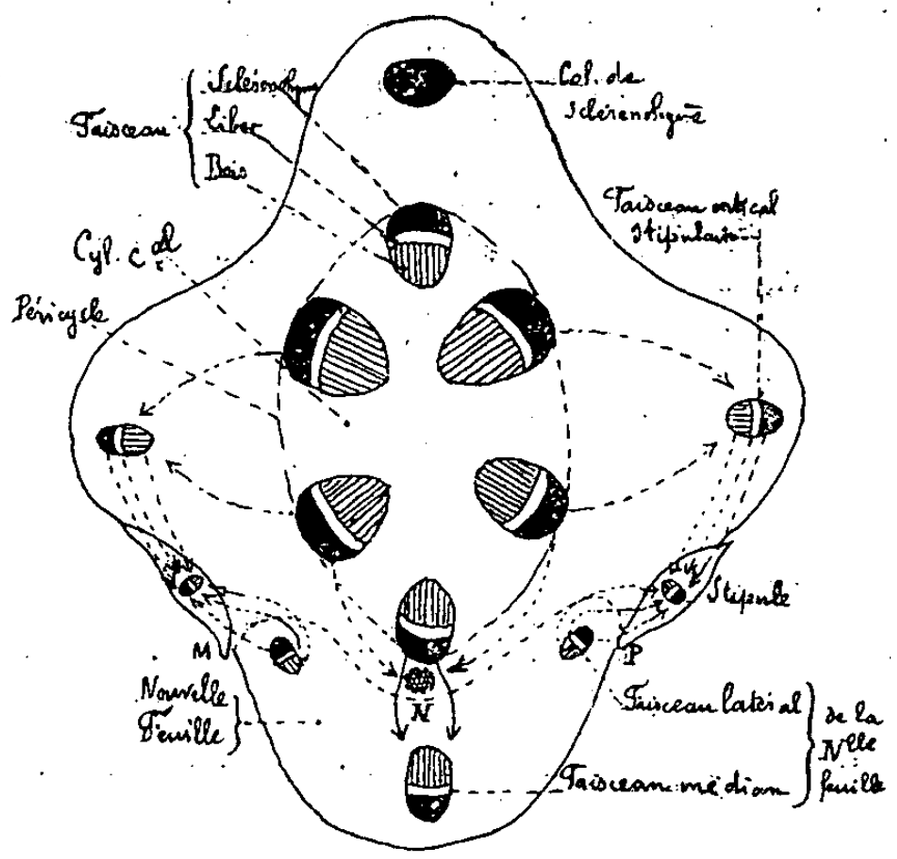



FIG. 6. — Coupe transversale schématique d'une tige de Viciée au-dessous d'une feuille normale caulinaire.
Les flèches en pointillé indiquent le trajet suivi par les dérivations issues de divers faisceaux.

exactement la même constitution que chez toutes les Viciées c'est-à-dire que le faisceau cortical stipulaire se dédouble au nœud :

Une partie β se rend dans la stipule soudée à la feuille, l'autre partie α reste dans l'écorce, mais par suite de la transformation de la tige en ailes, transfor-

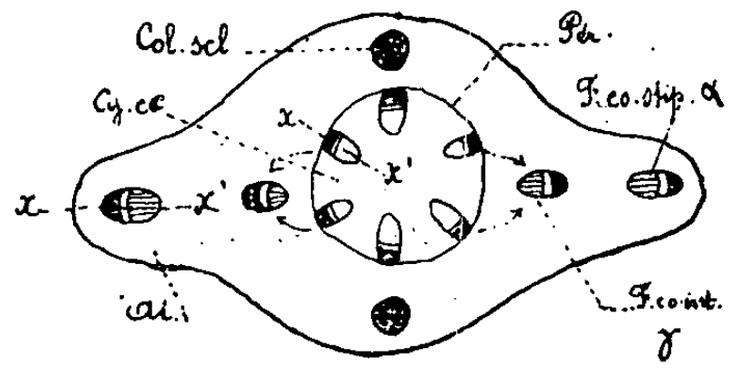



FIG. 7. — Coupe schématique transversale de la tige de *L. Ochrus* au-dessous de la 2e feuille. Première phase de l'aplatissement. — Ai., Aile; Cy. ce., Cylindre central; Col. scl., Colonne de sclérenchyme; Pér., Péricycle; F. co. stip., Faisceau cortical stipulaire; F. co. int., Faisceau cortical intermédiaire *xx'* axe d'un faisceau. (La dérivation β est partie dans le stipule.)

mation qui commence à ce niveau, cette partie α se trouve immédiatement rejetée dans la marge de l'aile *(fig. 7)* c'est-à-dire l'une des extrémités du grand axe d'une coupe transversale. En même temps, il sort du cylindre central une dérivation γ dont l'axe est orienté dans le même sens que l'axe de α (j'appelle axe d'un faisceau la ligne qui sépare en deux parties sensiblement symétriques la coupe transversale d'un faisceau).

Ces faisceaux α et γ jouant un grand rôle dans la formation des ailes de la tige, je propose pour simplifier mon exposé de les désigner comme il suit :

α situé dans la marge de l'aile, *faisceau cortical stipulaire*; γ situé entre le précédent et le cylindre central, *faisceau cortical intermédiaire*.

Vue en coupe transversale, la tige, dans ce premier entre-nœud, présente donc la disposition donnée par la figure 7. Elle est la première phase de l'aplatissement de la tige ou, si l'on veut, de sa transformation en ailes.

Cet aplatissement de la tige s'accentue graduellement à partir de la deuxième

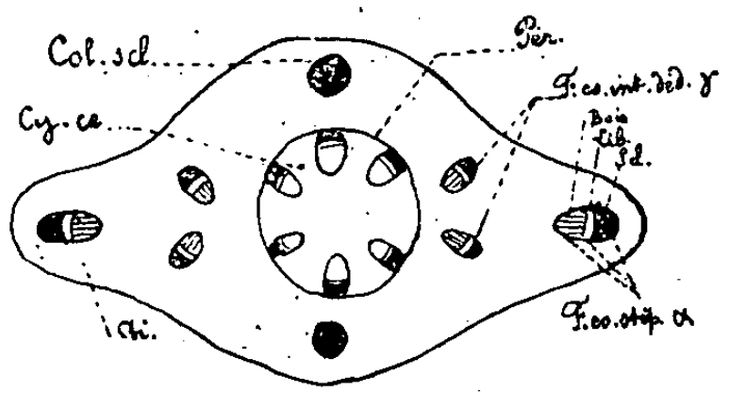



FIG. 8. — Coupe transversale de la tige de *L. Ochrus* au-dessous de la 3e feuille. Deuxième phase de l'aplatissement. — Ai., Aile; Cy. ce., Cylindre central; Col. scl., Colonne de sclérenchyme; Pér., Péricycle; F. co. int. déd., Faisceau cortical intermédiaire dédoublé; F. co. stip., Faisceau cortical stipulaire. (Bois, Liber, Sclérenchyme).

feuille. Chacun des deux faisceaux corticaux intermédiaires γ se dédouble de telle sorte que les deux ramifications ainsi obtenues sont opposées par leur bois *(fig. 8)*. Leur axe est alors légèrement oblique sur l'axe commun des deux faisceaux corticaux stipulaires rejetés à l'extrémité des marges des ailes.

Telle est la deuxième phase de l'aplatissement de la tige.

Nous sommes dès maintenant en possession de tous les éléments nécessaires pour comprendre le mode d'orientation des faisceaux des ailes de la tige du *L. ochrus*.

*Constitution des ailes de la tige.* — L'aile est constituée *(fig. 9)* par un épiderme formé de cellules légèrement plus larges que hautes. Cet épiderme porte des

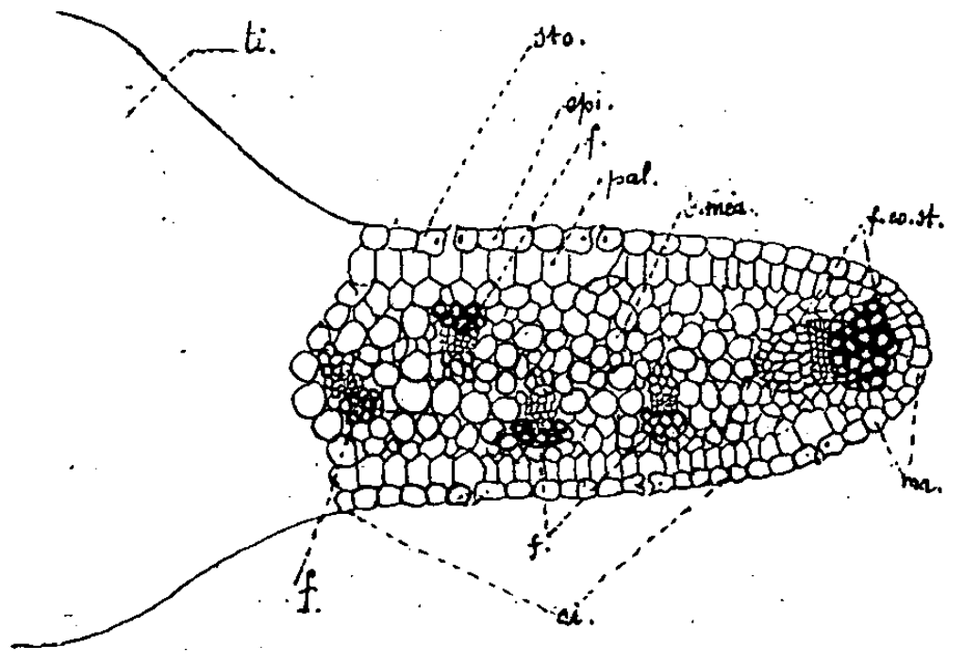



FIG. 9. — Coupe transversale, un peu schématisée, d'une aile de la tige de *L. Ochrus*. — ti., tige; sto., stomate; épi., épiderme; f., faisceau de l'aile; pal. palissades; t. méa., tissu méatique; f. co. st., faisceau cortical stipulaire; ma., marge de l'aile; ai., aile.

*stomates extrêmement abondants*. Au-dessous de l'épiderme, comme dans la plupart des organes verts dressés dans un plan vertical, on trouve sur chaque face

*une ou deux assises de tissu assimilateur* dont les cellules sont sensiblement isodiamétriques. La partie médiane de l'aile comprise entre ces deux massifs de tissu assimilateur est remplie par cinq ou six assises de cellules cubiques non différenciées, dépourvues de chlorophylle, entre lesquelles sont ménagés de nombreux méats *(fig. 9)*.

Ces deux caractères : *stomates et tissu assimilateur très abondants* montrent que lea ailes de la tige sont, elles aussi, des organes de remplacement des folioles rares ou absentes. Remarquons d'ailleurs qu'au voisinage des fleurs, les ailes sont moins développées. Par contre dans ces mêmes régions de la tige, les pétioles portent des folioles plus ou moins grandes.

*Orientation des faisceaux.* — Ce sont ces deux groupes de faisceaux savoir *(fig. 8)* :

*a*) Deux faisceaux corticaux intermédiaires ;

*b*) Un faisceau cortical stipulaire ;

qui, dans chaque aile de la tige, envoient des ramifications qui s'orientent diversement.

*a*) *Dérivations issues des faisceaux corticaux intermédiaires.* — Ce sont surtout ces faisceaux corticaux intermédiaires qui envoient dans l'aile des ramifications. Ces ramifications sont orientées d'une façon tout à fait irrégulière. Quelques exemples vont nous permettre d'expliquer comment se produit cette diversité d'orientations.

*Premier exemple.* — Les deux faisceaux corticaux accolés par leur bois envoient *ensemble* une ramification dans l'aile. Deux cas peuvent se présenter : Si, dans les deux faisceaux à la fois, le bois part le premier et que le liber le suive, la ramification ainsi produite est orientée dans l'aile en sens inverse du faisceau cortical stipulaire : Par rapport au cylindre central, son bois est externe et son liber interne *(fig. 10)*.

*Deuxième exemple.* — Si, au contraire, dans les deux faisceaux à la fois, c'est le liber qui part le premier, l'orientation de la ramification est la même que celle du faisceau stipulaire : par rapport au cylindre central, son bois est interne et son liber externe (*fig. 11*).

*Troisième exemple.* — Très souvent aussi, les deux faisceaux corticaux intermédiaires ne se dédoublent pas en même temps. L'un des deux seulement envoie une ramification dans l'aile. L'axe de ce faisceau ramifié est alors perpendiculaire à celui du faisceau cortical stipulaire. C'est même un cas extrêmement fréquent *(fig. 12)*.

*Quatrième exemple.* — Parfois aussi le bois ou le liber part tout seul. On trouve alors — mais assez rarement — un petit massif ligneux ou libérien isolé dans l'aile *(fig. 13)*.

*b*) *Dérivations issues des faisceaux corticaux stipulaires.* — *Dans tous les entre-nœuds*, le faisceau cortical stipulaire conserve une *orientation constante*. Vu dans les coupes *(fig. 7 à 13)* son axe coïncide avec le grand axe commun aux deux ailes. Par rapport au cylindre central, le bois est toujours interne, le liber toujours externe et adossé à un massif important de sclérenchyme. Mais à une petite distance au-dessous de chaque feuille, il se dédouble, *comme toujours*, en deux.

Une partie β reste à l'extrémité de la marge. C'est elle qui alimente la sti-

pule. L'autre partie β' se rapproche progressivement de la colonne de sclérenchyme en face de laquelle doit sortir le faisceau foliaire. Cette partie β' glisse

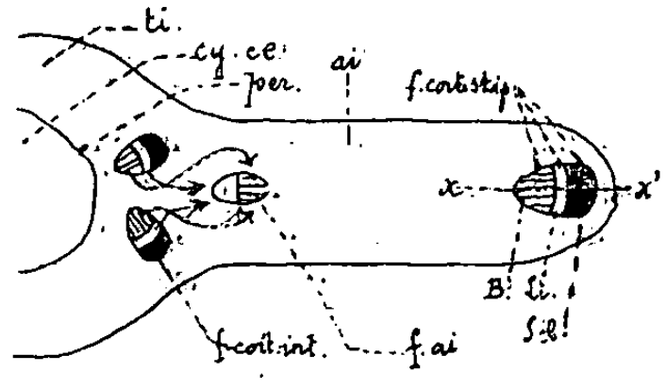



FIG. 10. — Premier exemple d'orientation des faisceaux de l'aile de la tige de *L. Ochrus*. Les vaisseaux ligneux partent les premiers dans la dérivation qu'ils forment dans l'aile. (Les faisceaux considérés sont seuls figurés.) Un f. de l'aile *ai*. est orienté en sens contraire du f. cortical stipulaire, f. cort. stip.

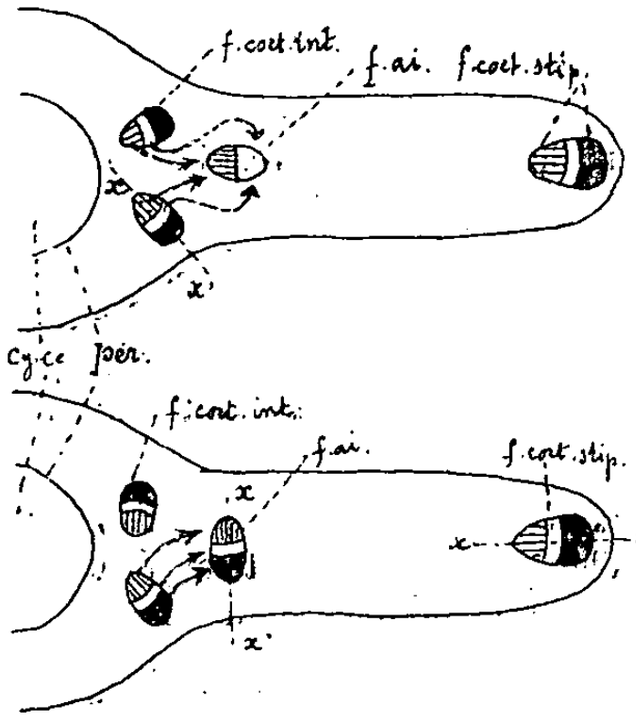



FIG. 11. — Deuxième exemple : Les vaisseaux libériens partent les premiers. (Les faisceaux étudiés sont seuls figurés.) Un faisceau de l'aile f. *ai* est orienté dans le même sens que le faisceau cortical stipulaire.

FIG. 12. — Troisième exemple : Un seul des deux faisceaux corticaux intermédiaires envoie une dérivation dans l'aile. (Les faisceaux étudiés sont seuls figurés.) L'axe des faisceaux de l'aile est perpendiculaire à l'axe du faisceau cortical stipulaire, f. cort. stip.

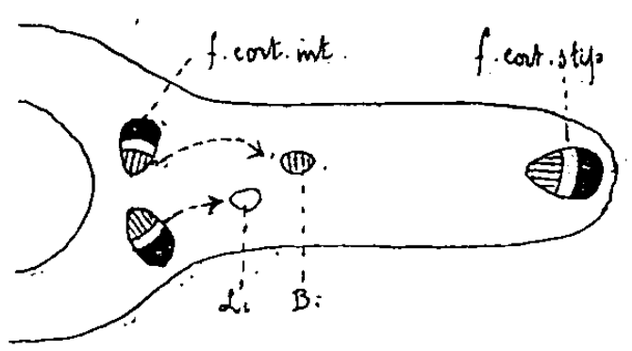



FIG. 13. — Quatrième exemple : Sortie successive d'un massif libérien et d'un massif ligneux issus de l'un ou l'autre des deux faisceaux corticaux intermédiaires.

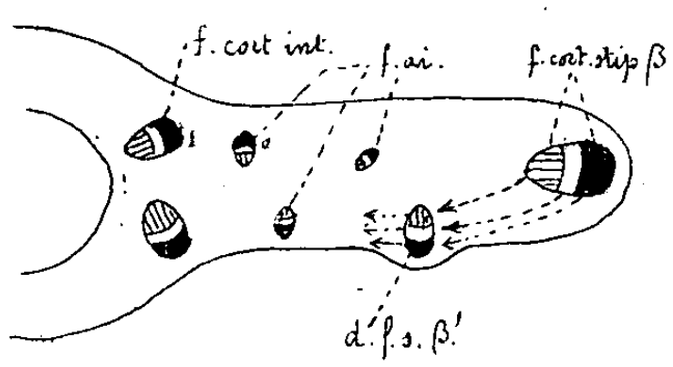



FIG. 14. — Cinquième exemple : Mode de sortie de la dérivation unique issue du faisceau cortical stipulaire.

Légende des FIG. 10 à 14.

ti., tige; cy. ce., cylindre central; pé., péricycle; Li., Liber; B., Bois; scl., sclérenchyme; ai., aile; f. cort. int., faisceau cortical intermédiaire; f. cort. stip., faisceau cortical stipulaire; f. ai., faisceau de l'aile; *xx'*, axe d'un faisceau libéro-ligneux; d. f. s., dérivation d'un faisceau cortical stipulaire.

alors le long de la face de l'aile qui va se raccorder directement avec la face dorsale de la nouvelle feuille *(fig. 14)*. A mesure qu'on se rapproche du nœud,

la largeur de l'aile diminue graduellement jusqu'à devenir presque nulle. En même temps, cette portion β' ramène vers l'axe de la tige tous les faisceaux de l'aile *(f. ai. fig. 9 et 14)* diversement orientés dont j'ai donné l'origine plus haut. Elle se soude avec eux et le massif libero-ligneux ainsi obtenu, prend une orientation bien déterminée, la seule qui, dans l'espèce, puisse lui convenir pour sortir dans la feuille c'est-à-dire : bois ventral (par rapport à la nouvelle feuille), liber dorsal accolé à un massif de sclérose. Remarquons qu'il arrive toujours un moment où ce faisceau β' rencontre sur son passage une quelconque des ramifications issues des faisceaux corticaux intermédiaires orientée dans un sens ou dans l'autre. Enfin, cette ramification β', en glissant le long de l'épiderme détermine sur tout son trajet une nervure très accentuée, nettement visible à la face inférieure de la base de la feuille *(fig. 14)*.

Pour tous ces motifs, il est extrêmement rare, qu'à un niveau déterminé, l'orientation des faisceaux dans une des ailes soit identique à celle des faisceaux de l'autre aile. Tous les phénomènes dont je viens de citer quelques exemples, s'effectuent en même temps et parfois se superposent. On peut donc dire que, au moins dans la partie moyenne des entre-nœuds des régions moyennes et supérieures de la plante, *la dissymétrie de la tige ailée est la règle, la symétrie est l'exception.*

On pourrait s'étonner d'une telle diversité d'orientation des faisceaux si on ne tenait compte de ce fait important : que *les ailes de la tige sont des organes en voie d'évolution.* Aussi les faisceaux qui les alimentent ne sont-ils pas assujettis, comme ceux du cylindre central ou de la feuille, par exemple, à une orientation constante (bois interne, liber externe, ou bien bois ventral, liber dorsal).

En tout cas, il faut remarquer que cette diversité de structure n'existe que dans la partie moyenne des entre-nœuds. Au voisinage immédiat de chaque nœud, dès que le faisceau β' *(fig. 14)* s'est approché de l'axe, *tous les faisceaux* de l'aile, très étroite à ce niveau, *ont pris une orientation uniforme* c'est-à-dire, celle qu'ils prendront en entrant dans la nouvelle feuille. (bois ventral, liber dorsal).

D'autre part, immédiatement au-dessous de la stipule les coupes transversales en série, montrent qu'il ne reste plus dans l'aile qu'un seul faisceau dont le bois n'est pas ventral; c'est le faisceau cortical stipulaire. Un peu au-dessus, ce faisceau après avoir envoyé une petite ramification dans la stipule, reprend immédiatement l'orientation normale. Il y a donc plus dans la feuille de faisceau cortical stipulaire.

J'ajouterai enfin que ce mode de dédoublement du faisceau cortical stipulaire persiste jusqu'au sommet de la tige même quand les stipules sont isolées. Il n'y a donc jamais qu'une portion du faisceau cortical stipulaire qui alimente la stipule.

## Conclusions tirées de l'anatomie.

En résumé la transformation des ailes sur la tige a pour résultats :

1° De provoquer dans cette tige et dans les pétioles ailés la formation d'un tissu assimilateur très abondant qui remplace celui des folioles rares ou absentes;

2° De rejeter à l'extrémité des marges des ailes les faisceaux corticaux stipulaires;

3° De provoquer dans l'écorce de la tige (ailes) la naissance d'un grand nombre de petits faisceaux secondaires diversement orientés;

4° De modifier sur toute la longueur de la tige ailée le mode de sortie dans les stipules des faisceaux corticaux stipulaires, puïsque le faisceau cortical stipulaire ne se rend jamais en entier dans la stipule comme chez toutes les autres Viciées.

Sous ce rapport, toutes les feuilles du *Lathyrus Ochrus* présentent une frappante analogie avec les feuilles écailleuses des Viciées en général. Pourtant, si l'on considère :

*a*) Que les feuilles de base, au-dessous de la treizième environ, sont seules pourvues exclusivement des trois lobes caractéristiques des feuilles écailleuses;

*b*) Que ces mêmes feuilles de base ne peuvent jamais porter, ni folioles normales ni vrilles fixatrices.

On pourra admettre que le stade : feuille écailleuse persiste chez le *L. Ochrus* jusqu'au douzième nœud environ.

### Conclusions générales.

Le *Lathyrus Ochrus* possède deux sortes de feuilles :

1° Au-dessus des cotylédons, des organes ayant l'apparence de feuilles mais qui ne sont, en réalité, *que des pétioles aplatis, homologues du lobe médian des feuilles écailleuses des Viciées*. Aux premiers entre-nœuds, ces pétioles ont l'aspect de feuilles simples. Plus haut, ils présentent une division terminale en trois lobes courts et filiformes. De ces trois filets *le médian seul est susceptible de se fixer à un support comme une vrille.*

2° Dans les parties plus élevées de la tige, des feuilles dont les pétioles larges et aplatis ont de trois à cinq folioles ordinaires et à leur sommet trois organes filiformes très allongés. Ces filets ont *tous les trois la propriété de devenir de véritables vrilles fixatrices* et le médian même est souvent rameux. Les pétioles élargis, aussi bien les premiers que les seconds sont *physiologiquement* de véritables feuilles possédant un parenchyme chlorophyllien assimilateur.

La tige acquiert des ailes dès son deuxième entre-nœud au-dessus des cotylédons. *Les faisceaux corticaux stipulaires sont rejetés à la marge de l'aile.* Les stipules sont alors presque complètement soudées à ces ailes et n'apparaissent que comme deux très petites pointes à la base des feuilles. Au sommet des tiges vigoureuses, ces stipules s'individualisent davantage et ont la forme et les dimensions habituelles des stipules des Viciées. Les tiges ailées sont abondamment pourvues de chlorophylle.

*En résumé, la formation tardive des folioles, la réduction des stipules, sont en corrélation avec l'aplatissement et les propriétés assimilatrices de la tige et des pétioles.*

M. W. RUSSELL

à Paris.

## RECHERCHES SUR LA LOCALISATION DE LA TAXINE CHEZ L'IF (1)

[615.9 : 585.2]

— *Séance du 13 août* —

L'If (*Taxus baccata*, L.) est, comme on sait, un arbre à feuilles persistantes, employé communément pour faire des haies, des massifs auxquels l'art du jardinier donne les formes les plus variées. C'est cependant un des végétaux les plus dangereux de notre flore, parce que rien ne met en garde contre sa toxicité. Il n'exhale pas une odeur repoussante et son feuillage vert foncé tente fréquemment les animaux domestiques, qui après en avoir ingéré même une faible quantité, ne tardent pas à succomber.

Bien que les propriétés vénéneuses de l'If soient connues depuis longtemps (2), la localisation microchimique de ses principes toxiques n'a pas encore, je crois, été faite.

On sait seulement que les parties les plus dangereuses de la plante sont les feuilles âgées; les jeunes feuilles et les tiges passent pour être beaucoup moins toxiques (3). Certains auteurs, comme Chevalier, Duchesne et Reynal admettent même que les tiges ne renferment pas de principe vénéneux (4). Marmé en 1876 (5) a isolé du suc des feuilles un alcaloïde, la *taxine*, qui est considérée comme l'agent actif de l'If. Cette substance s'obtient facilement par le procédé suivant: on broie au mortier, dans de la benzine, des feuilles préalablement hachées, et, après une macération d'environ vingt-quatre heures, on laisse évaporer la solution benzinique (6).

Un kilogramme de feuilles donne environ 15 centigrammes de taxine.

La taxine cristallise en très petits prismes incolores, isolés ou groupés; elle est très peu soluble dans l'eau, très soluble dans la benzine, l'éther et l'alcool. L'acide sulfurique concentré la dissout et la colore en rouge pourpre, cette réaction a été indiquée par Marmé. D'autres réactifs m'ont éga-

(1) Ce travail a été fait au Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Paris.

(2) César (*De bello gallico*, livre VI) mentionne que Cativolcus, roi des Eburons, s'empoisonna avec de l'If,

(3) Cornevin : *les Plantes vénéneuses*, p. 48.

(4) Chevalier, Duchesne et Reynal : *Mémoire sur l'If (Annales d'Hygiène et de Médecine légale*, IV).

(5) Marmé : *Jahresb. f. Pharm.*, 1876.

(6) D'après Beilstein, (*Handbuch der organischen Chemie*, III, p. 948), on peut également extraire la taxine en épuisant les feuilles par l'éther; dans ce cas on mélange la solution avec de l'eau acidulée et on précipite par l'ammoniaque.

lement fourni des colorations caractéristiques : le réactif de Mandelin (acide sulfurique et vanadate d'ammonium) donne une teinte rouge-clair. L'acide sulfurique et le sucre (réaction de Raspail) produisent une belle coloration rouge-cerise ; l'iodure de potassium iodé précipite en brun orangé ; l'acide phosphomolybdique en brun grisâtre et le bichlorure de mercure en blanc sale.

Lorsqu'on opère sur des tissus vivants, les colorations obtenues avec quelques-uns des réactifs précités diffèrent un peu de celles que l'on observe *in vitro;* avec l'acide sulfurique en particulier, la teinte rouge pourpre caractéristique de la taxine disparaît au bout de quelques instants pour faire place à une teinte rouge brun qui persiste.

Ces modifications de coloration tiennent probablement à la présence d'un corps qui accompagne toujours la taxine et dont les réactions sont celles des tannoïdes, il se colore en effet en bleuâtre par le sulfate de fer : en noir par le perchlorure de fer, en brun clair par l'acétate de cuivre et en jaune fauve par le réactif de Brœmer (1).

J'ai effectué mes recherches de localisation en employant plus spécialement le réactif de Mandelin, légèrement additionné d'eau. Ce réactif, d'une très grande sensibilité, offre l'avantage d'être presque sans action sur les tannoïdes (2).

Mes investigations ont porté sur les tiges et les feuilles d'un arbre vigoureux dont j'ai prélevé des échantillons à diverses époques de l'année, afin de chercher si les principes actifs sont susceptibles de subir des migrations au cours de la végétation.

### LOCALISATION DE LA TAXINE

1° *Tiges.* — Les coupes longitudinales effectuées dans les bourgeons terminaux montrent que la taxine débute à une courte distance des cellules initiales ; elle fait son apparition dans le conjonctif central et s'étend rapidement dans la zone perimédullaire ; plus tard elle envahit les tissus situés en dehors des cordons procambiaux, sans toutefois se manifester dans la partie périphérique de l'écorce. Les coupes transversales pratiquées un peu au-dessous du bourgeon terminal permettent de voir qu'à ce niveau la taxine s'est surtout localisée dans l'épiderme ; le péricycle et la zone périmédullaire n'en renferment plus que quelques traces ; l'écorce en contient un peu dans les cellules de sa région moyenne. Les cellules à taxine de l'écorce sont réparties d'une façon très inégale, car certains secteurs en sont totalement dépourvus, alors que d'autres en possèdent un assez grand

(1) Le réactif de Brœmer a la composition suivante : 1° Tungstate de sodium, 1 ; 2° Acétate de sodium, 2 ; 3° Eau distillée.

(2) Le tanin du commerce se colore en rouge-orangé par l'acide azotique, en brun roux par l'ammoniaque, en jaune ocracé par l'acide sulfurique et en grisâtre par le réactif de Mandelin.

nombre. A la base des rameaux de l'année, on constate la présence de cellules à taxine dans la partie profonde de l'écorce, ainsi que dans le péricycle et dans le liber. Chez les tiges âgées, c'est dans le liber secondaire que s'effectue surtout la localisation. La teneur en alcaloïde va en s'accroissant régulièrement avec l'âge. Dans les régions jeunes, le réactif de Mandelin colore le contenu cellulaire en rougeâtre; plus bas on obtient une teinte rouge-orangé et enfin dans les régions âgées la coloration obtenue est voisine du rouge-brique.

2° *Feuilles.* — Les feuilles incluses dans les bourgeons recèlent de la taxine, alors qu'elles sont encore à l'état d'ébauche : l'apparition de l'alcaloïde s'effectue d'abord dans les cellules épidermiques situées dans le plan de symétrie foliaire; bientôt après, toutes les autres cellules de l'épiderme en contiennent; un peu plus tard, la taxine se montre dans quelques cellules de l'endoderme et du péridesme et, enfin, dans le parenchyme cortical qui avoisine le méristèle. Après l'éclosion des bourgeons, la taxine se concentre particulièrement dans l'épiderme et l'endoderme, elle abandonne le péridesme et ne se voit plus qu'en faible quantité dans l'écorce. Les cellules à taxine de l'écorce appartiennent au tissu lacuneux; sur les bords du limbe, elles forment des groupes de trois à quatre éléments; ailleurs elles sont isolées et souvent en contact immédiat avec les cellules du tissu en palissade.

A mesure que les feuilles avancent en âge, les cellules à taxine apparaissent de plus en plus nombreuses tant dans l'écorce que dans la méristèle et, comme chez les tiges, la teneur en alcaloïde va sans cesse en s'accroissant. C'est dans les feuilles recueillies avant la reprise de la végétation que la richesse en alcaloïde semble atteindre son maximum.

*La taxine ne disparaît pas dans les tiges et les feuilles soumises à la dessication* (1).

## LOCALISATION DU TANNOÏDE

Lorsqu'on traite les coupes par le réactif de Bræmer, on peut constater que la répartition du tannoïde est liée à celle de la taxine; comme celle-ci il débute au voisinage des points végétatifs et sa concentration va en augmentant dans les organes adultes. Dans les jeunes organes, la proportion du tannoïde est généralement inférieure à celle de la taxine, mais, dans les organes adultes, on observe souvent le phénomène inverse; cela se voit notamment dans l'épiderme des tiges et des feuilles âgées, et quelquefois aussi dans le péridesme des jeunes feuilles.

*En résumé, la Taxine chez l'If se rencontre aussi bien dans les tiges que*

(1) HARMAND DE MONGARNI (*Observations sur l'If*, in *Journal de Médecine*, 1790) a signalé un cas d'empoisonnement chez un enfant auquel on avait administré de la poudre de feuilles d'If desséchées.

*dans les feuilles, mais en proportion variable avec l'âge; elle est abondante au voisinage des points végétatifs, puis diminue pendant quelque temps au début du développement pour augmenter de nouveau et atteindre son maximum de concentration dans les organes âgés.*

*La taxine est toujours accompagnée d'un tannoïde.*

---

M. le Dr H. JODIN

Préparateur à la Faculté des Sciences de Paris.

## STRUCTURE DE L'AXE HYPOCOTYLÉ CHEZ LES BORRAGINÉES (1) [581.7]

*— Séance du 13 août —*

Pour l'étude anatomique de l'axe hypocotylé chez les Borraginées, nous prendrons comme type une plantule d'*Echium vulgare*. Nous verrons ensuite quelles peuvent être les variations de structure que l'on peut observer dans l'axe hypocotylé des autres représentants de la même famille.

1° *Épiderme.* — L'épiderme présente à peu près les mêmes caractères sur toute la hauteur de l'axe hypocotylé. Il est constitué par des cellules petites, à parois minces, régulièrement disposées et très régulières. Les poils épidermiques sont assez peu nombreux, leur nombre augmentant cependant au voisinage de l'insertion des feuilles cotylédonnaires.

2° *Écorce.* — L'écorce présente également peu de caractères bien remarquables. Son épaisseur est sensiblement la même dans tous les genres, et augmente brusquement dans la région du collet; les cellules dont elle est formée sont polyédriques et très régulières. L'endoderme ne présente rien de particulier.

3° *Cylindre central.* — Le cylindre central ne présente pas la même forme suivant les différents niveaux auxquels on l'observe. Arrondi jusqu'au milieu de la hauteur de l'axe hypocotylé, il prend, à partir de ce niveau, un contour ovale qui s'accentue au fur et à mesure que l'on s'approche des cotylédons. Le grand axe de cette ellipse passe par les deux faisceaux du bois. Cette disposition s'observe dans presque tous les genres. Dans le genre *Myosotis*, cependant, le cylindre central est cylindrique dans toute sa hauteur, et dans le genre *Heliotropium*, le grand axe de l'ellipse passe, non plus par les deux faisceaux du bois, mais par les deux faisceaux du liber.

*Bois primaire.* — La structure binaire de la racine se poursuit quelque temps encore dans l'axe hypocotylé. Sur une coupe de plantule d'*Echium*, passant par

(1) Travail fait au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, dirigé par M. Gaston Bonnier.

le collet, nous verrons donc les deux faisceaux de bois primaire réunis par leur région centrale, formant ce que nous appellerons la lame vasculaire primaire.

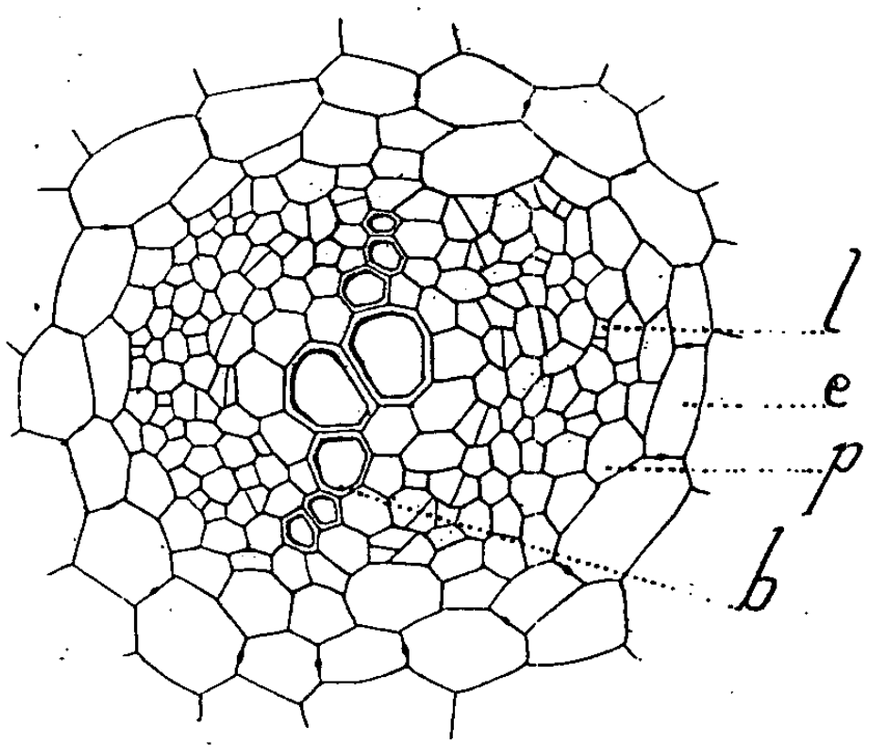



FIG. 1. — Coupe faite au niveau du collet. — *b*, bois; *l*, liber; *e*, endoderme; *p*, péricycle.

Cette lame vasculaire ligneuse renferme en son milieu un ou deux vaisseaux de très gros calibre. Ses deux extrémités comprennent une file de vaisseaux de plus en plus petits au fur et à mesure que l'on se rapproche du péricycle. Les rayons médullaires réunis par paire séparent la lame ligneuse primaire du liber, et sont, à ce niveau, entièrement cellulosiques *(fig. 1)*.

A un niveau plus élevé *(fig. 2)*, c'est-à-dire environ vers le quart de la hauteur de l'axe hypocotylé, l'aspect n'est plus le même. Les vaisseaux de bois qui présen-

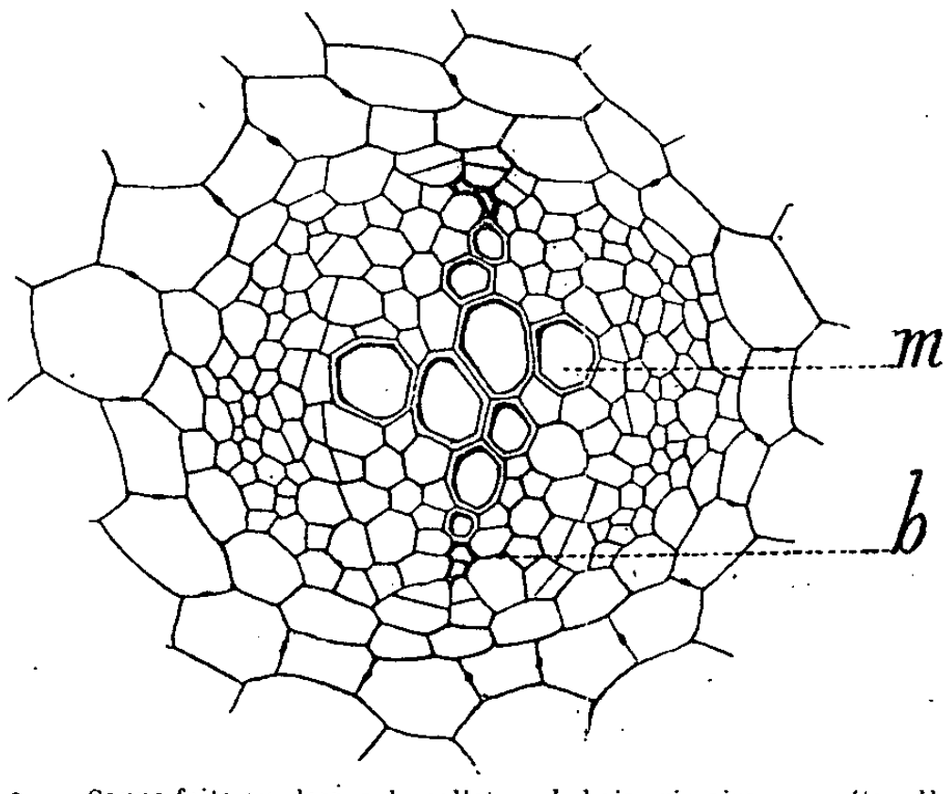



FIG. 2. — Coupe faite au-dessus du collet. — *b*, bois primaire; *m*, métaxylème.

tent le plus petit calibre, c'est-à-dire ceux qui sont les plus extérieurs, ne sont plus différenciés *(b)*. La lame ligneuse est donc réduite à une file de gros vaisseaux séparés du péricycle par de petits vaisseaux non différenciés. En outre, les cel-

lules des rayons médullaires qui avoisinent la région centrale prennent un grand développement et atteignent à peu près la taille des plus gros vaisseaux de bois. Celles, au contraire, qui sont situées à la face interne du liber, au lieu de croître en dimension, croissent en nombre. La région médullaire intralibérienne est donc représentée par un méristème qui est le siège d'un cloisonnement très actif et dont les cloisons sont situées dans le sens tangentiel.

Une coupe faite au milieu de l'axe hypocotylé *(fig. 3)* nous offre l'aspect suivant :

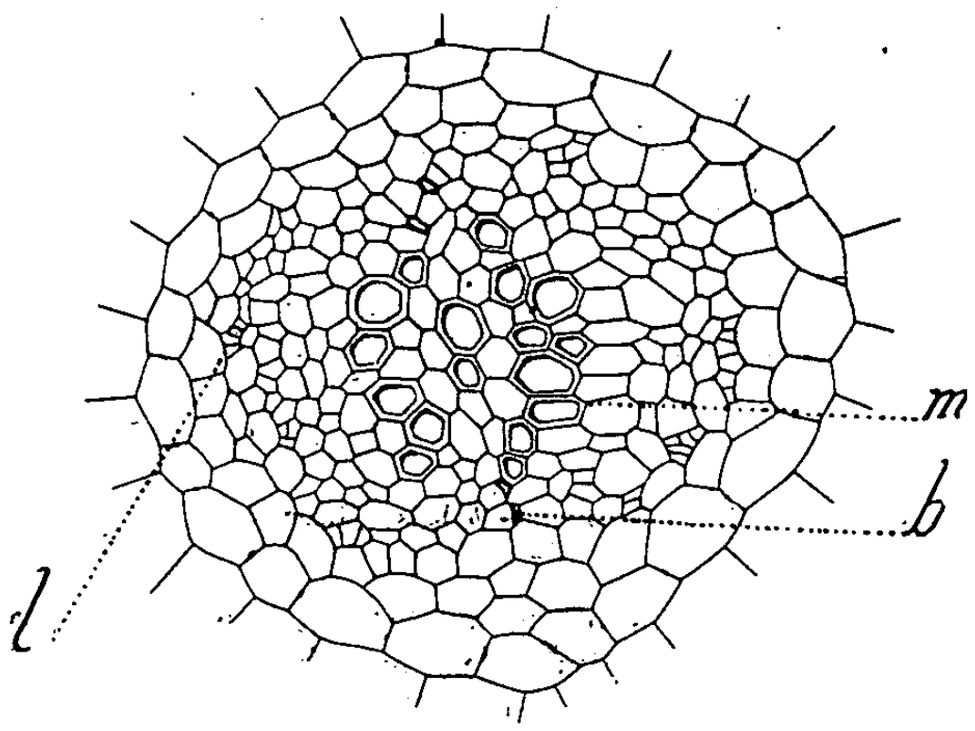



FIG. 3. — Coupe faite au milieu de l'axe hypocotylé. — *b*, bois primaire ; *m*, métaxylème.

les plus petits vaisseaux de bois primaire non seulement ne sont plus différenciés mais encore sont complétement déformés. Les plus gros vaisseaux primaires ont

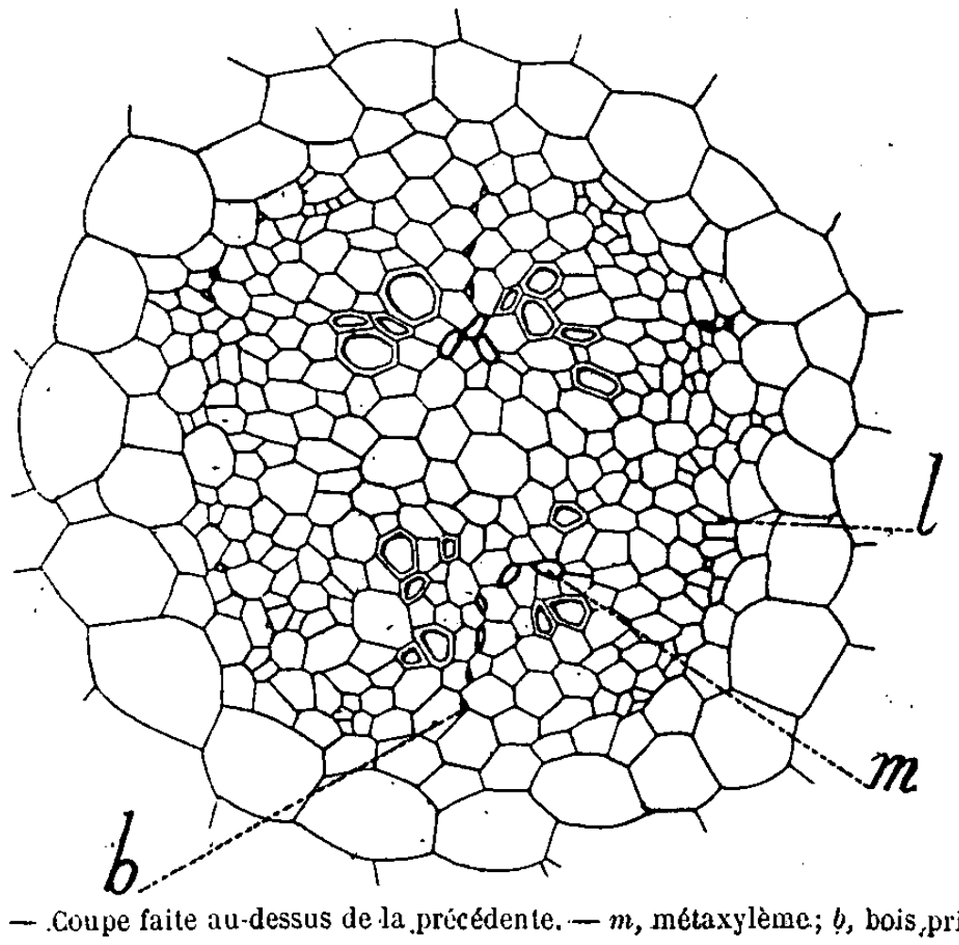



FIG. 4. — Coupe faite au-dessus de la précédente. — *m*, métaxylème ; *b*, bois primaire.

conservé leur forme, mais ont diminué de taille et, de plus, ont leurs parois entièrement cellulosiques. En outre, les cellules médullaires juxta-ligneuses,

dont les dimensions s'étaient déjà fortement accrues, commencent à lignifier leurs parois. Telle est la première apparition du métaxylème. Il en résulte que, tout en ayant encore à ce moment une structure de racine, on pourrait cependant, à la rigueur, interpréter cette structure comme structure de tige, si l'on ne tenait pas compte du développement : en effet, ce qui saute aux yeux au premier abord, c'est cet anneau de métaxylème situé à l'intérieur de l'anneau de liber et séparé de ce dernier par du méristème.

Avant d'étudier la structure à un niveau plus élevé, il importe de comparer au point de vue du développement la moelle que nous voyons à la base et celle que nous pouvons observer maintenant. En les comparant l'une à l'autre, nous voyons que non seulement elles ne sont pas situées dans le prolongement l'une de l'autre, mais encore que l'une est apparue en tant que moelle, alors que l'autre a complétement disparu en qualité de tissu non différencié. En effet, la moelle que nous avons étudiée dans la région du collet s'est différenciée au milieu de l'axe hypocotylé en méristème générateur et métaxylème : d'où disparition complète en tant que moelle. Vers ce même niveau, le bois primaire se prolonge par du tissu non différencié qui va prendre une extension de plus en plus considérable, au fur et à mesure que l'on s'élève. Cette moelle a donc pour origine le bois primaire.

Vers les trois quarts de la hauteur de l'axe hypocotylé (*fig. 4*), nous voyons au

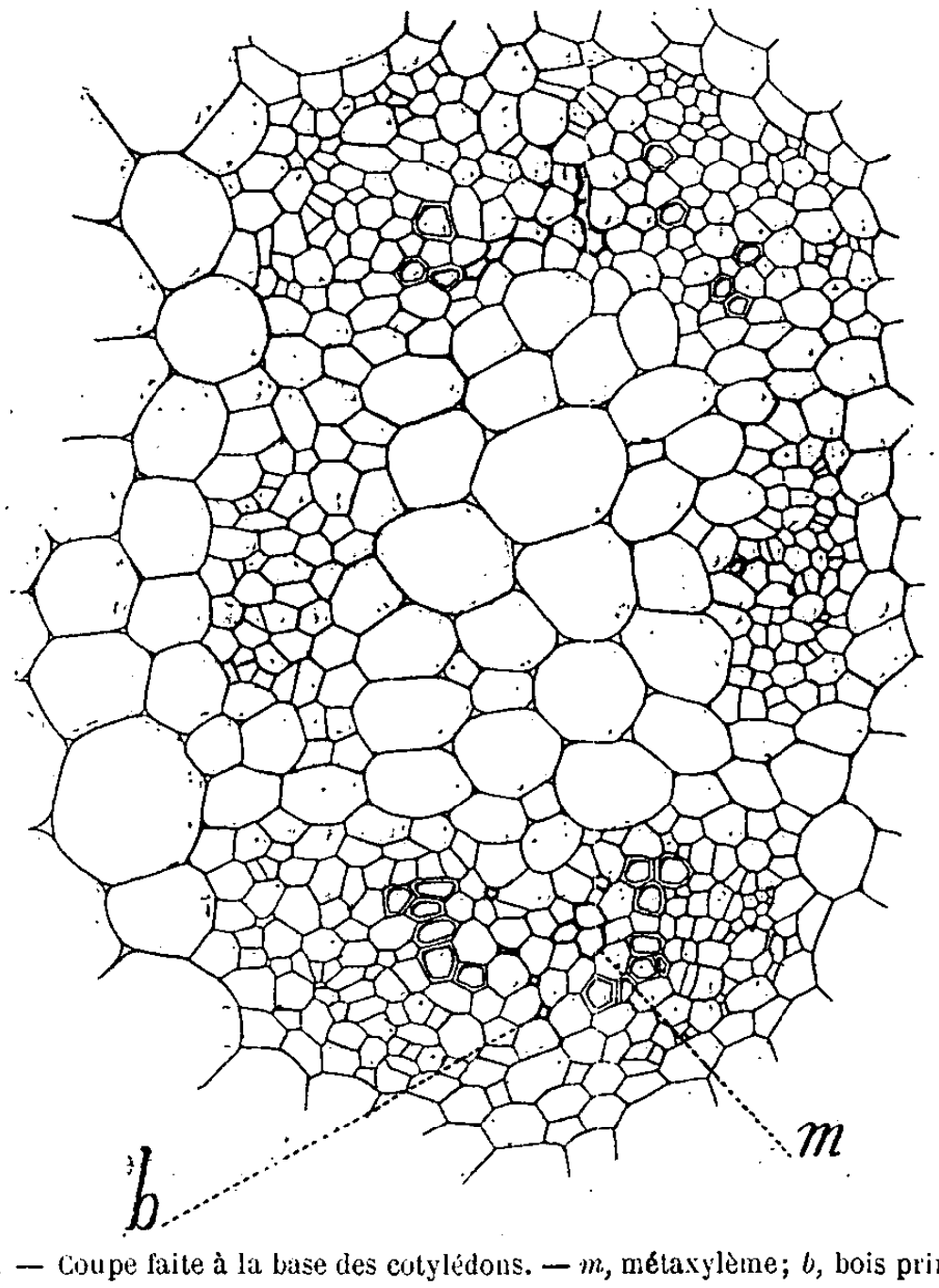



Fig. 3. — Coupe faite à la base des cotylédons. — *m*, métaxylème; *b*, bois primaire.

centre une moelle bien nette contenant dans ses deux régions extrêmes les

derniers vestiges de vaisseaux de bois primaire complètement déformés. De chaque côté de ces vaisseaux est un îlot de métaxylème situé à la face interne du liber. Ce métaxylème et le liber correspondant forment à la vérité un réel faisceau libéro-ligneux. On voit de la sorte quatre faisceaux libéro-ligneux qui s'agencent par paires pour former les deux faisceaux cotylédonnaires. Ces derniers, formés ainsi de deux demi-faisceaux possèdent pendant longtemps un sillon médian qui permet de délimiter chacun des faisceaux qui les ont formés.

En résumé, voici ce que nous avons constaté, du collet au sommet de l'axe hypocotylé :

1° Structure de racine, lame ligneuse, rayons médullaires cellulosiques;

2° Les cellules médullaires juxta-ligneuses s'accroissent et les cellules médullaires juxta-libériennes se cloisonnent;

3° Les plus petits des vaisseaux primaires ne sont plus différenciés, les cellules médullaires juxta-ligneuses se différencient en métaxylème;

4° Tout le bois primaire qui n'est plus différencié se déforme dans un parenchyme cellulosique. Le métaxylème se divise en quatre îlots;

5° A la base des cotylédons, les îlots vasculaires s'organisent en deux groupes dont chacun constituera un faisceau cotylédonnaire.

Ces transformations, qui s'observent dans le genre *Echium*, sont à peu près les mêmes dans les autres genres. Les quelques différences que l'on peut y observer sont dues principalement à ce que les changements ne s'opèrent pas toujours au même niveau.

Dans le genre *Anchusa,* par exemple, il faut monter beaucoup plus haut pour observer l'apparition du métaxylème et la disparition du bois primaire. Dans le genre *Cerinthe*, au contraire, le métaxylème apparaît à une distance très petite du collet.

Enfin, dans certains cas, le métaxylème, au lieu de se diviser en quatre îlots distincts, s'organise par groupes de deux îlots soudés, dont chacun est destiné au cotylédon correspondant : telle est la disposition que l'on observe dans les genres *Omphalodes*, *Lithospermum*, *Lycopsis et Myosotis*.

Tels sont les faits qui résultent de l'étude de coupes en série faites dans l'axe hypocotylé des plantes de cette famille. Ils permettent de constater la non-continuité qui existe entre les éléments vasculaires de la racine et de la tige. Le bois primaire est absolument réduit au sommet de l'axe hypocotylé; c'est dire combien peu on en trouvera dans la tige. Le métaxylème se développe à côté de lui et non dans son prolongement; le bois secondaire se développe à côté de ce dernier et non dans son prolongement. Il existe donc pour ainsi dire deux échelons dans le système vasculaire de la racine et celui de la tige, l'une entre le bois primaire et le métaxylème, l'autre entre le métaxylème et le bois secondaire.

# M. L. GÉNEAU DE LAMARLIÈRE

Chargé de cours à l'École de Médecine et de Pharmacie de Reims.


## SUR L'EMPLOI DU BLEU DE MOLYBDÈNE COMME RÉACTIF D'HISTOLOGIE VÉGÉTALE

[578.8]

*— Séance du 13 août —*

Dans mes recherches sur la localisation des phosphates dans les membranes végétales, j'ai été conduit à m'occuper accessoirement de l'action du bleu de molybdène sur les tissus (1). J'ai repris mes observations, et il semble que l'on puisse trouver dans ce colorant un réactif de quelque valeur qui pourra, à un moment donné, être utile à l'histologiste.

Sous le nom de bleu de molybdène, je désigne un oxyde de molybdène ou plus probablement un sesquioxyde (les chimistes eux-mêmes ne sont pas d'accord sur la formule à lui donner).

Pour obtenir ce réactif, je procède de la façon suivante : dans quelques centimètres cubes d'eau où sont en solution ou en suspension de petites quantités d'un phosphate quelconque (phosphate de chaux par exemple), je verse quelques gouttes d'une solution de molybdate d'ammonium dans l'acide azotique. Puis je chauffe légèrement de manière à obtenir un précipité jaune clair de phospho-molybdate. Je jette le tout sur un filtre. Le phospho-molybdate qui est resté sur le filtre est lavé soigneusement à l'eau pure qui enlève l'excès de phosphate ou de molybdate d'ammonium non combiné. Le lavage terminé, je verse lentement sur le filtre une solution de bichlorure d'étain ($SnCl^2$) ou d'hyposulfite de soude, il se forme instantanément du bleu de molybdène qui filtre et que l'on recueille. On doit chercher à obtenir une solution dont la teinte soit voisine de celle du bleu de méthylène à 1 0/0.

Si l'on recherche l'action du réactif ainsi obtenu sur divers tissus végétaux, on constate qu'il colore différentes parties de ceux-ci avec des intensités diverses.

Sur le protoplasme on n'obtient qu'une coloration insignifiante, et l'hyaloplasme paraît ne point réagir en face du colorant. Mais il n'en est pas de même de la portion granuleuse qui se colore au contraire en bleu foncé.

Les substances protéiques, les grains d'aleurone ne paraissent pas se colo-

(1) Quelques observations sur le molybdate d'ammonium employé comme réactif des membranes cellulaires. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, Juillet 1902).

rer. Il en est de même des substances grasses et de l'amidon. A la longue cependant quelques grains d'amidon paraissent se teinter légèrement.

Le noyau se colore rapidement et fortement par le bleu de molybdène et tranche par sa couleur foncée sur le protoplasme qui, surtout s'il n'est pas granuleux, est toujours de couleur plus pâle.

En ce qui concerne les membranes fraîches (c'est-à-dire non encore traitées par d'autres réactifs), on constate des différences marquées selon leur constitution. Celles qui ont subi une imprégnation quelconque (sels, lignine, cutine, subérine), sont plus ou moins réfractaires à la pénétration du réactif, au moins au début de son action. Si on prolonge le contact pendant plusieurs heures, on arrive à teinter plus ou moins en bleu les portions des membranes que d'autres réactifs nous ont appris à considérer comme relativement moins imprégnées de substances secondaires, en particulier de lignine.

Que si par des dissolvants ou des oxydants appropriés, on fait disparaître les diverses substances secondaires de la membrane, on constate alors que les parois incrustées, ramenées à l'état de pureté, absorbent fortement le bleu de molybdène. Les fibres, en particulier, aussi bien celles du bois que celles du liber, montrent dans ce cas une affinité spéciale pour le colorant, et se teintent en bleu foncé, tandis que les vaisseaux et le parenchyme ligneux se colorent moins fortement.

D'après ce qui précède, le bleu de molybdène peut être considéré comme un réactif colorant des substances fondamentales de la membrane.

Mais il faut éliminer de cette catégorie la callose, qui reste tout à fait inerte en présence du réactif (cal de la Vigne, etc.) et la cellulose.

Restent les composés pectiques. Ces derniers absorbent certainement avec intensité le bleu de molybdène, lorsqu'ils sont dépourvus de substances imprégnantes. Si les coupes ont été traitées un temps suffisant, soit par l'hypochlorite (eau de Javel sans soude caustique), soit par l'acide azotique, on trouve que les lames intercellulaires se colorent fortement et rapidement par le bleu de molybdène, tandis que le reste des parois cellulaires se colore d'une façon plus ou moins intense selon la région à laquelle elles appartiennent.

Dans les membranes non incrustées et colorées directement par le bleu (collenchyme, etc.), on obtient souvent une ligne intercellulaire plus bleue.

En faisant agir dans tous les cas parallèlement sur des coupes identiques le rouge de ruthénium et le bleu de molybdène, on obtient la fixation des deux réactifs sur les mêmes membranes. Or on sait que le rouge de ruthénium est le meilleur réactif servant à caractériser les composés pectiques. Il faut donc attribuer les mêmes propriétés au bleu de molybdène.

Cependant si les mêmes membranes se colorent par les deux réactifs,

elles ne le font pas toujours avec une intensité égale. Ainsi, tandis que les fibres, débarrassées de leurs substances incrustantes, se colorent plus fortement par le bleu de molybdène, que par le rouge de ruthénium, on constate le contraire pour les parois des vaisseaux et du parenchyme ligneux. Ceci est très sensible dans la Vigne, le Noyer, etc. Il sera peut-être possible de distinguer par ce moyen divers composés pectiques, en tenant compte de leur affinité plus grande pour l'un ou l'autre des deux réactifs colorants.

---

MM. L. LÉGER et O. DUBOSCQ

## SUR LES LARVES D'ANOPHELES ET LEURS PARASITES EN CORSE

[595.77:45:9]

*— Séance du 8 août —*

Au cours de notre voyage en Corse, ayant eu l'occasion de séjourner quelque temps dans des régions où sévit le Paludisme, nous en avons profité pour rechercher l'existence de l'Anopheles que l'on s'accorde aujourd'hui à considérer comme le propagateur de cette maladie.

On possède déjà un certain nombre de documents sur cette question. Ainsi Battesti (*Observations sur le Paludisme en Corse*, Bastia 1901) signale la présence de l'Anopheles dans toute la région palustre de la côte orientale et fait remarquer que ces moustiques peuvent s'y rencontrer toute l'année. Il observe en outre que, dans les localités salubres, on rencontre des Culex, mais jamais d'Anopheles.

Laveran (*C. R. de la Société de Biologie*, novembre 1900 et avril 1901) a montré que dans certaines localités palustres des environs de Bonifacio, l'*Anopheles maculipennis* se rencontre en grand nombre et qu'on l'y observe même pendant l'hiver (1).

Nous n'avons pas connaissance que d'autres observations aient été faites dans d'autres régions notoirement palustres de la Corse, c'est pourquoi nous avons fait quelques recherches à ce point de vue dans les plaines du Campo di Loro (à l'est d'Ajaccio), dans la région marécageuse de Saint-Florent, et aussi, sur quelques points de la côte orientale déjà explorée par Battesti.

Nos observations ayant été faites pendant le mois d'avril, époque à

(1) Nous avons également trouvé en plein hiver, dans le Dauphiné, des femelles hibernantes d'*Anopheles maculipennis*; l'une d'elles était parasitée par *Crithidia*.

laquelle nous avions bien peu de chances de rencontrer les Anopheles adultes, nous nous sommes surtout attachés à rechercher leurs larves et à les étudier au point de vue de leurs parasites.

Au Campo di Loro, région où le Paludisme sévit avec intensité, nous avons trouvé en grand nombre des larves d'Anopheles dans les petits ruisseaux d'eau claire à cours tranquille qui sillonnent la plaine et notamment dans les régions où la végétation aquatique était abondante. Dans les eaux stagnantes les larves de Culex étaient nombreuses. Nous n'avons pu déterminer à quelle espèce d'Anopheles appartiennent les larves, mais il nous paraît bien probable qu'il s'agit d'*Anopheles maculipennis* dont Laveran et Battesti ont montré l'existence dans différents foyers palustres de la Corse.

Nous avons également rencontré quelques larves d'Anopheles dans les petits ruisseaux de la région marécageuse qui avoisine Saint-Florent où, d'après les indications du docteur Feydel, s'observent quelques cas de Paludisme.

Nous avons enfin retrouvé les mêmes larves d'Anopheles en grande quantité en certains points insalubres de la côte orientale, par exemple : Furiani (Gare) et la plaine de Biguglia. Nous avons remarqué que dans tous les marais qui avoisinent la mer, les larves d'Anopheles disparaissent au moment où l'eau paraît, au goût, manifestement salée, tandis qu'au contraire on observe encore de nombreuses larves de Culex dans les eaux franchement saumâtres et même de forte salure (1).

Dans l'intestin d'un certain nombre de ces larves d'Anopheles recueillies ainsi en différents points palustres de la Corse, nous avons retrouvé comme parasite le petit Flagellé que l'un de nous a fait connaître (*C. R. de la Soc. de Biologie*, 22 mars 1902) chez *Anopheles maculipennis* sous le nom de *Crithidia fasciculata*. Le parasite se rencontrait, soit sous la forme libre, effilée, soit sous la forme fixée, en grain d'orge, soit au stade en rosace comprenant de nombreux individus. Les parasites étaient parfois en si grand nombre que toute la surface de l'épithélium en certains points de l'intestin en était absolument recouverte.

Nous avons retrouvé, en outre dans quelques larves de la région du Campo di Loro, un champignon filamenteux sans doute analogue à celui déjà signalé par Perroncito dans ces insectes.

Enfin, dans une larve de Culex recueillie dans la même région nous avons trouvé un kyste cœlomique appendu à la paroi intestinale, kyste que nous rapportons à une grégarine cœlomique du type Diplocystis.

(1) Nous avons observé, sur la côte provençale, de nombreuses larves de Culex qui vivaient dans l'eau de mer presque pure des creux de rochers.

MM. LÉGER et O. DUBOSCQ

# NOTES SUR LES MYRIAPODES DE CORSE ET LEURS PARASITES

[595.6:45.9]

*— Séance du 8 août —*

## I

## Liste préliminaire des Myriapodes de Corse.

Tandis qu'on a des documents myriapodologiques sur la plupart des îles de la Méditerranée et par exemple sur les Baléares, sur la Sardaigne et la Sicile, la faune myriapodologique de la Corse est absolument inconnue. La liste que nous publions aujourd'hui est malheureusement trop incomplète pour que nous puissions croire que nous avons comblé véritablement une lacune, mais elle permettra toutefois de donner un aperçu des caractères de cette partie de la faune insulaire, et montrera tout l'intérêt qui s'attache à son étude.

Nous avons récolté nos Myriapodes, au mois d'avril dernier, durant une excursion de douze jours pendant lesquels nous avons exploré le Cap Corse et toute la région desservie par le chemin de fer qui va de Bastia à Ajaccio. Nous avons donc rayonné autour de Bastia, Corte, Vizzavona et Ajaccio, jetant ainsi un rapide coup d'œil sur la partie septentrionale de la côte orientale, sur la région de la haute montagne et sur la côte occidentale. C'est dire qu'il nous reste beaucoup à voir.

Nous avons pu faire notre voyage grâce à la subvention que nous avait accordée l'Association française pour l'Avancement des Sciences et nous l'en remercions bien vivement. M. Fraissinet, directeur de la Compagnie de navigation, a eu l'amabilité de nous accorder toutes facilités pour notre traversée, dès qu'il a su le but tout scientifique que nous poursuivions. Nous le prions de croire à notre gratitude.

### Chilopodes (1).

1. — *Lithobius nudicornis* Gervais (= Impressus C.K.).

Couleur du corps : châtain. Pattes ochracées.
Antennes : 48 articles. Hanches des forcipules avec 6 + 7 dents.
Longueur : 19 millimètres.
Vizzavona.

(1) Après chaque description d'espèce, nous avons indiqué les Sporozoaires parasites que nous y avons rencontrés, quand nous avons pu les rechercher.

2. — *Lithobius nudicornis corsicus* n. s. sp.

Couleur du corps : châtain foncé ; pattes et antennes de même couleur.

Antennes : 48-50 articles. Hanches des forcipules avec 5 + 5 ou 5 + 6 ou 6 + 6 ou 7 + 7 dents.

Calcars inférieurs de la patte anale : 0, 1.3.2.1. 1 ; un seul ongle terminal.

♂ 14e et 15e paires de pattes avec fémur renflé du côté interne. Le renflement porte à la 14e paire un calcar en crochet fortement recourbé et une touffe de poils fins.

Le renflement de la 15e paire porte seulement une touffe de poils.

Longueur : 16 millimètres.

(Affinités avec *Lithobius cæsar* Verh. de Corfou).

Ajaccio, Corte, Cap Corse.

3. — *Lithobius acuminatus* Brölemann.

Antennes : 39 articles. 6 ocelles, dont 2 gros en arrière et 2 très petits en avant.

Longueur : 6mm,5.

Vizzavona.

4. — *Lithobius dentatus* C. Koch ?

♀ Antennes : 43 articles.

Longueur : 10 millimètres.

Vizzavona.

5. — *Lithobius nigrifrons* Latzel et Haase.

Antennes : 36 articles.

Longueur : 11mm,5.

Bastia, Cap Corse.

6. — *Lithobius borealis* Mein.

Antennes : 29-30 articles.

Longueur : 9 millimètres.

Vizzavona, Corte.

7. — *Lithobius pilicornis hexodus* Brölemann.

Antennes : 29-30 articles. Hanches des forcipules avec 4 + 4 (rarement 3 + 3) dents.

Longueur : 19 millimètres.

Ajaccio, Vizzavona.

Dans ce *Lithobius*, nous avons constamment rencontré une *Coccidie* intestinale appartenant à l'espèce *Echinospora ventricosa* Léger (= *Barrouxia ventricosa)* avec des ookystes ovoïdes renfermant des cristaux. Il est à remarquer que nous n'avons pas observé de *Grégarines* non plus que dans plusieurs autres espèces de *Lithobius* corses tandis qu'elles sont au contraire fréquentes, pour ne pas dire constantes, dans les *Lithobius* de France.

8. — *Lithobius castaneus* Newp.

Antennes : 30-31 articles.

Longueur : 29 millimètres.

Vizzavona, Corte.

9. — *Lithobius calcaratus* C. Koch ?

♀ Antennes : 49 articles.
Longueur : 11 millimètres.
Vizzavona.

10. — *Lithobius pusillus* Latzel ?

Exemplaire en mauvais état.
Longueur : 6 millimètres.
Vizzavona.

11. — *Lithobius Blanchardi* n. sp.

Couleur brun olivâtre, tête sombre.
Antennes : moins longues que la moitié du corps, 44 à 50 articles.
Ocelles 1 + 11.
Hanches des forcipules avec 2 + 2 dents.
9e, 11e boucliers dorsaux à angles postérieurs droits, 13e à angle postérieur aigu.
Pores coxaux en une série 2.3.3.3.
Pattes anales, sans calcar latéral à la hanche, calcars inférieurs 0.1.3.2.0 ; 2 griffes terminales.
♂ Pattes anales à 4e article, seulement aplati sur la face dorsale.
♀ Pattes génitales avec un cuilleron très fort et unilobé, calcars 3 + 3 (parfois 3 + 2 ou 3 + 4).
Longueur : 11 millimètres.
Ajaccio.
Nous n'avons pas trouvé de parasites dans cette espèce.

12. — *Scolopendra oraniensis lusitanica* Verh.

Couleur : vert olive ou brun olive.
Antennes : 17-18 articles.
5 à 9 derniers boucliers rebordés.
Fémur, en dessous : 8 épines internes ; 11-14 épines externes.
— en dessus : 6 épines externes ; protubérance fémorale longue, à 2 épines terminales, parfois une seule (très rarement 5 épines correspondant à une protubérance courte).
Longueur : 46 millimètres.
Ajaccio, Corte, Bastia, Cap Corse.
L'intestin de cette *Scolopendre* est parasité par deux *Grégarines* et une *Coccidie*. L'une des *Grégarines* appartient au genre *Pterocephalus* et rappelle beaucoup par ses caractères morphologiques le *Pterocephalus Giardi* Léger de *Scolopendra africana* Verh., mais elle s'en distingue toutefois par une taille un peu plus petite, par un protomérite à dents un peu plus courtes, à cornicule très développée et à entocyte ordinairement très clair. En raison de ces caractères, nous croyons devoir en faire une sous-espèce nouvelle sous le nom de *Pterocephalus Giardi corsicus* n. s. sp.
L'autre Grégarine, beaucoup plus rare, présente à l'état de *céphalin*, le seul état sous lequel nous l'ayons observée, les caractères des *Actinocéphalus*. Nous n'avons rencontré que des stades très jeunes de 30 à 35 μ. La forme générale du parasite

est cylindrique, avec un protomérite de 8 μ de long et souvent plus large que le deutomérite dont il est séparé par un septum courbe. Au sommet du protomérite se voit un petit bouton aplati à bord festonné, au centre duquel s'élève un petit rostre mobile. C'est là un épimérite qui rappelle, comme on le voit, celui des *Actinocéphalides*.

Nous distinguerons sous le nom d'*A. striatus* cette petite espèce qui n'a encore jamais été signalée chez les *Scolopendres* et que nous avons observée également, mais toujours à ce stade jeune, chez *Sc. cingulata* du littoral méditerranéen français.

La *Coccidie* que nous étudions avec plus de détail à la note suivante est très voisine de l'*Adelea dimidiata* Schneider de *Scolopendra cingulata* mais ses ookystes ne renferment presque toujours que quatre sporocystes ce qui leur donne l'aspect d'ookystes de *Coccidium*. Nous croyons également devoir la distinguer d'*Adelea dimidiata* type en en faisant une sous-espèce sous le nom d'*Adelea dimidiata coccidioïdes* n. s. sp.

13. — *Cryptops anomolans lusitanus* Verh.

Avant-dernier bouclier ventral avec sillon cruciforme.
Pattes anales : 12 épines au 3e article, 5 au 4e article.
Longueur : 26 millimètres.
Ajaccio, Vizzavona, Bastia.

L'intestin de cette espèce nous a montré la même *Grégarine* que celui de *Cryptops hortensis* de France, soit le *Dactylophorus robustus* Léger. Dans l'œsophage, nous avons aussi observé des champignons parasites analogues à ceux que Balbiani a décrits dans *Cryptops hortensis*.

14. — *Himantarium Gabrielis* Linné.

169-177 paires de pattes.
Trouvé seulement des individus jeunes.
Ajaccio.

15. — *Himantarium Brölemanni* n. sp.

Couleur fauve avec le tiers antérieur plus pâle et les cinq premiers segments très pâles.

Dernier article des antennes qui sont pâles, avec l'extrémité brune.

Bouclier céphalique avec région frontale séparée par un léger sillon.

Boucliers dorsaux avec deux sillons presque invisibles sur les premiers boucliers. Dernier bouclier dorsal carré, lisse en dessus, sans aucun sillon. Ses bords latéraux portent de nombreux pores cerclés de chitine brune.

Dernier sternum extrêmement réduit par le développement excessif des pleuræ posticæ qui se touchent sur la ligne médiane.

Champ des pores ventraux elliptique à grand axe transversal, présent sur tous les segments sauf le premier et le dernier.

Les soixante-six premières paires de pattes beaucoup plus trapues que les suivantes.

Pattes anales modérément longues : 6 articles.

♀ 141 paires de pattes.

Longueur : 145 millimètres. Largeur : $2^{mm},5$.

Ciusco (Cap Corse).

16. — *Stigmatogaster gracilis* Mein.

93-97 ; ♀ 95-105 paires de pattes.

Ajaccio, Vizzavona, Corte, Bastia.

L'intestin de *Stigmatogaster gracilis* ne nous a montré que quelques exemplaires d'une *Grégarine* appartenant au genre *Rhopalonia* et probablement identique (nous n'avons vu que les *sporadins*) à *Rhopalonia géophili* Léger, dans *Stigmatogaster* de Provence.

17. — *Dignatodon microcephalum* Lucas.

♂ 75-77 ; ♀ 77-79 paires de pattes.

Ajaccio, Corte, Bastia.

De même que sur le continent, ce myriapode ne nous a pas montré de parasites.

18. — *Scotophilus bicarinatus* Mein.

♂ 71 ; ♀ 73 paires de pattes.

Cap Corse.

19. — *Chætechelyne vesuviana* Newp.

Deux formes :

1° Individus de petite taille. ♂ : 63-67 ; ♀ : 67-69 paires de pattes.

Région chaude : Bastia, Cap Corse, Ajaccio, Corte.

2° Individus de grande taille (70 millimètres). ♂. 75-77 ; ♀ 77-79 paires de pattes.

Région montagneuse : Corte, Vizzavona.

Ces deux formes paraissent bien représenter la même espèce. D'ailleurs nous avons trouvé à Bastia un ♂ de 71 paires de pattes.

Nous avons rencontré, une seule fois, dans l'intestin d'un *Chætechelyne vesuviana* d'Ajaccio les sporadins d'une *Grégarine polycystidée* que nous rapportons avec doute à une *Actinocéphalide* n'ayant pu observer ni l'épimérite, ni les sporocystes. Les sporadins sont cylindriques, légèrement renflés au-dessous du septum et mesurent environ 100 μ de long. Le protomérite environ six fois plus court que le deutomérite est cylindrique et terminé en cône surbaissé à sa partie antérieure. Le deutomérite est arrondi à son extrémité postérieure.

20. — *Chætechelyne montana* Mein.

♂ 53 paires de pattes.

Vizzavona.

21. — *Schendyla Vizzavonæ* n. sp.

Bouclier céphalique un peu plus long que large.

Labre avec 40 ou 45 dents sans partie médiane distincte : toutefois, les vingt dents médianes en tubercules mousses, les dents extérieures en processus sétiformes.

Premières mâchoires avec petits appendices externes comme chez *Geophilus*.

Deuxièmes mâchoires avec griffe longue pourvue intérieurement de grandes soies en peigne.

Pattes anales modérément grosses, à 6 articles.

Appendices génitaux ♂ biarticulés.

Pores ventraux présents du 2e au 15e segment et distribués en 3 champs dans la moitié postérieure de la lame ventrale : 2 champs antérieurs symétriques de 10 pores chacun et un champ postérieur de 25 pores environ.

♂ 49 ; ♀ 49-51 paires de pattes.

Longueur : ♀ 45 millimètres.

Vizzavona.

(Affinités sans doute avec *Schendyla mediterranea* Silvestri.)

Pas de parasites.

22. — *Geophilus (Pachymerium) attenuatus* Say.

♂ 51, ♀ 49 paires de pattes.

Bastia.

23. — *Geophilus carpophagus* Leach.

Condyles des lames ventrales antérieures bien développés.

♂ 53-55, ♀ 57 paires de pattes.

Longueur : 62 millimètres.

Vizzavona.

24. — *Geophilus linearis* C. Koch.

♂ 63, ♀ 65-69 paires de pattes.

Corte, Bastia, Cap Corse.

25. — *Geophilus pinguis* Brölemann.

♀ 45 paires de pattes.

Longueur : 17 millimètres.

Vizzavona.

26. — *Geophilus electricus Joyeuxi* n. s. sp.

(Syn. pr. parte. *G. proximus* Mein.).

Partie médiane du labre avec 10 dents.

Lames ventrales antérieures à 3 sillons, mais seul le sillon médian est bien marqué.

Pattes anales avec une griffe très forte.

Pleuræ posticæ avec 4 pores dont le postérieur plus gros que les trois autres situés le long du bord latéral du dernier sternum.

## Diplopodes.

Nous avons prié notre savant ami Henry Brölemann de déterminer nos Diplopodes de Corse. Malgré toutes ses occupations, il a bien voulu se charger de cette étude.

Voici la liste provisoire qu'il nous a fait parvenir. Nous y ajoutons quelques mots sur les parasites.

27. — *Scolopendrella immaculata* Newp.

Vizzavona.

28. — *Scolopendrella notacantha* Gervais.

Vizzavona.

29. — *Strongylosoma italicum* Latzel.

Bastia, Corte.

L'intestin de ce Diplopode nous a montré d'une façon constante une *Grégarine polycystidée* très caractéristique.

A l'état jeune et fixée à l'épithélium, sa forme est cylindrique et très allongée, ordinairement incurvée et son aspect rappelle celui d'un nématode. Le protomérite est cylindro-conique et supporte un épimérite en forme de bouton ou de plateau déprimé au moyen duquel le parasite se fixe aux cellules épithéliales. Le septum est seulement représenté par une plage mince de cytoplasme clair. La *Grégarine* mesure en moyenne 170 μ de long sur 7 à 8 μ de large. Vers la fin de sa vie végétative, la *Grégarine* devient plus renflée, surtout dans sa moitié supérieure.

Nous croyons devoir placer au moins provisoirement ce parasite dans le genre Stenophora Labbé, et nous lui donnerons le nom de *Stenophora nematoïdes* n. sp. pour le distinguer de *Stenophora juli* qui habite d'une façon constante les Iules de France.

30. — *Polydesmus dispar* Sylvestri.

Vizzavona, Corte.

L'intestin de *Polydesmus dispar* de Vizzavona renferme une *Grégarine* que nous croyons pouvoir identifier à *Amphoroïdes polydesmi* (= *Amphorella polydesmi* Léger) de *Polydesmus complanatus* de France.

31. — *Brachydesmus superus* Latzel.

Ajaccio, Vizzavona, Corte, Bastia.

L'intestin de ce Diplopode nous a montré souvent en grand nombre une *Grégarine* que nous rapportons au genre *Stenophora*, mais beaucoup plus petite que *Stenophora Juli*, à protomérite souvent invaginé dans le deutomérite. Cette petite *Grégarine* s'observait parfois enfouie dans l'épithélium. Nous distinguerons ce *Stenophora* du *Stenophora Juli* sous le nom de *Stenophora Brölemanni*. Nous avons également rencontré cette espèce que nous décrirons ultérieurement dans le *Blaniulus hirsutus* du littoral méditerranéen français.

32. — *Atractosoma* ? sp.

2♀ Vizzavona.

33. — *(Ceratosoma?) Duboscqui* n. sp.

Vizzavona.

34. — *Craspedosoma Legeri* n. sp.

Vizzavona.

(Affinités avec *Craspedosoma centrale* Silvestri.)

*Craspedosoma Legeri* renferme souvent dans son intestin une *Grégarine* voisine de *Stenophora nematoïdes* par sa forme allongée et hématoïde. Toutefois, le protomérite est beaucoup plus court, en forme de calotte, et l'épimérite en forme de petit bouton réfringent.

Nous le distinguerons sous le nom de *Stenophora corsicus* n. sp.

Avec cette *Grégarine*, nous avons observé aussi une autre espèce que nous croyons pouvoir rapporter à *Stenophora Juli.*

35. — *Lysiopetalum* sp.

♀ et immatures. Bastia, Corte.

(Paraît différent de *L. fœtidissimum.*)

36. — *Blaniulus venustus* Mein.

Vizzavona.

37. — *Blaniulus* sp. ?

♀ immature.

38. — *Schizophyllum corsicum* n. sp.

Ariadne, près Ajaccio.

L'intestin de *Schizophyllum corsicum* renferme une *Grégarine* que nous rapportons au genre *Stenophora.* Le parasite se rencontre sous deux formes :

Une forme allongée de 150 µ en moyenne et pouvant atteindre 250 µ, et une forme renflée, globuleuse de 40 à 50 µ seulement.

La forme allongée qui rappelle la forme allongée de France s'en distingue toutefois par son protomérite effilé à l'intérieur duquel on observe comme une sorte de bouche dont le fond présente de fins grains chromatoïdes.

En raison de ces caractères, nous distinguerons ce *Stenophora* sous le nom de *Stenophora varians* n. sp.

39. — *Pachyiulus varius* Fabric.

Corte.

L'intestin de ce Diplopode renfermait de nombreux *Stenophora* de grande taille et présentant tous les caractères de *Stenophora Juli.*

40. — *Brachyiulus pusillus lusitanus* Verh.

Vizzavona, Bastia, Corte.

L'intestin nous a montré de nombreux exemplaires de *Stenophora Brolemanni.*

41. — *Julus* sp. ?

♀ Corte.

42. — *Julus (Leptoiulus) Chilopogon* Latzel Berlese.

Ajaccio, Corte, Bastia, Vizzavona.

L'intestin de ce *Iule* renferme le *Stenophora Juli* typique dont le protomérite se montre bondé de gros grains réfringents (sans doute une forme particulière du paramylon). Nous avons observé également quelques céphalins à protomérite globuleux.

En outre, nous avons rencontré dans l'intestin de nombreux petits corps ovalaires que nous regardons comme une levure parasite.

43. — *Julus (Cylindroiulus) apenninorum segregatus* n. var.

Ajaccio, Bastia, Vizzavona.
Cette espèce est également parasitée par *Stenophora Juli.*

Nos listes démontrent que la région de Vizzavona s'est montrée de beaucoup la plus riche puisque sur 43 espèces que nous énumérons, nous en avons rencontré là 27 sur lesquelles 17 n'ont pas été trouvées ailleurs. Et cependant nous sommes restés moins longtemps à Vizzavona qu'aux environs de Bastia ou d'Ajaccio. Cette richesse de formes de la région montagneuse était aisée à prévoir.

On pouvait aussi affirmer *a priori* qu'il y aurait lieu de distinguer au point de vue faunistique cette région montagneuse et froide des régions chaudes de la côte. Et en effet, si beaucoup d'espèces sont spéciales à Vizzavona, des animaux communs sur la côte (par exemple *Scolopendra, Himantarium, Dignatodon, Strongylosoma),* paraissent absents de la région montagneuse.

Nous n'avons pas assez exploré la côte orientale pour savoir s'il y a lieu de la distinguer, au point de vue de la faune myriapodologique, de la côte occidentale. Remarquons seulement que nous avons trouvé à Bastia à peu près les mêmes animaux qu'à Ajaccio.

En nous adressant sa liste, Henry Brölemann nous montre, par des exemples qu'il développera ultérieurement, les grandes analogies de la faune de la Corse et de l'Italie centrale. Il est curieux, ajoute-t-il, que l'on ne trouve pas trace de la faune littorale française. Nous ne pouvons qu'appuyer les remarques de Brölemann, en ajoutant que par certains côtés, cette faune de Myriapodes nous apparaît comme franchement occidentale. Ainsi, dans la liste des Diplopodes, nous voyons le *Brachyiulus pusillus lusitanus* Verh. de la Péninsule ibérique, tandis que le *Brachyiulus pusillus* type existe dans l'Italie centrale. Nous retrouvons de même la *Scolopendra oraniensis lusitanica* Verh. et le *Cryptops anomolans lusitanus* Verh. dans les diverses régions chaudes. La région montagneuse nous a fourni le curieux *Geophilus pinguis* Bröl. qui n'est encore connu que des Basses-Pyrénées où Brölemann l'a découvert.

On remarque dans nos récoltes un assez grand nombre de formes nouvelles *(Lithobius nudicornis corsicus, Lithobius Blanchardi, Himantarium Brolemanni, Schendyla Vizzavonæ, Geophilus electricus Joyeuxi, Ceratosoma Duboscqui, Craspedosoma Legeri, Schizophyllum corsicum, Julus apenninorum segregatus).*

Les divers groupes étudiés jusqu'ici en Corse, les Mammifères, Reptiles, Mollusques, Coléoptères, Hyménoptères, sont également représentés par

un nombre relativement très élevé d'espèces spéciales et nos trouvailles ne font que confirmer un fait établi. Mais nous ne pouvons donner de conclusions bien précises touchant la distribution géographique, car il serait dangereux de tenter quelque généralisation d'après un matériel aussi restreint, surtout quand la faune des myriapodes des diverses régions de la Méditerranée est si insuffisamment connue.

---

## MM. LÉGER et DUBOSCQ

A Grenoble

---

### SUR L'ADELEA DIMIDIATA COCCIDIOIDES LÉGER & DUBOSCQ. — COCCIDIE PARASITE DE LA SCOLOPENDRA ORANIENSIS LUSITANICA VERH.

[551-69]

---

*— Séance du 8 août. —*

La grande fréquence de l'*Adelea dimidiata coccidioïdes* dans l'intestin des Scolopendres de Corse nous a permis d'étudier l'évolution de cette curieuse Coccidie.

On ne connaît d'ailleurs actuellement que peu de choses sur l'*Adelea dimidiata* Schn. de *Scolopendra cingulata*, et, comme ces deux espèces de Coccidies ne présentent pas de différences notables autres que celle qui réside dans le nombre des sporocystes, notre étude sur *Adelea dimidiata coccidioïdes* peut s'appliquer dans ses grandes lignes à l'*Adelea dimidiata* Schn.

On sait que cette dernière Coccidie a été signalée pour la première fois par Schneider qui en a fait connaître les ookystes. L'un de nous, l'ayant retrouvée dans *Sc. cingulata* et dans *Sc. subspinipes*, a fait connaître sa reproduction schizogonique et observé sur le vivant le phénomène de la fécondation. L'étude de l'Adelea de la *Scolopendra oraniensis lusitanica* vient compléter nos connaissances sur ces parasites.

Les formes schizogoniques, qui s'observent parfois en grand nombre, sont ovoïdes, allongées, situées dans les cellules épithéliales, entre le noyau et le plateau. Elles donnent naissance, comme celles de *l'Adelea ovata* et par un procédé analogue, à de nombreux mérozoïtes disposés en faisceaux ou en barillet très allongé et mesurant de 16 à 20 $\mu$ de long.

On observe aussi des formes petites, sphériques, souvent profondément enfouies dans l'épithélium, qui donnent naissance à un petit nombre de microgamétocytes de forme trapue et à cytoplasma clair, mesurant environ 9 à 10 $\mu$.

Les mérozoïtes qui doivent donner naissance à de nouveaux schizontes sont toujours de forme allongée, mais leur largeur varie beaucoup selon l'individu qui les a produits.

Les mérozoïtes qui vont évoluer en macrogamètes pénètrent dans les cellules épithéliales à la suite des microgamétocytes jusqu'à venir en contact avec eux par leur partie latérale. Une fois en place dans la cellule hôte, le jeune macrogamète émet un long prolongement en forme de trompe hyaline qui s'accroît dans la direction de la basale jusqu'à l'atteindre et souvent présente à ce niveau quelques ondulations. Nous pensons qu'il s'agit là d'un appareil de nutrition très particulier au moyen duquel la Coccidie peut se nourrir aux dépens du sang de son hôte tout en se fixant plus solidement à l'épithélium. Le macrogamète grossit alors rapidement tandis que le microgamétocyte reste de petite taille. Il en résulte que ce dernier se trouve bientôt logé dans une dépression du macrogamète qui s'est développé autour de lui. Le noyau du microgamétocyte, sphérique, montre un petit karyosome plongé dans un semis de fins grains chromatiques.

En même temps que le macrogamète grossit en devenant ovoïde, son cytoplasma se charge de grains chromatoïdes très gros. Son noyau montre deux gros corps chromatiques: l'un, sphérique, entouré d'une auréole claire; l'autre allongé ou en croissant, logé dans un réseau de fins grains de chromatine. Au terme de sa croissance, le macrogamète, toujours flanqué de son microgamétocyte, est ovoïde, presque sphérique et sa longue trompe s'est rétractée. Bientôt le couple quitte l'épithélium et tombe dans la lumière intestinale encore enveloppé par la paroi de la cellule qui l'a abrité. C'est alors que le noyau du microgamétocyte se divise en quatre pour donner naissance à quatre microgamètes en croissant, presque uniquement formés de chromatine, et montrant, vers le milieu, un petit espace clair. A ce moment, le noyau du macrogamète se porte vers la surface, ordinairement au pôle opposé à celui où se trouvait le microgamétocyte. Les microgamètes se dirigent vers le point du contact du noyau ♀ et de la surface; l'un d'eux pénètre alors dans le macrogamète et la fécondation est effectuée. On voit que ces phénomènes rappellent beaucoup ceux que Siedlecki a fait connaître chez *Adelea ovata*.

Le macrogamète, devenu ookyste, s'entoure d'une paroi résistante qui montre longtemps, en un point de sa surface, le reliquat plasmique du microgamétocyte. C'est à ce moment que les ookystes, qui mesurent environ 30 $\mu$ dans leur plus grande longueur, sont évacués dans le milieu extérieur avec les excréments.

Cultivés en chambre humide, ils ne tardent pas à mûrir et leur contenu se divise en quatre sporocytes à peu près sphériques de 15 $\mu$ de diamètre. Dans chaque sporocyste se trouvent deux gros sporozoïtes. Il est extrême-

ment rare de trouver des ookystes renfermant plus de quatre sporocystes : cependant nous en avons observé quelquefois qui en renfermaient cinq. Il est, au contraire, plus fréquent de rencontrer des ookystes à trois sporocystes égaux, le quatrième ayant avorté. D'autres fois, il y a trois sporocystes dont un double, c'est-à-dire dont la dernière division ne s'est pas effectuée, ou encore deux sporocystes doubles ou encore un seul sporocyste très gros.

C'est surtout dans ce nombre de sporocystes contenus dans l'ookyste que réside la différence entre notre *Adelea coccidioïdes* et *Adelea dimidiata*, type. Chez cette dernière, en effet, il y a ordinairement de huit à douze sporocystes dans chaque ookyste et tandis que le nombre de quatre apparaît comme typique de notre *Adelea*, il exprime un minimum qu'on rencontre très rarement chez l'*Adelea dimidiata*.

Cette particularité nous engage à distinguer des autres espèces voisines l'*Adelea* de la *Scolopendra oraniensis lusitanica* Verh. et nous l'appelons *Adelea dimidiata coccidioides* n. s, sp., en raison de la ressemblance que ses ookystes tétrasporocystés présentent avec ceux de *Coccidium*.

---

J.-P. TOURNEUX

à Toulouse.

## SUR LA STRUCTURE DU PROAMNIOS CHEZ L'EMBRYON DE LAPIN

[611.66:599.7]

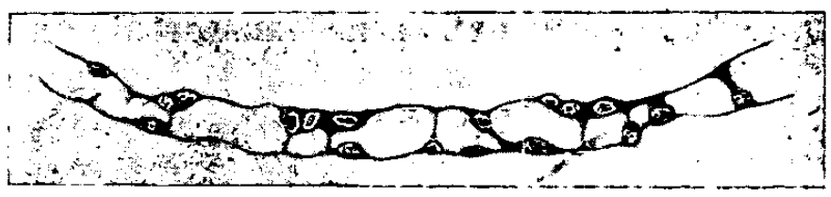
*— Séance du 8 août —*

On sait que les lames mésodermiques, dans leur mouvement d'extension entre l'ectoderme et l'endoderme, à partir de la ligne primitive, respectent chez l'embryon de lapin, immédiatement au-dessus de la tache embryonnaire, et dans le champ de l'aire transparente, un espace en forme de croissant, dont la concavité embrasse l'extrémité céphalique de l'embryon. Dans l'étendue de cet espace qui se détache en clair sur les vues en projection du blastoderme, l'ectoderme reste accolé à l'endoderme, et l'ensemble de ces deux feuillets forme une membrane didermique mince et transparente, qui paraît avoir été signalée pour la première fois par Dareste (1866), et qui, étudiée depuis par un grand nombre d'observateurs, a reçu, en 1884, de Van Beneden et Julin le nom de proamnios. Sur les œufs de 195 à 200 heures après la copulation, c'est-à-dire de 182 à 187 heures après la fécondation (F. Tourneux, *Précis d'embryologie humaine,* 1898), les deux cornes mésodermiques supérieures se sont rejointes au-dessus de l'aire transpa-

rente, et la région proamniotique se trouve nettement délimitée. Dans la suite (à partir de la 205e heure après la copulation), l'extrémité céphalique de l'embryon s'infléchit de haut en bas et d'arrière en avant, en refoulant devant elle la membrane proamniotique dont elle se coiffe. Ainsi se constitue autour de l'extrémité céphalique, une gaine mince et transparente (gaine proamniotique) séparant la cavité proamniotique de la cavité ombilicale. La gaine proamniotique ne tarde pas à se souder sur le pourtour de son ouverture avec la portion correspondante de la gaine caudale de l'amnios, et la cavité amniotique est circonscrite de toutes parts.

Un fait qui a dû certainement frapper les observateurs, c'est que sur les coupes tant transversales que longitudinales de l'extrémité céphalique, les deux feuillets qui entrent dans la composition de la membrane proamniotique restaient en général intimement accolés l'un à l'autre. N'ayant trouvé dans la littérature embryologique aucune explication à cette adhérence, nous nous sommes proposé d'en rechercher les causes, et voici ce que nous avons pu observer sur des embryons de lapin de la 205e à la 212e heure après la copulation.

Dans la région du proamnios, les deux feuillets primordiaux du blastoderme, formés de cellules aplaties parallèlement à la surface, ne sont pas



Coupe normale du proamnios sur un embryon de lapin de 211 heures après la copulation (Gr. 160/1). La ligne concave répond à l'ectoderme, et la ligne convexe à l'endoderme.

indépendants l'un de l'autre, mais ils sont unis par des tractus ou ponts anastomotiques qui en assurent la solidarité. Ces tractus affectent, sur la coupe, l'aspect de filaments plus ou moins grêles, tendus normalement ou un peu obliquement entre l'ectoderme et l'endoderme; ils répondent, en général, par l'une de leurs extrémités, au noyau d'une cellule ectodermique ou endodermique.

Lorsque l'ectoderme et l'endoderme, à la suite de manœuvres opératoires, se trouvent séparés l'un de l'autre, les surfaces en regard sont hérissées de petites saillies coniques représentant les points d'attache des filaments rompus dans leur segment moyen aminci. Dans le cas où les deux feuillets sont simplement écartés l'un de l'autre sans rupture des filaments d'union, leur surface décrit sur la coupe une série de festons dont les angles rentrants répondent aux points d'insertion de ces filaments.

A partir de la 216e heure après la copulation, l'observation des filaments d'union devient de plus en plus délicate. Les cellules ectodermiques et endodermiques s'aplatissent, en effet, de plus en plus, au fur et à mesure

de l'extension de la gaine proamniotique, et s'appliquent de plus en plus intimement les unes contre les autres. Sur un embryon de 220 heures, ces éléments affectent la forme de polygones assez réguliers de cinq à six côtés, que les imprégnations à l'azotate d'argent mettent nettement en évidence. Leur diamètre, sensiblement égal pour les cellules des deux couches, mesure de 20 à 40 $\mu$; leur épaisseur, en dehors de la région nuclée, ne dépasse pas 1 $\mu$. L'extension en surface du proamnios reconnaît, en plus de l'étalement progressif, une multiplication des éléments constitutifs, car on observe des mitoses aussi bien dans le feuillet ectodermique que dans le feuillet endodermique.

Nous n'avons étudié, de stade en stade, la structure du proamnios que chez l'embryon de lapin. Toutefois, quelques examens pratiqués sur la taupe et sur la perruche semblent nous autoriser à généraliser du lapin aux autres groupes pourvus d'un proamnios, l'existence de filaments d'union entre l'ectoderme et l'endoderme.

En terminant, il nous sera permis de nous demander si les filaments qui unissent intimement l'ectoderme et l'endoderme dans la zone proamniotique, ne s'opposent pas à l'envahissement de cette zone par les lames mésodermiques de l'embryon, s'ils ne sont pas la cause déterminante de la formation proamniotique, c'est-à-dire de la persistance à l'état de membrane didermique d'une partie de la zone transparente du blastoderme.

---

M. Pierre STEPHAN

Chef des travaux d'Histologie à l'École de Médecine de Marseille.

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES ORGANES GÉNITAUX DES HYBRIDES

[591.46:591.158]

*— Séance du 8 août —*

### Sur un Testicule d'Hybride de *Pyrrhula canaria* et *Fringilla coruelis*.

Dans un Mémoire récent (1), j'ai fait connaître les résultats de mes recherches sur la structure histologique du testicule du mulet et j'ai établi les points principaux qui caractérisent son mode particulier d'évolution. La constitution que prend cet organe ne peut pas être interprétée par un simple arrêt de développement, ni par l'exagération d'un état parcouru à un moment quelconque de l'ontogenèse. Il y a, au contraire, une dissociation des différents phénomènes évolutifs; les stades auxquels sont arrivés

(1) P. Stephan : *Sur la structure histologique du testicule du mulet (C. R. Associat. des Anat., Congrès de Montpellier,* 1902).

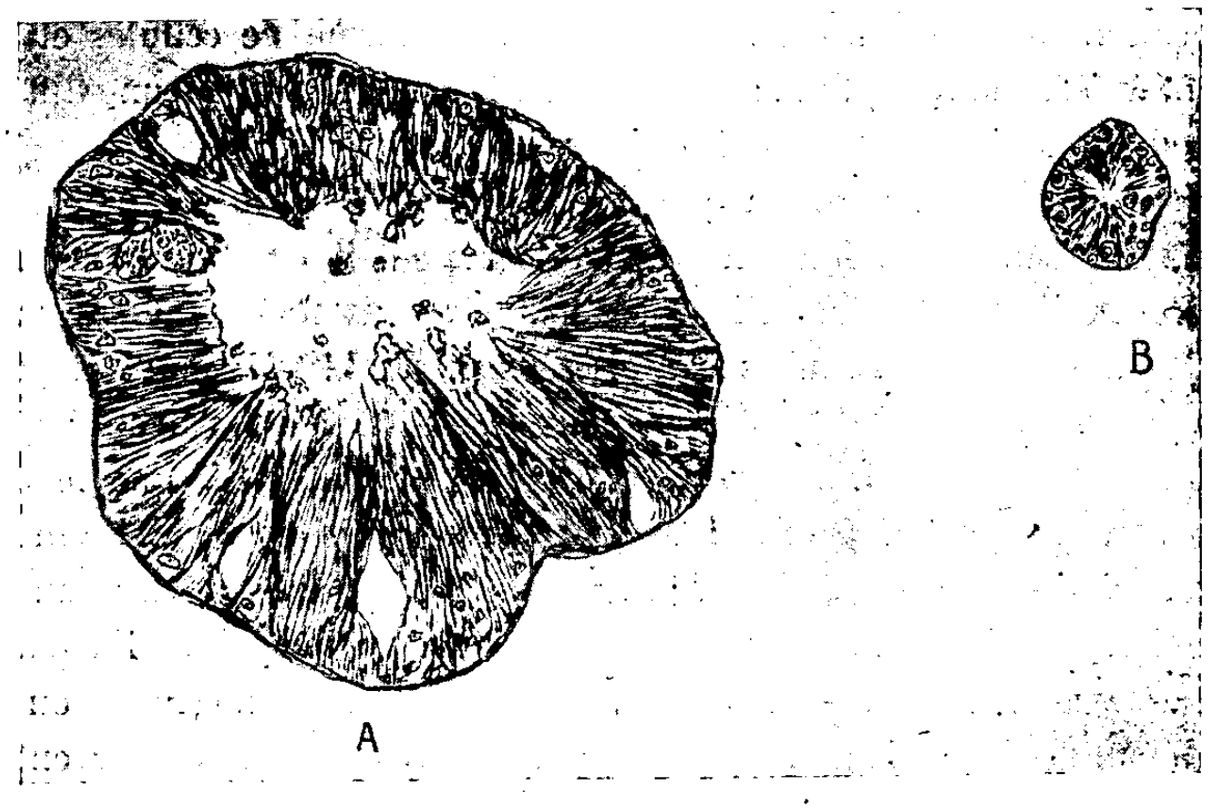
les éléments de telle ou telle catégorie ne se correspondent pas : c'est ainsi, par exemple, que la plupart des noyaux du parenchyme ont l'aspect de noyaux de cellules génitales primordiales, alors que le protoplasma qui les enferme n'est qu'incomplètement disposé sous forme de cellules et reste plutôt à l'état de syncytium ; d'autre part, il ne s'est fait aucune différenciation anatomique de tubes séminifères.

On peut alors se poser la question suivante : le trouble apporté par l'hybridité dans les phénomènes évolutifs règle-t-il ces degrés divers de différenciation ? Est-il tel qu'il agisse toujours plus fortement sur la formation anatomique des tubes séminifères que sur les éléments du parenchyme, qu'il amène toujours les noyaux à un stade plus avancé que le protoplasma ? Ou bien, au contraire, le fait essentiel est-il que le développement est troublé, que la force impulsive qui règle ordinairement la différenciation a manqué d'énergie, a laissé les éléments dévier dans une direction ou une autre suivant leurs tendances principales ? En d'autres termes, y a-t-il une détermination particulière de l'organogenèse, ou bien un défaut de détermination par suite duquel les éléments conservent plus d'indépendance, montrent une véritable indiscipline ? L'étude du testicule d'un autre hybride permet de se prononcer plutôt pour cette deuxième interprétation.

Il s'agit d'un hybride de *Pyrrhula canaria* et *Fringilla corduelis ;* l'animal complètement développé, bien en plumes, bon chanteur, a été sacrifié au mois d'avril, époque de la pleine maturité sexuelle pour les parents. A la dissection j'ai trouvé deux testicules très inégaux ; l'un avait environ la grosseur d'un pois, l'autre celle d'une tête d'épingle. La structure était fondamentalement la même dans l'un et l'autre organe. A première vue, on distinguait des sections de tubes dont la taille était comparable à celle des tubes séminifères d'un de ces passereaux au moment le plus actif de la spermatogenèse. Mais on se rendait facilement compte qu'on ne pouvait voir aucune trace de spermatogénèse ; il était impossible de distinguer aucune cellule présentant les caractères d'une cellule quelconque de la lignée séminale, ou même d'une cellule génitale primordiale. L'aspect rappelait celui des tubes séminifères des passereaux pendant l'hiver, aspect qui a été figuré par Loisel (1), pour le moineau ; c'est-à-dire que ces tubes étaient remplis par un syncytium, dans lequel on distinguait bien, en verité, une certaine individualisation des éléments, mais très incomplète. Mais, tandis que, dans le testicule au repos des espèces pures, on trouve des cellules qui revêtent l'aspect d'œufs primordiaux et, un peu plus tard, de spermatogonies, chez l'hybride en question, il n'y avait pas de traces de pareilles formations. Le protoplasma du syncytium qui remplissait ces tubes était

(1) Loisel : *Études sur la spermatogenèse chez le moineau domestique (Journal de l'Anatomie et de la Physiologie,* 1902).

extrêmement développé, bien plus que dans le testicule d'hiver, puisque la hauteur atteignait et dépassait même celle de l'ensemble des éléments




A Tube testiculaire d'hybride canari et chardonneret.
B Tube testiculaire de Verden au début de la spermatogenèse.

d'un tube en pleine spermatogenèse. Ce protoplasma avait une structure fibrillaire plus marquée encore que celle qui est figurée par Loisel : la fibrillation était même très grossière.

Malgré l'épaisseur extrême de cette couche protoplasmique, les noyaux sont peu développés ; ils ont essentiellement les caractères des noyaux de Sertoli du testicule au repos; ils sont petits, peu chromatiques, leur forme est irrégulière; on voit quelques indications de divisions directes, mais peu abondantes, car ces noyaux ne semblent pas être soumis à un renouvellement fréquent. Les noyaux peuvent exister dans les différents points de la hauteur de la couche protoplasmique, mais ils sont surtout localisés dans la partie externe ; en aucun cas ils n'affectent une disposition pouvant faire croire que le syncytium correspondrait à un épithélium stratifié, que plusieurs couches d'éléments pourraient être représentées.

Comme l'indique Loisel pour le moineau, dans le testicule d'hiver des espèces pures de passereaux, le syncytium remplit complètement le tube séminifère et les éléments sont au contact dans la région centrale ; lorsqu'un vide semble y exister, il est dû à une rétraction artificielle du protoplasma. Mais chez l'hybride dont il s'agit ici, tel n'est pas le cas, au moins d'une façon constante ; il y a de très notables différences entre les divers tubes. Dans certains, particulièrement les plus réduits en taille, il n'y a pas de lumière, toutes les parties du syncytium confluent au centre ; dans d'autres tubes la lumière est assez large, dans quelques-uns elle est

considérable et en occupe la plus grande partie ; ce dernier cas est généralement celui des tubes les plus volumineux.

On ne saurait prétendre que cette lumière est due à une préparation défectueuse ; on y trouve, en effet, les produits d'une sorte de sécrétion dont on peut suivre le processus. Il ne s'agit pas d'une sécrétion bien définie, comme celle que l'on connaît aujourd'hui dans les éléments de Sertoli des mammifères, des oiseaux, des sélaciens ; c'est une sécrétion mérocrine : la partie interne du syncytium se gonfle par endroits et tombe sous forme de fragments arrondis dans la lumière du tube. La façon dont se fait le gonflement permet de reconnaître que les territoires du syncytium, qui correspondent à chaque noyau, possèdent une certaine autonomie physiologique.

La lumière des tubes est donc remplie d'une assez grande quantité de masses arrondies, renfermant des grains irréguliers, fortement colorables par l'hématoxyline ferrique. Bien que le volume de ces masses soit plus considérable, on pourrait assez bien les comparer aux balles détritiques des tubes séminifères en spermatogenèse ; on sait qu'une partie de ces détritus est produite par la partie du protoplasma des spermatides qui n'a pas été employée à la formation des spermatozoïdes. La constitution des deux sortes d'éléments est donc fondamentalement la même. Il s'agit bien ici d'une sécrétion continue, assez abondante : elle est éliminée et on la retrouve dans la section des voies excrétrices de l'organe.

Quelques-uns des noyaux du syncytium peuvent aussi être éliminés avec les balles protoplasmiques ; on les voit se rapprocher de la lumière, dégénérer plus ou moins et tomber dans le vide central, entourés d'une quantité plus ou moins grande de protoplasma. Le processus de cette dégénérescence est l'appauvrissement graduel en chromatine et sa disparition finale.

J'ai montré, chez le mulet, qu'aussitôt qu'un élément se spécialise, se distingue des autres par un mode particulier d'évolution ou par la dégénérescence, il s'isole anatomiquement du syncytium ; il prend corps et devient une cellule bien individualisée. On peut, également ici, observer ce phénomène ; on trouve, très peu abondants du reste, des noyaux différenciés vis-à-vis des noyaux du syncytium ; ils sont entourés d'une masse protoplasmique bien nette. La plupart des éléments ainsi formés sont dus à des phénomènes de dégénérescence, surtout de chromatolyse ; je n'en ai point vu, je le répète, qui aient pris cet aspect par suite d'une évolution en spermatogonie. Par contre, quelques-unes de ces masses ressemblent tout à fait à des cellules interstitielles.

Contrairement à ce qu'il en est pour les tubes séminifères, les espaces intertubulaires ressemblent tout à fait à ceux des espèces pures. On trouve des cellules interstitielles parfaitement différenciées. C'est là, du reste, un

phénomène qui ne doit pas nous surprendre, et Felizet et Branca (1) ont décrit aussi des cas de testicule ectopique où les tubes séminifères avaient subi des arrêts de développement de différentes sortes, tandis que les cellules interstitielles étaient bien constituées.

Enfin, à côté des tubes qui se conforment au type que nous avons décrit, à côté des cellules interstitielles normales, il y a de petits amas formés de quelques cellules fusionnées en un syncytium, qui sont évidemment des ébauches non développées de tubes séminifères; il y a aussi des amas de cellules interstitielles, et toutes sortes d'intermédiaires entre les premières formations et les secondes.

Si nous comparons les points essentiels de la structure de ce testicule à ceux du testicule du mulet, nous voyons qu'ici la différenciation anatomique s'est effectuée complètement; les tubes séminifères sont aussi bien formés que chez un mâle d'espèce pure, alors, que chez le mulet, cette différenciation anatomique a complètement avorté. La constitution d'un épithélium sertolien d'une grande puissance est la principale caractéristique histologique de notre organe, alors que chez le mulet il n'y a pas de trace de cette formation. Le développement de cellules génitales est absolument nul, au lieu que, chez le mulet, presque tous les éléments s'engagent dans cette voie, bien qu'ils s'arrêtent rapidement dans leur marche.

Ainsi que nous le disions au début, le trouble apporté à l'évolution de l'organe semble consister en ceci que les éléments semblent abandonnés davantage à leurs tendances respectives; ils peuvent de la sorte arriver à des états d'évolution qui ne se correspondent pas, pas plus qu'ils ne correspondent à ceux d'une autre forme hybride.

### Sur quelques Ovaires de Passereaux hybrides.

J'ai pu étudier un certain nombre d'ovaires d'hybrides, de *Pyrrhula canaria* et *Fringilla corduelis* et de *Fringilla corduelis* et *Passer chloris* (2). Leur structure n'est pas très différente de celle des ovaires normaux; évidemment on trouve beaucoup de formes d'atrésie des follicules ovariens, un nombre plus considérable que dans les ovaires normaux, mais un grand nombre d'ovules ne semble pas s'écarter du type général. On en voit qui ont atteint une grande taille; leurs vésicules germinatives renferment des nucléoles et des filaments plumeux qui dénotent un travail actif de remaniement. Sans doute beaucoup de ces noyaux sont un peu rétractés; mais pour qui sait la facilité avec laquelle s'opère cette rétraction au cours des manipulations techniques, il serait peut-être prématuré de conclure à une

(1) Felizet et Branca : *Histologie du testicule ectopique (Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1898).

(2) M'étant procuré ces oiseaux dans le commerce, je ne puis qu'indiquer les deux espèces parentes, sans spécialiser à laquelle appartenait le père et la mère.

plus grande fragilité. Cependant il y a souvent entre la vésicule rétractée et le protoplasma des vestiges de substances qui pourraient faire penser que quelque chose existait entre ces deux parties, que par conséquent la rétraction s'était faite avant la fixation.

Il n'est du reste pas étonnant de trouver si faible la différence des ovaires hybrides d'avec les ovaires normaux. J'ai rappelé dans mon travail sur le mulet certains faits pouvant permettre de comprendre que la maturation des ovules serait plus facile que celle des spermatozoïdes : contribution moins compliquée du protoplasma des cellules génitales, précocité de la phase de synapsis. L'état de développement, auquel arrivent ici les ovules, montre qu'ils ont dépassé de beaucoup la phase de synapsis ; cela s'explique si cette phase est aussi précoce chez les oiseaux que chez les mammifères. J'ai vu aussi que tous les phénomènes de kinèse sont voués à l'impuissance dans le testicule de mulet : ici, pendant tout l'accroissement des ovules, ces éléments ne subissent aucune division ; ils peuvent évoluer facilement par une simple croissance. Pour voir si les ovules sont réellement moins fragiles que les éléments mâles, il faudrait assister à leurs divisions de maturation, ce qui serait assez difficile. Mais c'est cette période qu'il faudrait pouvoir étudier si l'on voulait réellement comparer l'évolution de l'ovaire avec celle du testicule.

Ces recherches sur les organes génitaux des hybrides sont difficiles à cause des grandes difficultés que l'on trouve à se procurer des matériaux. Elles sont aussi fort onéreuses. Je remercie l'Association Française pour l'Avancement des Sciences d'avoir bien voulu me faciliter ces études grâce à la subvention qu'elle m'a généreusement accordée.

---

M. le Dr Pierre LESAGE

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, Professeur suppléant à l'École de Médecine de Rennes.

## GERMINATION DES SPORES DE CHAMPIGNONS CHEZ L'HOMME

[581.3:589]

*— Séance du 8 août 1902 —*

L'Association française pour l'avancement des Sciences m'ayant encouragé à poursuivre mon étude de la germination des spores chez l'homme, je viens lui donner l'état actuel de ce point particulier de mes recherches sur la germination des spores des champignons. Cette étude est loin d'être terminée, aussi, en attendant que j'aie réuni des faits précis plus nombreux,

je me bornerai à la présenter rapidement sous la forme de réponses brèves à un ensemble de questions qui s'enchaînent.

1° *Les spores pénètrent-elles dans la cavité respiratoire de l'homme?* — C'est l'une des questions que je m'étais posées dans ma thèse de médecine (*De la possibilité de quelques mycoses dans la cavité respiratoire, basée sur l'hygrométrie de cette cavité*, Paris, le 26 octobre 1899), et à laquelle j'avais répondu sans fournir de faits observés personnellement. Aujourd'hui, je suis en mesure de répondre plus exactement.

J'ai déjà étudié, à diverses reprises, les crachats de près de cinquante personnes, crachats obtenus soit par inspiration violente suivie d'une expiration violente pour avoir du mucus des fosses nasales et des parties profondes, soit par une expiration violente seulement pour n'avoir du mucus que des parties profondes.

Je demandais ces crachats à des personnes ayant séjourné quelque temps dans une poussière plus ou moins abondante, provenant du maniement des foins, des pailles et des graines telles que celles du blé, du blé noir, de l'orge, de l'avoine, du trèfle, etc.

Dans tous ces crachats, j'ai retrouvé, en quantité plus ou moins grande, les fragments divers que pouvait contenir la poussière et, en particulier, des spores de champignons appartenant aux espèces les plus variées.

J'ai même profité de la course Paris-Brest, de 1901, pour demander des crachats aux vélocipédistes de bonne volonté, lors de leur passage au contrôle de Rennes. Une quinzaine de coureurs se sont prêtés d'assez bonne grâce à cette petite opération qui consistait à cracher dans un tube contenant de l'alcool. Malgré le peu de mucus obtenu, j'y ai presque toujours trouvé des spores.

Les spores de champignons peuvent donc être inhalées par l'homme en même temps que la poussière, dans les conditions les plus diverses; elles peuvent pénétrer profondément dans les voies respiratoires ainsi que l'indique la deuxième sorte de crachats.

2° *Les spores germent-elles chez l'homme?* — En même temps que je constatais la présence des spores, il m'était possible de voir si elles étaient ou non germées. Mais cette constatation ne suffit pas pour affirmer leur germination chez l'homme, pas plus que la présence de mycélium séparé de ces spores, car des spores déjà germées et du mycélium déjà constitué peuvent être inhalés dans les poussières, sous cette forme. Cependant une première indication est fournie par la coloration : le mycélium ancien, ainsi que les tubes mycéliens plus ou moins courts des spores germées avant l'inhalation, sont bruns, tandis que les tubes mycéliens récemment formés sont incolores, transparents.

Mais je ne me suis pas contenté de cette indication. A part le cas des

vélocipédistes que je n'ai pu utiliser de cette manière, je me suis procuré des crachats de deux sortes pour la même personne : crachats du soir après une journée de travail dans la poussière; crachats du lendemain matin, de manière à avoir l'espace d'une nuit entre les émissions de ces deux sortes de crachats. C'est en me basant sur l'examen de ces derniers que je suis arrivé aux résultats suivants :

*a)* Dans certains cas, pas de germination, ni le soir, ni le matin;

*b)* Dans d'autres cas, pas de germination le soir, germination le matin;

*c)* Dans quelques cas, germination le soir et le matin, mais avec tubes mycéliens beaucoup plus longs le matin que le soir.

Les premiers cas se sont présentés surtout chez les personnes qui manient les graines anciennes, meuniers et marchands de grains.

Les seconds cas, ainsi que les troisièmes, se sont trouvés, la plupart, chez des personnes qui avaient manié les pailles et graines nouvelles dans le battage et le vannage.

La deuxième catégorie d'observations montre indubitablement que les spores inhalées ont germé chez l'homme; la dernière démontre presque certainement le même fait ou, au moins, prouve que les tubes mycéliens se sont allongés, se sont développés dans les voies respiratoires.

Dans plusieurs cas, les spores germent donc chez l'homme.

3° *Les spores germent-elles suffisamment pour constituer une mycose?* — Dans les cas observés et à en juger par les crachats examinés, il serait exagéré d'affirmer que je me suis trouvé en présence de personnes atteintes de véritables mycoses. Les spores germées étaient relativement peu nombreuses dans beaucoup de cas, et en outre, les tubes mycéliens étaient trop peu développés, bien qu'atteignant quelquefois des longueurs dépassant vingt fois le diamètre de la spore.

Il serait tout aussi exagéré d'en tirer la conclusion que ces observations, assez nombreuses déjà, tendent à prouver qu'il ne se constitue jamais de mycoses. D'ailleurs, ce serait en contradiction avec les faits de pseudo-tuberculoses mycosiques signalés dans ces derniers temps. Il est plus sage de chercher encore de nouveaux faits avant de conclure.

4° *Quand les spores ne germent pas, à quoi attribuer la non-germination?* — On peut l'attribuer aux spores elles-mêmes ou aux conditions du milieu spécial dans lequel elles se trouvent. On peut l'attribuer aux spores, car elles peuvent avoir perdu leur faculté germinative ou ne germer qu'après un temps plus long que celui de leur séjour dans la cavité respiratoire.

Ce peut être vrai pour beaucoup de spores inhalées, ce n'est pas vrai pour toutes. En effet, prenons pour exemple un meunier qui m'a servi plusieurs fois et inhalant, tous les jours, des poussières provenant des grains de blé noir; j'ai toujours trouvé dans ses crachats, de nombreuses

spores, soir et matin, mais des spores non germées. Cependant, quelques-unes de ces spores, recueillies avec la poussière et cultivées sur gélose, à + 37°,5, germaient très bien et dans un temps assez court.

Dans ce cas et dans les cas semblables, la non-germination ne tenait donc pas aux spores elles-mêmes; elle dépendait alors des conditions de milieu fournies par les voies respiratoires. Les conditions de milieu défavorables à la germination peuvent être nombreuses; je n'ai cherché, jusqu'à présent, à en isoler que deux.

*a)* En comparant les personnes chez lesquelles la germination s'était produite à celles chez lesquelles les spores ne germaient pas, j'ai été amené à constater que, en général, les premières ne font que peu de fois dans l'année l'opération dans laquelle elles avaient absorbé des poussières en abondance, tandis que les secondes la font toute l'année. De là à l'idée d'un entraînement à la résistance contre la germination des spores, il n'y a qu'un pas. Mais cette notion d'entraînement ne suffit pas à expliquer la non-germination, comme le montre l'expérience suivante. Deux personnes séjournent dans une atmosphère chargée de poussières qu'elles inhalent en même temps; l'une d'elles travaille d'ordinaire dans ce milieu, l'autre n'y est venue qu'accidentellement et n'est pas habituée aux poussières. J'ai examiné les crachats du soir et du matin de ces deux personnes : dans les deux cas, les spores sont assez nombreuses, mais aucune n'est germée et cependant plusieurs d'entre elles peuvent germer sur gélose à + 37°,5.

*b)* Après mes études sur les rapports entre l'état hygrométrique et la germination des spores de *Penicillium glaucum* et de *Sterigmatocystis nigra*, il me semble rationnel de croire que, s'il n'empêche pas, à lui seul, la germination des spores inhalées, l'état hygrométrique des voies respiratoires peut jouer un rôle assez important dans la non-germination.

Nous savons, en effet, que les spores des deux champignons ne germent pas au-dessous d'un certain état état hygrométrique : de 0,82 à 0,84 pour le *Penicillium*, un peu plus élevé pour le *Sterigmatocystis*. En outre, dans un appareil schématisant les courants d'air de la respiration, expiration et inspiration, nous voyons les spores de *Penicillium* ne pas germer ou subir un fort retard dans la germination, quand elles sont soumises à l'alternance d'un courant d'air saturé de vapeur d'eau et d'un courant relativement sec même quand ces spores sont placées sur une goutte de gélose nageant sur l'eau *(Comptes rendus : Assoc. franç., Congrès d'Ajaccio*, 11 septembre 1901; *Académie des Sciences*, 4 novembre 1901*)*.

Les choses se passent-elles véritablement ainsi dans les voies respiratoires? La démonstration directe n'en est pas encore faite, ce n'est donc qu'un rapprochement; mais c'est un rapprochement qui mérite qu'on le prenne en considération (1).

(1) Note ajoutée pendant l'impression : voir *C. R. Ac. des Sc.*, 20 octobre 1902.

5° *Quand les spores germent, à quoi attribuer le peu de développement des tubes mycéliens et la non-formation d'une mycose?* — On peut l'attribuer à l'espèce de champignon ou aux conditions du milieu particulier dans lequel sont les spores.

On peut l'attribuer à l'espèce, parce que, chez certains champignons, les spores germent plus vite et le mycélium se développe plus rapidement que chez d'autres. Dans les cas observés, les spores germées appartiendraient à des champignons à germination lente.

Mais je connais quelques faits qui me portent à croire que les spores ayant donné des tubes mycéliens assez courts chez l'homme en auraient fourni, dans le même temps, de plus longs sur gélose dans l'étuve à 37° 5′.

S'il en était véritablement ainsi, le retard dans le développement serait attribuable aux conditions multiples du milieu et l'état hygrométrique pourrait encore être considéré comme l'une de ces conditions retardatrices. Nous savons, en effet, que la résultante des deux courants d'air dans les voies respiratoires correspond à une diminution de l'état hygrométrique de ces voies et que, au-dessus de l'état hygrométrique limite, la germination des spores se fait de plus en plus lentement, à mesure que l'état hygrométrique diminue.

Mais attendons des faits plus précis pour conclure.

---

M. le Dr ALEZAIS

Professeur à l'École de Médecine de Marseille.

---

## LES FLÉCHISSEURS DES DOIGTS CHEZ LES MAMMIFÈRES.

[611.73:611.97]

*— Séance du 9 août —*

De l'étude de ces muscles chez le Hérisson (Insectivore), le Cobaye, le Lapin, le Lièvre, l'Écureuil, le Rat, la Marmotte, la Gerboise (Rongeurs), la Mangouste, le Chien (Carnivores), le Maki (Prosimien), le Macaque (Singe), on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Le fléchisseur perforé est le plus souvent distinct du fléchisseur perforant, sinon à son origine, du moins sur son trajet. Chez le Lièvre cependant, son tendon ne devient libre qu'au niveau du poignet, tandis que chez le Hérisson, le Maki, le Macaque, il est distinct dès son origine. Le plus souvent son insertion épitrochléenne est commune avec le petit ou le grand palmaire, avec le chef épitrochléen cubital du fléchisseur perforant,

ou encore avec le chef épitrochléen du cubital antérieur. Il appartient à la partie profonde de la masse charnue épitrochléenne, de telle sorte qu'il est souvent couvert à son origine par le petit palmaire ou par le chef épitrochléen cubital du fléchisseur perforant (cobaye, hérisson) et qu'il n'apparaît sur le bord interne de ce dernier muscle que vers le milieu de l'avant-bras. Il n'est superficiel dès son origine, comme chez les singes, que par suite de la diminution de volume de la portion épitrochléenne du fléchisseur perforant.

Le fléchisseur perforé donne généralement un tendon perforé à chaque doigt, sauf au rudiment du pouce, auquel il reste toujours étranger.

Chez la Mangouste il ne fournit que les deuxième, troisième et quatrième doigts. Son faisceau destiné au cinquième doigt a émigré vers la main et prend naissance sur le ligament annulaire du carpe. Il se dirige obliquement en bas et en dehors vers le cinquième doigt.

2° Le fléchisseur perforant comprend toujours deux ordres de fibres, les unes épitrochléennes, les autres antibrachiales. Elles viennent toutes s'unir sauf chez quelques singes supérieurs qui présentent une certaine indépendance de l'extenseur de l'index, en un tendon commun puissant qui se divise en tendons digitaux. Les fibres épitrochléennes se groupent pour former un, deux ou trois faisceaux que l'on peut désigner sous le nom de faisceaux épitrochléens radial, médian et cubital. Le faisceau épitrochléen radial qui contribue souvent à la formation du tendinet qui gagne le rudiment du pouce représente le faisceau épitrochléen que l'on peut voir reparaître anormalement sur le fléchisseur propre du pouce chez l'homme. Ces faisceaux qui peuvent être réduits à un seul, sont indépendants ou plus ou moins fusionnés avec le fléchisseur perforé. Chez la Mangouste et le Maki l'épitrochléen cubital est réduit à un petit faisceau charnu ou tendineux se détachant du fléchisseur perforé au-dessus du poignet et gagnant presque immédiatement le tendon commun du perforant. Chez le Hérisson les deux faisceaux radial et médian fusionnés forment une masse charnue superficielle qui couvre l'origine du fléchisseur perforé et vient s'accoler au cubital antérieur. Les deux faisceaux se séparent plus bas et s'insèrent l'un au-devant de l'autre sur le bord radial du tendon médian.

Les faisceaux antibrachiaux ou profonds sont au nombre de deux, le cubital et le radial qui sont plus ou moins fusionnés. Le premier, chez le Maki et le Macaque tend à se subdiviser en deux corps charnus.

Le rapport entre le volume des faisceaux antibrachiaux et épitrochléens me paraît dépendre des influences fonctionnelles.

Quand il s'agit d'un animal à doigts peu mobiles, tel qu'un coureur ou un marcheur, les grands solipèdes, le Lièvre, le Lapin, il y a prédominance des faisceaux épitrochléens auxquels fait suite le tendon commun. Il est surtout épitrochléen et conserve son action sur la flexion de l'avant-bras.

Quand il s'agit, au contraire d'un animal à doigts mobiles, tels qu'un grimpeur, un fouisseur, un préhenseur il y a prédominance des faisceaux antibrachiaux. C'est à eux que fait suite le tendon commun sur lequel viennent se fixer comme des portions accessoires les faisceaux qui viennent de l'humérus. Chez le Macaque ils sont réduits à une languette charnue qui se détache de la face profonde du fléchisseur perforé et réalise le muscle de Gantzen. Chez l'homme ce faisceau lui-même a disparu à l'état normal et le fléchisseur perforant devenu de plus en plus un muscle antibrachial n'agit plus que sur les doigts et sur la main.

---

M. Le Dr Louis ROULE

Professeur à l'Université de Toulouse.

---

## REMARQUES SUR LA DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET BATHYMÉTRIQUE DES ANTIPATHAIRES.

[591-9 : 551-46]

---

— *Séance du 9 août* —

Les études publiées jusqu'ici sur l'ordre remarquable des Anthozoaires dénotent une opposition singulière entre ses deux tribus, les Antipathines et les Schizopathines, au sujet de la répartition géographique et bathymétrique des espèces. La première serait cosmopolite, aurait des représentants dans la plupart des mers du globe, alors que la seconde se cantonnerait dans l'Océan Pacifique, l'Océan Indien, et l'extrême part méridionale de l'Océan Atlantique. En outre, la première habiterait de préférence des zones superficielles, comprises entre le littoral et 800 ou 1.000 mètres de profondeur, alors que la seconde se localiserait surtout dans les abysses inférieurs à 1.000 mètres. D'après l'excellent travail de Brook sur les Antipathaires du Challenger (*Report of... Challenger*, vol. XXXII, 1889), le plus complet qui existe encore, sur trente-deux espèces d'Antipathines, vingt-huit vivent de 100 à 500 brasses de profondeur (183 mètres à 915 mètres), tandis que, sur onze espèces de Schizopathines, trois seulement habitent les zones précédentes (183 à 915 mètres), et les huit autres se trouvent au-dessous de 1.000 brasses (1.830 mètres).

Selon toutes probabilités, les Schizopathines correspondent à des formes dérivées des Antipathines, grâce au morcellement en triades de chaque

zooïde. Si ce contraste dans la distribution horizontale et verticale de ces deux groupes était réel, il deviendrait possible d'établir une corrélation entre l'adaptation à la vie abyssale et la transformation des organismes, l'une pouvant être la cause de l'autre.

J'ai étudié récemment la collection des Antipathaires recueillies par le prince de Monaco sur les côtes du Maroc, dans les parages des Açores et dans ceux de Madère. Cette collection comprend quinze espèces, dont la plupart sont nouvelles. Elle permet d'infirmer la relation précédente, car l'opposition entre les deux ordres n'existe point en réalité. L'Océan Atlantique contient, dans sa moitié septentrionale, des Schizopathines appartenant au genre *Bathypathes*, et qui ne diffèrent point du *Bathypathes patula* Brook trouvé dans l'Océan Pacifique. Ces êtres vivent dans les grands fonds, car on en a remonté de 2.165 mètres, mais on en a dragué également dans des zones plus superficielles, à 1.384 mètres. De plus, les abysses contiennent, dans cette région de l'Atlantique, une riche faune d'Antipathines. Ainsi, on a recueilli, au-dessous de 2.000 mètres, des *Antipathes*, des *Leiopathes*, de nombreux *Stichopathes*. Même, certaines espèces d'Antipathes, prises entre 1.200 et 1.800 mètres de profondeur, ne diffèrent point des types bien connus des zones littorales, l'*A. virgata* Esp. et l'*A. squamosa* W. Koch.

La conclusion est donc que les Antipathines et les Schizopathines ne forment point deux groupes complètement dissociés. Dans l'ensemble, les secondes sont plutôt abyssales et reléguées en majeure part dans l'Océan Pacifique et ses dépendances, mais on en rencontre dans d'autres Océans, et les premières descendent jusqu'à leur niveau. Bien plus, si l'on totalise les observations relatives à la distribution des Antipathaires dans les mers, on s'aperçoit que l'ordre entier est surtout abyssal : la plupart de ses espèces habitent les grandes profondeurs. Quelques-unes seulement remontent dans les zones littorales. Il offre tous les caractères d'un groupe archaïque, dérivé directement des Anthozoaires primitifs, et conservé jusqu'à l'époque actuelle, grâce sans doute à son existence abyssale et à sa vie coloniale. A mon sens, il convient plutôt de le prendre pour tel que de le considérer comme dérivé, par dégradation, des formes supérieures, multi-cloisonnées et multi-tentaculées, des Anthozoaires. Sa place paraît être, comme le propose Ed. Van Beneden, à côté des Cérianthaires, plus évolués et parvenus à une complexité plus grande.

M. le Dr Louis ROULE

Professeur à l'Université de Toulouse.

ET

M. G. del Péré de CARDAILLAC de SAINT-PAUL

## LES CHEVAINES ET LES VANDOISES DU BASSIN DE L'ADOUR.

[697,44;79]

*— Séance du 9 août —*

L'Adour et ses affluents renferment en quantité considérable des Chevaines et des Vandoises. Ces poissons, et principalement les Vandoises, diffèrent de ceux que l'on trouve dans les autres parties de la France, au point que, sans se soucier des opinions de leurs prédécesseurs, la plupart des auteurs en ont fait des espèces différentes, ce qui a donné une synonymie des plus embrouillées. Nous n'insisterons pas sur cette synonymie, nous réservant de la traiter plus tard d'une façon plus complète ; mais nous tenons à signaler que ces poissons constituent à nos yeux de simples variétés de la Chevaine (*Squalius cephalus* L.), et de la Vandoise (*Squalius leuciscus* L.).

Un premier point, sur lequel nous devons nous prononcer, est celui qui a déjà été signalé et mis en valeur par Fatio dans sa *Faune des Vertébrés de la Suisse*. Ayant eu l'occasion d'examiner une très grande quantité de Chevaines et de Vandoises, il s'est rendu compte de l'excessive capacité de variation de ces poissons, et il a démontré que nombre d'espèces de *Squalius*, notamment celles créées par Heckel et Kner (*Die Süsswasser Fische des Osterreicher Monarchie ; Wien* 1858), n'étaient que des variétés. A notre tour, après l'examen de nombreux échantillons appartenant à ces deux espèces, nous avons pu nous convaincre de la vérité des assertions de Fatio. Nous allons même plus loin, car nous avons trouvé, parmi ces formes variables, tous les intermédiaires entre ces deux espèces.

Le *Squalius cephalus* de l'Adour se distingue du type habituel de l'espèce par la forme de sa tête ; cette dernière est aussi large, mais le museau est plus avancé, presque pointu ; l'œil est plus grand ; tous les autres caractères concordent avec ceux du type. Cette variété existe seule dans l'Adour, alors que le type y fait défaut. Il s'agit donc d'une variété vraiment déterminée, liée à la nature même du bassin. Elle se rapproche fortement du *Sq. cavedanus* de Bonaparte, qui se trouve dans la Péninsule Ibérique,

dans l'Italie et en Autriche. Elle appartient, par suite, à une forme méridionale de la Chevaine. Seulement, l'œil est encore plus grand que celui du *Sq. cavedanus* ; aussi en faisons-nous une variété spéciale, que nous nommons le *Sq. cephalus*, variété *Athurensis*.

La Vandoise particulière à l'Adour, nommée *Aubour* dans le pays et *Alburnia* en Basque, diffère encore plus de son type habituel que la variété précédente ne diffère du sien. Sa tête, assez forte, rappelle celle des Chevaines. Mais le nombre des rayons rameux de la dorsale est ordinairement celui qui est habituel chez les Vandoises (Chevaines, sept — Vandoises, huit). Cette combinaison de caractères fait de cet être l'un des intermédiaires auxquels nous faisions allusion ci-dessus. La tête diffère de celle de la Vandoise en ce qu'elle est plus pointue en avant; à cet égard, elle rappelle la variété précédente de la Chevaine. Enfin, les yeux sont très grands et beaucoup plus gros que ceux des Vandoises ordinaires.

Ces diverses particularités ont entraîné plusieurs auteurs à faire de cet animal une espèce spéciale (*Sq. Bearnensis*, Blanchard), et même un genre nouveau (*Athurius*, Dubalen). En réalité, il ne s'agit que d'une variété de la Vandoise, variété assez aberrante, mais rattachée au type par une autre variété de la Vandoise, commune dans le bassin de la Garonne. Cette dernière, dont Cuvier et Valenciennes ont même fait une espèce sous le nom de *Sq. Burdigalensis*, et que les gens du pays nomment la *Siège*, ne possède plus comme caractère différentiel que la tête pointue; ses yeux ont les dimensions ordinaires.

Ainsi, en allant du Nord au Midi et de l'Est à l'Ouest, on trouve en France, dans tous les bassins, sauf ceux du Sud-Ouest, la Vandoise type ; puis, dans bassin de la Garonne, on rencontre une variété assez peu dissemblable de ce type; enfin, dans le bassin de l'Adour, on trouve une variété très différente. La Vandoise type manque à ces deux bassins.

Les considérations précédentes permettent de tirer quelques conclusions. Les variétés de Chevaines et de Vandoises propres à l'Adour se distinguent de leurs types respectifs par deux caractères communs : la tête plus épaisse en arrière et pointue en avant, les yeux plus grands. Or, ces deux modifications de forme concordent avec celles que l'on constate souvent chez les poissons des rivières torrentueuses et peu profondes. Cette disposition est celle de l'Adour et de ses tributaires. Il s'agit donc, très probablement, de variations tenant à la forme, liées aux conditions de milieu, et devenues permanentes grâce à la persistance de ces conditions. Ensuite, la variété *Bearnensis* de la Vandoise a des caractères de Chevaine. Peut-être correspond-elle à une persistance, nonobstant les variations précédemment indiquées, du type primitif d'où proviennent à la fois les Chevaines et les Vandoises ? Il est à remarquer, en effet, que cette variété habite seulement le bassin de l'Adour ; on ne l'a jamais signalée ailleurs. Sa ressemblance

avec la variété locale de la Chevaine contribue également à corroborer cette pensée.

Si cette opinion est exacte, le centre de création de ces poissons, si fréquents dans les eaux douces de l'Europe, serait la région Pyrénéenne. L'aire de dispersion aurait gagné vers le Nord et vers l'Est.

De toute manière, il nous a paru nécessaire de souligner la grande importance de ces deux variétés, à la fois comme exemple des modifications subies par les poissons de nos eaux douces, et comme indication de la souche probable de plusieurs d'entre eux.

---

M. Jules COTTE

Chef des travaux à l'École de Médecine de Marseille.

## SUR QUELQUES PHÉNOMÈNES DÉGÉNÉRATIFS OBSERVÉS CHEZ SYCANDRA RAPHANUS

[593.4]

*— Séance du 9 août —*

On sait combien il est difficile de conserver en aquarium la plupart des Spongiaires; à côté de quelques types vraiment privilégiés, comme les Cliones, qui, d'après Topsent, présentent une résistance des plus remarquables aux agents extérieurs, la majorité des espèces ne tarde pas à mourir quand on veut les garder en captivité. Au cours de recherches entreprises sur la physiologie des Spongiaires il m'a été donné d'observer des phénomènes nécrobiotiques assez complexes chez les individus de Sycandra que j'ai essayé de faire vivre dans le laboratoire.

Les cellules les premières lésées paraissent être les choanocytes. Ils perdent leur forme habituelle et subissent un accroissement en longueur, un étirement surtout marqué dans leur partie moyenne qui s'atténue graduellement jusqu'à devenir filiforme *(fig. 1, 2, 3)*. La cellule est alors divisée en deux parties : une, basale, qui occupe l'emplacement primitif de la cellule, et l'autre, distale, portée plus ou moins loin vers le centre de la corbeille vibratile.

Le protoplasma devient de plus en plus diffluent, visqueux, aussi se fait-il avec la plus grande facilité des adhérences entre les cellules voisines. Ces adhérences sont constituées, entre les parties distales, par des filaments d'épaisseur très variable *(fig. 2, c, d, f)*; elles sont parfois beaucoup plus marquées, et il peut y avoir par places formation d'amas poly-

nucléés. Lorsque la corbeille vibratile est de diamètre restreint ou que, sous une influence accidentelle, deux de ses parois opposées viennent à se

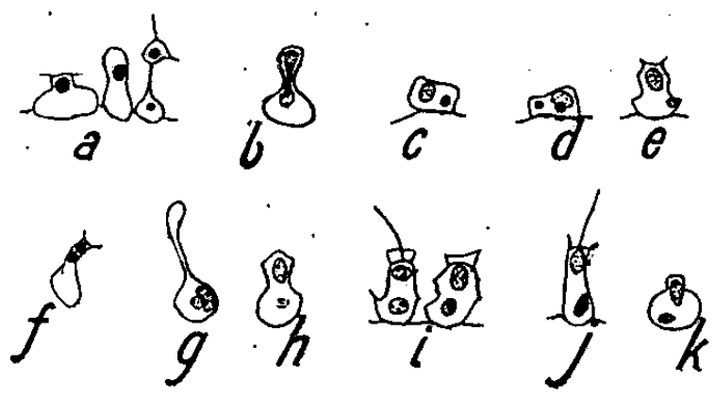



FIG. 1.




FIG. 2.

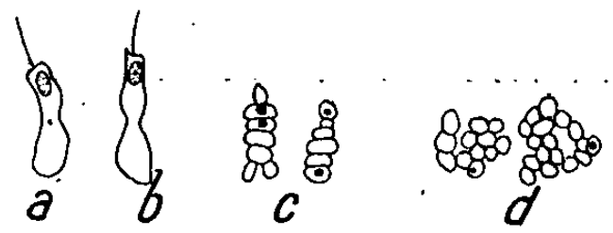



FIG. 3.

Choanocytes à divers degrés d'altération (Zenker chaud ou acide osmique en solution ou en vapeur.) Grossissement : 800 diam.

rapprocher, il peut s'établir une sorte de soudure entre des éléments occupant ces parois *(fig. 2, e)*.

Les parties basales peuvent subir des phénomènes de même ordre.

Lorsque le protoplasma a atteint un état de diffluence extrême, il est devenu vacuolaire et a même pris parfois un aspect réticulé, sa colorabilité est perdue en grande partie ; les profondes modifications physiques et chimiques qu'elle a subies semblent devoir indiquer la mort de cette partie de la cellule. Ces phénomènes ne marchent pas avec la même rapidité chez tous les choanocytes d'une même corbeille vibratile, ni chez toutes les corbeilles d'un même individu. Au voisinage des prosopyles qui font communiquer les corbeilles avec les canaux inhalants, par conséquent au point où l'eau de mer fraîche se trouve en plus grande abondance, la résistance organique est plus forte et les choanocytes conservent plus longtemps leur forme normale. Lorsque la circulation se trouve gênée dans une partie du Spongiaire, soit parce que l'animal est accidentellement couché sur le flanc, ce qui immobilise toute circulation dans la partie inférieure, soit parce que les canaux inhalants sont obstrués par des matières étrangères (carmin, charbon dans certaines expériences d'alimentation

artificielle), toute la partie de l'éponge intéressée présente les lésions décrites ci-dessus.

Chez certains individus la transformation des choanocytes est plus complexe : la séparation en partie basale et en partie distale est répétée successivement plusieurs fois, et on a au total formation d'une série de disques ou d'ovoïdes empilés, séparés par des étranglements *(fig. 3, c, d)*. Ce processus paraît dériver du précédent ; il a pour résultat la formation d'un grand nombre de boules protoplasmiques irrégulières, fortement dégénérées et difficilement colorables, qui obstruent en partie la lumière de la corbeille vibratile et dont quelques-unes seulement renferment des noyaux.

Dès le commencement de l'accroissement en longueur de la cellule flagellée, le noyau peut subir une division amitotique *(fig. 1, b)*, et dans ce cas chacun des noyaux-fils ainsi obtenus sera contenu dans une des deux parties de la cellule. Cette division nucléaire est loin d'être constante et l'unique noyau est, dans ce cas, généralement entraîné avec la portion distale du protoplasma *(fig. 2, c, d ; fig. 3, b)*. On a tantôt affaire à des noyaux limités par une membrane nucléaire des plus nettes et possédant un lacis de filaments chromatiques, tantôt à des noyaux plus petits, d'apparence homogène et très fortement colorables par les colorants de la chromatine. La dégénération du noyau n'a pas une marche forcément parallèle à celle du protoplasma.

Il n'est pas rare de voir expulser le noyau : l'issue peut se faire par la région terminale de la cellule, là où se trouvait primitivement le flagellum, ou bien elle se produit par les côtés, en un point quelconque *(fig. 2, a, b)*. Cette expulsion a son analogue chez les ovules. A l'état normal l'ovule de Sycandra possède un noyau dont toute la chromatine est généralement condensée en un unique nucléole, renfermant parfois un nucléolule visible. La paroi nucléaire est extrêmement mince et quelques tractus de filaments achromatiques parcourent le noyau. A l'état pathologique on voit que le nucléole peut être graduellement expulsé du noyau, puis de l'ovule *(fig. 4, a, b, c)* ; pendant quelque temps encore la cellule garde l'empreinte de la position qu'il occupait et du canal qui s'est creusé pendant son issue. Dans d'autres cas, les substances chromatiques de l'ovule se désagrègent dans le protoplasma en une sorte de poussière chromatique, après disparition de la membrane nucléaire. Signalons aussi que certains

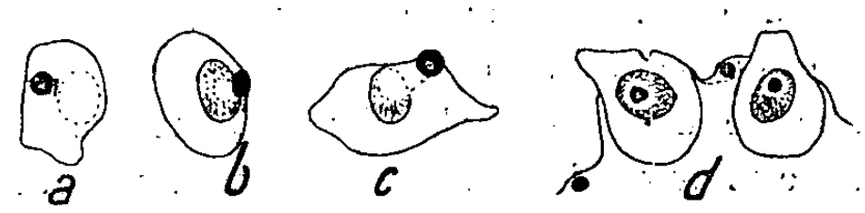



FIG. 4. — Choanocytes à divers degrés d'altération.

ovules, à l'aide de mouvements amiboïdes, émigrent de leur position normale et vont à l'intérieur des corbeilles vibratiles ou de la cavité atriale *(fig. 4, d)*.

Par places on voit des amibocytes, reconnaissables à leur noyau nucléolé quand l'altération n'est pas encore profonde, mais qu'il est plus difficile de caractériser lorsque les filaments chromatiques se sont fusionnés en une seule masse qui a pris l'aspect des noyaux en pycnose ; il est très malaïsé parfois de distinguer ces cellules transformées de certaines parties basales de choanocytes. Cette modification du noyau n'est pas l'indice de la mor

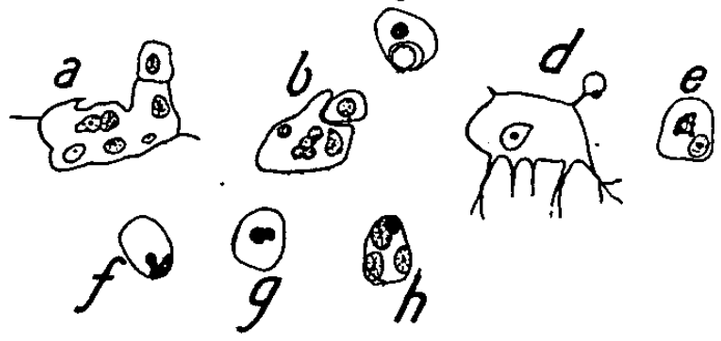



FIG. 5. — Choanocytes à divers degrés d'altération. En *b, c, e, h*, phénomènes de phagocytose. En *a*, y a-t-il phagocytose ou formation d'un amas polynucléé aux dépens des parties basales de choanocytes? *d* est une cellule amiboïde à l'intérieur d'une chambre flagellée.

de la cellule, et l'on peut rencontrer des noyaux ainsi altérés présentant des figures de division amitotique *(fig. 5, f, g)* ; peut-être cependant est-ce là une simple apparence due à l'état de diffluence dans lequel se trouveraient les substances nucléaires. Il paraît se rencontrer aussi de rares figures de caryokinèse, appartenant à une mitose d'aspect anormal. Comme les ovules, un certain nombre de cellules amiboïdes émigrent à l'intérieur des corbeilles vibratiles ou de l'atrium *(fig. 5, d)*.

Dans les phénomènes de dégénérescence on a très souvent signalé l'intervention des phagocytes qui, remplissant comme à l'ordinaire leurs fonctions de protection à l'égard des organismes, travaillent à les débarrasser des cellules altérées. Nous avons ici les mêmes faits, seulement ils n'ont pas une importance très marquée, car le nombre des cellules amiboïdes est très faible comparativement à celui des cellules flagellées et des autres éléments qui dégénèrent. Il est possible néanmoins de retrouver tous les aspects, depuis l'ingestion de débris peu volumineux *(fig. 5, c, e, h)*, ce qui constitue de la phagocytose à proprement parler, jusqu'à la fusion des amibocytes avec des cellules d'un volume égal au leur (peut-être *fig. 5, a)*. Il est impossible de dire à ce moment si réellement une des deux cellules a absorbé l'autre, et ces faits se relient à ceux que j'ai signalés plus haut, en citant la formation de masses polynucléées aux dépens de choanocytes.

Parmi les phagocytes actifs, il en est un certain nombre qui possèdent un noyau à chromatine condensée, par conséquent en pleine dégénération.

Les pinacocytes qui revêtent les surfaces extérieures et les parois des canaux ne présentent rien d'intéressant à considérer. Ils se détruisent lentement, sans modifications notables; un certain nombre se desquament plus ou moins tôt. Il est à signaler cependant que, comme à l'ordinaire, la chromatine de leurs noyaux garde encore son électivité pour les matières colorantes alors que leur protoplasma est déjà disparu en grande partie.

Les embryons possèdent normalement deux sortes de cellules : les unes, volumineuses et à protoplasma granuleux, qui renferment un gros noyau à aspect réticulé, constitueront l'endoderme primitif de la larve et deviendront l'épiderme définitif de l'adulte. Les autres, minces, longues, tassées les unes contre les autres, possèdent un petit noyau compact et donneront naissance aux choanocytes de l'adulte après avoir formé l'ectoderme cilié de la larve. Le mode de dégénérer est bien différent pour ces cellules. Le protoplasma d'une partie des cellules endodermiques se détruira sur place, alors que les noyaux garderont quelque temps encore leur structure normale; mais un certain nombre de ces cellules, constituées par un protoplasma fortement colorable entourant un noyau devenu compact par condensation de la chromatine, s'enfoncent dans l'intérieur de l'embryon et paraissent exercer une sorte de phagocytose aux dépens du protoplasma, devenu diffluent, qui en remplit l'intérieur. Quant aux cellules ectodermiques, elles subissent des phénomènes qui paraissent avoir quelque analogie avec ceux des choanocytes ; parfois il y a multiplication des noyaux, d'autres fois, le noyau et le protoplasma qui l'entoure s'isolent par une sorte d'étranglement du reste de la cellule et du reste de l'embryon, et les parties ainsi séparées peuvent se souder diversement les unes aux autres, ainsi que nous avons vu le fait se produire pour les choanocytes. Dans des cas plus simples les cellules s'isolent simplement les unes des autres.

Il semblerait, à voir ces phénomènes agonaux, que nous nous trouvions en présence d'une évolution accélérée des éléments de l'embryon. Sous l'influence de la mort prochaine il se produit des divisions hâtives et les différenciations deviennent précoces. Des cellules endodermiques, qui devaient donner à la fois l'épithélium définitif et les cellules mésodermiques de l'adulte, une partie dégénère et meurt sur place, ainsi que nous avons vu la chose se passer pour les cellules de revêtement de l'adulte. Quelques-unes condensent leur noyau, comme les amibocytes qui dégénèrent, se répandent dans l'intérieur de l'embryon et cheminent jusqu'à aller se placer sous les noyaux de l'épithélium primitif. Nous avons vu que les cellules de l'épithélium primitif subissent des processus nécrobiotiques analogues à ceux des cellules flagellées.

Il y a lieu de remarquer aussi que la plupart des phénomènes dégénératifs précédemment signalés semblent devoir permettre aux divers élé-

ments de continuer plus longtemps la lutte contre la mort. L'allongement excessif des choanocytes a pour résultat de porter la partie nucléée de la cellule le plus loin possible vers l'intérieur des corbeilles vibratiles, et par conséquent là où l'oxygène dissous dans l'eau doit être en plus grande abondance. Ces phénomènes sont accompagnés par la migration des amibocytes et des ovules qui se portent également dans l'intérieur des corbeilles vibratiles ou dans l'atrium. On croirait se trouver en présence d'une sorte d'indiscipline de ces éléments ; la force mystérieuse, l'espèce d'induction réciproque qui maintenait en place chacune de ces cellules, qui lui faisait accomplir la fonction à laquelle elle était destinée, cette force n'existe plus. Chaque élément agit pour son compte et réagit à sa guise contre les éléments extérieurs ; un certain nombre quittent la colonie devenue inhabitable.

On peut reproduire ces altérations d'une façon constante en laissant asphyxier des Sycandra dans de l'eau de mer non aérée, ou, bien plus rapidement, en faisant barboter dans l'eau qui renferme les éponges de l'acide carbonique soigneusement lavé. Après une demi-heure ou trois quarts d'heure les altérations sont bien marquées ; quelques-unes cependant n'ont pas le temps de s'opérer convenablement avec cette dernière manière d'opérer, car la mort des individus en expérience est trop rapide. L'interprétation des faits est aussi un peu plus difficile, la chromatine ayant perdu en grande partie sa colorabilité.

La dégénérescence des choanocytes avait déjà été vue en partie par de nombreux auteurs. C'est ainsi que Bidder (1) avait décrit ces phénomènes chez Leucandra aspera, Sycandra raphanus et Ascetta primordialis, comme étant en rapport avec la nutrition des individus. Les matières alimentaires s'accumuleraient dans la partie basale des cellules à collerette, qui se séparerait de la partie distale renfermant le noyau ; il appelle la première la plinthe, la deuxième la colonne. La plinthe se détacherait et émigrerait dans l'intérieur du mésoderme, où se ferait la digestion des substances absorbées, soit que la partie ainsi émigrée se transforme en amibocyte, soit que des amibocytes viennent la phagocyter. La partie distale, nucléée, reproduirait les choanocytes. Dans ses dessins Bidder représente effectivement des choanocytes dont la partie basale renferme des sphérules sur la nature desquels il nous est impossible de nous prononcer ; il montre aussi un ovule, soudé à deux choanocytes et qui se nourrirait à leurs dépens. On voit que ces phénomènes paraissent identiques à ceux qui sont décrits dans le cours de ce travail. Les termes de plinthe et de colonne doivent donc disparaître du langage scientifique, au moins en ce qui concerne la nutrition des éponges.

(1) G. Bidder : *Note on Excretion in Sponges. Proceed. of the Royal Society of-London*, t. LI, 1892.

Il est facile de se convaincre d'ailleurs, en examinant des individus nourris au carmin ou au noir de fumée et en excellente santé, que les choanocytes, même entièrement bourrés de particules étrangères, ne subissent aucun étranglement.

Lendenfeld (1) a également rencontré les phénomènes dégénératifs des choanocytes, en étudiant chez Sycandra raphanus l'ingestion des substances alimentaires et l'action de certains poisons. Il suffit d'examiner entre autres les figures 36, 67, 69 (Pl. XXVII) de son travail.

Il y a lieu de se demander aussi si la cellule centrale des corbeilles vibratiles (il y en a parfois deux ou trois), vue par Sollas (2) chez diverses Hexactinellides, par Delage (3) chez Reniera, et que j'ai retrouvée sur des coupes de Cliona vastifica, n'est pas constituée par une cellule amiboïde qui a émigré jusqu'à l'intérieur de la corbeille vibratile pour se rapprocher de l'eau de mer aérée, ainsi que nous avons vu le fait se produire pour Sycandra raphanus.

Dans un mémoire que je n'ai pas encore pu consulter (4), Dendy signale la présence d'ovules non fécondés à l'intérieur des canaux inhalants. Il est possible que l'observation précédente soit aussi applicable, car la présence d'ovules en ce lieu est assez difficile à expliquer physiologiquement.

---

M. le Professeur JOLYET

Directeur des Laboratoires

ET

M. LALESQUE

Président de la Société Scientifique d'Arcachon.

## LES NOUVEAUX LABORATOIRES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE D'ARCACHON (STATION DE BIOLOGIE MARINE) [590.7 : 44.71]

*— Séance du 9 août —*

Fondée en 1863, par le fait de l'initiative privée, la Société Scientifique d'Arcachon avait pour but de faciliter l'étude des sciences naturelles.

Dès cette époque qui se fait lointaine — quarante ans demain — elle

(1) R. V. LENDENFELD : *Experimentelle Untersuchungen über die Physiologie der Spongien (Zeitschr. Wiss. Zool.*, t. XLVIII, 1889).

(2) W.-J. SOLLAS : *Report on the Tetractinellida (Voyage of H. M. S. Challenger*, t. XXV, 1888).

(3) Y. DELAGE : *Embryogénie des Éponges (Arch. Zool. Exp.* (2), t. X, 1892).

(4) A. DENDY : *Observations on the structure and classification of the Calcarea Heterocœla (Quart. Journ. of Micr. Sc.*, t. XXXV, 1893).

installa un bien modeste laboratoire, rudiment de ce que devait être plus tard la Station zoologique et qu'utilisèrent Paul Bert, de Quatrefages, Fischer, et dans un autre ordre de recherches Alex. Lafont et Paulin Fillioux pour la détermination de la faune et de la flore locales.

En 1885, la Société Scientifique pouvait augmenter ses locaux et son outillage par la création de quatre laboratoires, simples, mais suffisants, constituant ainsi la Station zoologique que dirigea le regretté Viallans et dans laquelle il poursuivit ses importantes études zoologiques.

Depuis, l'essor de la Société n'a cessé. Nous n'en voulons pour preuve que l'index bibliographique publié chaque année dans le fascicule *Travaux des Laboratoires*, comme aussi le nombre toujours croissant des travailleurs inscrits à la Station. Aussi s'imposant de nouveaux sacrifices, faisant un réel effort, la Société Scientifique d'Arcachon vient-elle d'achever le pavillon de ses Laboratoires et les aménagements en vue de recherches moins spéciales que la zoologie, créant la *Station de Biologie marine*.

LABORATOIRES. — Ils sont au nombre de dix, de dimensions variables, les plus petits mesurant une superficie de 15 mètres carrés. Dans chacun d'eux on a, sous la main, le gaz, l'eau douce, l'eau de mer. Tous sont largement éclairés par de larges baies vitrées.

Huit de ces laboratoires sont en façade sur la mer, orientés au nord. Les deux autres, beaucoup plus spacieux, sont tournés au sud, en façade sur le jardin de l'établissement. Ils sont aménagés d'une façon spéciale : l'un en vue de recherches physiologiques, l'autre pour des études de chimie biologique et déjà utilisé par le Dr Sellier, directeur-adjoint de la Station, dans ses recherches sur la digestion des poissons.

Tout l'outillage scientifique de première nécessité et d'un prix coûteux (microscopes, microtomes, pompe à mercure, étuves, balances de précision, appareil à traîneau de Dubois-Reymond ; signal électrique de Marcel Deprez, enregistreur Marey, électromètre capillaire de Lippmann, etc ; boîtes à réactif, verreries, cisailles, fours à combustion intense, etc.), tout est mis *gratuitement* à la disposition des travailleurs.

ANNEXES. — *Salle de dissection.* — Une grande salle carrée, éclairée par la partie supérieure, très aérée, munie d'une large table carrée, en marbre, permet la dissection des grosses pièces.

*Chambres de logement.* — Six chambres meublées faisant huit lits, sont mises *gratuitement* à la disposition des travailleurs.

*Laboratoire de Guethary* (Basses-Pyrénées). — Grâce à la libéralité de l'un de ses membres les plus actifs, M. Durègne, ancien directeur des Laboratoires, la Société a pu installer une petite succursale sur cette plage rocheuse.

*Chambre à photographie.* — Chambre noire, spacieuse, munie d'eau, de gaz, de tables, étagères, etc.

*Aquarium, Bassins.* — L'aquarium comprend trente-deux bacs vitrés de 1 à 2 mètres de capacité, dont l'éclairage est disposé de manière à permettre l'observation des animaux qui y sont acclimatés.

Six vastes bassins, mesurant de 10 à 25 mètres cubes, sous un abri couvert, sont destinés à conserver les animaux de grande taille. Le tout formant une importante réserve pour les animaux d'études.

*Service des pêches.* — L'outillage de la Station est sur ce point remarquable. La pêche dans le Bassin est assurée par la barque de la Société.

Le service en pleine mer, dans le golfe de Gascogne, est assuré par six bateaux chalutiers, à vapeur, de la Compagnie « des Pêcheries de l'Océan ». La Société jouit du privilège inestimable de pouvoir embarquer le ou les travailleurs qui en font la demande et peuvent ainsi recueillir dans le chalut même, et frais, les échantillons nécessaires à leurs recherches.

*Un musée*, riche en collections locales, *une bibliothèque* bien pourvue complètent cet outillage scientifique.

---

M. L. CUÉNOT

Professeur à l'Université de Nancy.

## CONTRIBUTIONS A LA FAUNE DU BASSIN D'ARCACHON (ÉCHIURIENS ET SIPUNCULIENS) [591.9:44.71]

*— Séance du 13 août —*

Il serait très désirable de poursuivre l'inventaire de la faune d'Arcachon, sur laquelle on ne possède encore que des documents épars, dont quelques-uns n'ont qu'une médiocre valeur. Ces études fauniques fourniraient d'abord aux zoologistes désireux de travailler à la Station des renseignements pratiques sur les espèces du pays, mais j'y vois encore un autre intérêt : le bassin d'Arcachon est une petite mer intérieure de 15.000 hectares, aux eaux peu profondes, chaudes et de salure variable, qui paraît constituer un milieu favorable à l'isolement des espèces, par conséquent à la fixation de formes nouvelles ou à des changements de mœurs. Jusqu'ici, cependant, on ne connaît que très peu d'espèces authentiques localisées à Arcachon (un Annélide du genre *Phyllodoce*, un Mollusque du genre *Phyllaplysia* et quelques Nudibranches douteux) ; pour ma part, j'ai trouvé dans les sables vaseux, découverts aux marées moyennes, deux autres formes nouvelles, un Thalassème *(Thalassema arcassonensis)* et un Siponcle *(Sipunculus arcassonensis)*.

Le Thalassème d'Arcachon, dont je n'ai rencontré qu'un seul individu, est une grande espèce de 13 centimètres de long, qui, par ses caractères anatomiques, se rapproche surtout de *Th. papillosum* Delle Chiaje, de Naples, dont on n'a trouvé en tout que trois exemplaires. Le liquide cœlo-

mique est d'un rouge foncé, comme du sang veineux de Mammifère, et doit sa couleur à de nombreuses hématies chargées d'hémoglobine, caractère intéressant qui lui est du reste commun avec quelques autres Échiuriens. Jusqu'ici le seul Thalassème connu sur les côtes de France était le petit *Th. Neptuni* Gaertner (Méditerranée et côtes océaniques) qui habite dans des pierres perforées, à une faible profondeur.

Le *Sipunculus arcassonensis* vit dans les mêmes stations que le commun *Sipunculus nudus* L., mais est beaucoup plus rare ; il atteint aussi de grandes dimensions, jusqu'à 36 centimètres de long. L'introvert ou trompe est muni de nombreux cercles de crochets (jusqu'à 140), caractère exceptionnel pour le genre *Sipunculus* ; il n'y a pas dans le liquide cœlomique les curieuses urnes libres si souvent étudiées chez le *Sipunculus nudus*, mais celles-ci sont remplacées fonctionnellement par des urnes fixes, placées à la surface de la spire ascendante de l'intestin, et tout à fait semblables à celles que j'ai décrites chez *Phascolosoma vulgare* Blainv. Les affinités de l'espèce d'Arcachon sont assez curieuses ; son anatomie est très différente de celle des Siponcles européens, côtiers ou abyssaux, mais elle se rapproche singulièrement d'espèces de l'Océan Pacifique, *S. australis* Kef. (le seul Siponcle chez lequel on ait signalé des crochets sur l'introvert) et *S. boholensis* Semper, rapprochement dû plutôt à des phénomènes de convergence qu'à une parenté réelle. Jusqu'ici les seuls Siponcles connus sur les côtes de France étaient le *Sipunculus tessellatus* Rafin., qu'on ne rencontre qu'en de rares points du littoral méditerranéen, et le *S. nudus* L., qui est assez commun sur les côtes de la Manche, de l'Océan et de la Méditerranée.

---

M. le Dr J. SELLIER

Chef des travaux de Physiologie à la Faculté de Médecine de Bordeaux,
Directeur adjoint de la Station biologique d'Arcachon.

---

## SUR LE FERMENT SAPONIFIANT DU SÉRUM SANGUIN CHEZ QUELQUES GROUPES DE POISSONS ET D'ANIMAUX INVERTÉBRÉS [589.9]

---

*— Seance du 13 août —*

Depuis Cl. Bernard on sait que le suc pancréatique contient un ferment qui saponifie les corps gras, c'est-à-dire les décompose en leurs principes constituants, *acides gras* et *glycérine*. Hanriot a signalé, le premier, l'existence d'un ferment analogue dans le sang des animaux supérieurs, la *sérolipase*.

Arthus, Doyon et Morel soutiennent que ce ferment, à l'encontre de la lipase pancréatique, est impuissant à transformer les corps gras ordinaires (huile d'olive et huile de pied de bœuf). La monobutyrine de la glycérine, corps gras soluble, pourrait seule être saponifiée.

Pour cette raison, et après avoir vérifié les propriétés fermentaires, Arthus propose de désigner cet agent sous le nom de *monobutyrinase*.

On a montré, dans ces derniers temps, l'existence de ce ferment dans le sang des divers mammifères avec des teneurs variables. Chez les poissons et les animaux invertébrés il n'avait point encore été fait de recherches dans cette voie. On devait naturellement commencer par rechercher le ferment puis en étudier ensuite l'activité et les propriétés diverses. C'est le résumé des premières expériences exécutées dans ce sens qui fait l'objet de la communication actuelle.

Pour le dosage, on a employé la technique proposée par Hanriot et Camus.

On se rappelle que ces auteurs appellent unité de lipase, la quantité de ferment qui met en liberté un millionième de molécule d'acide en vingt minutes à la température de 25 degrés.

Ainsi, un centimètre cube de sérum d'activité 1 mettrait en liberté à 25 degrés et pendant vingt minutes une quantité d'acide butyrique (de poids moléculaire 88) égale à

$$\frac{88}{1.000.000}$$

Un sérum d'activité 12 sera celui qui, dans les mêmes conditions, et au bout du même temps, mettra en liberté une quantité d'acide égale à

$$\frac{12 \times 88}{1.000.000}$$

Il suffit donc, pour rendre le dosage de la séro-lipase pratique, d'avoir à sa disposition une solution alcaline de titre tel que chacune de ses gouttes sature exactement $\frac{1}{1.000.000}$ de molécule d'acide. Supposons, en reprenant l'exemple des auteurs du procédé, que 1 centimètre cube de la burette donne exactement vingt gouttes de liquide. Pour que chaque goutte sature la fraction de molécule d'acide indiquée plus haut, il faut faire une solution alcaline renfermant $2^{gr},12$ de $Co^3Na^2$ par litre.

Dans la pratique, pour effectuer le dosage de l'activité lipasique d'un liquide, Hanriot et Camus en prenaient 1 centimètre cube auquel ils ajoutaient 10 centimètres cubes d'une solution de monobutyrine à 1 0/0. Après avoir ajouté la phtaléine et saturé exactement par le carbonate de soude,

ils maintenaient ce liquide pendant vingt minutes à 25 degrés. Ils le saturaient de nouveau par la solution de carbonate de soude. Le nombre de gouttes de solution alcaline titrée, nécessaire pour neutraliser, donnait la mesure de l'activité lipasique du liquide.

A l'aide de ce procédé nous avons étudié le sérum sanguin d'un certain nombre de poissons et d'animaux invertébrés où l'existence de la séro-lipase n'avait pas encore été signalée.

Pour montrer plus clairement la façon dont la teneur en ferment varie avec chaque groupe, nous résumons dans les tableaux suivants les nombres qui représentent l'activité, évaluée en prenant l'unité définie précédemment. Toutes les expériences ont été faites avec du sérum sanguin préalablement centrifugé, recueilli chez des animaux vivants, et maintenu pendant trente minutes à la température de 20 degrés.

La séro-lipase a été retrouvée dans le sérum sanguin de la plupart des êtres que nous avons étudiés jusqu'ici. Les chiffres suivants (chiffres moyens) montrent la teneur et les variations quantitatives de ce ferment, mesurés à l'aide du procédé de Hanriot et Camus.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Poissons.** | | | | |
| Torpedo marmorata | 1 centimètre cube. | 20° | 30′ | 7,5 |
| Galeus canis | — | — | — | 6 |
| Squatina angelus | — | — | — | 17,5 |
| Myliobates aquila | — | — | — | 6 |
| Anguille | — | — | — | 53 |
| Congre | — | — | — | 62 |
| **Crustacées.** | | | | |
| Maïa squinado | 5 centimètres cubes. | 20° | 30′ | 12 |
| Carcinus mœnas | — | — | — | 9 |
| Cancer pagurus | — | — | — | 7,5 |
| Langouste | — | — | — | 25 |
| **Gastéropodes.** | | | | |
| Helix aspersa | 1 centimètre cube. | 20° | 30′ | 5 |
| Helix pomatia | — | — | — | 7,5 |
| **Vers.** | | | | |
| Sipunculus nudus | 1 centimètre cube. | 20° | 30′ | 6,2 |

Activité lipasique comparée, mesurée dans les mêmes conditions chez les principaux types :

| | |
|---|---|
| Torpedo marmorata | 7,5 |
| Galeus canis | 6 |
| Squatina angelus | 17,5 |
| Anguille | 53 |
| Congre | 62 |
| Myliobates aquila | 5 |
| Langouste | 7,5 |
| Helix pomatia | 7.5 |
| Helix aspersa | 5 |
| Sipunculus nudus | 6,2 |

Action de doses variées de sérum après le même temps et à la même température :

| | Quantités de sérum. | Activités. |
|---|---|---|
| Torpedo marmorata | 1 centimètre cube. | 7,5 |
| | 2 — | 10,5 |
| | 3 — | 16 |
| Galeus canis | 1 — | 6 |
| | 3 — | 12,5 |
| Squatina angelus | 1 — | 17.5 |
| | 2 — | 33,8 |
| | 3 — | 43,9 |
| Congre | 0.5 — | 37 |
| | 1 — | 62,7 |
| Langouste | 1 — | 7,5 |
| | 3 — | 18,8 |
| Helix pomatia | 1 — | 7,5 |
| | 2 — | 10 |
| | 3 — | 13,8 |
| Sipunculus nudus | 1 — | 6,2 |
| | 2 — | 10 |
| | 3 — | 16 |

Action de doses égales de sérum après des temps variables.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Torpedo marmorata | 1 centimètre cube. | 30′ | 7,5 |
| | — | 1 h. | 13 |
| | — | 1 h. 30′ | 21 |
| Sipunculus nudus | 1 — | 30′ | 6,2 |
| | — | 1 h. | 10 |
| | — | 1 h. 30′ | 10 |

### Conclusions

La lipase existe dans le sang chez les principaux types de poissons et d'animaux invertébrés.

L'activité lipasique, différente d'un groupe à l'autre, est aussi légèrement variable chez plusieurs individus appartenant à la même espèce.

La plus forte activité, chez les poissons, a été trouvée chez le congre *(Conger vulgaris)*. La plus faible, chez des sélaciens du type de la torpille et de la tère *(Torpedo marmorata, My liobates aquila)*.

Chez les invertébrés, on trouve des activités relativement élevées. Le siponcle, qui appartient au groupe des vers, possède une teneur lipasique très appréciable.

Si on fait varier la quantité de sérum, et par conséquent la quantité de ferment, en maintenant constantes les autres conditions, on trouve une variation de l'activité dans le même sens, surtout chez certains types.

Enfin, l'activité lipasique déterminée après des temps variables semble, pour certains individus, augmenter avec le temps (Torpille). Chez d'autres, elle paraît, à partir d'une certaine limite, rester constante (Sipunculus nudus). (1)

---

## M. A. POLICARD

(Travail du Laboratoire d'Histologie de la Faculté de Médecine de Lyon.)

---

## NOTES HISTOLOGIQUES SUR L'ORGANE DE BIDDER DE *BUFO VULGARIS*

[591.17]

*— Séance du 13 août —*

Depuis les travaux de Bidder (1846), von Wittich (53), Leydig (53), Spengel (76), Marshall (84), Knappe (86), La Valette Saint-Georges (95), Stephan (1901), on sait que l'organe de Bidder est constitué par une masse de grandes cellules semblables à des ovules, entourées chacune par une couche de petites cellules folliculaires et unies entre elles par du tissu conjonctif très riche en capillaires sanguins, La présence absolument constante de cet organe, sa riche vascularisation, les quelques expériences physiologiques qui ont été faites (Policard), tout cela montre que cet organe doit jouer un rôle important. Mais jusqu'ici ce rôle est inconnu.

(1) Travail de la Station biologique d'Arcachon.

Dans cette courte note, je ne ferai que signaler certaines particularités cytologiques de cet organe.

## I. — Présence de Cristalloides.

Quelques auteurs, Knappe en particulier, admettaient la possibilité de développement de spermatozoïdes à l'intérieur des cellules. C'était là un mode de régression des éléments de l'organe de Bidder. Knappe dans son Mémoire figure une cellule présentant d'après lui des spermatozoïdes intra-cytoplasmiques. En cherchant à vérifier les observations de cet auteur, j'ai pu me convaincre que ce qu'il prenait pour des spermatozoïdes n'était en réalité que des *cristalloïdes*.

Sur des préparations d'organes de Bidder de crapauds tués en août, fixés par le liquide de Tellyesniczki (bichromate de potasse à 3 0/0 : 100 vol. ; acide acétique pur : 5 vol.), et colorés par l'hématéine safranine, les diffé-

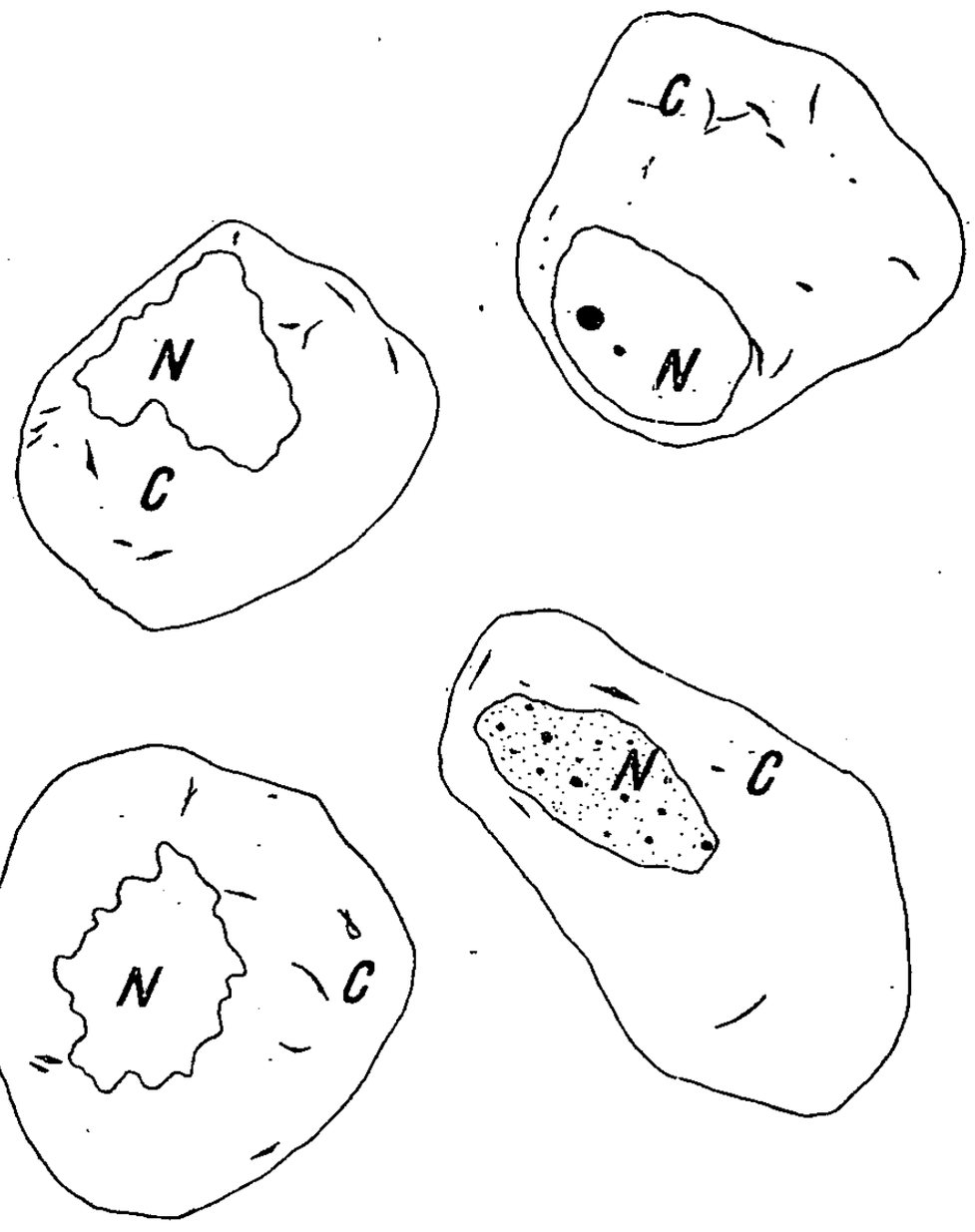



Fig. 1. — Esquisse des cellules de l'organe de Bidder. — Cristalloïdes dans le cytoplasma.
*N*, noyau ; *c*, cristalloïde.
Fixation au bichromate acétique. — Coloration à l'hématéine safranine. — Obj. 3 m/m.
Imm. homog. de Zeiss. — Oc. comp. 2 de Zeiss. — Projection sur table à dessiner.

rentes parties constitutives de la cellule apparaissent d'une façon très nette. Le noyau est clair *(fig. 1)*, bien limité, de forme très irrégulière (noyaux

muriformes de KNAPPE); nous reviendrons tout à l'heure sur cet aspect du noyau. Le protoplasma est finement granuleux. Il se colore de façon plus ou moins intense suivant les régions de la cellule. En certains points, on peut rencontrer des plages de protoplasma clair à côté de plages plus foncées. Mais dans la plupart des cellules, le protoplasma est coloré de façon uniforme.

Tout autour de la cellule, les éléments folliculaires forment une couche unique, continue. Les noyaux de ces éléments présentent des variations de chromaticité intéressantes.

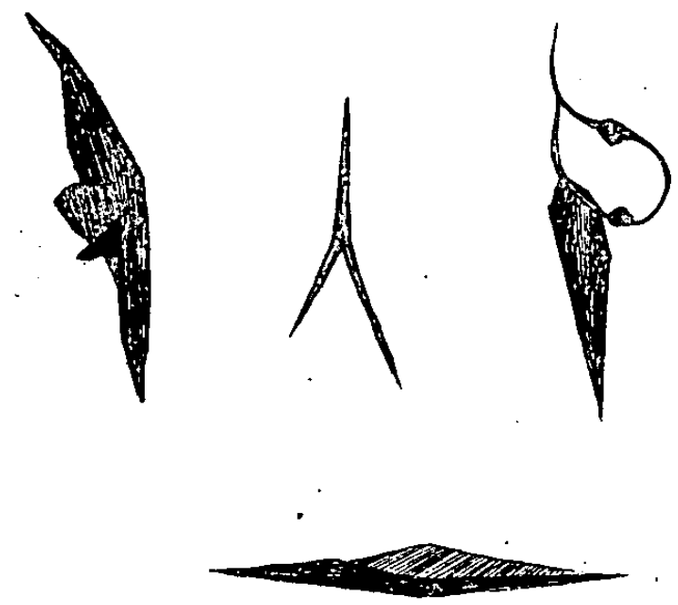


FIG. 2. — Cristalloïdes de formes diverses. Même technique que pour la figure 1. — Obj. 2 m/m. — Imm. homog. de Zeiss. — Oc. comp. 12. Projection sur table.

Dans l'intérieur du cytoplasma de certaines des grandes cellules on aperçoit à un faible grossissement, de petits filaments très fins, incurvés souvent, colorés en rouge vif par la safranine *(fig. 2)*. Ils ressemblent beaucoup à des queues de spermatozoïdes. L'emploi d'un plus fort grossissement montre qu'il ne s'agit pas là d'éléments séminaux, mais de cristalloïdes.

Leur longueur est variable. Elle est en raison inverse de l'épaisseur. Celle-ci est souvent très minime. Les cristalloïdes ont la forme de fuseaux très allongés ou d'aiguilles. Très peu ont la forme d'un bâtonnet.

Beaucoup de cristalloïdes sont flexueux, incurvés en arc de cercle. ZIMMERMANN chez les plantes, REINKE dans les cellules interstitielles du testicule, PRENANT dans le noyau des cellules sympathiques du hérisson, VAN BAMBEKE dans l'oocyte de *Pholcus Phalangioïdes*, ont signalé des cristalloïdes présentant cette particularité.

Ils sont quelquefois groupés deux par deux. Mais on ne rencontre jamais dans les cellules de l'organe de Bidder des amas de cristalloïdes comme ceux des cellules interstitielles du testicule; sur ce point, les choses se passent comme dans l'oocyte de *Pholcus Phalangioïdes* (VAN BAMBEKE).

Ces cristalloïdes se colorent en rouge vif par la safranine. Ils sont noirs après l'hématoxyline ferrique d'Heidenhain. La coloration n'est quelquefois pas homogène ; le centre est plus clair ; ce fait est très net sur les cristalloïdes fusiformes. D'autre part, certains semblent prendre moins énergiquement la safranine ; ils sont colorés en rose, non en rouge vif comme les autres. Ces variations de chromaticité sont à rapprocher de celles décrites par PRENANT dans les cristalloïdes des cellules sympathiques du hérisson et de la glande thymique du caméléon.

Ces cristalloïdes sont plongés au sein du protoplasma : autour d'eux on n'observe pas de vacuoles comme beaucoup d'auteurs en ont décrit autour de formations semblables, VAN BAMBEKE en particulier.

A part quelques différences de détail, ces cristalloïdes sont à rapprocher de ceux décrits par VAN BAMBEKE dans l'oocyte de *Pholcus Phalangioïdes ;* cet auteur ne les décrit que dans les oocytes arrivés à un certain stade ; dans l'organe de Bidder, il en est de même, ces cristalloïdes ne se rencontrent pas dans toutes les cellules, mais seulement dans les plus grosses.

Quelle est la fonction de ces cristalloïdes ? On peut avoir affaire à des *produits de dégénérescence,* comme les cristalloïdes décrits par PRENANT dans la glande thymique du caméléon, par TH. LIST dans les Amibocytes de *Sphœrechinus granularis.* Dans l'organe de Bidder, cette hypothèse serait favorable aux idées de MARSHALL qui insistait sur la fréquence des dégénérescences dans cet organe. Mais cela ne paraît pas juste. Dans les cellules manifestement dégéuérées, quand les cellules folliculaires prolifférées pénètrent dans le cytoplasma (fait signalé par KNAPPE) et le phagocytent, on ne rencontre pas de cristalloïdes.

Ce seraient donc bien plutôt des *éléments de réserve,* comme l'admettent LENHOSSEK et PLATO pour les cristalloïdes des cellules interstitielles, VAN BAMBEKE pour ceux de l'oocyte de *Pholcus Phalangioïdes.*

## II. — PRODUITS DE SÉCRÉTION DE LA CELLULE.

La méthode de coloration à l'hématoxyline cuprique, appliquée par REGAUD au testicule des mammifères et depuis, par plusieurs auteurs, à différents organes, permet de mettre en évidence un produit de sécrétion dans les cellules de l'organe de Bidder.

Avec cette méthode, le noyau, le protoplasma, les cellules folliculaires restent incolores. Pour voir leurs limites il est nécessaire d'abaisser beaucoup le condensateur. Sur ce fond resté clair se détachent avec une grande netteté des *vésicules de sécrétion (fig. 3)* semblables à celles que l'on a décrites dans l'ovule de la chienne (REGAUD et POLICARD).

Ces vésicules de sécrétion ont un contenu légèrement coloré en gris-bleu et une périphérie beaucoup plus noire. La constitution de la vésicule de sécrétion ne semble donc pas homogène.

La taille de ces vésicules est variable. Elles sont irrégulières, anguleuses. Quelques-unes sont muriformes et donnent l'aspect de petites vésicules fusionnées en une plus grosse.

Elles se rencontrent dans le protoplasma, plus nombreuses dans la zone périnucléaire. Le noyau n'en contient jamais. Les cellules folliculaires qui entourent les grandes cellules présentent de petites vésicules de même aspect que celles qui viennent d'être décrites, mais moins nombreuses.

Toutes les cellules de l'organe de Bidder ne présentent pas la même quantité de ces vésicules de sécrétion. Les petites cellules de la périphérie de l'organe, à noyau régulier, en présentent très peu. Dans les cellules plus grosses, à noyau irrégulier, lobé, le nombre des vésicules est très grand ; leur disposition répond au type qui vient d'être décrit. Au centre de l'organe, dans les cellules qui présentent des signes de sénescence, on peut

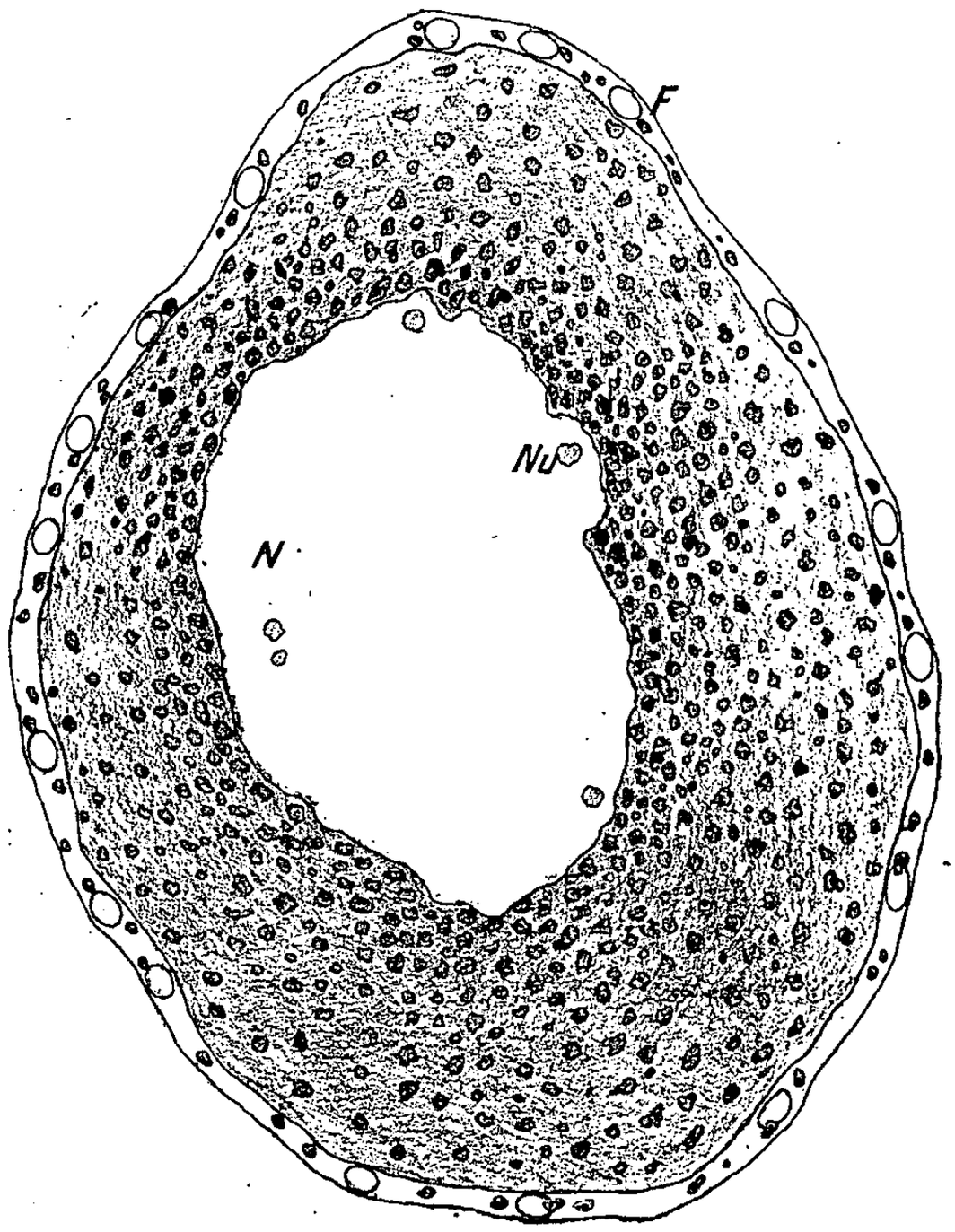



Fig. 3. — Vésicules de sécrétion dans le protoplasma. — F, couche des cellules folliculaires
*N*, noyau très clair ; *Nu*, nucléole.
Fixation au bichromate acétique. — Coloration à l'hématoxyline cuprique.
Obj. 3 m/m. de Zeiss. — Oc. comp. 12 de Zeiss. — Projection sur table.

observer soit l'absence de vésicules de sécrétion, soit la coloration en masse du protoplasma par l'hématoxyline cuprique. J'ignore la signification de ces deux aspects.

La présence d'une grande quantité de vésicules dans le cytoplasma des cellules à noyau irrégulier me fait considérer cette irrégularité comme en rapport avec la participation active du noyau à la sécrétion. Knappe, au contraire, pensait que chacun des lobes de ces noyaux (noyaux muriformes)

était destiné à se détacher et à donner un noyau fille. STEPHAN a une opinion analogue; il croit que chaque noyau se divise en deux seulement, En réalité, l'existence d'amitoses est douteuse dans l'organe de Bidder; s'il en existe, elles sont limitées aux petites cellules de la périphérie de l'organe. Les grandes cellules n'en présentent jamais trace.

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE


BIDDER. — *Vergl. Anat. und histol. Untersuchungen über die männlichen Geschlechts. und Harnwerhzenge der nakten Amphibien*, 1846.

KNAPPE. — *Das Bidder'sche Organ* (*Morph. Jahrbuch.* Bd. XI, 1886).

LENHOSSEK. — *Beiträge zur Kenntniss der Zwichenzellen des Hodens* (*Arch. f. Anat. und Entwick.*, fasc. 1 et 2, 1897).

LEYDIG. — *Anat. und histol. Untersuchungen über Fisches-und Reptilien*, 1853.

LIST. — *Ueber die Entwickelung von Proteinkrystalloïden in den Kernen der Wanderzellen bei Echiniden* (*Anat. Anz.*, Bd. XIV, p. 185, 191).

MARSHALL. — *On certain abnormals conditions of the reproductives Organs in the Frog* (*Journ. Anat. and Phys.*, vol. VIII).

PLATO. — *Zur Kenntniss der Anatomie und Physiologie der Geschlechtsorgane* (*Arch. f. mikros. Anat.*, Bd. L, p. 640-685).

POLICARD. — *Les effets de l'ablation et de la greffe de l'organe de Bidder du crapaud* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1900).

PRENANT. — *Notes cytologiques I. Cristalloïdes dans la glandule thymique du caméléon* (*Arch. d'Anat. microsc.*, tome I, p. 82).

PRENANT. — *Notes cytologiques. III. Cristalloïdes intranucléaires des cellules nerveuses sympathiques chez les mammifères* (*Arch. d'Anat. microsc.*, tome I, p. 366).

REGAUD. — *La sécrétion liquide de l'épithélium séminal; son processus histologique* (*C. R. de la Soc. de Biologie*, 1900).

REGAUD et POLICARD. — *Notes histologiques sur l'ovaire des mammifères. (C. R. du 3e Congrès de l'Assoc. des Anatomistes*, Lyon, 1901).

REINKE. — *Beiträge zur Histologie des Menschen* (*Arch. f. mikr. Anatomie*, Bd. XLVII, p. 39, 1896).

SPENGEL. — *Arbeit des Zool. Zootom. Institut* in Würzburg, Bd. III, 1876 (Cité d'après KNAPPE).

SPENGEL. — *Zwitterbildung bei Amphibien* (*Biolog. Centralbl.*, Bd. IV, 1884).

STEPHAN. — *De l'hermaphrodisme chez les vertébrés* (*Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*, tome XII, fasc. 2, 1901).

LA VALETTE SAINT-GEORGES. — *Zwitterbildung bei kleinen Wassermolch* (*Arch. f. mikr. Wiss.*, 1895).

VAN BAMBEKE. — *Cristalloïdes dans l'oocyte de Pholcus Phalangioïdes* (Fuessl) (*Arch. d'Anat. microsc.*, tome II, p. 65-88, 1898.)

M. Georges COURTY

à Paris

## SUR LES SIGNES GRAVÉS DES ROCHERS DE SEINE-ET-OISE

[571.71:44.36]

— *Séance du 8 août* —

Il existe en Seine-et-Oise, dans l'arrondissement d'Étampes, une série de roches en grès de Fontainebleau qui présentent, sur les parois de leurs avités naturelles un ensemble de signes profondément gravés en creux que je tiens à signaler dès maintenant pour prendre date.

Je ne connais actuellement que huit roches à signes auxquelles j'ai donné le nom du lieu dit où elles sont situées. Ce sont : 1° la roche du Bois de la Briche (propriété de M^lles^ des Mazis) ; 2° la roche de Gillevoisin, au lieu dit « les Fonceaux » ; 3° la roche de Morigny, au lieu dit « les Roches à la Bonde » ; 4° et 5° les roches du Bois de la Grande Beauce (commune de Lardy) ; 6° la roche de Brisset (section H du cadastre de Lardy) ; 7° la Roche d'Ormoy-la-Rivière ; 8° la Roche de Ballancourt (arrondissement de Corbeil). Tous les signes qu'on observe sur ces diverses roches s'écartent peu, quant à leur forme générale de la ligne horizontale ou verticale ; ils ont tous l'aspect d'un fuseau à l'exception de quelques alignements de cupules qui sont le résultat manifeste d'un évidement.

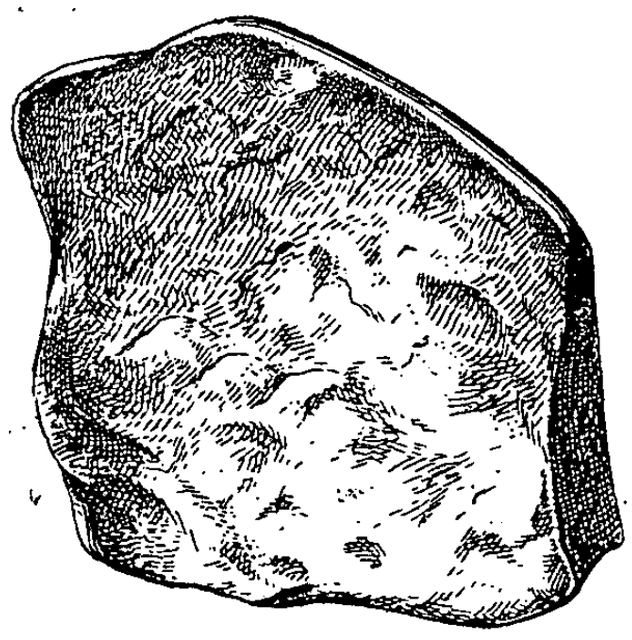


FIG. 1.

La première fois que je vis ces signes, il me fut impossible d'admettre qu'ils étaient l'œuvre du polissage de haches en pierre. Cette manière de voir s'est trouvée pleinement confirmée le jour où je découvris dans les fouilles que j'opérai moi-même, le 31 octobre 1901, aux pieds de la roche de Gillevoisin, de petits fragments naturels de grès *(fig. 1)*, grossièrement taillés en biseau et qui offraient à la vue une surface polie par un frottement prolongé. Ces petits fragments de grès firent, du reste, l'objet d'une communication à la Société d'Anthropologie de Paris en 1901 (1).

(1) Cf. G. COURTY : *Bull. Soc. d'Anthrop. de Paris*, séance du 19 décembre 1901, et *Revue scientifique* du 8 mars 1902.

J'ai voulu me rendre compte d'une façon expérimentale s'il m'était aussi possible de reproduire les signes en creux que j'avais sous les yeux. J'ai constaté alors qu'en interposant, entre la roche à graver et l'outil de grès, du sable mouillé, il était relativement facile de tracer des signes semblables.

De l'ensemble même de ces signes, il se dégage pour nous des idées d'un

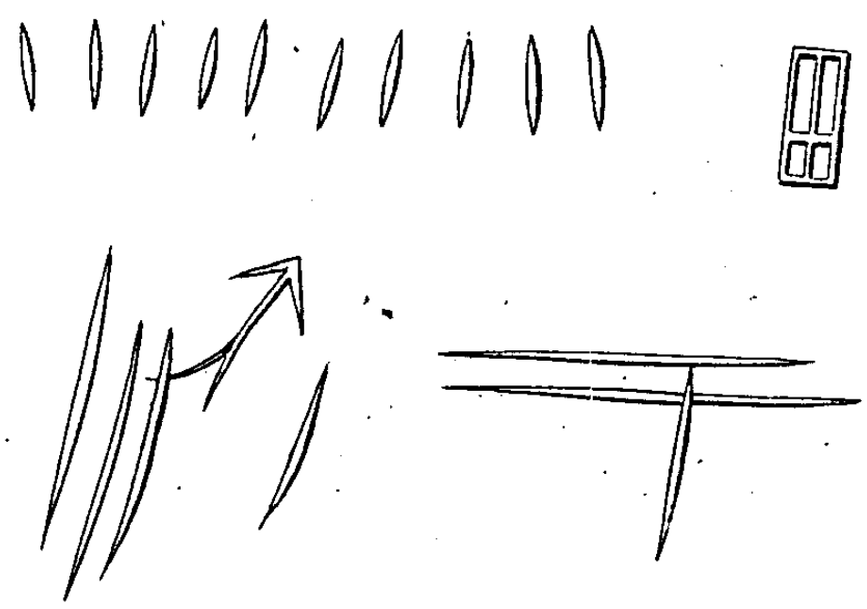


FIG. 2. — Roches du Bois de la Grande Beauce.

haut intérêt, car ils nous paraissent être le transparent des habitudes de la vie, en un mot, d'un peuple ou d'une tribu. La disposition des signes en tableaux semble indiquer qu'on a affaire non à des symboles, mais à une écriture figurée ; peut-être y avait-il autrefois une tradition orale nécessaire à son explication, c'est ce que nous ne pouvons pas savoir. L'essentiel pour nous, c'est d'essayer de comprendre quelques lambeaux de ce langage écrit, et, avec beaucoup d'attention, j'ai cru reconnaître une plante de pied sur la roche de Gillevoisin, une flèche, un harpon *(fig. 2)*, des arbres (?) *(fig. 3)* des barques (?), une tente (?) *(fig. 4)*.

J'ai naturellement été amené, en examinant les signes de Seine-et-Oise, à les rapprocher de ceux de la Scandinavie ; il m'a semblé trouver entre eux certains rapports. Ainsi, sur les rochers de Bohuslän, on ne voit pas toujours l'esquisse grossière, mais pourtant reconnaissable, des rameurs sur des navires. Ce sont souvent de simples barres verticales qui les indiquent ; or, sur les rochers de Seine-et-Oise, il n'existe que des traits. J'ai retrouvé sur la roche du Bois de la Briche (roche qui n'a subi aucune mutilation)

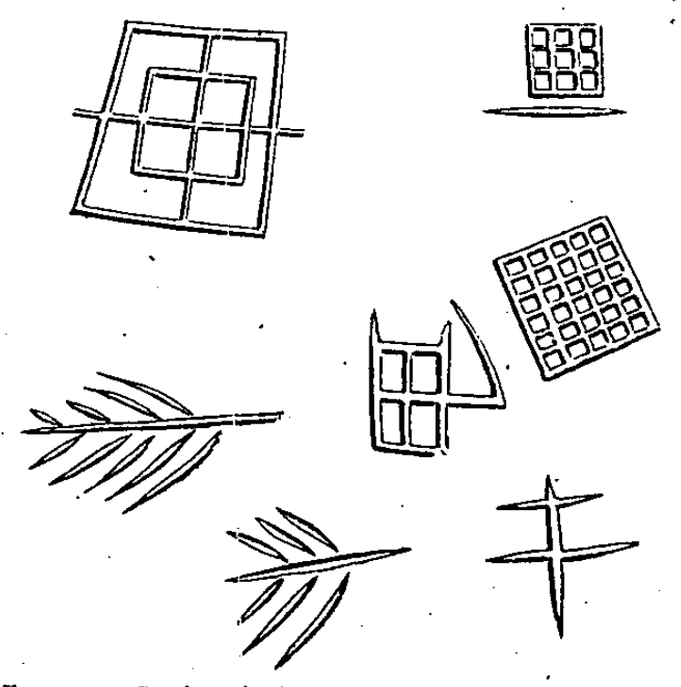


FIG. 3. — Roches du bois de la Grande Beauce.

une flèche semblable à celle qui se trouve gravée sur un rocher à Järrestad en Scanie (Roches à signes du Bois de la Briche, Planche VIII). Quant aux

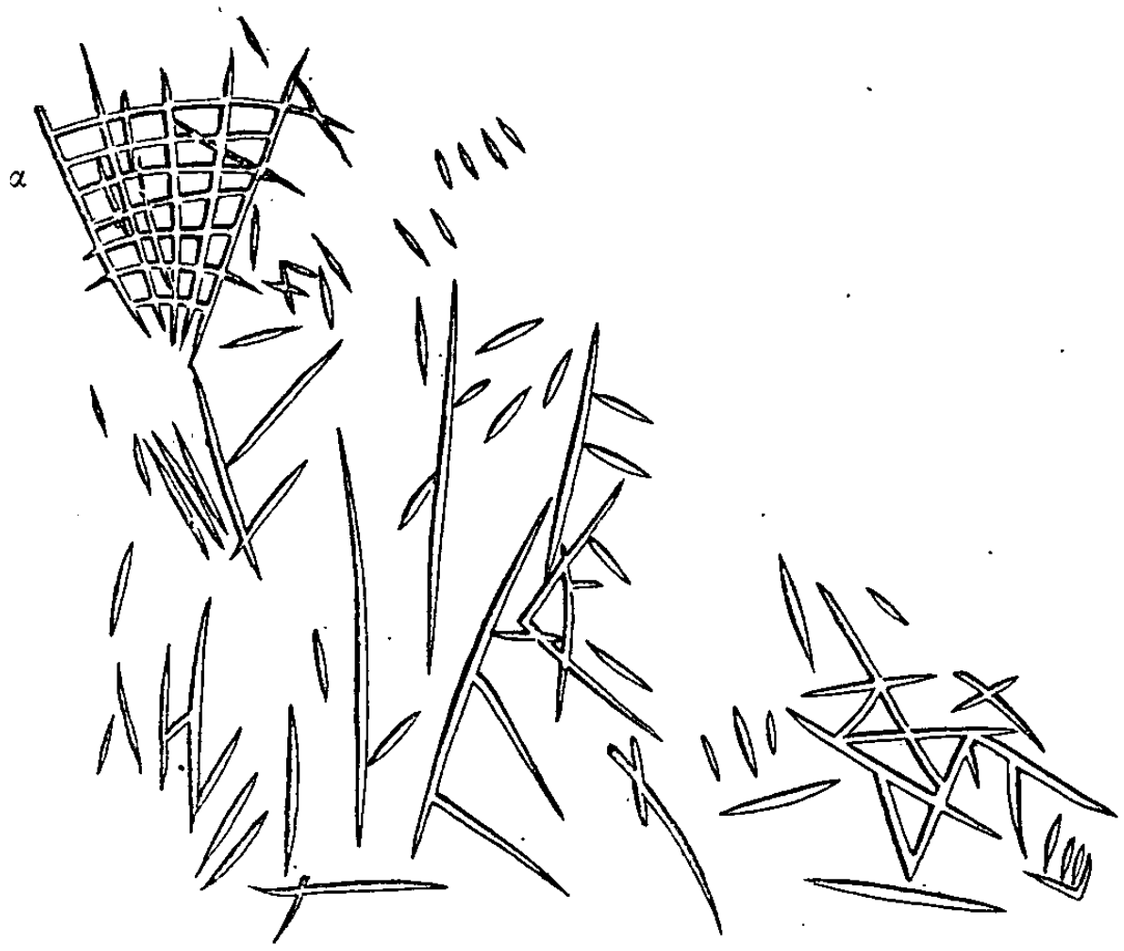



Fig. 4. — Roche de Morigny. α, tente.

croix que l'on rencontre sur les roches à signes de Seine-et-Oise, on pourrait peut-être les considérer soit comme des boucliers, soit comme des roues, car sur un rocher de Tegneby en Bohuslän, on voit très nettement un combat d'hommes figuré et les boucliers sont simulés par une croix renfermée dans un cercle.

En examinant les sculptures sur roches de Suède, on sera frappé du nombre très grand des détails. Au contraire, les signes rupestres de Seine-et-Oise sont plus rudimentaires. M. Hildebrand ainsi que tous les archéologues scandinaves s'accordent à faire remonter les sculptures sur rochers de la Suède à l'âge du Bronze. Si nous admettons ce fait, il nous sera facile je crois d'assigner à nos signes l'ordre d'ancienneté qui leur revient. La simplicité de nos signes, leur mode d'exécution militent en faveur de leur antiquité, et, si nous tenons compte des rapports qu'il y a entre nos signes et ceux de la Suède, nous sommes disposés à croire à leur antériorité, et nous n'hésitons pas à les rapporter à l'âge de la pierre polie. L'homme préhistorique de la région d'Étampes connaissait l'art de conserver par écrit le souvenir de sa vie journalière, peut-être même de ses exploits ; le groupement des signes gravés paraît répondre à ce même désir, à cette même pensée. Jusqu'à présent, les sculptures trouvées en France sur les dolmens et même sur les parois des grottes ne composaient pas des groupes, des tableaux ; c'est ce qui faisait dire à Hans Hildebrand,

déjà en 1874 : « Nos sculptures sur rochers de Suède sont très différentes des sculptures sur dolmens » (1).

Il y a un fait important qui nous frappe et que je ne crois pas inutile d'indiquer à propos des coutumes des préhistoriens de l'époque des signes, c'est que ces derniers chez nous ne paraissent pas être agriculteurs. Tandis que, sur un rocher sculpté à Tegneby, Bohuslän, on voit des troupeaux de vaches, des bœufs attelés à une charrue que dirige un homme, les rochers de Seine-et-Oise ne portent aucune trace d'animaux domestiques ou du moins rien qui puisse nous les faire deviner.

On peut ainsi se rendre compte, en comparant les tableaux sculptés de la Suède avec ceux de Seine-et-Oise, de l'idée commune qui a hanté l'esprit de ceux qui les ont tracés. Seulement, si la même pensée les guidait, le pouvoir d'expression n'était pas le même et la vie sociale n'était pas arrivée au même degré de développement.

Nous sommes ici, en Seine-et-Oise, aux origines du langage et à l'aurore de la civilisation.

---

## M. le Dr CAPITAN

Professeur à l'École d'Anthropologie de Paris.

---

### UN NOUVEAU GISEMENT CHELLÉEN, COMMUNE DE CLÉRIEUX, PRÈS CURSON (DRÔME) [571.25:44.98]

---

*— Séance du 8 août —*

On sait qu'en 1885, Chantre avait signalé, au Congrès de Grenoble, l'existence d'un très curieux gisement dans des alluvions anciennes, situé dans la vallée de Vaunes, au hameau de Veyrat, commune de Curson (Drôme). Ces sablières avaient fourni, en 1882, un crâne entier d'*Elephas intermedius* (var. de l'*antiquus*). Chantre y avait ensuite découvert des cailloux de quartzite brisés artificiellement pour servir d'instruments. Il les considérait comme étant chelléens.

Ayant voulu visiter ce gisement, cette année-ci, j'ai appris à Tains, station du chemin de fer, à 6 kilomètres environ de Curson, que les sablières étudiées par Chantre n'existaient plus, mais qu'on en exploitait d'autres le long de la route de Tains à Romans, sur le territoire de la com-

(1) Hans Hildebrand : *De förhistoriska folken i Europa*, p. 101.

mune de Clérieux, aux confins de la commune de Curson, dans la vallée même de l'Isèrel au point où y aboutit la vallée de l'Herbasse, sur la face sud du massif de sable exploité jadis à Veyrat. Ces sablières sont ouvertes dans de puissants dépôts sableux de 15 à 20 mètres d'épaisseur, formant une terrasse à 20 ou 25 mètres environ au-dessus du fond de la vallée.

Au milieu d'un sable grossier, presque sans cailloux, avec alternance de petits lits argileux, ferrugineux et manganésifère, le tout ayant l'aspect des dépôts fluviatiles ordinaires à stratification ondulée et lenticulaire, il existe, à diverses hauteurs, soit de petits lits caillouteux, soit de véritables lentilles formées d'un amas de galets plats, ovales, de quartzite très roulés, du volume de la moitié du poing jusqu'à celui des deux poings et même davantage.

Un certain nombre de ces galets (un dixième environ) sont brisés et toujours de la même façon ; les bords présentent ordinairement des traces d'usage parfois de vraies retouches. Tantôt le galet est brisé très exactement suivant son petit axe; d'autres fois la fracture est un peu plus irrégulière ou bien même les deux extrémités de la fracture ont reçu quelques coups qui les ont prolongées sur les parties latérales du galet. D'autres fois, toujours suivant le petit axe, un large éclat a été enlevé, le bord qui en résulte est parfois retouché. En somme le caillou ainsi brisé et parfois retouché affecte la forme d'un large racloir, la base du galet formant poignée.

Dans une autre série de pièces, la fracture a été faite suivant le grand axe, exactement ou, au contraire obliquement. Dans ce cas, l'instrument est pointu, avec bords parfois retouchés.

Quelquefois, un large éclat enlevé sur un galet a été façonné de manière à en faire un racloir à manche.

Enfin j'ai recueilli un volumineux galet qui a été taillé à grands coups du côté de la pointe de façon à affecter la forme d'une grosse hache chelléenne. Il existe également des percuteurs faits aussi avec des galets ; j'en ai recueilli un fort volumineux et pesant plus d'un kilogramme.

Malgré l'extrême grossièreté de cette industrie, elle ne paraît pas douteuse Ce sont bien là des instruments volontairement façonnés. Il ne paraît pas non plus qu'il s'agisse d'ébauches.

L'analogie de cette rudimentaire industrie est assez grande avec celle des quartzites taillés des alluvions de la Garonne près de Toulouse, signalés par d'Adhémar et ceux trouvés dans la grotte de l'Herm (Ariège) par M. Cartailhac.

Dans notre gisement, l'industrie est encore plus grossière. Elle rappelle aussi celle signalée par Philips Smith sur les bords du lac Michigan *(Smithsonian Reports 1897)*.

Quel en est l'âge? Les carriers m'ont affirmé n'avoir jamais rencontré

d'ossements dans leurs sablières. La grossièreté de l'outillage et la simplicité du travail peuvent être une preuve d'antiquité, mais il ne faut pas oublier que ces galets de quartzite se taillent fort mal. Cet argument est donc loin d'être absolu.

Cependant l'existence d'une pièce de type chelléen bien nette, la comparaison avec les carrières étudiées par Chantre et qui lui ont fourni un crâne d'*Elephas intermedius*(var. d'*antiquus*) permettent de supposer qu'il s'agit là d'une industrie chelléenne excessivement grossière... et, sous toutes réserves bien entendu, j'ajouterai même, *préchelléenne*. Mais ce point soulève de grosses questions; je me contente de le signaler seulement ici.

---

M. G. CHAUVET

à Ruffec.

## HACHES PLATES : LA CACHETTE DE MONDOUZIL (CHARENTE)

[571.35:44.65]

*— Séance du 8 août —*

Il y a quelques années un carrier nommé Filhon, trouva à Mondouzil, commune de Saint-Même, arrondissement de Cognac, deux haches en métal (*fig. 1*) de même forme, posées l'une à côté de l'autre, entre deux grosses pierres plates, à 30 centimètres de profondeur dans le sol.

Elles furent recueillies par M. Philippe Delamain, archéologue à Jarnac et font, aujourd'hui, partie de ma collection. Voici leurs dimensions : longueur 24 centimètres, talon arrondi large de 67 millimètres, tranchant en demi-cercle, très coupant, large de 12 centimètres; épaisseur au talon, 5 millimètres, et 8 millimètres dans la partie moyenne. Les côtés sont droits, sans rebords saillants et n'ont pas été martelés. Sur l'une des faces la patine est d'un brun noirâtre avec légères teintes vertes; sur l'autre elle est d'un vert foncé avec larges plaques brunes (1).

Ces dimensions sont peu communes; les pièces analogues trouvées dans les sépultures de Bretagne sont moins grandes, elles varient entre 5 centimètres et 21 centimètres de longueur (2). Le Musée d'Édimbourg possède cependant une hache de même forme, longue de 43 centimètres (3).

Les cachettes contiennent surtout des types à talon et des types à douille, on y trouve rarement les haches plates.

(1) *Revue de l'École d'Anthropologie*, 1900, p. 394.
(2) A. Martin : *L'Anthropologie*, 1900, p. 174.
(3) John Evans : *L'âge du bronze*, fig. 20.

Deux, en bronze, ont été recueillies au Quartier des Rascassaïs, près Saint-Hippolyte (Gard) (1).

Une autre cachette de six haches plates en cuivre pur, a été recueillie à 90 centimètres de profondeur dans le sol, à Bythin, dans le duché de Posen (2).

Voici l'analyse de l'une des haches de Mondouzil; c'est la plus grande de la figure :

| | |
|---|---|
| Cuivre | 98,80 |
| Plomb | 0 |
| Étain | traces |
| Fer | 0,60 |
| Argent | 0 |
| Antimoine | 0 |
| Arsenic | traces |
| Zinc | 0 |
| Phosphore | 0 |
| Soufre | 0 |
| Silice | traces (3) |

### Haches plates

A quelle place faut-il mettre ces deux haches dans la série de l'industrie préhistorique ?

Pour répondre à cette question il est nécessaire de jeter un coup d'œil d'ensemble sur les haches plates trouvées jusqu'à ce jour. On en parle souvent comme d'une série homogène que les uns placent à la fin de la période néolithique (4), les autres à la fin de l'âge du bronze (5).

Il est indispensable de distinguer, dans cet ensemble, diverses formes qui, peut-être, ne sont pas contemporaines. MM. Alexandre Bertrand (6), O. Montélius, G. de Mortillet (7), en ont établi plusieurs groupes.

(1) *Matériaux pour l'Histoire primitive et naturelle de l'Homme*, 1885, p. 469.

(2) H. Schliemann : *Ilios*, Paris, 1886, p. 602.
*Congrès international d'Archéol. et d'Anthropologie préhistoriques*, 1900, Paris. p. 342 (O. Montélius).

(3) Cette analyse a été faite par M. Chassaigne, pharmacien à Ruffec, en vue de sa thèse de doctorat en pharmacie.

(4) John Evans : *L'âge du bronze*, p. 497, 522.
Oscar Montélius : *L'Anthropologie*, année 1899, p. 701 ; année 1901, p. 623,
Dr Lub. Niederle : *L'Anthropologie*, 1894, p. 198.
Salomon Reinach : *L'Anthropologie*, 1893, p. 559.
Dr Much : *Matériaux*, loc. cit., 1887, p. 235.
V. Gross : *Les Protohelvètes*, p. 42.
A. de Mortillet : *Revue de l'École d'Anthropologie*, 1892, p. 315.

(5) G. de Mortillet : *Congrès intern. d'Arch. et d'Anthr. préhistoriques*, Lisbonne, 1880, p. 357.
— *Congrès de Reims*, 1880. A. F. A. S., p. 787.
— *Revue d'Anthropologie*, 1881, p. 69.

(6) Alexandre Bertrand : *La Gaule avant les Gaulois*, 2e édition, 1891, p. 216.
— *Revue Archéologique*, t. XIII, 1866, pl. I.
G. de Mortillet : Classification et Chronologie des Haches en bronze. *Revue d'Anthropologie*, 1881, p. 61.

(7) *L'Anthropologie*, 1896, p. 79. (O. Montélius.)

Pour nos régions de l'Ouest il n'y a en réalité que trois types.

Type A : Haches plates rappelant la forme des haches polies en pierre, bien que moins épaisses; leur tranchant ne s'élargit pas brusquement, comme dans les types suivants.

M. G. de Mortillet considère beaucoup d'entre elles comme des lingots (1) de la fin de l'âge du bronze. M. Aveneau de la Grancière les trouve, en Bretagne, isolées, jamais dans les sépultures; elles sont en cuivre sans étain. Leur surface est rugueuse et inégale, ce qui a suggéré l'idée qu'elles n'ont pas été coulées dans des moules, mais simplement dans des trous creusés dans la terre (2).

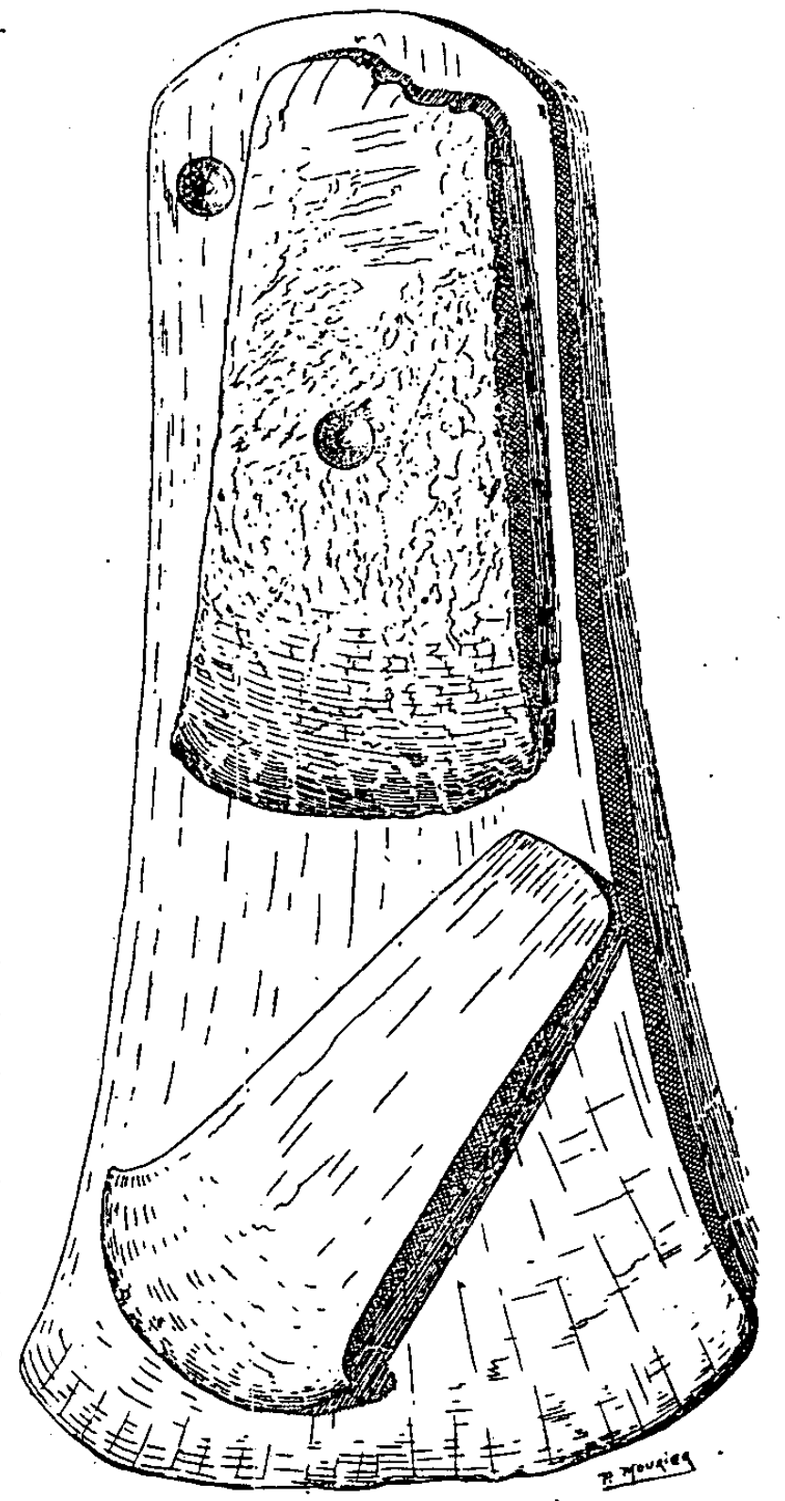


Fig. 1 (1/2 grandeur).

Type A, dans la partie supérieure de la figure;
Type B, la grande hache de Mondouzil qui encadre les deux autres;
Type C, dans la partie inférieure de la figure.
Le cercle indiqué à la partie supérieure du type B représente le trou pratiqué pour la prise du métal soumis à l'analyse.

Type B : Haches plates, coulées dans des moules, s'élargissant en demi-cercle vers le tranchant, comme celles de Mondouzil (*fig. 1*), mais conservant leurs bords coupés droits sans être relevés sur les côtés.

Type C : Même forme générale que le type B, mais les bords latéraux relevés au marteau *après la fonte*. Ce type est commun dans les sépultures armoricaines, comme nous le verrons ci-après. C'est le précurseur du véritable type à rebords droits, assez commun dans les cachettes où il se trouve associé aux haches à talon, mais alors ces rebords sont très accentués et toujours fondus en même temps que la hache.

En réalité ces deux types ne sont probablement que deux aspects d'une

(1) G. et A. de Mortillet : *Musee préhistorique*, pl. XCIII, fig. 1156.
— *Revue d'Anthropologie*, 1881, p. 69.

(2) *L'Anthropologie*, 1901, p. 630.
*Congrès inter. d'Anthrop. et d'Arch. préhistoriques*, Paris, 1900, p. 341, fig. 3. (O. Montélius.)

même forme : le premier, B, représentant l'objet tel qu'il est en sortant du moule, l'autre, C, après le martelage des parties latérales.

## Comparaisons.

Lorsque en 1881, G. de Mortillet publia sa classification chronologique des haches de bronze dans la *Revue d'Anthropologie* (p. 61), on avait signalé très peu de haches plates; il n'en connaissait que six en Suisse et une cinquantaine en France (p. 69); depuis cette époque les découvertes se sont multipliées dans presque toutes les contrées de l'Europe.

A une certaine époque elles ont dû être d'un usage général.

En *France* on en a recueilli dans presque tous les départements (1), mais le plus souvent sans indication précise de leur origine, de leur forme exacte, de leur composition chimique.

La Bretagne et la Normandie ont heureusement fourni d'intéressantes observations à ce sujet, grâce aux bons travaux des archéologues de ces régions : là, nous voyons nos haches plates (types B, C), dans des sépultures d'âge déterminé.

En voici quelques exemples :

*Finistère.* Tumulus de Pouldreuzic, à incinération, contenant deux grains de collier, *deux haches plates* en bronze (type B), que M. P. du Chatellier considère comme de la première époque du bronze (2).

Tumulus de Kerhué-Bras en Ploneour-Lanvern, à trois kilomètres du bourg de Plogastel : incinération, *haches plates* (type C) en bronze, avec poignards triangulaires en bronze, une épée brisée, trente-deux flèches en silex (3).

*Morbihan.* Tumulus du Cruguel en Guidel, recouvrant une chambre creusée dans le sol, muraillée à pierres sèches; inhumation. Mobilier : *deux haches plates*, quatre poignards triangulaires en bronze, quatorze pointes de flèches en silex (4).

D'après M. Aveneau de la Grancière, dans le mobilier funéraire des tombes armoricaines, les formes en bronze les plus anciennes sont les haches plates (types B. C) et les poignards triangulaires à base large munie d'une courte languette (5).

(1) Pour nos régions de l'ouest le F. René vient de publier dans la *Revue du Bas-Poitou*, une étude sur l'époque préhistorique du cuivre : *Les Haches plates de l'ouest*, 1902. Il y relève trente-sept haches plates en cuivre ou en bronze.

Une statistique complète ne peut trouver place ici. Voir notamment les Mémoires de MM. Aveneau de la Grancière, Dr Berchon, abbé Breuil, E. Chantre, abbé Cochet, Coutil, P. du Chatellier, F. Daleau, Drs Faudel et Bleicher, Leclert, A. Martin, G. et A. de Mortillet, etc.

(2) Paul du Chatellier : *Matériaux loc. cit.*, 1884, p. 244.

(3) Paul du Chatellier : *Matériaux, loc. cit.*, 1880, p. 289 à 298, pl. VI.

— *L'Anthropologie*, 1900, p. 160.

(4) Le Pontois : Exploration du Tumulus de Cruguel. *Revue Archéologique*, 1890, II, p. 326. — *L'Anthropologie*, 1901, p. 632.

(5) Aveneau de la Grancière : *L'Anthropologie*, 1901, p. 630-633.

*Côtes-du-Nord*. Tumulus du Tossen Maharit, en Treverec ; à incinération, sans chambre sépulcrale. Mobilier : *Deux haches plates* et six poignards en bronze, vingt pointes de flèches en silex (1). D'après M. A. Martin qui a fouillé ce tumulus, ces haches en bronze doivent être considérées comme les plus anciennes (2).

Ces quelques rapprochements montrent bien les analogues de nos haches de Mondouzil au début de l'âge du bronze, en France.

Les analogies s'étendent sur presque toute l'Europe :

*Iles Britanniques*. Les haches du type B, y sont communes ; Sir John Lubbock en a signalé une trentaine au Musée de Dublin, en *cuivre* rouge presque pur (3). Et Sir John Evans disait au Congrès de Paris en 1900, que ces mêmes formes se trouvent en Angleterre dans les sépultures sous tumulus, associées aux marteaux ovales percés, en pierre, et à de petits poignards en bronze (4).

En *Suède*, le coin plat copié sur les haches de pierre, n'est pas rare ; il est quelquefois en cuivre, et M. O. Montélius le considère comme du début de l'âge des métaux (5).

*Europe centrale*. Nombreux exemples cités par MM. Joseph Hampel, Dr Much, Robert Munro, Dr Niederle. Ce dernier, dans son ouvrage sur *l'Homme préhistorique en Europe et spécialement dans les pays slaves*, considère les haches plates comme les plus anciennes (6).

Les habitations lacustres de Mondsee ont donné des *haches plates* types A et B en cuivre, avec des poignards en pierre percés d'un trou central (7).

La *Hongrie* a fourni de nombreux documents sur cette question (8).

*Russie*. M. Th. Volkov vient de signaler dans le gouvernement de Kiev, le long de la rivière Bebrytzia, affluent du Dnieper, des stations néolithiques dans lesquelles on a recueilli des *haches plates* et une hache-marteau en cuivre avec des haches en pierre polie (9).

*Suisse*. Les habitations lacustres de Robenhausen sur le lac Pfeffikon (Zurich) (10), de Fenil, de Saint-Blaise, sur le lac de Neuchatel, ont donné

(1) A. Martin : *Mémoires de la Société d'Émulation des Côtes-du-Nord*, 1900. pl. VI.
*L'Anthropologie*, 1900, p. 160.

(2) *L'Anthropologie*, 1900, p. 174.

(3) John Lubbock : *L'Homme préhistorique*, t. I, p. 26.
John Evans : *L'âge du bronze*, p. 457, 460, chap. III.
W. R. Wilde : *Catalogue of the antiquities*, Dublin, p. 355 à 366.

(4) John Evans : *L'Anthropologie*, 1901, p. 640.

(5) *Congrès intern. d'Anthrop. et d'Arch. préhistoriques*, Bologne, 1871, p. 292.
O. Montélius : *Les temps préhistoriques en Suède*, p. 56, pl. VII, fig. 1.

(6) *L'Anthropologie*, 1894, p. 198.

(7) Dr Matthaeus Much : *Die Kupferzeit in Europa*, Iena, 1893, p. 12, 13, etc.
Robert Munro : *The Lake Dwellings of Europe*, London, 1890, p. 159.

(8) Joseph Hampel : Trouvailles de l'âge de bronze, en Hongrie. CXXVII planches, 1300 figures. — 2e partie du second volume du *Congrès intern. d'Anthrop. et d'Arch. préhistoriques de Budapest*, 1876.

(9) Th, Volkov : L'industrie prémycénienne dans les stations de l'Ukraine. *Congrès intern. d'Anthr. et d'Arch. préhistoriques*, Paris, 1900, p. 401.

(10) Robert Munro : *Loc. cit.*, p. 115.

des *haches plates* et des haches à rebords en cuivre, associées à de petits poignards triangulaires de même métal.

M. Victor Gross les considère comme des imitations de haches de pierre et les classe an début de l'âge du bronze (1).

*Portugal.* P. da Silva cite des haches plates sans rebords, en cuivre (?), dans les dolmens (2).

*Espagne.* MM. Henri et Louis Siret ont signalé, en 1888, dans des sépultures où le bronze est moins employé que le cuivre, quatre-vingts haches plates en cuivre, à tranchant élargi; deux spécimens seulement portent des rebords à peine marqués, produits par un martelage latéral (3).

En 1892, ils signalèrent aussi (4) à la fin du néolithique, une belle industrie du silex, avec apparition d'un outillage en cuivre, ciseaux, couteaux, poinçons et *haches plates* à tranchant généralement élargi. Les sépultures se font dans des grottes et des chambres funéraires munies d'un couloir d'accès, recouvertes d'un tumulus, comme dans le tumulus néolithique de la Boixe (Charente). Quelques vases rappellent ceux des dolmens bretons.

M. Bonsor a trouvé des haches plates en bronze dans les sépultures à incinération qui ont succédé aux sépultures néolithiques dans la vallée du Bétis (5).

En *Italie* et en *Sicile*, les haches plates en cuivre ou en bronze peu chargé d'étain apparaissent dans les cimetières et dans les palafittes de transition entre l'âge de la pierre et celui du bronze, associées à des haches polies et à des poignards triangulaires en cuivre ou en bronze (6).

Dans les *Iles Baléares*, M. É. Cartailhac a signalé de petites hachettes plates, en cuivre (?), avec petits poignards triangulaires en même métal (7).

En *Grèce.* A. Schliemann disait (1886) n'avoir trouvé à Mycènes qu'une hache plate en bronze et des fragments d'une autre (8), d'après la figure qu'il en donne, elles paraissent beaucoup plus allongées que nos types de France.

Mais les tombes plates d'Amorgos, à squelettes accroupis, contenaient des haches plates avec des outils en bronze (?) (9).

(1) Victor Gross : *Les Protohelvètes*, p. 22-42, pl. x, xiii.

(2) *Congrès intern. d'Anthr. et d'Arch. préhistoriques*, Lisbonne, 1880, p. 358, fig. 5.

(3) *Matériaux, loc. cit.* 1888, p. 60-173.

Henri et Louis Siret : Les premiers âges du métal dans le sud-est de l'Espagne, p. 47, 49 à 60. *Extr. de la Revue des Questions scientifiques*, 1888.

(4) Louis Siret : La fin de l'époque néolithique, dans *L'Anthropologie*, 1892, p. 385-400.

(5) G. Bonsor : Les colonies agricoles pré-romaines de la vallée du Bétis. *Revue archéologique*, 1899. t. II, p. 379-380.

(6) A. de Mortillet : Évolution de la Hache en bronze, en Italie. *Revue de l'École d'Anthropologie*, 1892, p. 315.

(7) Émile Cartailhac : *Les Monuments primitifs des Baléares*, 1892, p. 65-66, fig. 70.

(8) H. Schliemann : *Ilios*, p. 603.

— *Mycènes*, p. 388, n° 463.

(9) *L'Anthropologie.* 1892, p. 456.

A *Chypre,* la collection du général Lane Fox, dans le South Kensington Museum, contient sept haches plates en bronze (?) venant de cette île (1). On sait que l'âge de pierre y a été suivi d'une longue période pendant laquelle les tombes à inhumation donnent des haches plates en cuivre (2).

Les *rives africaines* de la Méditerranée ne nous offrent pas de sérieux éléments de comparaisons; il en est de même de l'Égypte dont l'industrie paraît spéciale à la vallée du Nil (3). Les quelques pièces qui pourraient servir de rapprochements, notamment celles du Musée du Louvre et du Musée de Cluny (4); celles figurées par M. J. de Morgan (5), sont de provenance incertaine.

*L'Orient asiatique* est insuffisamment connu pour permettre des comparaisons définitives malgré les nombreux travaux publiés à ce sujet.

Au *Caucase*, M. E. Chantre pense que les haches métalliques les plus anciennes sont plates et sans rebords, identiques à celles trouvées en Europe; on en voit des échantillons au Musée de Tiflis et au Musée de Moscou; elles sont en bronze (6).

M. O. Montélius dit que pendant l'âge du bronze, l'Orient s'en est tenu à la hache plate, imitation de celle en pierre (7). Il semble, cependant, que l'Assyrie et la Chaldée n'ont pas donné de bronzes comparables à ceux d'Europe (8).

Les quelques haches plates en bronze du British Museum, trouvées en Babylonie, à Tel Sifr, ont une provenance incertaine (9).

M. J. de Morgan vient de recueillir paraît-il à Suse, une série de haches plates, dont je ne connais pas exactement la forme.

*L'Asie Mineure* a donné quelques spécimens de haches plates en bronze (10), et M. Schliemann en a recueilli dans la deuxième ville d'Issarlick (11).

Une curieuse cachette de haches plates en cuivre a été signalée dans l'Inde à Gungeria (12).

(1) H. SCHLIEMANN : *Ilios*. p. 603.

(2) Voir à ce sujet les Chroniques d'Orient, de M. Salomon REINACH, contenant l'analyse des travaux de O. Richter, Dr Naue, etc.
G. PERROT et Ch. CHIPIEZ : *Hist. de l'Art.* t. III, p. 868.

(3) J. DE MORGAN : Recherches sur les origines de l'Égypte. *L'âge de la pierre et les métaux*, p. 208.
Salomon REINACH : Le Mirage oriental. *L'Anthroplogie*, 1893, p. 561.

(4) H. SCHLIEMANN : *Ilios*, p. 603.

(5) J. DE MORGAN : Recherches, *loc. cit.* p. 203, fig. 542.

(6) E. CHANTRE : *Recherches anthropologiques dans le Caucase*, t. I. p. 90. fig. 26, pl. VI, n° 2.

(7) O. MONTÉLIUS : *L'Anthropologie*, 1899, p. 703.

(8) *L'Anthropologie*, 1893, p. 561.

(9) H. SCHLIEMANN, *Ilios*, p. 603.

(10) *L'Anthropologie*, 1901, p. 719.

(11) H. SCHLIEMANN : *Ilios*, p. 598.
*L'Anthropologie*, 1892, p. 455.

(12) *Congrès intern. d'Anthrop. et d'Arch. préhistoriques*, 1874, Stockholm, p. 349.

## Conclusions

Les rapprochements qui précèdent permettent de donner les conclusions suivantes :

1° Les haches plates en métal ont été, après la période néolithique, d'un usage général, en Europe ; nous les retrouvons aussi, vers la même époque dans quelques contrées de l'Orient. Elles sont souvent en cuivre, quelquefois en bronze contenant une faible proportion d'étain.

2° Le type de Mondouzil (*fig. 1* type B) à tranchant un peu élargi sans rebords relevés au marteau, apparaît avec les premiers métaux :

*a*) Dans les sépultures de Bretagne et de Normandie, avec des poignards triangulaires en bronze et de belles pointes de flèches en silex, à pédoncule.

*b*) Dans les tombes espagnoles fouillées par MM. Bonsor et Siret, et dans les tumulus anglais.

*c*) Dans les habitations lacustres de la Suisse et du centre de l'Europe (âge du cuivre ?).

*Hypothèse chronologique.* — Pouvons-nous formuler des conclusions plus précises au point de vue de la date ?

Il est souvent dangereux de faire de la chronologie positive en préhistoire, cependant il ne peut être interdit d'essayer des hypothèses probables, en se basant sur des comparaisons dont l'un des éléments comprend des industries d'âge connu.

Ces comparaisons ont été grandement facilitées par les belles fouilles, en Orient de MM. Arthur Evans, Flinders Petrie, J. de Morgan, de Sarzec, etc. Il n'y a pas lieu de les analyser ici.

. . . . . .

Dans mon étude sur la cachette de Venat (1) j'ai essayé de montrer que ce dépôt, fin de l'âge du bronze, devait être du x^e^ siècle avant notre ère, probablement antérieur...

Pour la cachette Mondouzil qui est du début de l'âge du bronze, ou de l'âge du cuivre, la savante étude de M. O. Montélius sur la chronologie préhistorique, la feraient remonter à une époque qui ne doit pas être plus récente que le xx^e^ siècle avant J.-C. (2).

Cette date est très probablement un *minimum* car l'usage des premiers métaux a été constaté en Orient à des époques bien plus reculées (3); et les

(1) G. Chauvet : Une cachette d'objets en bronze trouvée à Venat, près Angoulême. *Bul. Soc. Arch. Charente,* 1894, p. 321.

(2) Oscar Montélius : La chronologie préhistorique en France et en d'autres pays celtiques. *Congrès intern.*, Paris, 1900, p. 353.
*L'Anthropologie,* 1901, p. 623.

(3) Alfred Ditte : Les Métaux dans l'antiquité. *Revue scientifique,* 25 novembre 1899, p. 677. — Le cuivre 5000 ans avant notre ère.
G. Perrot et Ch. Chipiez : *Histoire de l'Art.* Égypte,, p. 829.
Berthelot : *Introduction à l'étude de la Chimie des Anciens et du Moyen Age,* 1889, p. 227.
J. de Morgan : Recherches sur les origines de l'Égypte. *L'âge de la pierre et les métaux*, chap. viii.

relations commerciales entre les peuples sont très anciennes (1), bien antérieures aux Phéniciens. Dès l'époque quaternaire les coquilles de la Manche étaient envoyées aux grottes de Menton, sur la Méditerranée (2). Et l'Égypte avait des relations avec le nord de l'Europe près de 4000 ans avant notre ère, si, comme le pensent de nombreux archéologues, les grains d'ambre de la v^e^ dynastie (3900 ans av. J.-C.), viennent des gisements de la Baltique (3).

En résumé, si les observations ci-dessus sont exactes, l'âge du bronze aurait existé, en Charente avant notre ère, du xx^e^ siècle (cachette de Mondouzil) au x^e^ siècle (cachette de Venat) et très probalement avant cette époque.

---

M. A. MASFRAND

Président de la Société Archéologique « Les Amis des Sciences et des Arts », à Rochechouart (Haute-Vienne).

## FOUILLES FAITES DANS LA GROTTE DU PLACARD, COMMUNE DE VILHONNEUR (CHARENTE)

[571.2:44.65]

*— Séance du 9 août —*

La vallée de la Tardoire, au point de vue des stations humaines préhistoriques, est certainement une des plus importantes de France. Ne trouve-t-on pas, en effet, dans cette vallée:

1° La grotte de Montgaudin, fouillée par M. Paignon et visitée par MM. Gaudry et Boule;

2° La grotte de La-Chaise, fouillée par M. de Ferrière;

3° La grotte de Vilhonneur, imparfaitement fouillée par M. Fermond;

4° La grotte des Fadets, à peine explorée;

5° L'abri sous roche des Fadets, station de l'âge du bronze;

6° La grotte du Raillat, à fouiller;

7° La grotte du Moulin de Rocheberthier, à fouiller;

8° Enfin la grotte du Placard?

(1) S. REINACH : *L'Anthropologie*, 1901. p. 715.
— *Description raisonnée du Musée de Saint-Germain*, p. 85, 154, 155.
J. DE SAINT-VENANT : *L'Anthropologie*, 1901, p. 550.

(2) É. RIVIÈRE : *De l'antiquité de l'Homme dans les Alpes-Maritimes*, 1887, p. 69, 276, 279.

(3) S. REINACH : *L'Anthropologie*. 1893, p. 568.
H. Schliemann a trouvé de l'ambre dans les tombes de Mycènes, et l'analyse, faite par Otto Helm, de Dantzig, lui fait croire que cet ambre vient de la Baltique (Voir H. SCHLIEMANN : *Tirynthe*, p. 356).

Cette dernière est située sur le flanc d'un monticule dont la base est baignée par les eaux de la Tardoire. L'accès en est rendu difficile par une pente abrupte et par la présence, à cet endroit, d'un épais taillis, dont les branches et les ronces forment un réseau presque impénétrable.

L'ouverture de la grotte se trouve à 16 mètres environ au-dessus de la vallée et est exposée au soleil levant.

L'entrée est protégée par une énorme saillie de rochers qui lui donne un aspect des plus imposants.

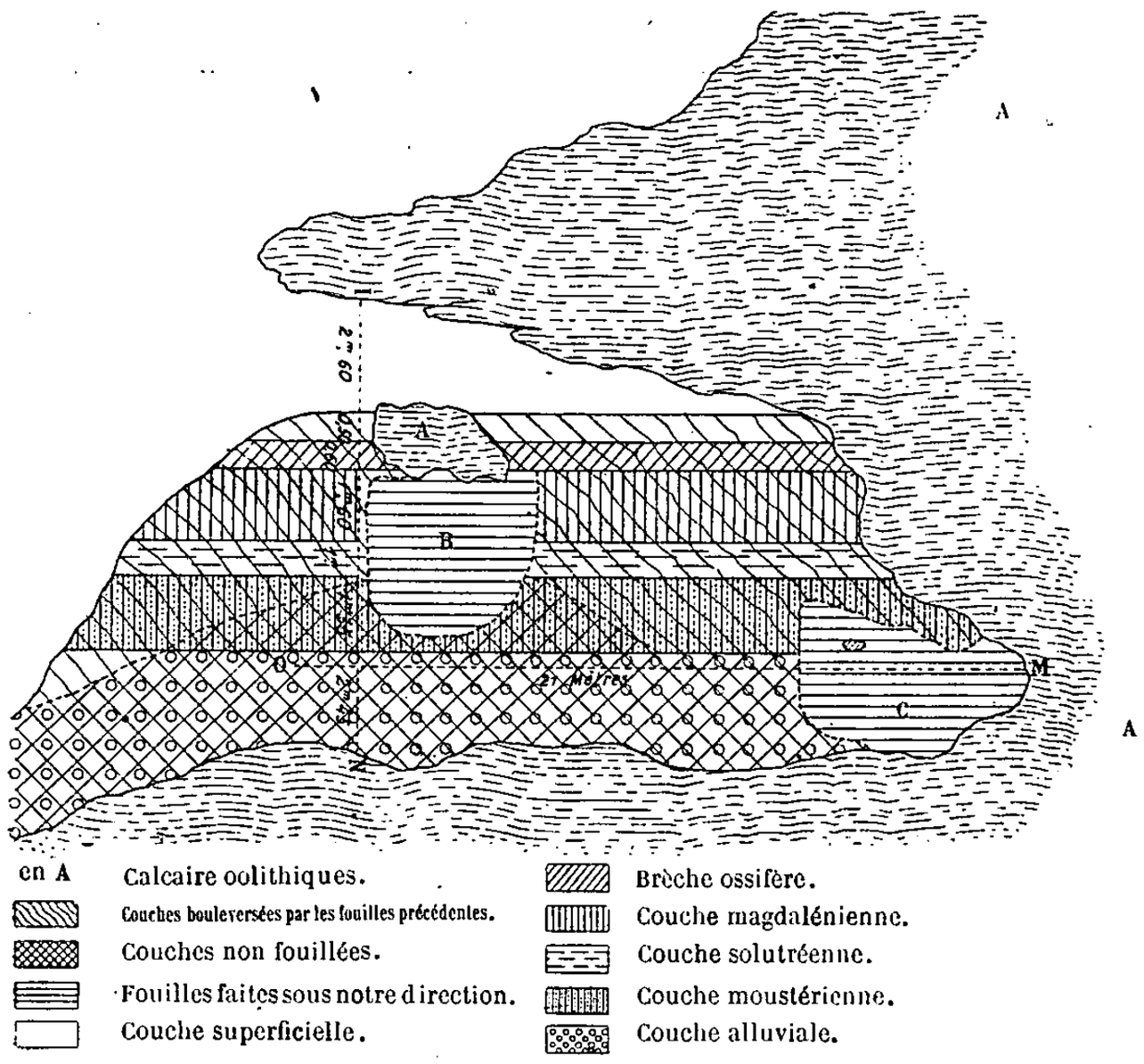



FIG. 1. — Coupe de la grotte du Placard.

Les proportions de cette cavité sont les suivantes *(fig. 1)* :

1° 21 mètres de profondeur suivant la ligne désignée sur le plan par les lettres O M ;

2° $10^{m},55$ de hauteur du point N au point I.

Enfin elle a 17 mètres de largeur.

Cette grotte a été fouillée par MM. Fermond, de Maret, de Ferrière, abbé Suart, etc.

Ces messieurs y ont recueilli des milliers d'objets.

D'après le croquis ci-joint, qui donne la coupe de la grotte du Placard (15 millimètres par mètre), il est facile de se rendre compte des différentes

couches qu'elle renfermait, ainsi que de l'épaisseur de chacune d'elles. En allant du sommet à la base nous trouvons :

1° La couche supérieure, formée d'éboulis, de poussière et de fiente d'oiseaux. Quelques fragments de poterie grossière y ont été recueillis par M. Fermond;

2° Une couche épaisse de 75 centimètres formée d'une brèche ossifère très résistante ;

3° Une couche magdalénienne de 1m,50 d'épaisseur;

4° Une couche solutréenne de 1 mètre d'épaisseur;

5° Une couche moustérienne d'une épaisseur de 1m,50 ;

6° Enfin une couche d'alluvion, consistant en un limon argilo-sableux jaunâtre, renfermant des cailloux roulés, de gros blocs de calcaire et une certaine quantité d'éclats de silex.

Cinq foyers ont été découverts au cours des fouilles : trois par M. Fermond, un par M. de Maret et un autre par M. l'abbé Suart.

En dehors des silex classiques, appartenant aux époques magdalénienne, solutréenne et moustérienne qui s'y trouvaient à foison, les auteurs des fouilles y ont recueilli différents objets, tels que : aiguilles en os, poinçons, bâtons de commandement, lissoirs, marques de chasse, sifflets, hameçons, pointes de lances, harpons barbelés, pointes de flèches pourvues de cannelures, dents d'ours et d'hyènes perforées, fragments de bois de renne, présentant des traces d'un travail intentionnel. On y a également recueilli des fragments d'os et de bois de renne, ornés de dessins variés représentant des lignes géométriques, des têtes d'animaux, etc.

Cette grotte renfermait une quantité énorme d'ossements appartenant aux animaux suivants : bœuf, cheval, âne, ours, cerf, renne, hyène, chèvre, sanglier, tigre, renard, bouquetin, lièvre, lapin, faucon, etc.

## PROCÈS-VERBAL DES FOUILLES FAITES PAR M. MASFRAND DANS LE COURANT DE JUIN 1902

Grâce à une subvention que l'Association Française a bien voulu mettre à notre disposition, pour faire quelques recherches dans la grotte du Placard, nous nous sommes rendus dans le courant de juin dernier à Vilhonneur.

Après avoir obtenu l'autorisation du propriétaire et trouvé les ouvriers nécessaires pour ces travaux, nous avons commencé par faire pratiquer des fouilles dans la partie désignée sur le plan par la lettre C. Cette couche épaisse de plus de 3 mètres et qui n'avait pas encore été touchée, remplissait presque entièrement l'arrière-grotte ; elle comprenait la couche moustérienne et la couche alluviale.

La couche moustérienne comprise dans la partie désignée par la lettre C, renfermait un grand nombre de silex, parmi lesquels nous avons choisi une cinquantaine de pointes, absolument typiques, et une trentaine de racloirs.

Parmi ces pièces, il s'en trouve quelques-unes qui sont en silex jaune résinite.

Nous y avons également recueilli beaucoup d'ossements d'animaux, notamment ceux du cheval, du bœuf, du renne, de l'ours des cavernes, etc.

Arrivés à la base de la couche moustérienne, les ouvriers ont découvert un foyer, dont l'emplacement est indiqué sur le plan par la lettre V. Ce foyer renfermait des cendres, quelques charbons et des ossements calcinés. Les plus belles pièces en silex ont été trouvées autour. Immédiatement au-dessous, nous avons rencontré la couche argilo-siliceuse, accompagnée de gros blocs de calcaire, de galets, et d'un certain nombre d'éclats de silex, parmi lesquels nous avons constaté que pas un n'avait été retouché.

Avant de clore le rapport de cette première partie des fouilles, nous devons signaler la trouvaille d'une pièce, dont la présence, dans la couche moustérienne, peut paraître étrange, mais qui, cependant, est absolument vraie. J'affirme que la pièce dont nous avons donné le dessin a été trouvée dans la couche moustérienne non remaniée. Cette pièce, qui affecte la forme d'une pointe de flèche néolithique en diffère cependant, en ce qu'elle n'est retouchée que d'un seul côté.

## DEUXIÈME PARTIE DES FOUILLES

Toutes les personnes qui ont visité la grotte du Placard ont certainement remarqué à l'entrée un énorme bloc de calcaire pesant de 2.500 à 3.000 kilogrammes.

Après avoir acquis la certitude que ce monolithe n'avait jamais été remué, nous avons pensé que toutes les couches sous-jacentes n'avaient pas été touchées.

Après avoir fait creuser une profonde tranchée en avant et au-dessous du bloc A, les ouvriers ont pu, à l'aide de longues barre de fer, le faire culbuter. Puis, avec des crics, les ouvriers l'ont rejeté sur un plan incliné, d'où il a roulé 3 mètres plus bas.

Il nous a été alors permis de fouiller la partie désignée sur le plan par la lettre B.

La base du bloc A reposait sur la partie supérieure de la couche magdalénienne. Cette couche, qui avait 1$^{m}$,50 d'épaisseur, nous a fourni les objets suivants : couteaux, burins, racloirs, grattoirs avec ou sans encoches, petits nucléi, enfin plusieurs petits outils en silex. Nous avons également recueilli plusieurs poinçons en os et en bois de renne, une aiguille en os, très fine, pourvue d'un chas, une marque de chasse présentant de nombreux traits encore apparents.

La couche solutréenne nous a fourni beaucoup d'ossements de cheval et de renne, quelques grattoirs, ainsi que quelques pointes à cran. Cette couche n'avait que 1 mètre d'épaisseur.

Enfin la couche moustérienne, qui avait 1$^{m}$,50 d'épaisseur, a donné un certain nombre de pointes et de racloirs en silex noir.

MM. le Dr CAPITAN, l'Abbé BREUIL et PEYRONY

## LA STATION ACHEULÉENNE DE LA GROTTE-ABRI « L'ÉGLISE DE GUILHEM » PRÈS DES EYZIES (DORDOGNE) [571.81.44,72']

*— Séance du 9 août —*

En aval des Eyzies, non loin, au sud, du confluent de la Beune et de la Vézère et sur la rive gauche de cette dernière, il existe de larges abris creusés vers le haut de la falaise verticale de craie qui borde la vallée de la Vézère au lieu dit : Église de Guilhem. En bas se trouve un premier et haut abri auquel on peut parvenir en montant à travers les broussailles. Il est divisé, horizontalement, en deux parties par des éboulis formés de gros blocs. En grimpant presque verticalement à travers ces éboulis, on peut gagner le second étage qui constitue un abri plus large placé au-dessus du précédent. Ce second abri communique à droite par un étroit passage avec un troisième beaucoup plus vaste et situé 3 mètres environ plus haut. Tous ont été complètement déblayés et habités au moyen âge. Mais dans le fond de ce troisième abri, il existe une salle obscure dont l'entrée était fermée par un mur de stalagmite. Le sol encore vierge se composait, à sa partie supérieure d'un niveau magdalénien ayant fourni des burins et des couteaux, tandis que la couche sous-jacente renfermait, noyés dans un limon gris, des os brisés et d'assez nombreux silex.

Cette industrie se présente avec des caractères univoques et très nets. Les instruments ont été taillés dans des rognons de silex roulés de pâte noire mate. Ce silex est celui des couches crétacées de la région ; les rognons roulés ont dû être recueillis par les préhistoriques sur les bords de la Beune ou de la Vézère.

Il s'agit là, surtout, d'une industrie de débitage, pourrait-on dire. Les blocs de silex ont été façonnés par la taille de façon à constituer des instruments (haches, disques, racloirs) les déchets de taille ont fourni de gros éclats irréguliers, épais, parfois utilisés sur les bords. C'est, on le voit, un facies industriel ancien. En effet, l'instrument qui domine est la hache acheuléenne ovale, quelquefois assez bien taillée, souvent grossière et présentant presque toujours un talon formé par le cortex même du caillou roulé. Certains types sont un peu plus allongés, d'autres, au contraire, passent à la forme discoïde.

Comme dans les stations similaires, le disque est tantôt assez soigneusement retouché, tantôt grossièrement façonné à grands coups. Certaines pièces sont de simples adaptations, par quelques retouches d'un éclat épais à la fonction de racler. Les pointes et les racloirs du type moustérien vrai sont fort rares. Il y a aussi quelques grossiers racloirs et de rares lames épaisses parfois retouchées sur les bords. Quant à la faune, elle se compose de fragments de gros os brisés indéterminables, de quelques dents d'*Ursus spelæus* et de cheval. Un de ces gros fragments d'os est retouché à l'extrémité en forme de grattoir.

En somme cette station est fort intéressante et méritait d'être signalée. En effet, comme paléolithique très ancien, autour des Eyzies, on ne connaissait que les stations de plateau et la Micoque qu'ont signalée MM. Chauvet et Rivière en 1896 et que l'un de nous (Capitan) a étudiée ensuite (Cf. *Revue de l'École d'Anthropologie* 1896). A la Micoque, les racloirs étaient très abondants, les pointes rares et parfois complètement retouchées sur une face. Les haches, du type acheuléen très fin, ordinairement lancéolées parfois taillées sur une seule face, étaient, au contraire abondantes, ce qui avait fait classer cette station comme chelléo-moustérienne par MM. Chauvet et Rivière, et acheuléenne par l'un de nous (Capitan), cette industrie étant en tous points semblable à celle des limons du nord de la France.

Or, à l'Église de Guilhem les racloirs et les pointes sont rares, les haches au contraire prédominent, plus grossières qu'à la Micoque. Le débitage des cailloux roulés est la règle; la fabrication de lames est au contraire l'exception. C'est, en somme, une industrie qui paraît plus ancienne que celle de la Micoque, et même celle des plateaux de la vallée de la Vézère, telle que celle de la Vignole près de Saint-Amand-de-Coly, signalée par l'un de nous (Capitan, *Soc. d'Anthropologie*, 1897). Elle paraît morphologiquement semblable à celle des alluvions sableuses des vallées de la Seine et de la Somme. On peut donc archéologiquement considérer l'industrie acheuléenne de l'Église de Guilhem comme étant *acheuléenne ancienne*.

En tous cas, il nous a paru intéressant de signaler cette station qui complète l'ensemble si remarquable de toutes les époques paléolithiques que l'on peut rencontrer aux Eyzies, en montrant des spécimens d'une industrie qui paraît jusqu'à présent la plus ancienne de toutes celles qu'on a recueillies autour de cette localité classique.

# MM. le Dr CAPITAN et l'Abbé BREUIL.

## UNE FOUILLE SYSTÉMATIQUE A LAUGERIE-HAUTE [571.5:44.72]

*— Séance du 9 août —*

Nous avons pratiqué, au mois de septembre de l'année dernière, avec le concours actif de notre ami Peyrony, une fouille systématique à Laugerie-Haute, le long de la route, contre la dernière maison à l'ouest, au-dessous de la propriété de M. de la Chapoulie, sous un rocher surplombant et formant ainsi abri.

Cette fouille ayant été faite au moyen des fonds du legs Girard, attribués à l'École d'Anthropologie, nous avons tenu à communiquer à la XIme section de l'Association les premiers résultats encore inédits de cette fouille.

Nous sommes tombés sur un gisement magdalénien à industrie du silex fort grossière, avec os et cornes, au contraire, assez habilement façonnés. Il y a là un facies industriel tout spécial que nous ne pensons pas avoir été encore signalé.

Les foyers superposés s'étendent sur une épaisseur de 2 mètres, reposant à leur base sur la roche. A la partie supérieure, nous avons recueilli quelques instruments assez beaux de type magdalénien classique : par exemple, un grand burin et un volumineux grattoir fort bien taillés. Au-dessous, au contraire, les silex très nombreux et de variétés très diverses sont en général fort mal taillés. Il semble que la recherche des types industriels régulièrement façonnés n'existe plus ; les silex sont retouchés simplement dans un but utilitaire pour racler, gratter, couper, percer ou entailler, abstraction faite de toute forme générale régulière ; c'est, en somme, l'utilisation des lames et éclats, au mieux de leur forme, pour l'usage auquel ils étaient destinés. Nombre de pièces n'ont même sur les bords que des éclatements d'usage.

Dans un premier groupe d'instruments, rentrent tous les éclats et lames plus ou moins réguliers dont les bords sont tantôt éclatés par l'usage, tantôt façonnés par des retouches. A côté de vrais couteaux bien retaillés au tranchant ou au dos, quelquefois minuscules ou encore de la forme en lame de canif, le plus grand nombre des pièces est constitué par des lames irrégulières dont un bord tranchant et rectiligne a été seul utilisé. Parfois, les lames sont très minces ayant l'aspect des scies ; d'autres fois, elles sont épaisses et ressemblent à de vrais racloirs.

Un autre groupe, celui des grattoirs, renferme quelques pièces de type magdalénien régulier; mais il est un bien plus grand nombre de grattoirs dont le tranchant convexe a été façonné sur des éclats de forme à peu près quelconque. Toute une série présente un tranchant rectiligne bien retouché: ce sont les grattoirs carrés ou rectangulaires. Sur certains, le tranchant se creuse un peu et on arrive ainsi insensiblement au grattoir concave, puis à l'encoche. Ce type est très abondant, mais on retrouve ces encoches façonnées sur des éclats de n'importe quelle forme. L'idée seule d'avoir un tranchant plus ou moins concave est la seule qu'on puisse discerner dans la fabrication de ces pièces.

Il est enfin toute une série de pièces destinées à servir par la pointe. Les unes sont bien retouchées et rappellent la pointe du Moustier, d'autres ne le sont que partiellement. La pointe est obtuse ou au contraire aiguë, courte ou allongée, quelquefois large, d'autres fois extrêmement fine et acérée. Il y a en somme toutes les variétés d'instruments dénommés pointes, perçoirs, tarauds, pointerolles, etc. La plupart du temps, comme les autres outils, ce sont des pièces d'usage, la pointe n'est souvent que l'utilisation ou l'aménagement, par retouches, d'une partie pointue présentée par l'éclat de débitage.

On pourrait également faire la même observation pour les nombreux burins façonnés la plupart du temps sur un éclat quelconque.

Enfin on peut observer l'association de divers instruments sur une seule pièce, grattoir-burin, scie-grattoir, encoche-perçoir, etc. A noter aussi les percuteurs (silex et quartz), les nuclei, les broyeurs, un compresseur-retouchoir en calcaire et quelques outils nucléiformes. Les silex employés sont de nature et de couleurs très variées : noir, fauve, gris, translucides, etc.

Telle est cette intéressante industrie du silex qui renferme, en somme, un outillage paraissant surtout destiné au travail de l'os et de la corne, et où prédominent les outils d'usage, jusqu'ici absolument négligés par tous les chercheurs ayant fouillé dans la vallée de la Vézère et qui n'ont jamais recueilli que les *bonnes pièces*, méconnaissant ainsi l'outillage complet des préhistoriques. C'est la première fois, pensons-nous, qu'on donne l'aspect *réel* de l'industrie lithique d'une station magdalénienne.

Les objets en os et en cornes de renne façonnés sont nombreux, mais là encore les belles pièces sont fort rares. Nous avons recueilli un grand nombre de fragments de cornes de renne sciées ou commençant à être débitées en tronçons cylindriques, puis des perçoirs, poinçons, lissoirs, aiguilles brisées. Les quelques pièces que nous avons pu avoir entières sont rares. Notons quelques aiguilles de taille moyenne et d'autres remarquablement petites et fines, des pointes de sagaie plates et ovales, une pièce présentant une longue rainure longitudinale avec encoches aux extrémités

(navette ?), une autre, plate et courbe sur le plat, ornée de traits, enfin un chevêtre percé d'un seul trou et sans gravure. Plusieurs pendeloques étaient disséminées dans les foyers, les unes faites avec des dents de cheval percées à la racine, l'une ornée sur la racine de deux traits croisés, une autre avec un fragment d'huître fossile. Sauf quelques traits, nous n'avons pas trouvé trace de gravures.

Nous avons pensé qu'il pouvait y avoir quelque intérêt à communiquer les résultats d'ensemble de cette fouille en montrant sa signification générale.

---

M. A. de MORTILLET
Professeur à l'École d'Anthropologie.

## LES MONUMENTS MÉGALITHIQUES DU DÉPARTEMENT DU NORD

[571.94 : 44.28]

*— Séance du 9 août —*

Dans un inventaire des monuments mégalithiques du département du Pas-de-Calais, communiqué en 1899 à la session de Boulogne-sur-Mer de l'Association française, nous avons déjà eu l'occasion de dire que ces monuments sont fort peu communs dans l'extrême nord de la France. Le département du Nord dont nous allons nous occuper aujourd'hui, est à cet égard encore plus pauvre que son voisin, celui du Pas-de-Calais.

17 communes seulement, sur 666, ont fourni des indications ; quelques-unes font même double emploi. Nous rangerons ces communes par ordre alphabétique, en résumant les renseignements, souvent peu précis et très incomplets, donnés sur chacune d'elles et en nous étendant un peu plus longuement sur les mégalithes les plus importants, que nous avons pu visiter et examiner en détail il y a quelques années.

### Bellignies

*(Canton de Bavai, arrondissement d'Avesnes)*

Sur un coteau voisin du village, coteau percé de grottes, se trouvait un énorme bloc de grès, ayant l'aspect d'un cône renversé et faisant saillie au-dessus du sol de 1$^{m}$,50 à 3$^{m}$,80 suivant les diverses estimations. Des os et des cornes auraient été découverts au pied de ce bloc, qui portait dans le pays le nom de *Pierre-Croûte*. De forme ovalaire, il ne mesurait pas moins de 3$^{m}$,20 de longueur

sur 2m,24 de largeur. Le propriétaire du château de Bellignies, malgré les réclamations du doyen de Bavai, l'a fait transporter dans son parc en 1810. Au dire de Bottin, ce déplacement aurait nécessité l'emploi de 32 chevaux.

Regardée, on se demande pourquoi, comme un autel dédié au dieu Bélus, cette volumineuse pierre a aussi été tour à tour donnée comme un dolmen ou comme un menhir, bien qu'elle n'ait probablement jamais appartenu ni à l'une ni à l'autre de ces deux catégories de monuments.

## CAMBRAI

*(Chef-lieu d'arrondissement)*

Tout près de Cambrai, à 1 kilomètre à l'est-nord-est du centre de la ville, aussitôt après avoir passé la Porte Notre-Dame ou de Valenciennes, on rencontre à l'entrée de l'ancienne Chaussée-Brunehaut, entre la route de Naves et celle de Solesmes, deux menhirs nommés les *Pierres-Jumelles*. Cette appellation remonte fort loin ; elle se retrouve déjà dans un registre de comptes de 1396 conservé aux Archives communales. On s'est également servi de la forme latine *Jumelli-lapides*.

Ces pierres ont été souvent signalées. La plupart des historiens de Cambrai et du Cambrésis en ont parlé. Mais les mesures qui en ont été données diffèrent beaucoup de celles que nous avons relevées. Au lieu de 3m,60 de hauteur sur 0m,60 à 0m,80 de largeur et 0m,40 à 0m.50 d'épaisseur, dimensions qu'on leur prête généralement, nous avons obtenu les chiffres suivants : Pour la première pierre (A) : hauteur de 1m,20 à 1m,25, largeur à la base 1m,16 à 1m,35, épaisseur de 0m,70 à 0m,78 ; pour la deuxième (B) : hauteur de 0m90 à 0m95, largeur 1m,33 ; épaisseur de 0m,60 à 0m,80. A quoi tient cette différence ? Le sol a-t-il été remblayé, les pierres ont-elles été en partie cassées, ou bien y a-t-il simplement des erreurs dans les chiffres ? C'est ce que nous ignorons. La première supposition semble cependant avoir quelque vraisemblance. A. Wilbert nous apprend, en effet, qu'en 1853 les Pierres-Jumelles auraient été enterrées par suite du nivellement du champ où elles se trouvent. Afin de les sauver, il en fit la même année l'acquisition pour le compte de la Société d'Émulation de Cambrai.

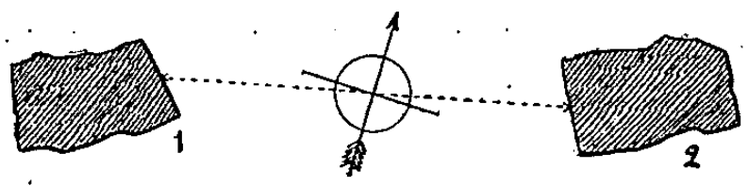



FIG. 1. — Coupe des Pierres-Jumelles de Cambrai. 1/100.

Les deux blocs, placés à peu près dans la direction Ouest-Est, sont distants l'un de l'autre de 3m,27. Ils sont en grès et portent quelques cupules naturelles.

Il existe à leur sujet diverses légendes. A. Durieux en a publié deux. Dans la première, il s'agit de deux jumeaux dont l'un a pris parti pour les oppresseurs de la Gaule et l'autre est resté fidèle à son pays. S'étant rencontrés sur un champ de bataille, ils se tuent mutuellement. Après les avoir inhumés, on élève sur leurs tombes les deux menhirs. Dans la seconde, ce sont deux jumeaux gaulois, beaux et bien faits, qui s'entretuent pour la possession d'une jeune druidesse dont ils étaient également épris. Le lendemain de leur mort, les corps avaient disparu. Deux grosses pierres avaient poussé pendant la nuit à la place où ils étaient tombés.

### Cartignies

*(Canton sud et arrondissement d'Avesnes)*

Deux pierres placées à peu de distance l'une de l'autre et portant le nom de *Pierres-Jumelles* ont parfois été indiquées comme se trouvant sur la commune de Cartignies, mais elles seraient, d'après Éd. Fourdrignier, sur celle de Floyon.

### Colleret

*(Canton de Maubeuge, arrondissement d'Avesnes)*

Au hameau d'Ostergnies, on voit à l'entrée du cimetière une pierre dressée, qui a été prise pour un menhir ou pour une borne milliaire. Suivant Éd. Fourdrignier ce serait plutôt une borne de terroir, comme il en existe d'autres dans le pays.

### Crèvecœur

*(Canton de Marcoing, arrondissement de Cambrai)*

Bottin a indiqué en 1831 une pierre celtique située au Belgémont, aujourd'hui le château de Revelon, près de Crèvecœur. Mais A. Wilbert dit, en 1853, qu'il pense qu'elle n'existe plus, parce que Ad. Bruyelle n'en parle pas dans sa notice sur Crèvecœur publiée en 1847.

### Dechy

*(Canton sud et arrondissement de Douai)*

A 1 kilomètre environ au sud de Dechy, sur le bord et à gauche du chemin de Roucourt, au lieu dit la *Longue-Borne*, s'élève une colonne rectangulaire en grès, assez grossièrement équarrie. Cette colonnne a peut-être été taillée dans un menhir, mais le travail ne paraît pas très ancien. Ses dimensions sont : hauteur au-dessus du sol de $2^{m},75$ à $2^{m},80$, largeur $0^{m},25$, épaisseur $0^{m},20$. Elle serait tombée récemment et on l'aurait redressée. La partie enfoncée en terre mesurerait environ 1 mètre, ce qui donnerait une longueur totale d'à peu près 4 mètres.

### Écluse (L')

*(Canton d'Arleux, arrondissement de Douai)*

Le plus beau menhir du département du Nord est situé à 1 kilomètre environ de L'Écluse, sur le point culminant du coteau qui se trouve au sud-ouest du village. Il consiste en une énorme plaque de grès, de forme allongée et assez régulière, plantée verticalement. Sa largeur est de $2^{m},20$ à la base, de $2^{m},30$ à $1^{m},60$ au-dessus du sol, point où elle atteint sa plus grande largeur. Son épaisseur varie entre $0^{m}$, 50 et 1 mètre. Sa hauteur, que Terninck dit être de $5^{m},83$, ne dépasse pas 5 mètres, dimension déjà respectable. Les gens du pays racontent qu'elle est très profondément enterrée. Dans une notice présentée en 1834 à la Société des Antiquaires de la Morinie, L. de Givenchy rapporte que le marquis de la Ryanderie, ancien seigneur de L'Écluse, ayant fait faire, en 1788, une fouille au pied de la pierre, aurait reconnu que la partie enfouie était aussi longue que celle qui sort de terre.

L'endroit où se dresse ce menhir s'appelle la *Borne-Epierre*, mais le bloc lui-même est plus communément désigné actuellement sous le nom de la *Pierre-du-Diable*.

Les renseignements les plus précis qui aient été publiés sur ce monument sont dus à S. Bottin, le créateur des Indicateurs qui portent son nom. Bien que la pierre soit entièrement brute, le sommet paraîtrait, d'après cet excellent observateur, être légèrement excavé. On remarque, en outre, sur une des grandes faces trois entailles que la tradition donne comme les traces des griffes du diable. Ce ne sont que de simples éraflures, étroites et légères, probablement pas très anciennes. La Pierre-du-Diable a été plusieurs fois reproduite par la lithographie.

### Flines-lès-Raches

*(Canton nord et arrondissement de Douai)*

Près de Germinies, au sud du marais des Six-Villes, à un point où la Scarpe formait un coude dit *Coude du Gascon*, on a signalé une grande pierre dressée, haute de plus de 5 mètres et large d'un peu moins de 4 mètres. Cette pierre, nommée dans les titres de l'Abbaye de Marchiennes la *Borne-au-Quéviron* ou la *Longue-Borne*, aurait été plantée le 29 mai 1288 ; elle marquait la limite des juridictions que la Ville de Douai et l'Abbaye de Marchiennes avaient sur la Scarpe.

### Floyon

*(Canton sud et arrondissement d'Avesnes)*

Les *Pierres-Jumelles* dont il a été question à propos de la commune de Cartignies sont situées au hameau du Réteau ou Retteau, écart de la commune de Floyon, sur le chemin allant de Beaurepaire à Floyon. Ce hameau se trouve à la limite du territoire de Cartignies, c'est pourquoi on a attribué ses mégalithes tantôt à l'une tantôt à l'autre des communes voisines ; on les a même parfois indiqués sur celle d'Etrœungt. Éd. Fourdrignier, auquel nous devons ces renseignements, a vu les deux pierres avant 1860. Elles *biquaient*, comme on disait dans le pays, au milieu des pâturages. On racontait que les Druides se réunissaient là. Une fouille faite alors par le propriétaire, M. Matton, a amené leur déplacement, mais on les a ensuite remises à peu près à la même place. Elles avaient environ $1^{m},50$ de hauteur hors du sol et étaient séparées l'une de l'autre de 5 mètres. Chacune d'elles avait 1 mètre de largeur et une épaisseur de $0^{m},50$.

Ces deux pierres pourraient bien, suivant Fourdrignier, avoir appartenu à un dolmen, dont elles seraient les seuls témoins existant.

### Hamel

*(Canton d'Arleux, arrondissement de Douai)*

On voit les reste d'un véritable dolmen sur le sommet du Mont-d'Hamel, à 68 mètres d'altitude, soit à 30 mètres à peu près au-dessus des marais de la Sensée, à moitié chemin entre Hamel (Nord) et Tortequesne (Pas-de-Calais), presque à la limite des deux départements.

En 1805, ce monument était encore en assez bon état. Voici la description qu'en donne S. Bottin, qui l'a visité à cette époque :

« Il est composé de six pierres colossales, quatre posées de champ, laissant

entre elles un espace vide long de 5 mètres et dont la largeur varie depuis 1 mètre jusqu'à 1m,30. Une autre pierre plate, d'une forme pentagone, couvre une partie de cet espace et en fait une grotte profonde de 3 mètres, à laquelle ce qui reste à découvert fournit une sorte de vestibule. Les six pierres sont de grès très fin et très dur, tel qu'on l'extrait dans le pays ». L'endroit, autrefois boisé, où elles se trouvent s'appelle toujours *le Bois*. C'est surtout lors du défrichement de ce bois que le dolmen a commencé à se détériorer. Vers 1840, suivant Terninck, la table reposait déjà

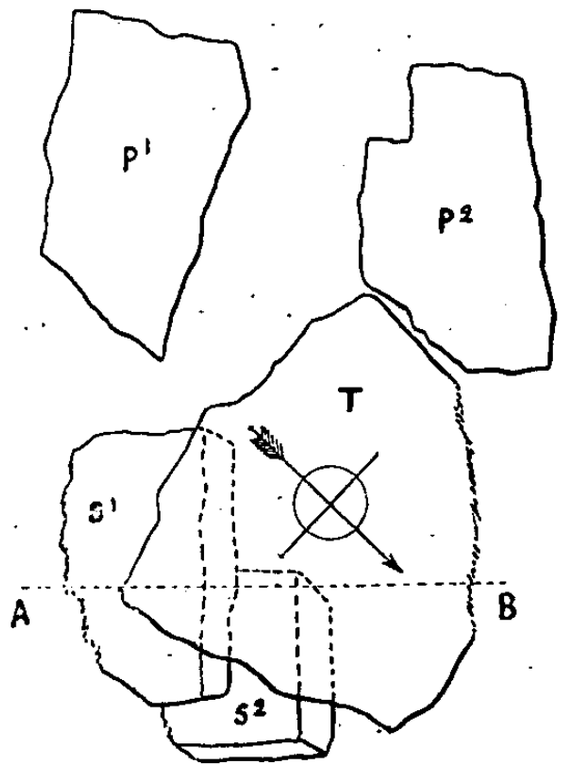



Fig. 2. — Plan du dolmen d'Hamel. 1/100. S1 et S2, supports inclinés; P1 et P2, supports renversés; T, Table.

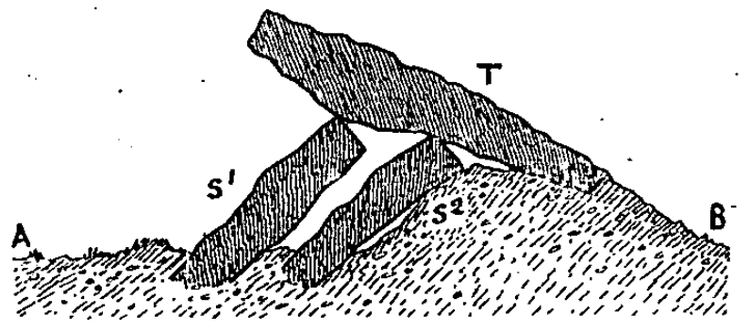



Fig. 3. — Coupe du dolmen d'Hamel, suivant AB. 1/100.

mal sur ses supports; on pouvait lui imprimer un mouvement d'oscillation assez prononcé. Depuis, le monument s'est effondré. Il ne reste actuellement que cinq dalles : deux supports penchés l'un sur l'autre sous la table inclinée, et les deux supports qui formaient les parois du vestibule couchés à terre. Ces pierres ont les dimensions suivantes : Table : 3m,50 de long sur 3 mètres de large et de 0m,33 à 0m,56 d'épaisseur; premier support : 1m,60 de hauteur au-dessus du sol, 2m,15 de longueur et de 0m,32 à 0m,43 d'épaisseur; deuxième support : même hauteur, 1m,36 de longueur, 0m,35 à 0m,42 d'épaisseur. Quant aux pierres couchées, elles ont : l'une, 2m,60 de long, 1m,40 de large et 0m,45 d'épaisseur; l'autre, 2m,50 de long, 1m,50 de large et de 0m,28 à 0m,40 d'épaisseur. Bottin avait déjà remarqué sur la face supérieure de la table « des lignes très légèrement tracées et qui semblent se rattacher, en divers sens, à une vingtaine de cavités obliques de la capacité d'un verre à boire ordinaire », mais ce sont là des accidents naturels.

Le dolmen d'Hamel a reçu divers noms. On l'appelait jadis la *Pierre* ou la *Cuisine-des-Sorciers*, sans doute parce qu'il servait de retraite aux *Caramaras*, nom que l'on donne dans le pays aux Bohémiens nomades. Mais il est plus connu aujourd'hui sous le nom de *Pierre-Chavatte* ou *Pierres des Chawattes*. Ce dernier mot est encore en usage dans le pays wallon pour désigner les chouettes ou les chats-huants, oiseaux qui allaient peut-être chercher un refuge sous le dolmen.

Il y a une vingtaine d'années, la Commission du Musée de Douai et la Société des Sciences et Arts de Douai s'étaient réunies dans le but d'ouvrir une souscription pour relever ce monument. Il est regrettable que ce projet n'ait pas été mis à exécution.

### Illies

*(Canton de la Bassée, arrondissement de Lille)*

Le *Dictionnaire archéologique de la Gaule* indique, d'après E. Mannier, un monument découvert en 1857 à l'extrémité nord de la commune d'Illies, sur une petite colline dépendant du hameau de l'Aventure. Ce monument, enfoui à 1 mètre de profondeur, était composé d'une dalle en grès brut de 1m,80 de long sur 0m,80 de large, reposant sur quatre pierres posées de champ, deux à deux. Une autre dalle occupait le fond. On n'y a signalé aucun débris archéologique permettant de le dater. Il est difficile de dire si c'était un petit dolmen ou une tombe en pierres brutes d'âge plus récent.

### Lallaing

*(Canton nord et arrondissement de Douai)*

La *Borne-au-Quéviron* de Germinies, dont il a été question à la commune de Flines-lès-Raches, a aussi été donnée comme se trouvant sur celle de Lallaing.

### Maulde

*(Canton rive gauche de Saint-Amand, arrondissement de Valenciennes)*

L'*Inventaire des Monuments mégalithiques de France* publié en 1880 indique sur cette commune un menhir. Il s'agit probablement de la *Pierre-Brunehaut*, située non loin de Maulde, mais sur le territoire de Hallain (Belgique).

### Prisches

*(Canton de Landrecies, arrondissement d'Avesnes)*

Tailliar a signalé au nord de cette commune, au hameau des Vallées, une pierre à demi enfouie dans un carrefour et mesurant 1m,10 de longueur, 0m,90 de largeur, 0m,30 d'épaisseur.

### Sars-Poteries

*(Canton de Solre-le-Château, arrondissement d'Avesnes)*

Sur la place publique de Sars-Poteries, à une centaine de mètres au nord-ouest de l'église, est un menhir portant le nom de *Pierre-de-Dessus-Bise*, ou *Pierre-sous-Bise* suivant Tailliar. C'est un bloc naturel de grès affectant à peu près la forme d'un pain de sucre légèrement aplati, s'élevant à 1m,58 au-dessus du sol et mesurant à sa base 1m,10 de largeur sur 0m,75 d'épaisseur. On le dit peu profondément enterré. Au sommet a été pratiqué un trou carré de 4 centimètres de côté, dans lequel la jeunesse du pays allait à certaines occasions planter un drapeau.

### Sebourg.

*(Canton est et arrondissement de Valenciennes)*

Une pierre appelée le *Caillou-qui-bique*, située sur le territoire de Sebourg, a parfois été regardée comme un menhir.

### SOLRE-LE-CHATEAU

*(Chef-lieu de canton, arrondissement d'Avesnes)*

A 1.400 mètres au sud-sud-ouest du clocher de Solre, à 20 mètres à gauche du chemin conduisant à Liessies, au lieudit la *Plaine-Saint Martin*, se dressaient deux blocs de grès appelés les *Pierres-Martines*, les *Pierres-de-Saint-Martin* ou tout simplement les *Martines*. E. Cocquelet, maire de Solre, qui les a décrits en 1834, dit qu'ils étaient distants l'un de l'autre de 3 mètres et qu'ils avaient comme dimensions, l'un, 3 mètres de hauteur sur 5m,40 de circonférence ; l'autre, 1m,80 de hauteur sur 3 mètres de circonférence.

Il ne reste actuellement debout que la plus grande des deux pierres. Jennepin, auquel nous devons des renseignements assez complets sur les Pierres-Martines, nous apprend que la plus petite a été déplacée en 1874 par le propriétaire et s'est brisée en deux énormes fragments, qui gisent au pied de la première.

Le menhir qui est encore en place a une hauteur de 2m,50 au-dessus du sol ; la partie enterrée aurait environ 1 mètre ; sa plus grande largeur est de 2m,60 à la base, mais elle n'est plus que de 1m,70 au sommet. Son épaisseur, qui ne dépasse pas 1 mètre à la base et 0m,70 au sommet, atteint son maximum, 1m,20, à une hauteur de 1 mètre au-dessus de terre.

Les fragments du deuxième menhir, couchés aujourd'hui à moins de 50 centimètres du premier, mesurent, l'un 1m,25 sur 1 mètre, l'autre 1m,10 sur 1 mètre ; leur épaisseur varie de 50 à 55 centimètres.

Il nous faut encore appeler l'attention sur quelques particularités du menhir resté intact. Le petit côté regardant le nord-nord ouest est profondément creusé; il présente une cavité naturelle dans laquelle pourrait se placer un homme. Sur le sommet de la pierre, qui est plat, on observe une douzaine de petits sillons dirigés en tous sens.

Les Pierres-Martines ont été l'objet de diverses légendes, dont saint Martin est toujours le héros. Jennepin en rapporte quelques-unes. Dans une lettre adressée en 1819 au sous-préfet d'Avesnes par Delebecke, alors maire de Solre, ce dernier dit, à propos de la dépression que nous avons signalée sur le flanc du grand menhir : « La tradition populaire était, il y a trente ans, que l'ancien évêque de Tours, ou plutôt le cavalier qui devint évêque, passant de Liessies à Solre-le-Château, s'est reposé contre cette pierre, et que la chaleur surnaturelle dont son corps était vivifié en a opéré la fusion dans la partie touchée ». Suivant une autre variante de la légende : « La grande pierre aurait été apportée par saint Martin quand il vint évangéliser la contrée, et c'est du haut de sa plate-forme qu'il prêchait. On montre encore les empreintes laissées par ses doigts crispés lorsqu'il chargea le lourd monolithe sur ses épaules ».

Au dire de Mme Hazard, qui fut propriétaire du champ où se trouvent les Martines, les pierres auraient été autrefois au nombre de cinq. Les quatre plus petites, placées à environ 3 mètres de la plus grande, auraient formé autour d'elle un cercle, et plusieurs d'entre elles portaient, dit-on, des empreintes de pied humain ?

## Résumé

L'inventaire publié en 1880 par la Sous-Commission des Monuments mégalithiques mentionne pour le département du Nord : 1 dolmen et 6 menhirs. Nous arrivons dans le nôtre à 4 dolmens et 16 menhirs, soit au total 20 monuments au lieu de 7. Mais ces indications ne sont pas toutes d'égale valeur.

Sur les 4 dolmens signalés, 2, celui de Bellignies et celui de Floyon, sont tout à fait hypothétiques. Le premier pourrait fort bien n'avoir jamais été autre chose qu'un rocher naturel, et le second tout bonnement la réunion de deux menhirs, comme les *Pierres-Jumelles* de Cambrai, les *Pierres-Martines* de Solre-le-Château, dans le Nord, et les *Pierres-Jumelles* de Mont-Saint-Éloi, dans le Pas-de-Calais. Le dolmen d'Illies est également douteux. Il ne reste donc qu'un seul dolmen absolument certain, celui d'Hamel.

Quant aux menhirs, sur les 16 signalés, il en est 7 sur lesquels nous ne possédons que des indications assez vagues. Ce sont ceux de Bellignies, Colleret, Crèvecœur, Floyon, Prisches et Sebourg. La colonne équarrie de Dechy peut avoir été taillée dans un menhir, mais nous n'avons aucune certitude à ce sujet. Nous ignorons également si la *Longue-Borne* de Flines, qui passe pour avoir été érigée au XIII^e^ siècle, n'existait pas déjà antérieurement. Le beau menhir des environs de Maulde se voit de France, mais il n'est pas sur le territoire français. Nous n'avons, par conséquent, plus que 6 menhirs certains pour le département du Nord : 2 à Cambrai, 1 à L'Écluse, 1 à Sars-Poteries et 2 à Solre-le-Château.

L'ensemble mégalithique le plus important et le plus intéressant de la France septentrionale est situé dans la vallée de la Sensée, affluent de l'Escaut, aux environs d'Arleux, entre Douai, Cambrai et Arras. Il est à cheval sur les deux départements du Nord et du Pas-de-Calais, dont la limite est à cet endroit fort irrégulièrement tracée, et il comprend, outre plusieurs monuments moins certains ou détruits, le grand menhir de L'Écluse, le dolmen d'Hamel, dans l'arrondissement de Douai (Nord), le menhir d'Oisy-le-Verger, le menhir de Tortequesne, et un peu plus loin le cromlech des *Sept-Bonnettes*, dans l'arrondissement d'Arras (Pas-de-Calais).

Les mégalithes du département du Nord qui méritent, surtout à cause de leur rareté, d'être conservés et classés sont : les *Pierres-Jumelles*, de Cambrai ; la *Pierre-du-Diable*, de L'Écluse ; les *Pierres-des-Chawattes*, d'Hamel ; la *Pierre-de-Dessus-Bise*, de Sars-Poteries, et les *Pierres-Martines*, de Solre-le-Château.

## Bibliographie


Boniface. — *Pierres de fiefs à Rocquignies, Ostergnies, Avesnelles et Marpent (Mémoires de la Société archéologique de l'arrondissement d'Avesnes,* t. III, 1876, p. 124).

Bottin (S.). — *Extrait d'un Mémoire sur les monuments celtiques du département du Nord* (Séances publiques de la Société d'amateurs des Sciences et Arts de la ville de Lille. IVe cahier, 1811-1812, p. 131).

Brassart (Félix). — *La Pierre-au-Quéviron, borne de Germignie ou longue-borne plantée en 1288 à Flines, au marais de Six-Villes (Souvenirs de la Flandre wallonne,* t. XVII. Douai, 1877).

Coussemaker (Edmond de). — *Répertoire archéologique du département du Nord.*

Dehaisnes. — *Rapport sur les monuments historiques du département du Nord (Bulletin de la Commission historique du département du Nord,* t. XIII. Lille, 1877, p. 10).

Durieux (A.). — *Les Pierres-Jumelles, légende traditionnelle (Mémoires de la Société d'Émulation de Cambrai,* t. XXXIII, 1860, p. 171). — *L'Art monumental à Cambrai,* 1866.

Givenchy (L. de). — *Notice sur quelques monuments celtiques, romains et du moyen-âge existant dans la Morinie (Mémoires de la Société des Antiquaires de la Morinie.* Saint-Omer, t. II, 2e partie, 1834, p. 170).

Jennepin. — *Notes archéologiques sur l'arrondissement d'Avesnes (Bulletin de la Commission historique du département du Nord,* t. XVII, 1886, p. 411).

Lebeau et Michaux aîné. — *Recueil de notices et articles divers sur l'histoire de la contrée formant l'arrondissement d'Avesnes.*

Tailliar. — *Essai sur l'histoire du régime municipal romain.* — *Essai sur l'histoire des institutions du nord de la France. Ère celtique.* Douai, 1852. — *Notice sur quelques monuments en pierre situés dans le Pas-de-Calais et le Nord.*

Terninck (Auguste). — *Étude sur l'Atrébatie avant le* VIe *siècle,* 1866.

Verly fils (C.). — *Sur les antiquités du département du Nord (Recueil des travaux de la Société d'Amateurs des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille,* t. VII, 1823-1824, p. 296).

Wilbert (Alcibiade). — *Sur les Pierres-Jumelles de Cambrai (Bulletin de la Commission historique du département du Nord.* Lille, t. IV, 1851, p. 36). — *Acquisition des Pierres-Jumelles (Mémoires de la Société d'Émulation de Cambrai,* t. XXVI, 1852, p. 385). — *Histoire de Cambrai aux époques celtique et gallo-romaine (Mémoires de la Société d'Emulation de Cambrai,* t. XLIX, 1874, p. 193).

*Dictionnaire archéologique de la Gaule. Époque celtique,* Paris, 1875.

*Statistique archéologique du département du Nord.* Lille, 1867.

MM. le Dr CAPITAN et l'Abbé BREUIL

## LES FIGURES GRAVÉES A L'ÉPOQUE PALÉOLITHIQUE SUR LES PAROIS DE LA GROTTE DES COMBARELLES, PRÈS DES EYZIES (DORDOGNE)

[571.71:44.22]

*— Séance du 9 août —*

Ces découvertes remontent au mois de septembre 1901 ; nous n'avons donc pas pu les communiquer à la session d'Ajaccio, mais ayant exécuté nos premières recherches au moyen des fonds du legs Girard attribués à l'École d'anthropologie de Paris, nous tenons spécialement à présenter à la 11e section quelques-uns de nos calques de ces figures.

Nous désirons aussi communiquer les premières épreuves *absolument inédites* des cinq grandes planches gravées de notre publication générale en cours.

Elles reproduisent la longue bande de 12 mètres de longueur sur 10 centimètres environ de hauteur sur laquelle nous avons représenté toutes les figures intelligibles que nous avons pu relever, ainsi que le plan de la grotte avec la situation occupée par les figures.

Les quelques explications suivantes donneront les renseignements nécessaires sur ces gravures.

On sait que ces très anciennes manifestations artistiques n'ont été jusqu'ici constatées que dans peu de grottes : grotte d'Altamira, près de Santander (Espagne), en 1875 (de Sautuola) ; grotte Chabot (Gard), en 1878 (Chiron); grotte de la Mouthe, près des Eyzies (Dordogne), en 1895 (Rivière), et enfin grotte de Pair-non-Pair (Gironde) en 1896 (Daleau).

Le nombre des figures jusqu'ici signalées était peu considérable. Or nous avons pu reconnaître sur les parois de la grotte des Combarelles, près des Eyzies (Dordogne) dans la vallée de la Beune, cent neuf figures parfaitement distinctes représentant toute une série d'animaux variés entièrement gravés ou dont la tête seule est figurée. Nous avons dessiné d'après nature tous ces animaux sur la bande dont nous présentons la gravure.

Ces figures commencent à 119 mètres de l'entrée de la grotte qui à la forme d'un long couloir serpentant avec une hauteur de 50 centimètres à 2 mètres et une largeur de 1 à 2 mètres. Elles se prolongent sur une longueur de 100 mètres de chaque côté de la grotte, presque jusqu'au fond qui se trouve à 235 mètres de l'entrée.

Gravées profondément (4 à 5 millimètres) dans la roche crétacée, tantôt beaucoup plus légèrement, parfois rehaussées d'un trait de peinture noire,

ces figures mesurent de 25 centimètres à plus d'un mètre de longueur. Un bon nombre sont revêtues d'un enduit stalagmitique qui mesure par place quelques millimètres et recouvre les dessins comme d'un glacis, tandis qu'en d'autres points il les masque complètement.

Les animaux représentés entiers sont des équidés (23) ; des bovidés (3) ; des bisons (2) ; des rennes (3) ; des bouquetins (2) et enfin fait absolument nouveau, des mammouths (14), sans compter dix-neuf animaux indéterminés, quarante-trois têtes et un grand nombre de traits inintelligibles.

Les représentations toujours exécutées de profil montrent les animaux au repos et marchant, parfois courant. Leur technique est identique à celle des os et ivoires gravés qu'on trouve dans les foyers de l'époque magdalénienne. Elles ont un caractère de précision et une habileté de rendu montrant le souci constant de reproduire la nature telle quelle sans aucune idée de stylisation. Comme pour les os gravés, il parait évident que ces figures ont été exécutées pour ainsi dire de visu par les artistes de l'époque.

Les équidés ont des caractères variables ; il en est qui ont l'aspect de l'hémione, d'autres sont identiques aux gros chevaux actuels, ou rappellent les chevaux sauvages du centre de l'Asie, les Kertag.

Les bovidés sont également variés. L'un est très particulier avec son large fanon, sa petite tête et son corps assez fin. Deux rennes surtout sont figurés avec une fidélité qui ne peut laisser aucun doute sur leur identification. Deux bouquetins superposés sont d'une exactitude parfaite.

Enfin quatorze figures de mammouths variées montrent l'animal tantôt jeune et entièrement couvert de poils, tantôt plus âgé et peut-être moins poilu. Toutes ces figures sont d'une exactitude remarquable ; fronts, longs poils, formes des oreilles, trompe, pieds, attitude, tout est représenté avec un soin spécial qui ne laisse aucun doute sur l'animal qui a été figuré, ainsi qu'on peut s'en assurer sur les croquis et calques que nous présentons. Quatre images des chevaux montrent des figurations d'une interprétation difficile et où on pourrait peut-être voir une couverture (?), un lien autour du museau, enfin l'indication sur la joue de cette pièce en corne de renne percée de trous connue jadis sous le nom de bâton de commandement, et qui, d'après Piette, n'aurait été souvent qu'une sorte de branche montante du mors primitif, le chevêtre.

Sur le ventre d'un cheval il existe un signe en forme de losange circonscrit par deux traits ; sur la fesse d'un autre animal on peut voir trois signes ayant l'aspect de caractères. Cette disposition pourrait rappeler les lettres que portent au même point certaines figurations de chevaux grecs archaïques et être considéré comme une marque.

D'autres figures méritent d'être signalées, tels deux signes sous forme de crochets inclinés l'un vers l'autre et qui sont profondément gravés au-des-

sous et en arrière d'une grand figuration très précise d'un mammouth. Ces signes sont très analogues à ceux que Piette a signalés sur les os gravés et qu'il considère comme représentant une signature ou une marque de propriété.

Tels aussi plusieurs signes triangulaires avec barre oblique à l'intérieur, signes tectiformes qui pourraient peut-être représenter des huttes et des tentes. Telle enfin une grossière figuration d'une tête ou d'un crâne humain vu de face.

La question d'authenticité de ces figures ne peut faire l'ombre d'un doute. Leur technique et la façon de reproduire les animaux permet déjà de les considérer comme fort anciennes, incontestablement contemporaines des gravures sur os trouvées dans les foyers que la stratigraphie et la faune permettent de dater exactement et de rapporter à l'époque glyptique de Piette ou magdalénienne de G. de Mortillet.

D'ailleurs la précision des figurations permet d'affirmer qu'elles ont dû être exécutées par des artistes qui voyaient les bêtes qu'ils représentaient lesquelles vivaient auprès d'eux. Or, comme ces animaux sont le bouquetin et le renne émigrés de nos contrées vers la fin du magdalénien et le mammouth disparu probablement même avant la fin de cette époque, il s'ensuit que ces figurations datent bien de cette période.

Nous allons continuer nos recherches dans cette grotte, en nous aidant encore des subventions du legs Girard, et nous nous ferons bien entendu un devoir d'en communiquer les résultats au prochain congrès de l'Association française.

---

MM. le Dr CAPITAN et l'Abbé BREUIL

## LES FIGURES PEINTES A L'ÉPOQUE PALÉOLITHIQUE SUR LES PAROIS DE LA GROTTE DE FONT-DE-GAUME (DORDOGNE).

[571.71.44.72]

*— Séance du 9 août —*

Nous avons découvert l'année dernière, avec le concours de notre ami Peyrony, qui les avait aperçues le premier, toute une série de figures peintes à l'ocre rouge et au noir sur les parois de cette grotte, qui se trouve dans une petite vallée où passe la route de Saint-Cyprien, très près de sa jonction avec la vallée de la Beune, à 1 kilomètre et demi des Eyzies.

Elle s'ouvre à 20 mètres environ au-dessus du fond de la vallée. L'orifice, d'abord large, se rétrécit rapidement, et il n'y a plus qu'une galerie étroite et serpentant.

Après un passage très rétréci verticalement, à 65m,70 de l'entrée, on débouche dans une longue salle de 40 mètres de longueur, sur une largeur de 2 à 3 mètres et une hauteur de 5 à 6 mètres.

C'est surtout sur les parois de cette longue galerie et dans un petit diverticule mesurant 3 mètres de hauteur sur 2m,50 de large et autant de profondeur, et même jusqu'au fond à 120 mètres de l'entrée qu'ont été peintes les figures, tantôt extrêmement visibles, tantôt recouvertes par la stalagmite qui, parfois, les masque sous une grande épaisseur de concrétions.

Les animaux sont figurés, ou bien par un seul trait ocre rouge ou noir (manganèse), ou bien la figure ainsi circonscrite est remplie par une large teinte plate ocre ou noire. Ces deux teintes sont souvent mélangées donnant des tons nuancés, variant de l'ocre pur au brun rouge et brun noir jusqu'au noir pur. Parfois certaines parties, le corps par exemple est rouge et les pattes sont brunes, d'autres fois l'animal est brun et la touffe de poils sur le front est rouge. Il existe quelquefois, circonscrivant en partie l'animal, un travail de grattage formant parfois une espèce de champ levé. Enfin très souvent, la gravure est associée à la peinture. Quelques gravures existent sans peinture.

Les figures que nous avons vues sont au nombre de 80, se répartissant ainsi : aurochs 49, ordinairement entiers, soit en file, soit affrontés ; animaux indéterminés 11 ; rennes 4 ; cerf 1 ; équidés 4 ; antilopes (?) 3 ; mammouths 2 ; signes divers 6. Et certainement nous n'avons pas tout vu.

Nous communiquons au Congrès six grandes aquarelles exécutées par nous, montrant les divers procédés employés par les préhistoriques pour exécuter ces figures.

La première représente la partie supérieure du corps d'un singulier animal ressemblant à un élan femelle, sans cornes, figuré par un simple trait à l'ocre rouge.

Sur la seconde, nous avons reproduit un équidé (?) peint en teinte plate noire avec un cou démesurément long. L'étrange aspect qu'il présente peut tenir à ce qu'il est figuré dans une partie très étroite de la grotte et qu'on ne peut le voir que très obliquement du côté du train postérieur.

Les bisons figurés sur les trois aquarelles suivantes présentent des caractères différents. Le premier est représenté au repos ; les caractères de l'animal sont exagérés, mais en somme habilement reproduits. Il est figuré sur une large surface ondulée. Nous l'avons représenté, comme les autres d'ailleurs, d'après notre calque et l'aquarelle faite sur place. On peut constater les traits de la gravure en partie masqués par la peinture en

larges teintes plates ocre rouge, nuancées, le trait noir peint qui le circonscrit en partie et le raclage aux cornes et le long de l'échine.

Le second bison, un des treize qui tapissent la petite salle indiquée ci-dessus, est figuré courant ; il est d'une couleur brune, avec teinte ocre rouge presque pur sur la houppe de poils du front.

Le troisième enfin, de grande dimension, a été peint sur une surface de la paroi, ayant grossièrement la forme d'un corps de bovidé. Il porte sur le ventre, deux figures triangulaires dont nous avons retrouvé les semblables, peintes en d'autres points de la grotte et gravées aussi dans la grotte des Combarelles et toujours deux par deux. On pourrait y voir la figuration d'une hutte ou d'une tente.

Recouvert par la figure triangulaire de gauche, il existe un petit mammouth finement et fidèlement dessiné au trait.

Enfin, la sixième aquarelle reproduit le groupe des deux rennes où l'on constate tous les procédés ci-dessus : gravure, traits périphériques, raclage, teintes plates noires et rouges. Ces animaux sont très bien dessinés, les caractères de l'espèce y sont admirablement reproduits. La disposition de la ramure inférieure du renne de droite suffit pour le caractériser.

Il y a encore à relever bien d'autres figures ; ce sera l'objet de la campagne de cet été.

Nous avons voulu, en attendant, mettre sous les yeux de la Section les reproductions en couleur des principales figures que nous avons exécutées spécialement dans ce but, et qui sont par conséquent inédites.

---

M. François DALEAU
à Bourg-sur-Gironde.

## GRAVURES PALÉOLITHIQUES DE LA GROTTE DE PAIR-NON-PAIR COMMUNE DE MARCAMPS (GIRONDE)

[571.71:44.71]

*— Séance du 9 août —*

*Historique.* — La découverte de la grotte de Pair-non-Pair, que je fouille depuis plus de vingt ans remonte au 6 mars 1881 (1).

Dans une première note : *Les gravures sur rocher de la caverne de Pair-non-Pair (Soc. archéologique de Bordeaux*, t. XXI, p. 235), j'ai donné la

(1) *Association française, Congrès d'Alger*, 1881, p. 755.

description de huit gravures que j'étais arrivé à déchiffrer à ce moment. Plus tard, grâce à une subvention de l'Association Française pour l'Avancement des sciences, j'ai fait mouler avec de la terre glaise et avec du plâtre, les divers points des parois de la grotte sur lesquels sont gravés ces curieux dessins. Ces fidèles reproductions, composées de treize planches, m'ont été d'un grand secours. J'ai pu les étudier chez moi, et, en les plaçant à bonne lumière, je suis arrivé à découvrir six nouvelles gravures dans les lignes enchevêtrées.

En mai 1898, j'ai présenté à la Société archéologique de Bordeaux (t. XXIII, p. XXVII, procès-verbaux), les estampages de ces nouveaux dessins. En septembre, je fis part à l'Association Française, de cette découverte (Congrès de Nantes, t. I, p. 180). En novembre de la même année, j'offris au Musée préhistorique de Bordeaux, huit planches de ces moulages.

En avril 1900, dix planches figuraient au Trocadéro, à l'Exposition de l'École d'anthropologie et de la Sous-Commission des monuments mégalithiques. Enfin, après de très longues et très laborieuses démarches, commencées en mai 1897, et à peu près terminées en décembre 1900, je suis arrivé à faire acheter la grotte de Pair-non-Pair et ses dépendances par la Sous-Commission des monuments mégalithiques pour le compte de l'État, la conservation de cette habitation de nos ancêtres des temps quaternaires et de ses intéressants *graffiti* est donc aujourd'hui assurée.

*Bibliographie.* — Les grottes à parois gravées ou peintes à l'époque paléolithique, connues aujourd'hui, sont au nombre de sept :

1° Grotte d'Altamira (Espagne) : En 1875, M. Santuola observe des dessins dans la grotte d'Altamira près Santander (Espagne) et publie le résultat de ses recherches à Madrid en 1880, in *Breves apuntes sobre algunos objetos prehistoricos de la provincia de Santander.*

M Édouard Harlé a aussi exploré cette grotte et publié : *La grotte d'Altamira près Santander. Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'Homme* 1881, p. 275.

2° Grotte Chabot, commune d'Aiguèze (Gard) : Les gravures de la grotte Chabot, découvertes en 1878 par M. Léopold Chiron, sont décrites par lui en 1889, in *Bul. soc. d'anthropologie de Lyon*, t. VIII, p. 96;

3° Grotte de La Mouthe, commune de Tayac (Dordogne) : En juin 1895, le président de la Section, M. Émile Rivière, signale à l'Académie sa découverte de gravures sur les parois de la grotte de La Mouthe;

4° Grotte de Pair-non-Pair, commune de Marcamps (Gironde) : Les premières lignes découvertes en décembre 1883 sont enfin déchiffrées en 1896, par votre serviteur qui publie : *Les gravures sur rocher de la caverne de Pair-non-Pair (loc. cit.)* ;

5° Grotte des Combarelles, commune de Tayac (Dordogne) : En 1901, MM. Capitan et Breuil signalent : une nouvelle *grotte à parois gravées à l'époque paléolithique (Académie*, séance du 16 septembre 1901);

6° Grotte de Font-de-Gaume, commune de Tayac (Dordogne) : En 1901, MM. Capitan et Breuil annoncent la découverte d'une nouvelle grotte avec

figures peintes sur les parois à l'époque paléolithique (*Académie des Sc.*, séance du 23 septembre 1901).

7° Grotte de Marsoulas, commune de Marsoulas (Haute-Garonne) : Au sujet de laquelle M. Félix Regnault nous a fait une intéressante communication (*Congrès de Montauban*, 1902).

De nombreux travaux d'un très grand intérêt ont été publiés sur ces gravures et ces peintures des temps anciens.

*Inventaire.* — Les dessins gravés à la fin de l'époque solutréenne dans la grotte de Pair-non-Pair sont au nombre de quatorze, en voici l'inventaire en suivant l'ordre chronologique de leur découverte, il reste encore sur les parois de la grotte des dessins que je n'ai pas su interpréter malgré de longues recherches :

| | | | Hauteur. | Longueur. | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° 1 | Équidé. . . . . | profil à droite | 0m,70 | 0m,60 | (mesures maxima). |
| N° 2 | Ruminant . . . . | — à droite | 0m,35 | 0m,45 | — |
| N° 3 | Groupe. . . . . | — à droite et à gauche | 1m,10 | 2m,30 | — |
| N° 4 | Esquisse (pl. 5, fig. B). | — à droite | 0m,90 | 1m,50 | — |
| N° 5 | Bouquetin . . . . | — à droite | 0m,63 | 0m,70 | — |
| N° 6 | Ruminant. . . . . | — à gauche | 0m,73 | 0m,77 | — |
| N° 7 | Éléphant ? . . . . | — à gauche | 0m,90 | 1m,60 | — |
| N° 8 | Capride. . . . . | — à gauche | 0m,38 | 0m,34 | — |
| N° 9 | Ruminant. . . . . | — à gauche | 0m,35 | 0m,28 | — |
| N° 10 | Équidé. . . . . | — à droite | 0m,30 | 0m,35 | — |
| N° 11 | Bovidé . . . . . | — à gauche | 0m,65 | 0m,75 | — |
| N° 12 | Équidé . . . . . | — à droite | 0m,60 | 0m,73 | — |
| N° 13 | Équidé . . . . . | — à droite | 0m,72 | 0m,80 | — |
| N° 14 | Petit mammifère . | — à droite | 0m,26 | 0m,23 | — |

J'ai l'honneur de présenter à la Section d'Anthropologie la reproduction exacte d'une partie des gravures de la grotte de Pair-non-Pair. Ces calques, au nombre de dix, ont été relevés par moi, sur les parois et sur les moulages.

*Conclusions.* — A l'exception de l'*Agnus Dei* (Équidé n° 1) présentant le flanc droit et ayant la tête tournée vers la croupe, tous les quadrupèdes de cette grotte sont représentés de *profil absolu*, comme je l'ai déjà dit, *cette façon naïve de procéder permet de voir seulement deux jambes sur quatre*, les membres droits dissimulent les membres gauches, et, réciproquement les yeux, les organes génitaux et les pieds de ces divers mammifères ne sont pas indiqués sur les images, peut-on attribuer ces parachèvements aux aspérités, aux bosselures et aux creux du calcaire grossier formant les parois de la grotte qui auraient empêché nos artistes girondins de compléter leurs sculptures ? Il y a là, ce me semble, plutôt une cause voulue qu'un manque d'habileté, nous sommes peut-être en présence de reproductions animales d'un genre nouveau, d'un caractère spécial, comme par exemple les bas-reliefs si naïfs de la vallée de Petit-Morin, les

statues humaines si énigmatiques dites *statues-menhirs* du midi de la France, etc.

Les dessins gravés ou peints dans les parties obscures des sept grottes ci-dessus, ont tous entre eux un grand air de famille, jusqu'à mieux informé on peut, je crois, les diviser en deux groupes, à mon humble avis ils appartiennent aux époques de Solutré et de la Madeleine.

Autant que j'ai pu en juger par des photographies et des estampages, les dessins de la grotte Chabot sont synchroniques de ceux de Pair-non-Pair, qui remontent à la fin de l'époque solutréenne. Ceux d'Altamira, de La Mouthe, des Combarelles, de Font-de-Gaume et de Marsoulas appartiennent probablement au magdalénien, à l'époque des belles gravures sur os, ramure de cerf et ivoire avec lesquelles ils présentent une identité parfaite.

L'industrie et la faune de ces grottes viendront bientôt j'espère, déterminer l'âge de leurs dessins d'une façon précise; comme il m'a été permis de le faire pour les gravures de Pair-non-Pair.

Malgré les invitations de mes confrères, M. Émile Rivière et M. le docteur Capitan, je n'ai pas encore vu *in situ* les remarquables dessins des cavernes de la Dordogne, j'espère avoir cette bonne fortune à la fin du Congrès; quant à la grotte de Marsoulas, nous avons mis dans nos projets de la visiter dans trois jours, en compagnie de nos collègues, MM. Cartailhac, Cau-Durban, Chauvet et Félix Regnault,

Je ne veux pas terminer cette communication sans parler des intéressants travaux de M. G.-B.-M. Flamand sur les gravures du nord de l'Afrique. Cet auteur, dans *Les pierres écrites (Bul. soc. d'anthropologie* de Lyon), séance du 9 juin 1901, donne (fig. IV, n° 2), le dessin d'un mouton *gravé de profil absolu* du cercle d'Aïn-Sefra (Sud-Oranais) dont l'ensemble du corps et plus spécialement la tête, ressemblent à s'y méprendre aux ruminants n° 2 et 6 de Pair-non-Pair, on les croirait gravés par le même artiste.

---


## M. l'Abbé LABRIE

à Lugasson (Gironde).


---

### SUR QUELQUES OBJETS INÉDITS DE L'INDUSTRIE MAGDALÉNIENNE : FOURCHETTE, FENDEUR, ETC. [571.39:44.71]

---

*— Séance du 9 août —*

Tous les objets décrits dans cette étude sommaire ont été trouvés en place dans la couche magdalénienne et proviennent de l'intéressante et vaste caverne de Fontarnaud, au nord-est de Lugasson (Gironde). Les

fouilles commencées depuis plusieurs années s'achèvent en ce moment et le compte rendu-complet en sera publié ultérieurement.

## I. — Fourchette.

L'objet le plus étrange et en tout cas le plus inattendu, qu'il nous ait été donné de recueillir dans nos fouilles, est assurément une fourchette en os à trois branches, parfaitement conservée. Longue de 8 centimètres, elle est d'un travail soigné et les branches en sont très appointées, bien qu'un peu aplaties ; celle du milieu est un peu plus longue que les autres (1). L'extrémité du manche est munie au-dessus d'une sorte de petit bouton, dont le but ne pouvait être que de retenir l'objet dans les doigts. Vue de profil, cette fourchette est assez fortement arquée, un peu comme nos fourchettes actuelles *(fig. 1 et 2)*.

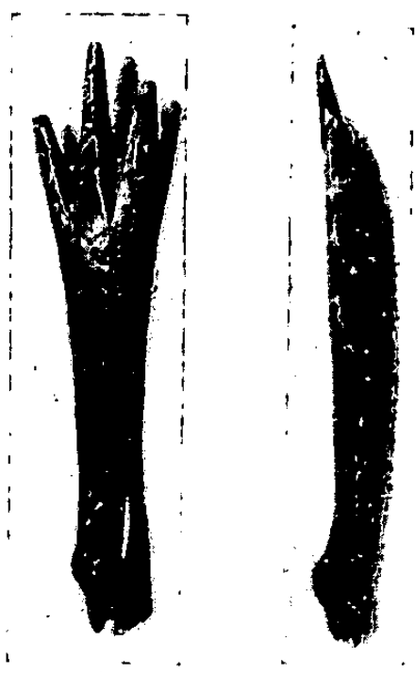


Fig. 1 et 2. — Fourchette vue de face et de profil (2/3 gr.).

La présence d'une fourchette en un tel milieu nous parut d'abord si surprenante que nous nous efforçâmes de prendre cet os travaillé pour autre chose. Néanmoins, quelle autre explication fournir ? Voudrait-on y voir une pointe de flèche ? Mais la courbure assez prononcée de l'objet vu par le côté rend cette hypothèse invraisemblable : une pointe de flèche recourbée ne pourrait atteindre le but, ou, si par hasard elle l'atteignait, arrivant sur lui obliquement, elle glisserait ou se casserait.

L'objection resterait à peu près la même, si on voulait y voir un harpon. En outre, on n'y observe non-seulement aucune trace d'emmanchement, mais il est contredit par la présence à la base d'un bouton ou saillie, qui se retrouve précisément à Fontarnaud sur d'autres os travaillés, tels que lissoirs, lesquels se tenaient certainement à la main. Enfin, ne serait-ce pas pour un harpon une forme aussi bizarre que peu pratique? Pareil *engin*, destiné aux animaux des temps quaternaires, n'eût pas été bien dangereux et, si on le suppose assez résistant, il n'aurait guère pu pénétrer de plus de 1 centimètre et demi.

Ce n'est point cela qu'a voulu faire l'homme magdalénien ; il était certes beaucoup plus habile. Au reste, les fouilles de Fontarnaud ont donné des harpons d'une grande perfection, rappelant presque toutes les formes préhistoriques.

(1) Il manque 4 ou 5 millimètres à la branche de gauche, dont la cassure patinée doit remonter aux temps quaternaires. Au moment des fouilles, la partie inférieure du manche a subi une assez forte éraflure. Enfin, un contretemps, la chute de l'objet sur le parquet, a émoussé la pointe de droite, mais très légèrement. Malgré tous ces petits accidents, la fourchette n'a pas trop souffert et son aspect primitif n'a pu pour si peu être modifié.

Bien qu'avec certaines réserves sur l'usage de cet objet, le nom de *fourchette* parait devoir lui être conservé.

Une fourchette à l'époque magdalénienne, en plein quaternaire ! « Mais, vont dire quelques érudits, la fourchette est d'origine toute moderne : elle ne remonte guère au-delà du XVI^e^ siècle. »

Il nous faut donc laisser là notre fourchette pour entrer un instant dans le domaine de l'histoire.

L'assertion, que nous venons de reproduire, s'appuie sur ce fait généralement admis qu'avant cette époque on mangeait avec les doigts et le couteau. Ceci est incontestable ; néanmoins, de ce que l'usage de la fourchette à table ne se soit généralisé qu'au XVI^e^ siècle, il faut bien se garder de conclure qu'elle n'ait pu exister antérieurement, soit pour d'autres usages, soit même pour l'usage spécial dont nous venons de parler, mais alors à titre tout exceptionnel, comme plusieurs faits le démontrent.

C'est là un point essentiel, dont il faut absolument tenir compte, sans quoi, cette question de l'antiquité de la fourchette ne pourrait jamais être résolue.

Les uns en effet, forts d'avoir trouvé ou vu des fourchettes très anciennes, ont soutenu la haute antiquité dudit ustensile, mais parfois sans en préciser suffisamment l'usage, tandis que d'autres, non moins forts de montrer leur érudition, en affirmant qu'on avait longtemps mangé avec les doigts, ont prétendu au contraire que la fourchette était d'origine toute récente.

Le parti pris a même été poussé si loin, que parler d'une fourchette avant le XVI^e^ siècle semble pour certains un anachronisme. Quant aux ustensiles qu'on leur présente pour tels, ils sont disposés à y voir n'importe quoi, même les choses les plus invraisemblables, pourvu que ce ne soient point des fourchettes. Cette exagération constitue une erreur, d'ailleurs contredite par l'histoire et l'archéologie.

Et puis, serait-il admissible qué l'usage de la fourchette de table se soit répandu pour ainsi dire tout d'un coup ?

Lorsque parut *Théodora* de V. Sardou, on reprocha à l'auteur du drame d'avoir mis une fourchette entre les mains de l'impératrice de Byzance. La scène est du VI^e^ siècle. Un des principaux contradicteurs, Darcel, alla jusqu'à lancer ce trait : « Sardou fait manger par Théodora, avec une fourchette, son *fricot* désormais légendaire ».

Les discussions qui s'élevèrent à ce sujet furent loin d'être stériles : elles permirent de constater que, si l'usage de la fourchette n'était devenu commun qu'assez récemment, on en retrouvait néammoins, çà et là, un certain nombre à toutes les époques.

Chez les Hébreux, on voit que la fourchette servait à retirer la viande de la marmite dans les sacrifices. C'est ce qui nous est indiqué par la Bible, au premier livre des Rois : *Veniebat puer sacerdotis, dum coquerentur carnes,*

*et habebat fuscinulam tridentem in manu sua,... omne quod levabat fuscinula tollebat sacerdos sibi* (1).

Dans les ruines de Ninive a été retrouvée une fourchette en bronze à deux dents délicatement ouvragée.

Chez les Grecs, la fourchette, κρεάγρα, entrait dans le mobilier ordinaire de la cuisine et on en retrouve assez facilement des traces dans les auteurs. Dans l'Iliade *(I, 463)* et l'Odyssée *(III, 460)* Homère appelle πεμπώβολον une assez grande fourchette de cuisine à cinq pointes.

Les fourchettes de l'époque romaine sont nombreuses, mais elles nous sont beaucoup plus connues par l'archéologie que par les auteurs latins, qui en ont très peu parlé. Pour ne citer que les principales, signalons la fourchette de Caylus, à deux dents, recueillie dans un tombeau de la Voie Appienne ; celle de Morancé (Rhône), à deux dents, qui se trouve au Musée de Lyon ; une fourchette à trois dents, qui est au Musée Fol, à Genève ; une fourchette en bronze, trouvée à Meudon et qu'on peut voir actuellement au Musée de Saint Germain, etc. (2).

Le Musée de Trèves conserve la fourchette de l'impératrice Hélène, mère de Constantin.

Plus tard, vers la fin du x^e^ siècle, saint Pierre Damien, parlant de la sœur de l'empereur d'Orient, Romain Argyle, qui, après avoir épousé un des fils du doge, vint habiter Venise, nous dit « qu'elle ne touchait pas les mets avec ses mains, mais les portait à sa bouche avec une cuillère d'or et une fourchette » (3).

Dans les siècles suivants les fourchettes deviennent plus nombreuses, mais surtout encore les fourchettes de service. On trouve une fourchette dans l'inventaire d'Édouard I^er^ (1297), une dans celui de Jean II, duc de Bretagne (1306), trois fourchettes « pour mangier poires » dans l'inventaire de Pierre Gaveston, favori d'Édouard II (1313), etc.

Dans son dictionnaire illustré, Larousse, après avoir reproduit des types de fourchettes de presque toutes les époques, résume très exactement ce qu'il faut penser des origines de cet ustensile. « L'emploi, dit-il, de cet instrument de cuisine et de table date de toute antiquité. Cependant en tant que *fourchette* de table, il ne devient courant qu'à partir du XVI^e^ siècle. »

Il est temps de laisser le point de vue historique pour le point de vue exclusivement anthropologique.

L'usage de la fourchette pour porter les aliments à la bouche est-il bien

(1) Ch. II, 13 et 14. — Le mot *fuscinula,* fourchette, est employé en cinq autres endroits de la Vulgate, qui se sert en outre une fois du mot grec *creagra,* II Paral. IV, 16.

(2) On peut consulter sur ce sujet : le *Dictionnaire des Antiquités romaines,* de RICH ; l'*Histoire de l'art dans l'antiquité,* de PERROT et CHIPIEZ ; mais surtout le *Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines,* publié sous la direction de MM. Daremberg et Saglio, avec le concours de M. Edm. Pottier (en cours de publication).

(3) *Nouvelle Revue,* étude sur *Théodora,* février 1902.

naturel à l'homme ? Certainement non. Il suffirait, pour s'en convaincre, de considérer les longs siècles qui se sont écoulés, avant que cet usage ait été généralement adopté, et encore, ne le trouve-t-on pas actuellement chez tous les peuples, même civilisés.

Avec combien de difficultés n'apprend-on pas aux enfants à s'en servir, et quel temps ne leur faut-il pas pour s'habituer à ne plus employer les doigts. En outre, que de gens à la campagne se servent instinctivement de la pointe du couteau ou des doigts, même quand ils ont une fourchette.

Si l'usage personnel de la fourchette à table semble peu naturel, on ne peut cependant s'empêcher de reconnaître combien l'idée même de la fourchette prise abstractivement, sans tenir compte de ses usages modernes, est au contraire simple et a dû facilement s'imposer à l'homme dès le principe.

Les cultivateurs ne trouvent-ils pas dans les bois leurs meilleures fourches, pour ainsi dire toutes faites, en coupant les branches à deux ou trois ramifications, qu'ils ploient et durcissent au feu ? La fourchette en bois peut également se tirer des branches plus petites.

La fourchette aurait-elle ainsi été à l'époque magdalénienne plus commune que nous le supposons ? On n'est pas en droit de l'affirmer : ce serait même abuser singulièrement du fait de la disparition du bois. Néanmoins, nous ne pouvons nous empêcher d'observer que l'usage de la fourchette magdalénienne en bois (nous faisons une hypothèse), eût-il été encore plus commun, ne pourrait être démontré, ni même soupçonné, alors qu'une fourchette, *faite en os peut-être par hasard*, excite notre étonnement.

C'est bien aussi le cas du *fendeur*, dont nous parlons plus loin. On le fait en bois aujourd'hui, *a fortiori* à l'époque préhistorique ; or, il s'en est trouvé un en os de cette époque, sans doute par exception.

Quel était l'usage de la fourchette de Fontarnaud ? Il nous semble difficile de donner à cette question une solution précise.

S'agit-il de l'exception remarquable de quelque troglodyte délicat, qui déjà pour manger ne voulait se servir de ses doigts que le moins possible ? Ceci est fort peu probable.

Cette fourchette n'aurait-elle pas plutôt servi aux mêmes usages que certains os appointés, que l'on trouve dans la plupart des stations magdaléniennes, mais bien moins nombreux et d'une autre forme que les objets en bois de cervidé.

Nous ne voulons point parler des os appointés *courts*, que l'on considère comme des poinçons ou des alènes. Durs mais un peu cassants, même à l'état frais, ces os ont néanmoins pu servir à percer des peaux.

Par contre, d'autres os appointés, parfois assez longs, paraissent destinés à un autre usage. Une alène en effet doit être relativement courte, car plus la main qui guide la pointe s'en trouve rapprochée, plus elle a de force, plus surtout elle a d'assurance pour percer exactement l'endroit voulu.

C'est bien le cas de nos alènes aujourd'hui et ceci est encore plus rigoureux, s'il s'agit de poinçons en os ; car, pour peu que la pointe hésite à entrer, l'os se cassera d'autant plus facilement qu'il sera plus long.

Nous avons précisément trouvé à Fontarnaud quelques os appointés très longs. L'un deux notamment mesure 17 centimètres ; les trois derniers centimètres seuls sont appointés ; tout le reste est bien travaillé et arrondi, mais n'a pas même 1 centimètre de diamètre et cela jusque vers l'autre extrémité, qui se termine par une partie de l'articulation laissée en guise de manche.

Si l'homme magdalénien mangeait avec ses doigts, comme on l'a fait longtemps après lui, il n'en est pas moins vrai qu'à certains moments, les os appointés lui devenaient, sinon nécessaires, du moins extrêmement utiles. Assurément, ce ne peut être là qu'une hypothèse, mais comment pouvait-il. par exemple, retirer la viande du feu sans se brûler, surtout lorsqu'il s'agissait de certaines parties, telles que cœur, rognon, foie, etc., non seulement difficiles à saisir par le fait de leur forme, mais dont la surface lisse produit une impression plus vive de chaleur que la viande découpée? Pouvons-nous admettre que l'homme n'ait pas trouvé très vite un moyen aussi simple de ne pas se brûler les doigts, surtout si l'on considère que c'est précisément cette préoccupation de ne pas se brûler, qui a donné naissance aux fourchettes de cuisine, qui ont précédé les autres ?

M. Daleau (1) a rapproché des os appointés magdaléniens, dont nous venons de parler, les os également appointés actuels dont certains paysans se servent pour manger des escargots. L'usage n'était pas sans doute identique, mais le but était en somme le même : piquer d'abord la chair pour pouvoir ensuite la retenir et l'enlever.

Cette manière de faire est d'autant moins surprenante, qu'aujourd'hui encore, dans les campagnes, la pointe du couteau remplit toutes sortes d'offices, à la cuisine comme à table, et remplace même souvent la fourchette.

De l'usage de l'os appointé simple à l'usage de l'os à deux ou trois pointes, il n'y a pas loin, et l'homme magdalénien qui savait faire avec tant de perfection des harpons, des aiguilles, etc., ne devait pas éprouver une bien grande difficulté à faire une fourchette.

## II. — Fendeur

Cet objet se rapproche extrêmement de l'outil que les vanniers appellent *fendeur* ou *fendoir* et qui sert à diviser les brins d'osier, à tel point qu'il

(1) M. Daleau est un érudit doublé d'un observateur judicieux. Nous avons eu souvent l'occasion de voir sa superbe et instructive collection d'anthropologie à Bourg-sur-Gironde.

est difficile de lui attribuer un autre usage. La seule différence est dans les dimensions : plus petit que le fendeur actuel, l'outil magdalénien a dû diviser des fibres plus ténues que celles de l'osier ; mais pour les deux, le procédé reste le même.

Le fendeur n'est pas seulement connu des vanniers, il est également très répandu dans les pays où la vigne est attachée avec l'osier. Les vignerons de la Gironde l'appellent eux aussi fendeur, *fendaduy* ou *hendaduy* en patois.

Le fendeur est un outil extrêmement simple *(fig. 3)*. Il consiste en un morceau de bois dur, long de 8 à 10 centimètres, à section arrondie égalant environ la grosseur du pouce vers l'extrémité travaillée ; l'autre extrémité, qui sert de manche, est ordinairement un peu plus grosse. A la partie supérieure, qui est la partie essentielle de l'outil, commencent trois rainures qui se dirigent vers l'autre extrémité. Très profondes au début, de façon à laisser néanmoins entre elles une cloison résistante, ces trois rainures deviennent de plus en plus petites, à mesure qu'elle se rapprochent du manche, puis finissent par disparaître après 3 ou 4 centimètres. Certains fendeurs ont quatre rainures au lieu de trois, mais ils sont plus rares.

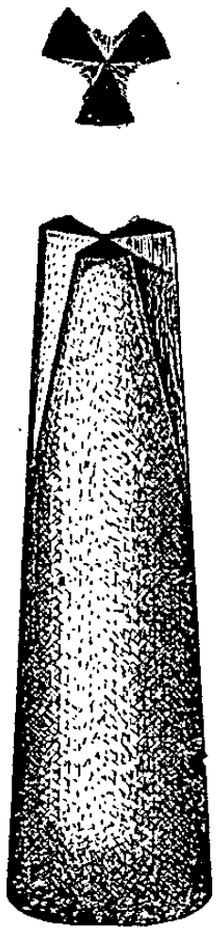


FIG. 3.— Fendeur actuel servant à diviser les tiges d'osier, vu par le côté et la partie supérieure (2/3 gr.).

Le gros bout d'une branche d'osier étant légèrement fendu en trois ou, selon le cas, en quatre parties, chacune est engagée dans une rainure. Tenant alors l'osier et l'outil dans chaque main, on n'a qu'à pousser l'un contre l'autre pour que l'osier se fende assez régulièrement jusque vers l'autre extrémité.

Le fendeur de Fontarnaud *(fig. 4)* a quatre rainures et porte à sa base un double biseau d'emmanchement : on devait donc y adapter un manche en bois.

Il semble au premier abord qu'il eût été plus simple de tailler le manche dans l'outil lui-même, comme cela se pratique pour nos fendeurs actuels. S'il n'en est pas ainsi, cela tient peut-être à ce que la corne de cerf, dans laquelle le fendeur était taillé, ne se prêtait pas à fournir un manche convenable pour la paume de la main : en se servant du bois au contraire, l'homme y adaptait facilement un manche aussi gros et àussi lisse qu'il le voulait.

L'idée nous est venue de fendre avec l'outil magdanélien, une tige de lin sauvage *(linum angustifolium*, HUDS.). Le résultat a dépassé nos prévisions : cette tige, bien qu'un peu grosse pour le fendeur, a été divisée en quatre parties sur une longueur de 40 centimètres, avec une régularité parfaite que l'on peut constater *(fig. 4)* en examinant l'endroit ou nous avons arrêté le fendeur.

Il serait bien inutile de rechercher quelles tiges a divisées ce petit fendeur ; la flore quaternaire devait avoir assurément un grand nombre de plantes à fibres utilisables. Peut-être les fibres ainsi divisées étaient-elles



Fig. 4. — Fendeur magdalénien et tige de lin sauvage qu'il a servi à diviser à titre d'essai (2/3 gr.).

destinées à préparer le fil, qui devait servir pour les aiguilles. Nous n'avons en effet par ailleurs aucune donnée sur la préparation du fil.

### III. — Outil composé de deux os travaillés a section semi-circulaire joints ensemble par leur partie plate

Lorsque dans les fouilles nous trouvâmes deux os travaillés (1) accolés l'un à l'autre par leur partie plate, notre première impression fut qu'en réunissant ces deux parties, on avait voulu former une pointe de sagaie parfaitement arrondie. Néanmoins après les avoir nettoyés, il nous fut possible de voir que, bien que destinés à être réunis, ils ne s'ajustaient pas rigoureusement dans toute leur longueur.

Un examen plus attentif nous fit remarquer que, liés ensemble, ces deux os avaient serré entre eux un objet, peut-être plusieurs, qu'il est impossible de déterminer, et que les objets serrés avaient imprimé à plusieurs endroits

(1) Nous avons employé à plusieurs entroits de ce, mémoire l'expression générique d'*os travaillé* par laquelle on est convenu de désigner aussi bien le bois de cervidé que l'os proprement dit. Toutefois, pour plus de précision, disons que tous les objets décrits jusqu'ici sont en bois de cerf ; seul le lissoir (fig. 6) est tiré d'un fragment de côte (note ajoutée pendant l'impression).

par la pression, des coches qui se correspondent sur les deux os *(fig. 5)*. En outre, vers cet endroit ces deux os sont très fatigués, très usés, comme par un frottement assez fort.

Ne vaut-il pas mieux s'abstenir de toute explication ? Pour formuler une opinion, il serait indispensable de connaître la nature, la grosseur et la forme de *l'objet serré* entre les deux seules parties qui nous restent.

Peut-être, dans les recherches pratiquées sur d'autres points, pourra-t-on trouver d'autres éléments que les nôtres, d'autres données qui permettront de se prononcer.



FIG. 5. — Deux os travaillés à section semi-circulaire réunis par leur surface plane (2/3 gr.).

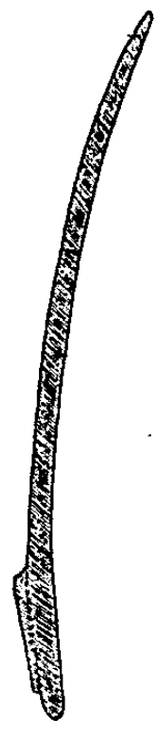


FIG. 6. — Profil d'un petit lissoir avec saillie taillée vers la base (2/3 gr.).

## IV. — PETITS MANCHES D'OUTILS OU D'OS TRAVAILLÉS AVEC BOUTON OU SAILLIE POUR LES EMPÊCHER DE GLISSER DES DOIGTS.

Il n'est pas question ici des gros manches tenant complètement dans la main, mais des plus petits, qui étaient tenus entre le pouce et les deux doigts suivants.

Généralement, l'ouvrier préhistorique laissait vers l'extrémité de ces petits manches une partie plus ou moins notable de l'articulation, pour que l'os travaillé pût être saisi et retenu plus commodément. L'homme de Fontarnaud a agi de même, mais, dans certains cas, la chose ne lui ayant pas été possible, il y a suppléé en laissant vers la partie inférieure de l'os une saillie, qu'il a taillée avec soin, sorte de bouton destiné à assujettir l'outil dans les doigts ou à l'empêcher de glisser. Cette saillie ne rappelle en rien celle que l'on voit ordinairement à la base des harpons.

Tel est le cas de la fourchette, dont il a été question précédemment *(fig. 1 et 2)* ; tel est aussi le cas d'un petit lissoir *(fig. 6)*.

Il nous a semblé que ce fait, bien que peu important en lui-même, méritait d'être signalé ; car, si l'homme magdanélien n'a cessé de démontrer de mille manières son ingéniosité, on aime néanmoins à en retrouver toujours de nouvelles preuves.

MM. Ernest CHANTRE et Claudius SAVOYE

# RÉPERTOIRE ET CARTE PALÉOETHNOLOGIQUE DU DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

[913 : 44.43]

## INTRODUCTION PAR M. ERNEST CHANTRE.

*— Séance du 11 août —*

Dès mes premières recherches relatives à l'ancienneté de l'homme dans le bassin du Rhône qui remontent à près de quarante ans, j'avais compris l'utilité d'un répertoire géologico-archéologique des découvertes effectuées dans cette contrée. Il me parut non moins utile d'indiquer sur la carte la position exacte de ces découvertes au moyen de signes conventionnels.

Mes premiers essais datent de 1872 et portaient sur les régions lyonnaises et dauphinoises. J'ai eu l'occasion de les présenter au Congrès de l'Association, réuni à Lyon en 1873, et à celui d'Anthropologie et d'Archéologie préhistorique de Stockholm en 1874. Antérieurement à cette époque avaient paru quelques cartes archéologiques soit en France, soit dans d'autres pays, mais aucun des systèmes employés par leurs auteurs pour la représentation graphique des monuments et celle de leur antiquité relative ne répondait aux exigences de la science. D'autre part, le même genre de monument étant représenté dans chaque pays et même par chaque auteur, à l'aide de signes conventionnels différents, la lecture de ces cartes était des plus laborieuses, et leur utilité perdait de son importance.

Une réforme tendant à unifier les signes conventionnels et les couleurs à employer sur les cartes me sembla s'imposer, et je résolus de proposer la création d'une légende internationale pour les cartes paléoethnologiques.

Encouragé par un groupe de savants, et des plus autorisés, je proposai au Congrès de Stockholm de nommer une Commission internationale, afin de donner suite à ce projet. Cette proposition fut adoptée par le Congrès et la Commission nommée (1) désigna comme rapporteurs MM. Gabriel de Mortillet et Ernest Chantre pour dresser une légende internationale définitive (2).

Cette légende, dont ci-joint le résumé en tableau, est actuellement admise et employée universellement.

(1) Cette Commission était composée de MM. Capellini, Italie; Desor, Suisse; E. Dupont, Belgique; Engelhardt, Danemark; John Evans, Grande-Bretagne; Hans Hildebrand, Suède; Leemans, Hollande; P. Lerch, Russie; G. de Mortillet (bien qu'absent), France; F. Romer, Hongrie; Virchow, Allemagne.

(2) *Compte rendu du Congrès international d'Anthropologie et d'Archéologie préhistorique.* — Session de Stockholm, 1874. — *Matériaux pour l'Histoire primitive et naturelle de l'Homme,* 2e série, t. V, A. 1875.

Vers la même époque, les recherches considérables qu'entraîna le relevé statistique que j'ai dû établir et qui a servi de base à mon ouvrage sur l'*Age du Bronze* m'ont donné l'occasion d'accroître tellement les renseignements que je possédais déjà, que je conçus alors le projet de dresser une carte générale de la France, non plus seulement à l'âge du Bronze, mais encore aux âges de la Pierre et du Fer. C'est ainsi que le plan de mon travail préparé d'abord pour une monographie de l'Age du Bronze du bassin du Rhône est devenu un Répertoire paléoethnologique de la France.

Après avoir épuisé mes notes de visite dans la plus grande partie des collections publiques et privées de la France, ainsi que les diverses publications pouvant fournir des documents paléoethnologiques, peu nombreuses au reste, j'ai dû m'adresser à l'obligeance de mes confrères dont je n'avais pas pu visiter les collections. Cet ouvrage a été dressé d'abord sur l'*Atlas départemental de la France*, de Joanne, et transcrit plus tard, en partie, sur des cartes de l'État-major au $\frac{1}{320.000}$ ou $\frac{1}{80000,}$ avec plus ou moins de détails.

Chaque carte départementale est accompagnée d'une statistique alphabétique des découvertes portées sur la carte, classées au moyen des colonnes ouvertes à cet effet dans les différents Ages auxquels elles se rapportent. Une colonne d'observations donne, en outre, autant qu'il m'a été possible de le faire, des renseignements bibliographiques sur ces découvertes ainsi que le nom de leurs auteurs et l'indication des musées et collections où sont conservés les produits de ces découvertes.

J'ai conservé pour cette statistique la méthode que j'ai suivie pour celle de l'*Age du Bronze*, c'est-à-dire l'entrée se fait par le nom de la commune, suivi de celui du lieu-dit où s'est effectuée la découverte, ainsi que ceux du canton et de l'arrondissement auxquels appartient la commune. C'est la méthode que je crois la plus simple et la meilleure pour faciliter l'étude de ces matériaux, ainsi que pour servir de base à tous genres de travaux que l'on voudrait ensuite exécuter à l'aide de ces matériaux.

Une première copie de cet *Atlas paléoethnologique de la France par départements*, qui n'a jamais été publié en entier, a été mise à la disposition du public à l'Exposition universelle de Paris en 1878 (Exposition des Sciences anthropologiques).

En 1875, reprenant en détail la carte paléoethnologique du bassin du Rhône, je présentais au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des sciences, réuni à Grenoble, un répertoire des découvertes préhistoriques effectuées dans le Dauphiné. A ce travail publié sous le titre de *Dauphiné préhistorique*, est jointe une carte au $\frac{1}{320.000}$ réunissant les départements de l'Isère, de la Drôme et des Hautes-Alpes. A la même époque j'appliquais la légende internationale aux cartes spéciales qui accompagnent mon ouvrage sur l'*Age du bronze en France*, et à celles qui se trouvent dans mes *Recherches anthropologiques au Caucase*.

Une nouvelle copie ou édition considérablement augmentée et revue a figuré à l'exposition des Sciences anthropologiques à l'Exposition universelle de Paris en 1889. Là, tout le monde a pu y puiser librement tous les documents relatifs à chacun des départements de la France. Peu après, plusieurs cartes spéciales ou départementales ont pu paraître, grâce à ce stock considérable de matériaux, fruit de vingt ans de recherches (1869-1889).

Ce travail, qui, à l'époque, a été qualifié de colossal et trouvé bon par ceux qui l'ont purement et simplement copié, a été — je dois le dire — reconnu de

quelque utilité en haut lieu, puisqu'il a été honoré d'une très haute récompense.

Je ne réussis pourtant pas à trouver un éditeur pour publier cette œuvre qui m'avait coûté tant de rechèrches personnelles sur le terrain, et tant de travail de cabinet. Malgré son utilité, une pareille publication était trop coûteuse et trop spéciale pour que sa vente pût en couvrir les frais. Je n'y renonçais pas, mais des travaux de toute autre nature me forcèrent à la négliger durant quelques années. Ce n'est qu'en 1899, lorsque M. Claudius Savoye préparait son excellente monographie de la partie nord du département du Rhône, sous le titre de *Beaujolais préhistorique*, avec une carte au $\frac{1}{80000}$, que je songeais à nouveau à mon *Atlas paléoethnologique de la France*, qui était resté incomplet.

M. Savoye dont les investigations ne s'étaient pas bornées à la seule région qu'il habite me parut tout désigné pour reprendre mon œuvre où je l'avais laissée dix ans auparavant.

Les départements de l'Ain, du Jura, de la Côte-d'Or, de la Loire et de Saône-et-Loire furent les premiers revus et complétés, et ils peuvent être publiés ainsi dans un avenir assez rapproché, grâce à cet actif et consciencieux collaborateur.

Le département de Saône-et-Loire, si voisin de celui du Rhône, est celui qui a pu être le plus rapidement vérifié et achevé : c'est ainsi qu'il se trouve prêt le premier de la série. Telle est l'origine de cette publication que je présente aujourd'hui, tant en mon nom qu'en celui de M. Claudius Savoye.

## Le département de Saône-et-Loire préhistorique.

Le département de Saône-et-Loire peut rivaliser pour le nombre et l'importance de ses stations préhistoriques avec les plus favorisés du reste de la France. Toutes les époques y sont représentées, depuis celle du coup de poing chelléen, jusqu'à celle du fer anté-romain et parfois avec une abondance vraiment extraordinaire.

Si nous cherchons les causes qui ont pu, en dehors de la fertilité naturelle de la vallée de la Saône, déterminer les populations primitives à se fixer de préférence dans la région qui nous occupe, nous en trouvons plusieurs. Une des plus importantes — pour les alentours de Mâcon du moins — c'est la présence de l'argile à silex qui couvre d'une nappe épaisse le sud-est du département, de la vallée de la petit Grosne jusqu'au village de Vers, au delà de Tournus.

Les rognons siliceux de cette formation ont été activement exploités dans les temps préhistoriques. Le silex était non seulement taillé sur place, mais transporté au loin, à Crèches, au mont Bessay, à Romanèche, jusqu'en Beaujolais où nous en avons recueilli maints spécimens, notamment au gué de Grelonges, à quelques kilomètres au nord de Villefranche-sur-Saône.

Des montagnes à pentes rapides surmontées de plateau défendus naturellement par des abrupts dus à des failles, présentaient des facilités de défense qui n'étaient pas à dédaigner. Les populations néolithiques surent les uti-

liser avec un discernement qui fait honneur à leur perspicacité, pour l'établissement de vastes camps de refuge.

Des grottes et abris nombreux, d'abondantes sources, la présence des deux grands fleuves qui facilitaient les migrations et fournissaient aux peuplades un utile appoint à leur alimentation par les poissons de leurs eaux, tout concourait à attirer et à retenir l'homme en ces lieux.

Il faut tenir compte d'un autre facteur pour expliquer la densité plus ou moins grande des restes préhistoriques dans une région déterminée. Les trouvailles sont d'autant plus nombreuses qu'il se trouve dans le pays un plus grand nombre de chercheurs. Là ou des Sociétés scientifiques exercent leur action provoquent les explorations, éveillent les vocations endormies, une industrie abondante a été rencontrée.

Le département de Saône-et-Loire offre une preuve frappante de cette observation. L'examen de la carte paléoethnologique qui accompagne ce travail, montre en effet, les stations rayonnant autour des centres intellectuels de Mâcon, Chalon, Tournus et Autun, créés par des Sociétés savantes alors que les environs de Charolles et de Louhans privés d'éléments d'émulation offrent de bien rares gisements.

## AGE DE LA PIERRE PALÉOLITHIQUE

*Époque chelléenne.* — Les premières traces de l'homme constatées avec certitude, jusqu'à ce jour, remontent à l'aurore des temps quaternaires et son industrie lithique est connue sous le nom de chelléenne.

Les gisements de cette époque se présentent généralement sous la forme d'ateliers et de stations en plein air, sans faune associée. Tels sont les importants centres de fabrication signalés par de Ferry (1) dans la vallée de la Mouge, au nord-ouest de Mâcon et qui s'étendent sur les communes de Charbonnières, la Salle, Clessé et Verzé ; ceux de la Sénétrière et des bois de Naisse, étudiés d'abord par M. Lafay (2), puis par nous-mêmes pour ne citer que les plus remarquables.

Puis viennent les trouvailles isolées signalées dans plus de vingt communes limitrophes de la rive droite de la Saône, parmi lesquelles nous citerons les récoltes faites à Saint-Sorlin, Chevagny, Fuissé, Hurigny, Igé, etc., par MM. Arcelin, Lafay, Lex, Guérin, Protat (3), à Chânes et à Crèches par M. Louis Durand ; enfin les instruments amygdaloïdes recueillis à Chalon par MM. Lemosy et Paul Pinette (4), dans un banc de sable que nous croyons synchronique des argiles de Saint-Cosme et dater du quaternaire inférieur, le pré-glaciaire des régions sous-alpines (5).

(1) FERRY (de) et ARCELIN : *Le Mâconnais préhistorique,* p. 8.

(2) G. LAFAY : *Les ateliers préhistoriques de la Sénétrière en Mâconnais,* dans l'*Anthropologie,* 1891. p. 289-296.

(3) LAFAY et LEX : *L'âge de la pierre dans l'arrondissement de Mâcon,* p. 10-17.

(4) *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Saône-et-Loire,* t. VI, p. 25 ; et *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Saône-et-Loire,* juillet 1899, p. 168.

(5) E. CHANTRE : l'*Homme quaternaire dans le bassin du Rhône,* 1901 p. 32 et 33.

Si du versant de la Méditerranée nous passons à celui de l'Océan, nous verrons que l'industrie chelléenne a été constatée dans les gravières de Digoin sur les bords de la Loire, et dans les alluvions de l'Arroux, près de Neuzy. Une importante station du même âge s'étend sur les territoires des communes d'Oudry, Chassy et Marly-sur-Arroux, au nord-ouest de Charolles. Des coups de poing ont été recueillis isolément dans plusieurs communes avoisinant la Loire et figurent en majeure partie dans la riche collection de M. le Dr Bailleau, à Pierrefitte (Allier).

*Époque acheuléo-moustérienne.* — Cette époque, plus riche en vestiges que la précédente, comprend les ateliers de Verzé, Chevagny-les-Chevrières, de Charmonelle, près Mâcon, puis, ceux de la Sénétrière et des bois de Naisse, déjà en activité au début du quaternaire. Les caractères propres à l'industrie acheuléo-moustérienne se retrouvent dans les stations de la Roche-Bregnat, Charbonnières, Laizé, Dulphey, le Roy-Guillaume, les Champs-Bordeaux, etc. Les couches inférieures de Solutré ont aussi fourni une riche série d'instruments de cette époque.

Enfin, certaines grottes scrutées par des chercheurs que rien ne décourage, ont donné des restes archéologiques du même âge. Telles sont la grotte de Vergisson fouillée par de Ferry (1), celle de Germolles, à Mellecey, explorée par Méray (2), puis celle d'Agneux à Rully et de Culles (3). Ces dépôts de cavernes bien que situés en dehors de la zone envahie par les glaciers, sont contemporains de leur plus grande extension, tant par les caractères propres à l'outillage lithique que par la faune froide associée qui les classent sans conteste dans le quaternaire moyen.

Dans le bassin de la Loire existent un certain nombre de gisements synchroniques, les plus considérables sont ceux de Neuzy, près Digoin, de Gilly-sur-Loire, explorés par divers observateurs et celui de la Goulène, commune de la Motte-Saint-Jean que M. F. Pérot a fait connaître (4).

Les ateliers et stations en plein air de cette étape de l'humanité ne sont pas classés — à l'exception de Solutré — par des fossiles caractéristiques, ce n'est donc que par induction et par une comparaison attentive de leur outillage avec ceux de gisements bien déterminés qu'on a pu les rattacher à l'époque acheuléo-moustérienne.

*Époque Solutréo-magdalénienne.*— Le solutréo-magdalénien, qui clôt la série industrielle des temps quaternaires, comprend la station de Solutré, l'une des plus riches de France, signalée en 1867 par de Ferry (5) et si bien explorée par ce dernier observateur et par MM. Arcelin, Ducrost, Chantre, Lortet, de Fréminville et bien d'autres. Parmi les nombreuses sépultures fouillées à Solutré, un certain nombre, une quarantaine environ, sont considérées par M. Arcelin (6) comme quaternaires, c'est-à-dire contemporaines de la plus grande extension de

(1) Ferry : (de) *L'ancienneté de l'homme en Mâconnais,* Gray, 1867. — *Mâconnais préhistorique,* p. 31.

(2) Ch. Méray : *Fouilles de la caverne de Germolles,* dans les *Mémoires de la Société d'histoire et d'archéologie de Chalon.* t. VI, p. 251.

(3) de Mortillet : *Le préhistorique,* p. 281.

(4) F. Pérot : *Rapport sur l'atelier paléolithique de la Goulène,* dans les *Mém. de la Soc. Eduenne,* nouvelle série, t. XXI, 1893, P. 347.

(5) de Ferry : *L'ancienneté de l'homme en Mâconnais,* Gray, 1867.

(6) A. Arcelin : *Les sépultures de Solutré,* dans *Revue des questions scientifiques,* 1878. — *L'Archéologie dans Saône-et-Loire,* Congrès archéologique, Mâcon, 1879.

la station. Pour ne rien céler, nous devons ajouter que plusieurs préhistoriciens ont émis des doutes — qui paraissent d'ailleurs injustifiés — au sujet de l'âge de ces sépultures.

En dehors de la station classique de Solutré, l'évolution industrielle de la même époque a été constatée dans les couches supérieures du dépôt de la Grotte des Fées, à Mellecey et dans la cachette de Volgu, à Rigny-sur-Arroux, qui contenait quatorze belles pointes, les plus grandes et les mieux facturées connues jusqu'à ce jour en France.

## AGE DE LA PIERRE NÉOLITHIQUE

La période néolithique est représentée par une riche floraison de stations qui, contrairement à celles des temps quaternaires, ne sont pas localisées à des altitudes déterminées, mais s'étagent à toutes les hauteurs, aussi bien sur les bords des cours d'eau qu'à flanc de coteau et au sommet des plus hautes montagnes.

Citer tous les gisements en plein air serait une besogne fastidieuse; notons seulement qu'ils sont extrêmement nombreux dans les alentours de Mâcon, de Tournus et de Chalon et dans la partie de l'arrondissement de Charolles qui avoisine la Loire.

Les différents âges archéologiques, postérieurs aux temps quaternaires, se trouvent représentés dans les berges de la Saône par une succession de couches où les objets qu'elles renferment se trouvent rigoureusement classés à leur place chronologique relative. Ces berges forment donc un véritable musée dont l'importance ne pouvait échapper aux archéologues. Aussi ont-elles été étudiées par divers observateurs, notamment par Legrand de Mercey (1), Chabas (2), de Ferry (3), Arcelin (4), etc.

Deux d'entre eux, MM. de Ferry et Arcelin, ont même établi un chronomètre basé sur les niveaux relatifs qu'occupent dans les berges de la Saône les gisements d'âges différents. On a parfois donné à cet essai une valeur absolue qui n'était pas dans la pensée de ses auteurs.

Les gisements des berges fort nombreux, mais peu importants, sont généralement enfouis à une profondeur moyenne de deux mètres. Ils présentent bien le facies des campements temporaires ; on n'y trouve pas de fonds de cabanes, quelques pierres rangées en cercle, comme le font encore les bûcherons et les pâtres, constituent seules le foyer.

La population, dès cette époque, était beaucoup plus dense qu'on ne se le figure généralement et ses traces ne sont pas localisées sur les bords immédiats de la tranquille Arar. A différentes reprises, en effet, des travaux exécutés dans des buts divers, à une certaine distance des rives actuelles, ont fait retrouver l'horizon archéologique des berges avec la superposition habituelle des temps post-quaternaires : époque néolithique, époque du bronze, époque du fer.

Les camps retranchés qui couronnent les sommets des montagnes, attribués

(1) LEGRAND DE MERCEY : *Les Berges de la Saône*, dans *Matériaux d'archéologie et d'histoire* : livre IV, p. 61 ; IX, p. 132 ; XI, p. 167 ; XII, p. 188.

(2) CHABAS : *Études sur les antiquités historiques d'après les sources égyptiennes et les monuments réputés préhistoriques*, Chalon, 1872, p. 493.

(3) DE FERRY et ARCELIN : *Mâconnais préhistorique*, ch. IX, p. 83.

(4) ARCELIN : *Les Berges de la Saône*, dans les *Annales de l'Académie de Mâcon*, 1re série, t. VIII, 1869, p. 392-414.

par les premiers observateurs aux Celtes ou aux Romains, ont fourni un outillage néolithique toutes les fois que des fouilles sérieuses y ont été entreprises. Il est probable que, dans la plupart des cas où des vestiges de l'époque de la pierre polie n'y ont pas été constatés, des restes archéologiques plus récents masquaient les traces des âges précédents. C'est pour cette raison que nous avons cru devoir faire figurer dans notre statistique tous ces points fortifiés, en ayant soin de les indiquer comme indéterminés lorsqu'aucune trouvaille n'est venue jusqu'à ce jour corroborer notre supposition.

Une première ligne de ces camps retranchés s'étend parallèlement à la Saône, le grand chemin des invasions, de Solutré, à l'ouest de Mâcon, à Chassey, près Chagny. Les principaux sont ceux de Monsart, commune de Bussières, de Berzé-la-Ville, de Cyrie, à Sennecey-le-Grand, de Jully-lès-Buxy, de Château-Beau, à Saint-Martin-sous-Montaigu et de Varot, à Rully. Ils continuent la ligne de hauteurs fortifiées constatées au nord, dans la Côte-d'Or, et au sud, dans le Rhône.

La dépression qui, de Chagny à Digoin, relie les deux fleuves et où, suivant l'expression de Strabon « la Saône s'avance vers la Loire pour engager les hommes à faire disparaître l'intervalle qui les sépare », devançant ainsi les ingénieurs qui y ont tracé le canal du Centre, cette dépression est dominée par des montagnes abruptes portant des travaux de défense et qui s'échelonnent comme des sentinelles gigantesques de chaque côté de la Dheune. Citons les camps de Chassey et de Chamilly, sur la rive droite, et ceux de Rome-Château et du mont de Rême, sur la rive gauche, pour ne parler que des plus remarquables.

La vallée de l'Arroux était également protégée par les enceintes du mont Dru, de Glenne, de l'Essertenne et enfin sur les limites du Morvan par le vaste oppidum du Beuvray, que M. Bulliot, dont la science archéologique déplore la perte récente, a réussi à identifier avec la Bibracte des *Commentaires*.

D'autres camps surveillaient les vallées secondaires et donnaient asile aux populations des alentours toutes les fois que leur sécurité était menacée. Tels étaient ceux de Suin (antique *Sedunum*), de Gourdon et de Mont, près Bourbon-Lancy.

On a malheureusement à déplorer la disparition, depuis moins d'un siècle, de nombreux mégalithes détruits par des propriétaires cupides sous l'œil indifférent des autorités locales peu soucieuses d'assurer la conservation de nos antiquités nationales.

Ceux qui ont échappé au vandalisme des hommes sont les deux dolmens des Chaumes de Cul-Blanc, à Dezize, les menhirs de la Chapelle-sous-Brancion, de Boyer et de Couches les-Mines, et la pierre branlante du bois de Morphée, à Suin, qui paraît recouvrir un dolmen.

Nous nous élevons à ce sujet contre la manie de certains archéologues de voir un monument mégalithique dans tout rocher d'un aspect plus ou moins pittoresque et dans toute pierre à légende. Il en est de même pour les cupules, cuvettes, sièges... ! existant sur certaines roches et dont la formation s'explique fort bien par l'influence des agents naturels (1). Nous ne nions pas que parfois certaines de ces gravures rupestres ne soient — dans un but qui nous échappe — l'œuvre de l'homme, mais, en réalité, elles sont fort rares et ne doivent être acceptées comme telles qu'avec la plus grande circonspection.

(1) E. Chantre : *Les mégalithes de Noirétables (Loire)*, dans *Bull. Soc. d'Anth. de Lyon*, 1899, p. 106.

### AGE DU BRONZE

L'âge du bronze a laissé dans le département de Saône-et-Loire des traces assez nombreuses sous forme de cachettes de fondeur, puis d'objets isolés trouvés un peu partout, mais principalement dans les berges et le lit de la Saône. Les cachettes de fondeur reconnaissables aux objets disparates destinés à la refonte et parfois aux lingots de bronze qu'elles contiennent ont été signalées à Anzy-le-Duc (1), Curgy (2), Sarry (3), Audour (4), la Truchère (5), et Rigny-sur-Arroux (6).

Les sépultures de l'âge du bronze manquent dans Saône-et-Loire. A l'exposition de 1867, un lot d'objets en bronze envoyé par M. J. Gréau de Troyes, figurait sous la rubrique « Trouvés dans un tombeau à Autun ». L'ensemble de ces objets parait-être non le produit d'une sépulture mais plutôt d'une cachette de l'époque du bronze.

Les pièces isolées recueillies pour le plus grand nombre soit dans les berges, soit dans le lit de la Saône, comme nous l'avons dit plus haut, sont au nombre de plusieurs centaines. Il faudrait sans doute reviser cette liste et restituer à d'autres périodes de la civilisation quelques-uns des objets qu'elle mentionne.

Si l'on examine notre carte paléoethnologique on constate que la majeure partie des découvertes de l'époque du bronze ont été effectuées le long des deux fleuves ou dans leur voisinage immédiat. Cette répartition prouve que le bronze était d'abord un article d'exportation suivant les grandes voies commerciales et devenant plus rare à mesure qu'on s'en éloigne. Or la veille de l'apparition du fer cette industrie s'est implantée dans le pays et a produit ces types locaux que l'un de nous a particulièrement mis en lumière (7).

### AGE DU FER

L'époque du fer a été constatée à Igé, près Mâcon, dans une quarantaine de tumulus en pierres sèches, parfois entourés de gros blocs en forme de véritables cromlechs, fouillés en 1872, par M. de Fréminville (8). L'incinération y était pratiquée parallèlement avec l'inhumation. Le mobilier funéraire consistait en bracelets en bronze et en schiste, rasoirs de bronze, fragments de lames d'épée en fer et colliers de verroterie.

M. Arcelin a exploré cinq tumulus du même âge à Verzé au lieu-dit sur le Mont (9).

Une sépulture par incinération découverte à Crèches en 1898 et décrite par M. Lex (10) renfermait une grande épingle en bronze du type dit de la Tène.

(1) E. CHANTRE : *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme,* t. VIII, 1873, p .II.
(2) BULLIOT : *Revue archéologique,* nouvelle série, 2e année, p. 373.
(3) DE MORTILLET : *le Musée préhistorique,* pl. LXX et LXXI ; récoltes de M. BAILLEAU.
(4) A. ARCELIN : *Essai de classification des stations préhistoriques de Saône-et-Loire,* p. 13.
(5) Signalée par M. CANAT de CHIZY : A. ARCELIN : *Essai de classification...* p. 13.
(6) Récolte de M. le Dr BAILLEAU.
(7) E. CHANTRE : *Age du bronze,* 3 vol. 1875. 1876.
(8) DE FRÉMINVILLE : *Les tombelles d'Igé,* dans les *Annales de l'Académie de Mâcon,* 2e série t. I, p. 97.
(9) A. ARCELIN : *Essai de classification,* p. 3.
(10) LEX : *Note sur une sépulture préromaine,* dans *les Annales de l'Académie de Mâcon,* 3e série, t. IV, p. 117.

Enfin nous rangeons à l'époque du fer les tumulus qui s'échelonnent sur la rive gauche de la Saône, dans les environs d'Ormes, la Truchère. Préty, etc., mais sans preuves bien positives, la plupart ayant été fouillés d'une façon déplorable ou restant encore à fouiller; mais on y a signalé à diverses reprises la trouvaille d'objets en bronze et en fer, ce qui justifie jusqu'à un certain point notre attribution.

Comme pour l'époque précédente les berges et le lit de la Saône ont fourni une foule d'ustensiles et d'armes en bronze qui se rattachent pour la plupart, par leur facture, au premier âge du fer. On peut voir un certain nombre de ces objets dans les musées de Mâcon, Tournus, Châlon, Autun et dans les collections particulières de MM. Lacroix et Protat, à Mâcon ; Arcelin et Grozelier à Châlon ; Dr Bailleau, à Pierrefitte ; Durand, à Crèches, etc.

La plaine qui s'étend à l'Est du département et forme la totalité de l'arrondissement de Louhans et une partie de celui de Chalon est parsemée de poypes ou grands tumulus et d'enceintes en terre dont nous n'osons préciser l'âge. Toutefois ou y a souvent recueilli des vestiges archéologiques d'époques diverses et leur comparaison avec des constructions de même nature explorées dans d'autres parties de la France, notament en Alsace (1), nous porte à croire qu'un certain nombre de ces ouvrages remontent, sinon à l'époque du bronze, au moins à celle du fer.

Nos recherches consignées dans la statistique ci-jointe comprennent 465 indications réparties sur 221 communes. Elles se décomposent ainsi : paléolithique, 82 ; néolithique, 270 ; bronze, 47 ; fer, 25 ; indéterminées, 41.

Nous sommes heureux de remercier, en terminant, toutes les personnes qui ont bien voulu nous faciliter notre tâche en nous fournissant des renseignements complémentaires, notamment MM. le Dr Bailleau, à Pierrefitte, J. Martin, à Tournus, Louis Durand, à Crèches et Georges Bonnet, à Paray-le-Monial.

(1) *Matériaux pour une étude préhistorique de l'Alsace* par M. le Dr Faudel et M. le Dr Bleicher, IVe publication, Colmar, 1885.

# LÉGENDE INTERNATIONALE

DES

## Cartes paléoethnologiques.

---

- Caverne, grotte, souterrain, abri, naturel.
- Grotte naturelle sépulcrale.
- Grotte naturelle fouillée ayant révélé une sépulture par inhumation.
- Menhir véritable ou pierre dressée.
- Pierres à écuelles ou à bassins.
- Faux menhir.
- Menhir dégradé.
- Menhir détruit.
- Faux menhir détruit.
- Dolmen, allée couverte.
- Dolmen détruit.
- Faux dolmen.
- Tumulus.
- Plusieurs tumulus.
- Faux tumulus.
- Tumulus détruit.
- Tumulus avec fossé.
- Tumulus fouillé et détruit.
- Sépulture.
- Plusieurs sépultures.
- Très grand nombre de sépultures.
- Sépulture par inhumation.
- Plusieurs sépultures à inhumation.
- Cimetière par inhumation.
- Sépulture par incinération.
- Plusieurs sépultures par incinération.
- Cimetière par incinération.
- Camp, enceinte, oppidum.
- Découverte d'objet isolé.
- Plusieurs objets isolés.
- Cinq découvertes d'objets isolés.
- Découverte d'objets réunis.
- Atelier, fonderie.
- Station.
- Pierre à légende.

---

SIGNES COMPLÉMENTAIRES AJOUTÉS AUX SIGNES ARCHÉOLOGIQUES POUR DÉTERMINER LES ÉPOQUES DE LA PÉRIODE PALÉOLITHIQUE

- Chelléen . . . . . 
- Acheuléo-moustérien . . . . . 
- Solutréo-magdalénien . . . . . 

COULEURS

| | |
|---|---|
| Jaune brun . . | Age de la pierre paléolithique. |
| Vert . . . . . | Age de la pierre néolithique. |
| Rouge . . . . | Age du bronze. |
| Bleu . . . . . | Age du fer. |
| Noir . . . . . | Indéterminé. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Abergement (l') | Molard-Audran. | Cuisery. | Louhans. | | | | | 3 | Monnier, *Notes historiques* sur Saône-et-Loire, p. 49. |
| Agnan (St.-) | | Digoin. | Charolles. | | ◊ | | | | Bailleau, *Age de la pierre en Bourbonnais*, 1867, p. 17. |
| d° | A la Bondue. | d° | d° | | | △ | | | Renseign. de M. le Dr Bailleau. |
| Albain (St.-) | | Lugny. | Mâcon. . | | △+ | | | | (Coll. de Mercey, à Saint-Oyen.) Renseign. de M. L. Revon. |
| d° | A Choizeau. | d° | d° | ✡ ≋ | | | | | (Musée de Chalon.) |
| Amour (St.-) | Près du hameau des Guillons. | La Chapelle-de-Guinchay. | d° | | △+ | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône. — C. Savoye, *Congrès arch. de France*, Mâcon 1899, p. 189 et *Bull. de la Soc. d'anthr. de Lyon.* |
| d° | Au Plâtre-Durand pointe mousté-rienne. | d° | d° | △ ≋ | | | | | (Coll. Lafay, à Mâcon.) — Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arrondis. de Mâcon*, p. 15. |
| André-le-Désert (S.) | Dans les communaux, une vingtaine de haches en pierre polie, recueillies par M. Vautrin. | Cluny. | d° | | △•• | | | | (Musée de Mâcon.) |
| Antully. | A Prodhun, lieu-dit l'Allée verte. | Autun. | Autun. | | △ | | | | (Musée d'Autun). — Renseign. de M. Bulliot. |
| d° | La Croix-Brenot. | d° | d° | | ✡ | | | | (Coll. Paul Caillot, à la Croix-Brenot). — *Bull. de la Soc. d'hist. natur. d'Autun*, t. IX, 1896. |
| Anzy-le-Duc | Dans un trou circulaire de 0m,30 de diamètre et 0m,50 de profondeur, ensemble de bronze pesant 16 kil., trouvé en août 1874. | Marcigny. | Charolles. | | | ♦ | | | (Coll. du Dr Leysoud, à Marcigny). — E. Chantre, *Matériaux pour l'hist. prim. et natur. de l'homme*, 1873. — E. Chantre, *Age du bronze*, 1877. — A. Arcelin, *Essai de classification des stations préhist. du départ. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 4. |
| Aubin-sur-Loire. | A Meurette. | Bourbon-Lancy. | d° | △ ≋ | | | | | (Musée de Saint-Germain). — Renseign. du Dr Robert. |
| d° | Au mont St-Aignan. | d° | d° | | ◊ | | | | d° |
| d° | Vers les mines de fer. | d° | d° | ◊ ≋ | | | | | Renseign. de M. le Dr Bailleau. |
| d° | | d° | d° | △ ≋ | | | | | *Matériaux*, 12e année, 2e série, t. VII, 1876, 3e livraison. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Authumes. | Bois-Dauphin. | Pierre. | Louhans. | | ✡ | | | | Renseign. de M. Canat, 1876. |
| Autun. | | Autun. | Autun. | | | ✡ | | | (Musée de Saint-Germain et British Museum). — E. Chantre, *Age du bronze, statistique*, Lyon, 1877. — Kemble et Franks, *Horoe ferealis*, p. 214. |
| d° | A droite de la route d'Autun à Château-Chinon, à Pierre-Fitte, menhir brisé il y a une quarantaine d'années. | d° | d° | | ⅄ | | | | Monnier, *Notes pour l'histoire de Saône-et-Loire*, 1873, p. 32. |
| d° | Dans un tombeau. | d° | d° | | | ◈ | | | (Coll. J. Gréau, à Troyes. — *Catalogue de l'histoire du travail en France*, n° 443, p. 43. |
| d° | En 1850, près la porte d'Arroux. | d° | d° | | | △ | | | Renseign. de M. H. de Fontenay. |
| d° | Près d'Autun. | d° | d° | | △ | | | | Chabas, *Silex de Volgu*, p. 10, pl. III, fig. 9. |
| d° | | d° | d° | | | △ | | | E. Chantre, *Age du bronze*, 1877. |
| d° | Au parc St-Jean, en 1865. | d° | d° | | △ | | | | Renseign. de M. H. de Fontenay. |
| d° | Faubourg du Breuil, en 1835. | d° | d° | | △ | | | | d° |
| d° | Lit de l'Arroux. | d° | d° | | △ | | | | (Musée d'Autun). — *Dict. des Gaules.* |
| d° | Sur le sol, dans les environs. | d° | d° | | △ 6 | | | | d° |
| d° | Dans le jardin Cl. Poizeau. | d° | d° | | △ | | | | *Bull. de la Soc. d'Histoire natur. d'Autun*, t. XII, 1899. |
| d° | | d° | d° | | | △ | | | (Coll. Danjou à Rennes). |
| d° | A Pierre-Fitte. | d° | d° | | ✡ | | | | Rigollot, *Bull. de la Soc. d'hist. natur. d'Autun*, t. IX, 1896, p. 78. |
| d° | Fouilles de l'égout collecteur. | d° | d° | | △ | | | | d° |
| d° | Dans les fondations de la Caisse d'Épargne. | d° | d° | | △ | | | | d° |
| d° | | d° | d° | | △ | | | | (Coll. Reboux.) |
| Auxy. | Dans les bois, près le hameau du Repos. | d° | d° | | ⅄ | | | | (Coll. J. Roidot, à Autun). — Renseign. de M. Bulliot. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Auxy. | Dans le champ de la Grande-Pierre menhir détruit en 1852. | Autun. | Autun. | | ⅄ | | | | Salmon, *Congrès archéol. de France*, Troyes, 1853, p. 11. — Monnier, *Notes pour l'hist. du dép. de Saône-et-Loire*, 1873, p. 53. — Renseig. de M. H. de Fontenay. |
| d° | Sur la montagne d'Auxy, à gauche de l'ancienne roûte allant à Lyon, menhir détruit vers 1870. (Hauteur 5m au-dessus du sol.) | d° | d° | | ⅄ | | | | Bulliot, *Essai sur le syst. déf. des Romains*, 1856, p. 70. — Cambry, *Monuments celtiques*, p. 287. — *Congrès arch. de France*, 1853, p. 11. — Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 53. |
| d° | Sur le plateau d'Auxy. | d° | d° | | ⊏ | | | | Bulliot, *Essai sur le syst. déf. des Romains*, p. 70. |
| Azé. | | Lugny. | Mâcon. | | △ | | | | A. Arcelin, *Stations préhist. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| d° | Route d'Igé. | d° | d° | △ | | | | | d° |
| Baron. | La Pierre-Amassée. Menhir de la Pierre. Quarte détruit vers 1830. | Charolles. | Charolles. | | ⅄ | | | | Ph. Salmon, *Dictionnaire celt. de l'Yonne*, 81. — Ragut, *Statist. du départ. de Saône-et-Loire*, 1838, t. II, p. 378. |
| Baugy. | Plateau de Reffy. | Marcigny. | d° | | △+ | | | | Q. Ormezzano, *Quelques vestiges préhist. et arch.* dans *Annales de l'Académie de Mâcon*, t. IV, 1899, p. 502. |
| d° | Angle de la route de Baugy à Reffy. | d° | d° | | △+ | | | | d° |
| Beaudrières | A Boulay. | St-Germain-du-Plain. | Chalon. | | ✡ | △+ | | | Coll. de M. Bidault à Beaudrières. |
| Beaumont-s-Grosne. | Lit de la Grosne, près du pont de Grosne. | Senneceÿ-le-Grand. | d° | | | △ | | | E. Chantre, *Age du bronze*, 1877. — (Coll. Falsan.) |
| Bellevesvre. | Tumulus : Château de la Mothe et buttes du Champ-Baudin | Pierre. | Louhans. | | | | | ⌓+ | Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873, p. 54. |
| Berain-sous-Sanvignes (St). | La Coudraie. | Montcenis. | Autun. | | | △ | | | (Coll. du Dr Jeannin, à Montceau-les-Mines). — E. Chantre, *Age du bronze, statist.*, 1877. |
| d° | | d° | d° | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Berzé-la-Ville. | | Mâcon. | Mâcon. | | △+ | | | | A. Arcelin, *Stations préhist. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| d° | Plateau de Pierre-Coche. | d° | d° | | ⊏ | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâconnais préhist.*, 1870 p. 128. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Berzé-la-Ville. | Grotte des Furtins.. | Mâcon. | Mâcon. | | ▮ | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) |
| d° | Près du Château-des-Moines. | d° | d° | | △ | | | | Renseign. de M. C. Savoye. |
| Bissy-sous-Uxelles. | | Cengoux-le-National (St-) | d° | | △ | | | | Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arrond. de Mâcon*, p. 10. |
| Blanot. | Mont-Saint-Romain. | Cluny. | d° | | ✡ | | | | A. Arcelin, *Stations préhist. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| Blanzy. | Le Plessis. | Montcenis. | Autun. | | ✡ | | | | Jeannin et Berthier, *Association française pour l'avancement des sciences*, Lyon, 1873, p. 627. |
| Bonnet-de-Vieille-vigne (Saint). | | Palinges. | Charolles. | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Bosjean. | Château St-Jean, motte circulaire. | St-Germain du-Bois. | Louhans. | | | | | ⌓ | Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, p. 54. |
| Bourbon-Lancy. | Montagne de Pimont. | Bourbon-Lancy. | Charolles. | | ♦ | | | | (Musée de Saint-Germain). — Dr Robert. — *Dict. des Gaules.* |
| d° | A Cornières. | d° | d° | | ◈ | | | | (Musée de Saint-Germain.) — Renseign. de M. le Dr Robert. |
| d° | Aux Vigneaux. | d° | d° | | ◈ | | | | d° |
| d° | Dans un bois, près du domaine des Buttes. | d° | d° | | | ⌓ | | | (Musée de Saint-Germain.) — Renseign. de M. le Dr Robert. — *Dict. des Gaules.* |
| d° | A Montaudun. | d° | d° | | △ 14 | | | | *Dict. des Gaules.* |
| d° | Dans la fontaine du Lymbe en 1856. | d° | d° | | △ ✦✦ | | | | (Musée de Saint-Germain.) — Renseign. des Drs Robert et Bailleau. |
| d° | A Pierre-Folle. | d° | d° | | | | | ⩚ | Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873, p. 54. |
| d° | En 1850, hache polie en quartzite. | d° | d° | | △ | | | | (Musée de Chalon.) |
| d° | Hachette polie en jaspe. | d° | d° | | △ | | | | d° |
| Bourgvilain | | Tramayes. | Mâcon. | | △ | | | | A. Arcelin, *Stations préhist. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| Boyer. | | Sennecey-le-Grand. | Chalon. | | △ | | | | Renseign. de M. Canat de Chizy. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Boyer. | Entre le hameau de Venière et la Saône, dans le champ de Sanguigny, 2 menhirs, l'un debout, la Pierre-Fiche, l'autre brisé. | Senneceyle-Grand. | Chalon. | | Δ 2 | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâconnais préhistor.*, 1870, p. 128. — Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873. — C. Savoye, *Monum. mégalith. du dép. de Saône-et-Loire, Bull. de la Soc. d'anthr. de Lyon*, t. XVIII, 1899, p 206. |
| d° | Plusieurs hachettes en pierre polie. | d° | d° | | Δ+ | | | | (Musée de Tournus.) — Renseign. de M. J. Martin. |
| Bragny. | Amulette en pierre polie (néphrite). | Verdun. | d° | | Δ | | | | (Musée de Chalon.) |
| Brancion. | Tumulus de Chavy. | Tournus. | Mâcon. | | | | | | (Musée de Tournus.) |
| Buffières. | Menhir surmonté d'une croix, engagé dans un mur de clôture sur le chemin de Suin. | Cluny. | d° | | | | | | Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire.* 1873, p. 56. |
| Burgy. | Près de l'église, silex taillés. | Lugny. | d° | | Δ+ | | | | Coll. Lex et Guérin, à Mâcon. |
| Bussières. | La Roche-Bregnat. | Mâcon. | d° | | | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâconnais préhistor.*, 1870, p. 38. — Arcelin, *Stations préhistor. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 56. |
| d° | Les Sertaux. | d° | d° | | | | | | d° |
| d° | Le Petit-Bussière. | d° | d° | | Δ 2 | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâconn. préh.*, p. 127. |
| d° | Sur la montagne de Monsart. | d° | d° | | | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâc. préhist.*, p. 127. — Arcelin, *Stations préh., de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| d° | Haches en pierre polie, disséminées dans la commune. | d° | d° | | Δ+ | | | | d° |
| Chaintré. | Près du château, instrument chélléen. | Chapelle de Guinchay (la) | d° | | | | | | (Coll. Guérin, à Mâcon. — Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 10. |
| Chalmoux. | Près du hameau des Fayettes au croisement du chemin de Clermont à Dijon et du chemin dit des soldats; il existait encore un menhir en 1813. | Bourbon-Lancy. | Charolles. | | | | | | Ragut, *Stat. du dép. de Saône-et-Loire*, 1838, p. 378. — Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873, p. 56. — Dr Robert, *Dict. des Gaules.* |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminé | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Chalmoux. | Au champ des Quatre-Vents ou des Trente-Vents dans un mur de la métairie de la Choque, il existait encore, en 1813, deux menhirs. | Bourbon-Lancy. | Charolles. | | ⅄ 2 | | | | Ragut, *Statist. du dép. de Saône-et-Loire*, 1838, p. 378. — Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873. — Dr Robert, *Dict. des Gaules.* |
| d° | Au champ des Trente-Vents. | d° | d° | | △+ | | | | Dr Robert, *Dict. des Gaules.* |
| d° | Le Masson. | d° | d° | | △+ | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) |
| Chalon-sur-Saône. | Lit de la Saône. | Chalon. | Chalon. | | | | △ 17 | | (Musées de Chalon, de Saint-Germain et de Lyon.) — E. Chantre, *Age du bronze, statist.*, 1877. — Arcelin, *Stations préhist. de Saône-et-Loire*, 1877, p, 13. |
| d° | Berges de la Saône, notamment à la Californie. | d° | d° | | △+ | | | | (Musée de Chalon; Coll. Chabas et Chevrier.) — Chevrier, *Dict. des Gaules.* — Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| d° | Lit de la Saône, près de la ville. | d° | d° | | | △ | | | (Musée de Lyon.) — Commarmond, Catalogue, p. 277, pl. 12, n° 254. |
| d° | Lit de la Saône, à quelques kilomètres en amont de Chalon. | d° | d° | | △ | | | | Chabas, *Silex de Volgu*, p. 9, pl. 3, fig. 1. |
| d° | Hache polie en chloromélanite. | d° | d° | | △ | | | | Damour, Exposition univ. de 1878, Section d'anthropologie. |
| d° | A Chalon, plusieurs haches en pierre polie. | d° | d° | | △+ | | | | Renseign. de M. Canat de Chizy. |
| d° | Exploitation de terre réfractaire de M. Brill. | d° | d° | △ 3 | | | | | A. Arcelin, *Mémoires de la Soc. des sciences nat. de Saône-et-Loire*, t. VI, 1885, p. 25. — *Bull. de la Soc. des sc. nat. de Saône-et-Loire*, juil. 1899, p. 168, etc. |
| d° | Hache polie en quartzite. | d° | d° | | △ | | | | Musée de Chalon. |
| d° | Hache polie en jaspe. | d° | d° | | △ | | | | d° |
| Chamilly. | Le Château de Chamilly camp qui fait suite à celui de Chassy. | Cl.agny. | d° | | ⊏ | | | | Bulliot, *Essai sur le syst. déf. des Romains*, 1856, p. 53. |

## DÉPARTEMENT DE SÂONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Champforgueil. | Hache polie en serpentine. | Chalon. | Chalon. | | △ | | | | (Musée de Chalon.) |
| Chânes. | En Chapitre. | Chapelle-de-Guinchay (la). | Mâcon. | △ 2 | | | | | (Coll. de M. Louis Durand, à Crèches.) — Renseign. de M. le Dr Vaffier et de M. Durand. |
| dº | La Bruyère. | dº | dº | △ 3 | | | | | dº |
| dº | Les Préaux. | dº | dº | | △ 2 | | | | dº |
| Change. | Mont-de-Rême, à Marcheseuil, plusieurs haches en pierre polie. | Épinac. | Autun. | | △+ | | | | Renseign. de M. Bulliot, 1876. |
| dº | Mont-de-Rême. | dº | dº | | ✡ | | | | Arcelin, *Stations préhist. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. — A. Arcelin, *Progrès de l'Arch. dans Saône-et-Loire*, Cong. arch. de France, Mâcon, 1899, p. 78. |
| Chapelle-de-Guinchay (la) | Hache polie aux Journets, grattoir néolithique aux Burriers. | Chapelle-de-Guinchay (la). | Mâcon. | | △ 2 | | | | (Coll. Perraud.) — Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 11. |
| Chapelle-sous-Brancion (la). | Menhir de Pierre-Levée, au sud du hameau du même nom. | Tournus. | dº | | Λ | | | | E. Flouest, *Dict. des Gaules.* — Cong. arch. de France, 1847, p. 356. — Ferry (de) et Arcelin, *Mâc. préh.*, p. 128. — Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, 1877. — C. Savoye, *Monuments mégalith. du dép. de Saône-et-Loire*, dans le *Bull. de la Soc. d'anthr. de Lyon*, t. XVIII, 1899, p. 205, etc. |
| dº | Dans le chemin qui va du château de Nobles à la Pierre-Levée. | dº | dº | | | | | ⌓ 4 | Ragut, *Statist. du dép. de Saône-et-Loire*, t. II, 1838, p. 84. — J. Martin, *Sépultures barbares des environs de Tournus*, dans les *Annales de l'Académie de Mâcon*, 3e série, t. II, 1898. |
| Chapelle Saint-Sauveur (la). | Au bois de la Boucharde, tertre très élevé, entouré de larges fossés. | Pierre. | Louhans. | | | | | ⌓ | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 58. |
| Charbonnière. | Vallon du Biétors, à l'est de la commune. | Mâcon. | Mâcon. | | △ | | | | (Coll. de Ferry, à Bussières). — Ferry (de), *Monogr. des instrum. de pierre préh. de Saône-et-Loire*, dans les *Matériaux d'hist. et d'arch.* 1869, p. 24 à 31 et 51 à 54. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Charbonnière. | Vallon du Biétors, à l'est de la commune. | Mâcon. | Mâcon. | ♦ ⟩ | | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâc. préh.*, p. 9. — Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14, etc. — (Musée de Mâcon et coll. de Ferry, à Bussières.) |
| | | | | △ ⟩ | | | | | |
| d° | Entre la rive gauche de la Mouge et la route de Senozan à Laizé. | d° | d° | △+ ⟩ | △+ | | | | (Musée de Lyon et coll. C. Savoye, à Odenas.) |
| d° | Vallon du Biétors. | d° | d° | | ✡ | | | | G. Lafay, *Sur la présence d'une station néolithique à Charbonnières, près Mâcon.* |
| d° | Dans des carrières à l'ouest de la commune. | d° | d° | ✡ ⟩ | | | | | (Coll. Lafay, à Mâcon.) — Renseign. de M. Lafay. |
| Chardonnay. | | Lugny. | d° | | △ | | | | *Annales de l'Acad. de Mâcon*, t. XIV, p. 44. |
| Charnay-les-Mâcon. | | Mâcon. | d° | | | | ⌣+ | | *Congrès archéol. de France*, 1883. p. 310. |
| d° | Carrières de la lie. | d° | d° | △+ ⟩ | | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâc. préh.*, p. 38. |
| d° | Près du hameau de Brioux. | d° | d° | | △+ | | | | (Coll. Lafay et Guérin, à Mâcon.) — Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 11. |
| d° | A Saint-Léger. | d° | d° | | ✡ | | | | d° |
| d° | A la Massonne et à Marcueil, outils paléolithiques. | | | △+ ⟩ | | | | | d° |
| Chasselas. | La Bruyère. | La Chapelle-de-Guinchay. | d° | | △+ | | | | (Coll. Arcelin et Savoye.) — Ferry (de) et Arcelin, *Mâc. préh.*, p. 126. — Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| Chassey. | Environs. | Chagny. | Chalon. | | | △ | | | (Coll. du Dr Jeannin, à Montceau-les-Mines.) — E. Chantre, *Age du bronze*, 1877. |
| d° | Camp de Chassey exploré au XVIIIe siècle par Perruchot de la Bussière, au XIXe par Coynard, de Longuy, Loydreau, Perrault, Flouest, etc. Cinq polissoirs en grès. | d° | d° | | ⊏ | | | | (Musées de Saint-Germain, de Chalon et de Beaune; coll. Loydreau, Chabas, Landa, Flouest, etc.) — E. Flouest, *Le camp de Chassey*, dans *Mém. de la Soc. d'hist. et d'arch. de Chalon*, t. V. — Coynart, *Fouilles au camp de Chassey, Revue arch.*, 1866 et 1867. — Perrault, *Un foyer de l'âge de la pierre polie au camp de Chassey, Matériaux*, 1870, etc. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Chassey. | La Redoute (partie méridionale du camp de Chassey. | Chagny. | Chalon. | | | ✡ | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| d° | En Plat-Mont. | d° | d° | | ⌓+ | | | | Bulliot, *Essai sur le syst. déf. des Romains*, p. 53. |
| Chassy. | Entre les Césars et le Gros-Bois. | Gueugnon. | Charolles. | ✡ ⟋ | | | | | Renseign. de M. G. Bonnet. |
| Château. | Au-dessous de l'église, hache polie. | Cluny. | Mâcon. | | △ | | | | Arcelin, *Stations préhist. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| d° | Près de l'église. | d° | d° | | △+ | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas.) |
| Châtel-Moron. | | Givry. | Chalon. | | | ⊏ | | | Bulliot, *Essai sur le syst. déf. des Romains*, p. 59. — (Musée de Chalon.) |
| Chaux (La). | Dans un champ. | Pierre. | Louhans. | | △ | | | | (Coll. Dubois, à Chagny.) — J. Forgeot, *Matériaux hist. et arch.*, juin, juil. 1869, p. 112. — *Dict. des Gaules.* |
| Chevagny-les-Chevrières. | Dans le voisinage des carrières, haches polies, armes et instruments néolithiques en silex. | Mâcon. | Mâcon. | | △+ | | | | Ferry (de) *Ancienneté de l'homme dans le Mâconnais, Dict. des Gaules.* |
| d° | Aux Armoiries. | d° | d° | | △+ | | | | (Musée de Mâcon, Coll. Lafay, Guérin, etc.) — Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 12. |
| d° | Au Gros-Mont. | d° | d° | ♦ ⟋ | | | | | d° |
| Chissey-en-Morvan. | | Lucenay-l'Évêque. | Autun. | | △ | | | | Renseign. de M. Canat. |
| Clessé. | | Lugny. | Mâcon. | △+ ◗ | △•• | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) — C. Savoye, *Quelques nouvelles trouvailles préh. en Mâconnais*, dans *Bull. de la Soc. d'anth. de Lyon*, t. XX., 1901. p. 120. |
| Comelle-sous-Beuvray. | Tumulus dit : La Maison-de-Bourgogne. | Saint-Léger-s-Beuvray. | Autun. | | | | | ◠ | Monnier, *Notes sur l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873, p. 61. |
| Condat. | Deux tumulus à St-Sulpice et un à la Motte-Marin, détruits au commenc. du XIX° siècle. | Cuiseaux. | Louhans. | | | | | ◠ 3 | Monnier, *Notes sur l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873, p. 62. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Cormatin. | Dans une carrière. | Cengoux-le-National (St). | Mâcon. | | | | ✡ | | (Coll. Bulliot, à Autun.) — Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| d° | Dans le bourg, hache polie. | d° | d° | | △ | | | | Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 12. |
| Couches-les-Mines. | Butte de Villars. | Couches-les-Mines. | Autun. | | | | | ⌓ | Bulliot, *Dict. des Gaules.* |
| d° | Au lieu-dit Époigny existait avant 1824 une enceinte ronde formée par sept menhirs ; le plus grand (7m,40 × 1m,50) connu sous le nom de Pierre des Tourteaux, est couché sur le sol, les autres sont enterrés. | d° | d° | | ⩚ | | | | Ragut, *Stat. du dép. de Saône-et-Loire*, 1838, p. . — Monnier, *Notes sur l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873, p. 62. — *Dict. des Gaules.* — C. Savoye, *Monum. mégalith. de Saône-et-Loire*, dans *Bull. de la Soc. d'anthr. de Lyon*, t. XVIII, 1899, p. 207. |
| d° | Disséminées dans la commune, plusieurs haches en pierre polie. | d° | d° | | △+ | | | | (Coll. de M. Pouly, agent-voy. à Couches.) — Renseig. de M. Savoye, maire de Couches, en 1899. |
| Crèches. | Berges de la Saône, entre l'île de Varennes et le port d'Arciat. | Chapelle-de-Guinchay (la). | Mâcon. | | ✡ | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâc. préh.* p. 96. — Arcelin, *La Chronologie préh. d'après l'étude des berges de la Saône*, 1874, p. 52, etc. — Coll. L. Durand, à Crèches. |
| d° | Dans la prairie, à 60m des berges et à 1m,60 de profondeur. | d° | d° | | △+ | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâc. préh.* p. 96. |
| d° | Lit de la Saône. | d° | d° | | | △+ | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13 |
| d° | Berges de la Saône, en amont d'Arciat. | d° | d° | | | ✡ | | | Coll. de M. Louis Durand, à Crèches.) — Renseign. de M. L. Durand. |
| d° | Les Rontays. | d° | d° | △ | ) | | | | d° |
| d° | Les Belouzes. | d° | d° | △ | ) | | | | d° |
| d° | Les Pins. | d° | d° | △ | ⩚ | | | | d° |
| d° | Les Justices. | d° | d° | | | | ⌓ | | Lex. *Note sur une sépulture pré-romaine à incinération* dans *Annales de l'Acad. de Mâcon*, 3e série, t. IV, 1899, p. 117. |
| d° | Silex taillés, disséminés dans la commune. | d° | d° | | △•• | | | | Renseign. de M. L. Durand. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Crissey. | Aux Sables Rouges (Berges de la Saône.) | Chalon. | Chalon. | | ✡ | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| d° | A Roncenis. | d° | d° | | | | | ⌓+ | *Dict. des Gaules.* |
| Cruzille. | Près de l'ancienne route de Martailly, à 200m du village, tombes sous dalles. | Lugny. | Mâcon. | | | | | ⌓+ | J. Martin, *Sépultures barbares des environs de Tournus*, p. 26. |
| Cuisery. | Près le hameau de Montrevost. | Cuisery. | Chalon. | | △2 | | | | (Coll. de M. le Comte de Montrevost. — Montrevost, *Matér. d'hist. et d'arch.*, juin et juillet 1869, p. 112. — *Dict. des Gaules.* |
| Culles. | Grotte de Culles. | Buxy. | d° | 🔔 | | | | | *Matériaux*, 12e année, 2e série, t. VII, 1876, 3e livr. — Bertrand, *Arch. celtique et gauloise*, 1876. — A. Arcelin, *Stations préhist. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| Curgy. | Savigny-le-Vieux, en 1850. | Autun. | Autun. | | | ◊ | | | Bulliot, *Revue arch.*, nouvelle série, t. 2e année, p. 373. — E. Chantre, *Age du bronze*, 1873. |
| Curtil-sous-Buffières. | L'homme mort. | Cluny. | Mâcon. | | | | | | Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873, p. 64. |
| d° | A la Croix, au-dessus du hameau de Munot, tumulus peu élevés avec tombeaux en dalles brutes presque à fleur de terre. | d° | d° | | | | ⌓ | | Renseign. de M. de Jotemps. |
| Cuzy. | | Issy-l'Évêque. | Autun. | | △+ | | | | Jeannin et Berthier, *Association française.* Congrès de Lyon, 1873, p. 627. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| Davayé. | A Chevignes et au Molard, haches polies. | Mâcon (sud.) | Mâcon. | | △+ | | | | (Coll. Lacroix et Guérin.) — Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 12. |
| Dettey. | La Pierre-Croulante, sur un plateau à l'O. de la commune. | Mesvre. | Autun. | | | | | ⅄ | *Dict. des Gaules.* — Monnier, *Notes sur l'histoire de Saône-et-Loire*, 1873, p. 12 et 165. — C. Savoye, *Les monuments mégalith. de Saône-et-Loire* dans *Bull. de la Soc. d'anthr. de Lyon*, t. XVIII, 1899, p. 209. |
| d° | | d° | d° | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Dezize. | Dans les Chaumes de Cul-Blanc, près du hameau de Borgy, 2 dolmens fouillés par le Dr Variot. | Couches-les-Mines. | Autun. | |  | | | | (Coll. du Dr Variot, à Remilly.) — Renseign. de M. Lex, archiviste départ. de Saône-et-Loire. — *Bull. de la Soc. d'hist. natur. d'Autun*, t. XIII, 1900, p. 283. |
| dº | Au lieu-dit Chamtayon, sur la limite des communes de Dezize et de la Rochepot. | dº | dº | |  | | | | H. de Longuy et C. Sauvageot, *Notice sur Santenay*, Autun, 1884. — *Matériaux*, t. XIX, 1885, p. 518. |
| dº | Sur le moot Juliar, deux dolmens détruits il y a une vingtaine d'années ; l'un deux portait le nom de la Mée (le pétrin). | dº | dº | |  | | | | dº |
| Digoin. | | Digoin. | Charolles. |  | | | | | Bailleau, *Dict. des Gaules*. |
| dº | A Neuzy. | dº | dº | |  | | | | Jeannin, *Matériaux*, 8e année. — Jeannin et Berthier, *Association française*, Lyon, 1873, p. 624. — Chabas, *Silex de Volgu*, p. 9, pl. 2 et 3. |
| dº | dº | dº | dº |  | | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 24. |
| dº | | dº | dº |  | | | | | *Matériaux*, 12e ann., 2e série, t. VII, 1876, 3e livraison. |
| dº | Au-dessus du pont-aqueduc, dépôt de cailloux roulés contenant des haches chelléennes. | dº | dº |  | | | | | (Coll. des Drs Bailleau et Brossette.) — Renseign. de M. le Dr Bailleau, 1902. |
| Dompierre-les-Ormes. | A Audour, cachette de fondeur signalée par M. de Dortans. | Matour. | Mâcon. | | |  | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 4. |
| dº | A Audour. | dº | dº | |  | | | | (Musée de la Société d'études de Mâtour). — Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 12. |
| Donzy-le-Royal. | Au hameau de Vers-les-Bois, pierre surmontée d'une croix. | Cluny. | dº | |  | | | | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, 1872. |
| Dulphey. | A Balouze. | Sennecey-le-Grand. | dº |  | | | | | (Musée de Tournus.) |
| Épervans. | Berges de la Saône. | Chalon. | Chalon. | | | |  | | A. Arcelin, *la Chronologie d'après l'étude des berges de la Saône*, 1874, p. 41. |
| dº | dº | dº | dº | |  | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Eugène (St). | | Mesvres. | Autun. | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Eusèbe (St). | | Mont-St-Vincent. | Chalon. | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Farges. | | Tournus. | Mâcon. | | ✡ | | | | (Musée de Chalon.) |
| Flacé. | Au bas de la Grisière. | Mâcon. | d° | | △ | | | | (Coll. Lacroix à Mâcon.)— *Dict. des Gaules.* |
| d° | Berges de la Saône. | d° | d° | | △ | | | | A. Arcelin, *La Chronol. préh.*, 1874, p. 50. |
| d° | A Marcueil. | d° | d° | △+ | ✡ | | | | (Coll. Lafay, à Mâcon.) — Lafay, *Atelier de grattoirs robenhausiens*, dans l'*Homme*, 1887, p. 137. |
| d° | La Grisière. | d° | d° | △+ | | | | | (Coll. de la Faculté des sciences de Lyon.) |
| d° | d° | d° | d° | | △ | | | | Lafay, *Bull. de la Soc. d'hist. natur. de Mâcon*, 1900, n° 16. |
| d° | Au hameau de la Croix, marteau-hache néolithique. | d° | d° | | △ | | | | Lafay et Lex, *L'âge de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 12. |
| Fontaine. | Saint-Hilaire, silex taillés près d'une couche de silex. | Chagny. | Chalon. | | △+ | | | | Ch. Méray, *Matériaux d'hist. et d'arch.*, juin, juillet 1867. — *Dict. des Gaules.* |
| d° | d° | d° | d° | △ | | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| Forgeot (St). | Aux Buissonnières, près de la butte du château du Mottet. | Autun. | Autun. | | △ | | | | Renseign. de M. H. de Fontenay. |
| d° | Sur le territoire de la commune en 1846. | d° | d° | | △ | | | | (Musée d'Autun.) — Renseign. de M. H. de Fontenay. |
| Fuissé. | Les Châtaigniers. | Mâcon. | Mâcon. | △+ | | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâc. préh.*, p. 38. |
| d° | Bois de la Fontaine. | d° | d° | | △+ | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| d° | Bois des Fosses. | d° | d° | | ✡ | | | | d° |
| Géange. | Non loin du bois des Haies. | Verdun. | Chalon. | | | | | ⊏ | Ragut, *Statistique du dép. de Saône-et-Loire*, 1838, 2e vol., p. 167. |
| Gergy. | Lit de la Saône. | d° | d° | | △ | | | | Guillemin, *Dict. des Gaules.* |
| d° | Camp de Rougerot. | d° | d° | | ⊏ | | | | d° |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Gergy. | Butte de Neuzillet, débris de lances et d'épées. | Verdun. | Chalon. | | | | ⌓ 3 | | Monnier, *Notes sur l'hist. de Saône-et-Loire,* 1873, p. 68. |
| Germagny. | | Buxy. | Chalon. | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat, 1876. |
| Germain-du-Plain (St). | Lit de la Saône. | Germain-du Plain (Saint). | d° | | | △ | | | (Musée de Saint-Germain). — E. Chantre, *Age du bronze,* 1873. |
| Germolles. | Bois-de-Nay. | Tramayes, | Mâcon. | | ⅄ | | | | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire,* 1873, p. 69. |
| Gibles. | Hameau de Pierre-Folle, tire, dit-on, son nom d'un menhir détruit. | Clayette. | Charolles. | | | | | ⅄ | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire,* 1873, p. 69. — *Diction. des Gaules.* |
| Gigny. | Dans les berges de la Saône en 1845. | Sennecey-le-Grand. | Chalon. | | | ◆ | | | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire,* 1873, p. 70. — *Diction. des Gaules.* |
| Gilly-sur-Loire. | Au-dessus de la carrière de marbre. | Bourbon-Lancy. | Charolles. | ✡ ⅁ | | | | | (Coll. Bailleau, à Pierrefitte). — Dr Bailleau, *Compte rendu Expos. univers.*, Paris, 1867, dans *Matériaux,* 3e année, 1869. |
| d° | | d° | d° | △ ⅁ | | | | | *Matériaux,* 10e année, 1876, t. VII, 3e livrais. |
| d° | Dans une carrière de marbre, grotte contenant un squelette d'*elephas primigenius* découverte en 1833 et détruite depuis (silex taillés). | d° | d° | ▮ ⅁ | | | | | Renseign. de M. le Dr Bailleau. — A. Bertrand, *Archéol. celtique et gauloise,* 1876. |
| Gourdon. | Colline de Mont-Cuchot. | Mont-St-Vincent. | Chalon. | | ✡ | | | | Jeannin (Dr) et Berthier, *Assoc. française,* 1877, p. 621. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire,* 1877, p. 15. |
| Grévilly. | Instruments néolith. isolés. | Lugny. | Mâcon. | | △ | | | | (Musée de Tournus). |
| Grury. | Dans le voisinage du hameau de Chez-Richard, sur le mont Folin. | Issy-l'Évêque. | Autun. | | | | | ⊏ | Ragut, *Statistique de Saône-et-Loire,* 1838, t. II, p. 178. — Monnier, *Notes histor, sur Saône-et-Loire,* 1873, p. 70. — *Diction. des Gaules.* |
| d° | A l'entrée du hameau de Chez-Richard. | d° | d° | | | | | ⌓ 2 | Ragut, *Statistique du dép. de Saône-et-Loire,* 1838, t. II, p. 179. — Monnier, *Notes histor. sur Saône-et-Loire,* 1873, p. 70. — *Dictionn. des Gaules.* |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Gueugnon. | | Gueugnon. | Charolles. | △ | | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| Huilly. | A Châtel-Romaine, dans les bois de Romaine. | Cuisery. | Louhans. | | ⊔ | | | | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, 1873. p. 70. — *Matériaux d'hist. et d'arch.*, juin et juillet 1869. |
| Hurigny. | Au sud-ouest des bois de Naisse. | Mâcon. | Mâcon. | △ | | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| d° | d° | d° | d° | △⁺ | | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) |
| d° | En Mont-Rouge, coups de poings chelléens et instruments néolithiques. | d° | d° | △⁺ | △⁺• | | | | (Coll. Arcelin, Lafay, Guérin, Chaumonot, etc.). — Lafay et Lex, *l'Age de la pierre de l'arr. de Mâcon*, p. 13. |
| d° | A la côte. | d° | d° | △ | | | | | d° |
| d° | Les Troches, percuteur en grès dans une sépulture. | d° | d° | | ⌓ | | | | d° |
| Igé. | Au bois de Blandayan. | Cluny. | Mâcon. | | | | 12 | | De Fréminville, *les Tombelles d'Igé*, dans les *Ann. de l'Acad. de Mâcon*, 2° série, t. I, 1878.— G. de Mortillet, *Revue préh. d'une Rev. d'anthr.*, n° 2, 1878. — *Dict. des Gaules.* |
| d° | Entre les bois de Blandayan et de la Roche. | d° | d° | | | | 1 | | d° |
| d° | A Saint-Germain. | d° | d° | | | | 7 | | d° |
| d° | Sur la route de Verzé. | d° | d° | | △ | | | | A. Arcelin, *Essai de classification des stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| d° | Sur le territoire de la commune, instruments paléolitiques et néolithiques. | d° | d° | △⁺ | △⁺ | | | | (Musée de la ville de Cluny; collect. Ferry, Guérin et Lacroix. — Lafay et Lex, *l'Age de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 13. |
| Iguerande. | Aux Peysselles, haché polie en grès vert fin? | Semur. | Charolles. | | △ | | | | *Bulletin de la Diana*, t. II, p. 384. |
| Issy-l'Évêque. | Pierre-Creuse. | Autun. | Autun. | | ✡ | | | | Jeannin et Berthier, *Association française*, 1873, Lyon, p. 623. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. — *des Gaules.* |
| Jean-des-Vignes (St) | | Chalon. | Chalon. | | △ | | | | Renseign. de nat. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Jean-des-Vignes (St) | Carrière Dinz. | Chalon. | Chalon. | | △ | | | | *Bull. de la Soc. d'hist. nat. de Saône-et-Loire*, 1896. |
| Jean-le-Priche (Saint). | Lit de la Saône. | Mâcon. | Macon. | | | △+ | | | (Musée d'Annecy et coll. Lacroix). — E. Chantre, *Age du bronze, statistique*, 1873. |
| Jugy. | Scivolières. | Sennecey-le-Grand. | Chalon. | | | | | ⌓ | E. Chantre, *Études paléoeth. dans le bassin du Rhône*, Lyon, 1868. — *Matériaux d'hist. et d'arch.*, Chalon-sur-Saône, t. I, p. 125. |
| d° | d° | d° | d° | | △ | | | | (Musée de Tournus). — Renseign. de M. J. Martin. |
| Lacrost. | Au milieu du communal des Ouillons. | Tournus. | Mâcon. | | ⍋ | | | | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 70. — J. Martin, *Sépultures barbares des environs de Tournus*, dans *Ann. de l'Acad. de Mâcon*, 3e série, t. II, 1898. |
| d° | | d° | d° | | | | ⌓2 | | Monnier, *Notes pour l'histoire de Saône-et-Loire*, 1873. — *Bull. de la Soc. des Arts et des Sc. de Tournus*, 1880. — J. Martin, *Sépultures barbares des environs de Tournus*, etc. |
| d° | Le long de la Levée, rive gauche de la Saône. | d° | d° | | | ⌓22 | | | Renseign. de M. J. Martin. |
| d° | Sous une pierre : boutons en bronze à bélière et épingle. | d° | d° | | | | ◊ | | (Musée de Tournus). — Renseign. de M. J. Martin. |
| Laizé. | A Charmonelle. | Mâcon. | d° | ◆ | | | | | (Coll. Lafay, Chaumonot, etc.). — Lafay et Lex, *l'Age de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 13. |
| d° | A Blanzy et à la Planche, grattoirs néolithiques. | d° | d° | | △** | | | | d° |
| Laives. | | Sennecey-le-Grand. | Chalon. | | △ | | | | (Musée de Tournus). — Renseign. de M. J. Martin. |
| Léger-sous-Beuvray (Saint). | Mont-Beuvray, le versant oriental seul est dans Saône-et-Loire. | Léger-sous-Beuvray (Saint). | Autun. | | ✡ | | | | Bulliot, *Fouilles du Mont-Beuvray*, t. I, p. 5, 10, 48, 77, 112, 119, 114, 195, 196, 205, 206, 207, 229, 246, etc.; t. II, pp. 21, 81, 82, 99, 157, 159, etc. — (Musée de la Société éduenne à Autun). |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Lesmes. | La Motte-de-Vaux, tumulus détruit en 1839. | Bourbon-Lancy. | Charolles. | | | | | ⌓ | Monnier, *Notes sur l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873, p. 71. |
| Leynes. | A Ganivet. | La Chapelle-de-Guinchay. | Mâcon. | | ✡ | | | – | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| Loisy. | Pré-de-la-Morte. | Cuisery. | Louhans. | | | | ⌓ | | Ragut, *Statistique du dép. de Saône-et-Loire*, 1838, pp. 202 et 379. — *Matériaux arch. et hist.* juin et juillet 1869, p. 107. |
| Lournand. | Sur le territoire de la commune, haches polies. | Cluny. | Mâcon. | | △+ | | | | (Musée de la ville de Cluny). |
| Lugny. | Coteau de Tarillot. | Lugny. | d° | | △ | | | | Renseig. de M. Mossey, instituteur à Lugny. |
| Lux. | | Chalon. | Chalon. | | △ | | | | (Musée de Chalon). |
| Mâcon. | Lit de la Saône. | Mâcon. | Mâcon. | | | △+1 | | | E. Chantre, *Age du bronze, statistiq.* Lyon, 1873. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. — (Musée d'Annecy). — Ferry (de) et Arcelin, *Mâcon. préh.*, pl. XXX, p. 130, 1870. |
| d° | Rue du Quatre-Septembre, marteau-hache néolithique. | d° | d° | | △ | | | | (Coll. Lacroix). — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 14. |
| d° | Lit de la Saône. | d° | d° | | | | △+ | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 13. |
| d° | Dans les environs. | d° | d° | | | △4 | | | E. Chantre, *Age du bronze*, etc.) — Coll. A.-W. Franck, à Londres; Lane Fox, à Guildfort; Grunwel à Durham, Angleterre. — Anc. coll. Febvre, de Mâcon). |
| d° | En 1876, lors des travaux de l'usine à gaz. | d° | d° | | ✡ | | | | *Journ. offi.*, 8 août 1876, p. 6101 et 13 août 1876, p. 6365. |
| d° | A Champlevert. | d° | d° | ♦ | | | | | (Musée de Mâcon. — Coll. Lacroix, Lafay, etc.). — Lafay et Lex *l'Age de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 13. |
| Malay. | Sur le territoire de la commune, haches polies. | Saint-Gengoux-le-National. | d° | | △+ | | | | Renseig. de M. Munier, instituteur à Malay. |
| Mancey. | | Sennecey-le-Grand. | Chalon. | △ | | | | | (Musée de Tournus). — Renseig. de M. J. Martin. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Marcigny. | La Maladière. | Marcigny. | Charolles. | | ✡ | | | | Q. Ormezzano, *Quelques vestiges préhist. et arch.* dans *Annales de l'Académie de Mâcon*, 3e série, t. IV, 1899, p. 503. |
| Marcilly-lès-Buxy. | Hache en bronze à talon. | Buxy. | Chalon. | | | △ | | – | (Musée de Chalon.) |
| Marigny. | | Mont-St-Vincent. | d° | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Marly-sous-Issy. | A Channat. | Issy-l'Évêque. | Autun. | | △ | | | | (Collect. Bulliot, à Autun). — Renseig. de M. Bulliot, 1876. |
| Marly-sur-Arroux. | A 475 mètres d'altitude. | Toulon. | Charolles. | | △ | | | | (Coll. du Dr Jeannin, à Montceau-les-Mines). — Renseig. de M. Salmon. |
| d° | A Maroncles. | d° | d° | | △ | | | | d°. |
| d° | Autour du hameau de Chaumes. | d° | d° | ✡ | ) | | | | Rens. de M. Georges Bonnet. |
| Marnay. | Berges de la Saône en amont de l'embouchure de la Grosne. | Chalon. | Chalon. | | ✡ | ✡ | | | De Ferry et Arcelin, *Mâconnais préh.*, p. 92. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 14. |
| d° | Sur la plage de la Saône, en face le port d'Ouroux. | d° | d° | | △** | | | | A. Arcelin, *Chronol. préh.*, etc., p. 49. |
| d° | Dans le lit de la Saône. | d° | d° | | | △+ | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| Martailly lès-Brancion. | Au Clouzeau, une fibule en bronze. | Tournus. | Mâcon. | | | △ | | | (Musée de Tournus.) |
| Martigny-le-Comte. | Au Barronnet. | Palinges. | Charolles. | | | △ | | | Renseig. et (Collect. Dr O. Jeannin, à Montceau-les-Mines). — E. Chantre, *Age du bronze, Statistique.* |
| d° | d° | d° | d° | △ | ✡ | | | | Jeannin et Berthier, *Association française*, Lyon, 1873, pp. 623 et 627. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| Martin-de-Salencey (St). | | La Guiche. | d° | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Martin-de-Senozan. | Bois-Ronzard. | Mâcon. | Mâcon. | | ⌣ | | | | De Ferry et Arcelin, *Mâconn. préh.*, p. 127. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| Martin-du-Lac (Saint). | Bois-de-Glaine. | Marcigny. | Charolles. | | ⌅ | | | | Q. Ormezzano, *Quelques vestiges préhist. et arch.*, dans *Annales de l'Académie de Mâcon*, 3e série, t. IV, p. 507. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Martin-du-Tartre (St). | En Vaillot. | Buxy. | Chalon. | |  3 | | | | Monnier, *Notes pour l'hist. de Saône-et-Loire*, 1873. |
| Martin-sous-Montaigu (St). | A Château-Reau. | Givry. | d° | |  | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| Matour. | A Château-Thiers. | Matour. | Mâcon. | |  | | | | Renseign. de M. E. Goyat. |
| Mellecey. | Sur le flanc abrupt dominant la rivière du Moron, au lieu dit Le Roc, Grotte des Fées. | Givry. | Chalon. |  | | | | | *Revue préh.* — Rens. de M. Ph. Salmon. |
| d° | A Germolles, grotte dite de Mellecey, de Germolles ou de la Verpillière. | d° | d° |  | | | | | Explorée par Méray. — *Mémoires de la Soc. d'hist. et d'archéol. de Saône-et-Loire*, p. 251. — E. Chantre, *l'Homme quatern. dans le bassin du Rhône.—Matériaux*, XII° ann., 1876, 3° liv. — *Album du Musée de Saint-Germain.* — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| Mercurey. | Le Moulin. | d° | d° | |  | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| Mesvres. | D'après des Titres de saint Jean-le-Grand d'Autun, en 1530, on rendait la justice au pied d'un menhir situé dans un champ attenant au bois de la Savanne. | Mesvres. | Autun. | |  | | | | Rens. de M. Harold de Fontenay. |
| Micaud (St). | Entre le village et le hameau des Ragots, deux menhirs distants l'un de l'autre de 5 à 6 m. L'un tombé au commencement du XIX° siècle a été brisé; l'autre, tombé en 1872 à la suite d'un dégel, a été enterré sur place. | Mont-St-Vincent. | Chalon. | |  2 | | | | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 74. — C. Savoye, *les Mégalithes du dép. de Saône-et-Loire*, dans *Bull. de la Soc. d'Anthr. de Lyon*, t. XVIII, p. 208. |
| d° | Les Champs-Bordeaux. | d° | d° |  | | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| d° | | d° | d° | |  | | | | Rens. de M. Canat. |
| Milly. | Dans les vignes, au sud-est du village. | Mâcon. | Mâcon. | |  | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) |
| Mont. | | Bourbon-Lancy. | Charolles. | |  | | | | (Musée de Saint-Germain, n° 13470.) |
| d° | Dans une enceinte, sur la montagne qui domine le village, silex taillés. | | | |  | | | | Indiqué, par erreur, dans le *Dictionn. des Gaules*, à Bourbon-Lancy. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Montbellet. | A Saint-Oyen. | Lugny. | Mâcon. | | ✡ | | | | (Coll. de Mercey, à Saint-Oyen.) |
| d° | Forêt de Saint-Oyen. | d° | d° | | △ | | | | (Musée de Tournus.) — Renseign. de M. J. Martin. |
| d° | Hachette polie en néphrite percée d'un trou de suspension. | d° | d° | | △ | | | | (Musée de Chalon.) |
| Montceau-les-Mines. | | Montceau-les-Mines. | Chalon. | | △ | | | | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, 1873. |
| d° | Les Alouettes. | d° | d° | | ✡ | | | | Jeannin et Berthier, *Association franç. pour l'Avanc. des Sciences*, Lyon, 1873, p. 625. |
| d° | Au Champ-Semart: silex taillés, haches polies et polissoirs en grès. | d° | d° | | ✡ | | | | Jeannin, *Matériaux*, 8e année. — Jeannin et Berthier, *Association française*, Lyon, 1873, p. 627. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| Montjay. | La Motte-du-Château, butte circulaire entourée d'un fossé, ossements d'hommes et d'animaux. | d° | d° | | | | | ⊔ | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, p. 75. |
| Montmort. | A Armecy. | Issy-l'Évêque. | Autun. | | △ | | | | Jeannin et Berthier, *Association française*, Lyon, 1873, p. 627. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 15. |
| Montret. | Hameau de Bordiau. | Montret. | Louhan. | | | | | ⌓ | Ragut, *Statistique du dép. de Saône-et-Loire*, 1838, t. II, p. 262. |
| d° | Près du hameau de Bordiau, hache polie. | d° | d° | | △ | | | | (Musée de Tournus). Rens. de M. J. Martin. |
| Mont-Saint-Vincent. | | Mont-St-Vincent. | Chalon. | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Motte-Saint-Jean (La). | La Goulène. | Digoin. | Charolles. | ✡ | | | | | (Musée de Roanne). — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 15. — F. Pérot, *Atelier paléolit. de la Goulène*, *Mémoires Soc. éduenne*, nouv. série, t. XXI, 1893, p. 347. |
| Mouthier-en-Bresse. | Les Fournus, près du hameau du Rond. Motte circulaire entourée d'un double fossé. | Pierre. | Chalon. | | | | | ⊔ | Ragut, *Statistique de Saône-et-Loire*, 1838, t. II, p. 265. — Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, p. 77. |
| d° | La Pierre-de-Saint-Vit, jadis dans l'église, aujourd'hui brisée. | d° | d° | | ⩚ | | | | Monnier et Vingtrinier, *Trad. pop. comp.*, p. 586. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Nanton. | | Sennecey. | Chalon. | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Ormes. | Six tumulus au sud de la prairie d'Ormes et à 500m de la Saône. | Cuisery. | Louhans. | | | | ⌓ | | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, p. 77. |
| d° | Plateau de Noiri-la-Seigneurie. | d° | d° | | ✡ | | | | (Coll. de M. Bidault, à Beaudrières.) |
| Oudry. | Sous la croix. | Palinges. | Charolles. | △ | | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 15. |
| d° | Autour du hameau d'Ange. | d° | d° | ✡ | | | | | (Musées de Mâcon et de Roanne.) — Rens. de M. G. Bonnet. |
| Ouroux. | En aval du port d'Ouroux, nombreux débris de silex sur la plage. | Germain-du-Plain (Saint). | Chalon. | | ✡ | | | | A. Arcelin, *la Chronologie prehistor*, 1874, p. 41. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| d° | Berges de la Saône. | d° | d° | | | ✡ | | | A. Arcelin, *la Chronologie préhistor.*, 1874, p. 41. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| Palinges. | Non loin des bords de la Bourbince. | Palinges. | Charolles. | | ✡ | | | | Jeannin et Berthier, *Association française*, Lyon, 1873, p. 625. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 15. |
| Ozenay. | Entre le Bois-Dessous et le village. | Tournus. | Mâcon. | | ✡ | | | | (Musée de Tournus). — Renseign. de M. J. Martin. |
| Ozolles. | Belle hache polie longue de 0m,18. | Charolles. | Charolles. | | △ | | | | d° |
| Pantaléon (Saint). | Alignements du Champ-de-la-Justice dans le communal de Saint-Symphorien. | Autun. | Autun. | | ⍋ | | | | Rigollot, *Mon. préh. du Champ-de-la-Justice*. Autun, 1882. — E. Chantre, *les Menhirs du Champ-de-la-Justice, près Autun*, dans *Bull. de la Soc. d'Anth. de Lyon*, t. IV, 1884, p. 194. |
| d° | Le Champ-de-la Justice. | d° | d° | | ✡ | | | | Rigollot, *le Bain traditionnel de la rosée de mai et la Station préh. du communal de Saint-Symphorien*. — E. Chantre, *les Menhirs du Champ-de-la-Justice*, dans *Bull. de la Soc. d'Anthr. de Lyon*, t. IV, 1884, p. 194. |
| Paray-le-Monial. | Sur les bords de la Bourbince. | Paray-le-Monial. | Charolles. | | ✡ | | | | Rens. de M. Georges Bonnet. — (Musée de Paray, Coll. G. Bonnet, etc.) |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Péronne. | A la fommière de Péronne et aux Perrières (hachettes). | Lugny. | Mâcon. | △² | | | | | (Musée de Tournus). — Renseign. de M. J. Martin. |
| Perrecey-les-Forges. | | Toulon. | Charolles. | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Perrigny. | A Charnay. | Bourbon-Lancy. | d° | | △⁺ | | | | Renseign. de M. le Dr Bailleau, 1869 et 1902. |
| Pierre. | | Pierre. | Louhans. | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat, 1876.. |
| Pierre-de-Varennes (Saint). | A Épiry. | Couches. | Autun. | | △⁺ | | | | Renseign. de M. Bulliot, 1876. |
| Pierreclos. | Les Cras. | Tramayes. | Mâcon. | △ | | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâconnais préh.*, p. 37. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 15. |
| d° | Au bois des Pierres, enceinte circulaire en pierres sèches. | d° | d° | | | | | □ | Ferry (de) et Arcelin, *Mâconnais préhistoriq.*, p. 128. |
| d° | A la Vautrée. | d° | d° | | △⁺• | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) |
| Plottes. | Aux steppes de Plottes. | Tournus. | Tournus. | ♦ | | | | | Renseig. de M. Berthier, instit. à Plottes. — (Musée de Tournus.) |
| Pouilloux. | Dans un bois épais dolmen découvert en 1876 par M. le Dr Jeannin. | La Guiche. | Charolles. | | ⛺ | | | | Rens. de M. le Dr O. Jeannin. |
| d° | | d° | d° | | △ | | | | Rens. de M. J. Canat, 1876. |
| Préty. | Berges de la Saône. | Tournus. | Mâcon. | | ✡⁴ | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâconnais préh.*, p. 93. — A. Arcelin, *Chronologie préh.*, 1874, p. 42. |
| d° | Sur le chemin de Préty à Lacrost. | d° | d° | | △⁺ | | | | (Musée de Tournus.) — Renseign. de M. J. Martin. |
| d° | 80 tumulus dont 19 sur deux alignements. | d° | d° | | | | ⛵⁸⁰ | | *Congrès archéol. de France*, vol. de 1847, p. 359 et vol. de 1851, p. 139. |
| Prissé. | Aux Croisettes, près de la gare, haches polies. | Mâcon. | d° | | △⁺ | | | | (Coll. Arcelin et Lacroix.) — Lafay et Lex, *l'Age de la pierre dans l'arrondiss. de Mâcon*, p. 14. |
| Pruzilly. | Mont-Bessay. | La Chapelle-de-Guinchay. | d° | △⁺ | ✡ | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. — C. Savoye, *le Beaujolais préh.*, 1899, p. 61. |
| d° | Le Rochat. | d° | d° | | △ | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Pruzilly. | La Pierre. | La Chapelle-de-Guinchay. | Mâcon. | | △+ | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) |
| Radegonde (Sainte). | Les Brayes. | Issy-l'Évêque. | Autun. | | ✡ | | | | Jeannin et Berthier, *Association française*, 1873, p. 623. |
| d° | Les Roches. | d° | d° | | ✡ | | | | d° |
| d° | A Bost, tumulus fouillé par M. Garenne. | d° | d° | | | | ⛺ | | Rens. de M. H. de Fontenay. |
| Ratenelle. | | Tournus. | Mâcon. | | △ | | | | *Annuaire du dép. de Saône-et-Loire*, 1824. |
| Rattes. | Château de la Motte, tumulus entouré d'un fossé. Caveau contenant des ossements humains (fouillé en 1792). | Louhans. | Louhans. | | | | ⊏ | | Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 79. |
| d° | Château d'Ersailles, motte entourée d'un large fossé. | d° | d° | | | | | ⊏ | d° |
| d° | Au Cartil-Joly. | d° | d° | | | | | ⊏ | d° |
| Remy (St). | | Chalon. | Chalon. | | △ | | | | (Musée de Chalon.) |
| Rigny-sur-Arroux. | Dans la tranchée du canal de Gueugnon. | Gueugnon. | Charolles. | ◊ | /// | | | | Chabas, *Silex de Volgu*. — *Matériaux*, 1876, p. 172. — *Album du Musée de Saint-Germain*. — Mortillet (de), *le Préhistorique*, p. 366. |
| d° | Au Champ-Bardier, en 1897, découverte, sous une large pierre, d'un vase en terre, contenant 11 kilogr. d'objets en bronze. | | | | | ♦ | | | (Coll. de M. le Dr Bailleau, à Pierrefitte (Allier) et de M. Villedey, à Rigny.) — Rens. de M. le Dr Bailleau, 1902. |
| Romain-sous-Gourdon (Saint) | La Vernée. Cette station s'étend également sur Saint-Vallier. | Mont-Saint-Vincent. | Chalon. | | ✡ | | | | Jeannin, *Matériaux*, 8e année. — Jeannin et Berthier, *Association franç.*, 1873, p. 622. |
| d° | La Croix-Racho. | d° | d° | | ✡ | | | | Jeannin et Berthier, *Association française*, Lyon, 1873, p. 621. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| Romain-sous-Versigny (St). | A Enante. | Toulon. | Charolles. | | △ | | | | Renseign. de M. J. Canat. |
| Romain-des-Iles (Saint) | Berges de la Saône. | La Chapelle-de-Guinchay. | Mâcon. | | △+ | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) |
| Romanèche. | Haches en pierre polie et silex néolithiques disséminés dans la commune. | d° | d° | | △+ | | | | Rens. de M. Guillemin, instituteur à Romanèche. |
| Romenay. | | Tournus. | d° | | △ | | | | (Musée de Tournus.) — Renseig. de M. J. Martin. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Rousset (Le) | Près Saint-Quentin.. | La Guiche. | Charolles. | | | | |  | Monnier, *Notes histor. sur Saône-et-Loire*, 1873. |
| Rully. | Grotte d'Agneux ou de Mère-Grand. | Chagny. | Chalon. |  | | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâconnais préh.*, p. 33. — Lortet et Chantre, *Archives du Muséum de Lyon*, t. I. p. 91. — A Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 15. — Mortillet (de), *le Préhistorique*, pp. 281 et 444. — A. Bertrand, *Archéol. celtique et gauloise*, 1876. |
| d° | Le Camp-Varot. | d° | d° | |  | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| Rully. | Sur le plateau d'Agneux. | d° | d° | |  | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 14. |
| Sagy. | Murot des Turies ou des Terrus au hameau de Parmouin, motte entourée d'un fossé. (A été nivelée.) | Beaurepaire. | Louhans. | | | | |  | Monnier, *Notes histor. sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 80. |
| Sailly. | Entre le village et le hameau des Jandots : La Pierre-Folle oscillait autrefois, immobile aujourd'hui. | Saint-Gengoux-le-National. | Mâcon. | | | | |  | Monnier, *Notes histor. sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 81. — C. Savoye, *les Mégalithes du dép. de Saône-et-Loire, Bull. de la Soc. d'Anth. de Lyon*, 1899, p. 210. |
| Salle (La). | Vallon du Biétors. Parc de M. de Lachesnaie. | Lugny. | d° |  |  2 | | | | (Coll. Lafay, à Mâcon, et C. Savoye, à Odenas, Muséum de Lyon.) — A. Arcelin; *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 15. — C. Savoye, *Bull. de la Soc. d'Anth. de Lyon*, t. XX, 1901, p. 120. |
| d° | Camp de la Roche. | d° | d° | |  | | | | Ferry (de) et Arcelin, *Mâconnais préhistoriq.*, p. 128. — (Coll. C. Savoye, à Odenas.) — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 15. |
| d° | En aval de l'embouchure de la Mouge. | d° | d° | |  | | | | A. Arcelin, *la Chron. préh.*, 1874, p. 49. |
| Salornay-sur-Guye. | Sur le penchant d'une colline à l'est de la commune. | Cluny. | d° | | | | |  | Ragut, *Statistique du dép. de Saône-et-Loire*, t. II, p. 298. |
| d° | | d° | d° | |  | | | | (Collect. J. Protat, à Mâcon.) |
| Sancé. | Aux Varennes. | Mâcon. | d° | |  | | | | G. Lafay, *Bull. de la Soc. d'Hist. natur. de Mâcon*, 1900, p. 197. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Sancé. | Berges de la Saône. | Mâcon. | Mâcon. | | △ | | | | A. Arcelin, *la Chronologie préhist.*, 1874, p. 50. |
| d° | La Roche. | d° | d° | | △+ | | | | Coll. C. Savoye, à Odenas (Rhône). |
| d° | A Châtenay. | d° | d° | | ✡ | | | | (Collect. Lafay, Lex, etc.). — Lafay et Lex, *l'Age de la pierre dans l'arrondis. de Mâcon*, p. 16. |
| d° | A Champ-Comtot. | d° | d° | △+ | △+ | | | | d° |
| Sanvignes. | La Tour-Vat. | Toulon. | Charolles. | | | | | | Jeannin, *Matériaux*, 8° année. — Jeannin et Berthier, *Associat. française*, 1873, p. 627. — A. Arcelin, *Stations préhist. de Saône-et-Loire*. 1877, p. 14. |
| Sarry. | Les Pillaux. | Semur. | d° | | | ♦ | | | (Coll. du Dr Bailleau à Pierrefitte, Allier). — Renseignements de MM. Dr Bailleau et Legrand de Mercey. — Mortillet (de), *Musée préhist. pl.* LXXI et LXXII. — Q. Ormezzano, *Quelques vest. preh. et arch. dans Annales de l'Ac. de Mâcon*, 3° série, t. IV, 1899, p. 504. |
| Sassenay. | | Chalon. | Chalon. | | | ✡ | | | E. Chantre, *Age du bronze*. — (Collection Chabas). |
| Saunières. | | Verdun. | d° | | | △ | | | (Coll. de M. Court, à Dijon). — F. Rey, *l'Age du bronze dans la Côte-d'Or, Congrès archéologique*, Mâcon, 1899, p. 107. |
| Sennecey-le-Grand. | Camp de Cyric qui a donné des instruments en pierre. | Sennecey. | d° | | ⊏ | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| d° | | d° | d° | | | △ | | | (Muséum d'histoire naturelle de Lyon). — E. Chantre, *Age du bronze*, statistique, 1875-76. |
| d° | Dans les fossés du château. | d° | d° | | △ | | | | Renseign. de M. Bulliot. |
| d° | En Boulay. | d° | d° | | | △ | | | (Musée de Tournus). — Renseign. de M. J. Martin). |
| d° | A Sens. | d° | d° | | △ | | | | d° |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Sennecé-lès-Mâcon. | La Sénétrière. | Mâcon. | Mâcon. | ♦ | ♦ 2 | | | | (Coll. Lafay, à Mâcon et C. Savoye, à Odenas, Rhône ; Muséum de Lyon). — Lafay, *Stations préhistor. des environs de Mâcon*, dans *l'Homme*, 1886, p. 632 et *l'Anthropologie*, 1891, p. 289-296. — E. Chantre, *l'Homme quaternaire dans le bassin du Rhône*, 1901, p. 37. |
| d° | Carrière des Bouleaux. | d° | d° | ♦ | | | | | Lafay, *Une exploitation souterraine à l'époque acheuléenne*. — E. Chantre, *l'Homme quatern. dans le bassin du Rhône*, 1901, p. 37. |
| Senozan. | Bords de la Saône. | d° | d° | | ✡ | | | | (Coll. Chaumonot, Guérin, Lafay, Savoye, etc.). — Lafay et Lex, *l'Age de la pierre dans l'arrondis. de Mâcon*, p. 16. |
| Sernin-du-Plain (St). | Rome-Château. | Couches. | Autun. | | ⊏ | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| Simandre | Rive gauche de la Saône, en amont du moulin de Richy. | Cuisery. | Louhans. | | ✡ | | | | De Ferry et Arcelin, *Mâconnais préhistorique*, 1870, p. 92. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| d° | Champ-des-Belles-Colonnes. | d° | d° | | ⩚ | | | | Monnier, *Annales de l'Académie de Mâcon*, t. XI, 1873. |
| d° | Dans la Grande Prairie. | d° | d° | | | | 8 | | Monnier, *Notes historiques sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 82. |
| d° | Le Champ-des-Morts. | d° | d° | | | | | ++ | J. Martin, *Sépultures barbares des environs de Tournus*, p. 25. |
| Solutré. | Le Cros-du-Charnier. | Mâcon. | Mâcon. | ✡ | ✡ | | | | H. de Ferry, *Ancienneté de l'homme dans le Mâconnais*, 1867. — A. Arcelin, *Note sur les antiquités préhist. dans la vallée de la Saône*, 1867. — H. de Ferry, *Discours de réception à l'Académie de Mâcon*, 1868. — A. Arcelin, *La Station préh. de l'âge du renne de Solutré*, 1868. — G. de Mortillet, Trutat et Cartailhac, *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle* |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Solutré. *(Suite).* | Le Cros-du-Charnier. | Mâcon. | Mâcon. | | | | | | *de l'homme*, t. III, p. 114, 399, 415, 416; t. IV, pp. 33, 35, 100, 102, 108, 154, 155, 274, 317; t. V, pp. 469, 478. — de Ferry et Arcelin, *Le Mâconnais préhist.*, 1870, p. 40. — Lortet et Ducrost, *Archives du Muséum de Lyon*, t. I, 1872, p. 1, etc., etc. |
| d° | Sur la Roche. | d° | d° | | ⊏ | | | | de Ferry et Arcelin, *Mâconnais préhistor.*, p. 128. — Arcelin, *Stations préh. de Saône-et Loire*, 1877, p. 14. |
| d° | Le Clos. | d° | d° | △ | | | | | de Ferry et Arcelin, *Mâconnais préhistor.*, 1870, p. 38. |
| d° | La Grange-Murger, silex taillés avec un squelette *d'elephas primigenius*. | d° | d° | △⁺ // | | | | | d°. |
| d° | Au Gros-Bois. | d° | d° | | ✡ | | | | Lafay et Lex, *l'Age de la pierre dans l'arrondissement de Mâcon*. p. 16. |
| Sorlin (Saint). | Sommeré. | d° | d° | △ // | | | | | de Ferry et Arcelin, *Mâconnais préhistor.*, 1870, p. 37. — A. Arcelin, *Stations preh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| d° | Les Belouzes. | d° | d° | | ✡ | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 14. |
| d° | Nancelles. | d° | d° | | ✡ | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*: p. 15. |
| d° | Aux Ronzettes. | d° | d° | △⁺ ) | | | | | (Coll. Arcelin, Ferry, Lafay, Guérin, Protat, etc.). — Lafay et Lex, *l'Age de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 15. |
| d° | Aux Molards. | d° | d° | △⁺ ) | | | | | d° |
| d° | Près du chemin des Goutales. | d° | d° | △⁺ ) | | | | | d° |
| Suin. | | Bonnet-de-Joux (St). | Charolles. | | △⁺ | | | | Renseignem. de M. Bulliot. |
| d° | Dans les bois de Morphée. | d° | d° | | ⅄ | | | | Monnier, *Notes historiques sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 82. — C. Savoye, *Monuments mégalithiques de Saône-et-Loire*, dans *Bulletin de la Soc. d'Anthrop. de Lyon*, 1899, p. 207. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Tagnière (La) | Entre le hameau du Bois-du-Breuil et la Combe au Murger : La Pierre Croulante. | Mesvres. | Autun. | | | | |  | Monnier, *Notes historiques sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 83. |
| Tintry. | Les Maisons-rondes murger, dans le pré de l'Ouche-Ponteuil. | Épinac. | Autun. | | | | |  | Renseig. de M. H. de Fontenay, 1876. |
| Torcy. | Dans le champ du Château-Sarrazin. | Montcenis. | d° | | | | |  | Ragut, *Statistique du départem. de Saône-et-Loire*, 1838, t. II, p. 321. — Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 83. |
| Toulon-sur-Arroux. | Le Sac. | Toulon. | Charolles. | |  | | | | Jeannin, *Matériaux*, 8e année. — Jeannin et Berthier, *Association française*, Lyon, 1873, p. 626. |
| d° | Sur le territoire de la commune. | d° | d° | |  | | | | Jeannin et Berthier, *Assoc. française*, 1873, p. 627. |
| d° | A Montfaucon, tumulus, bracelets en schiste et en lignite. | d° | d° | | | |  2 | | Renseig. de M. H. de Fontenay, 1876. — V. Berthier, *Bulletin de la Société d'hist. naturelle d'Autun*, 1893. |
| d° | | d° | d° |  | | | | | *Matériaux*, 7e année, p. 107. |
| Tournus. | Puits des Sept-Fontaines. | Tournus. | Mâcon. | |  | | | | (Musée de Tournus). — Renseig. de M. J. Martin. |
| d° | A Chormes. | d° | d° | |  | | | | d° |
| d° | Lit de la Saône. | d° | d° | | |  | | | (Collect. Lacroix, à Mâcon). — de Ferry et Arcelin, *Mâconnais préh.*, 1870, p. 130. — E. Chantre, *Age du bronze*, 1875-1876. |
| d° | A Belney. | d° | d° | |  | | | | (Musée de Tournus). — Renseig. de M. J. Martin. |
| d° | Berges de la Saône. | d° | d° | |  | | | | de Ferry et Arcelin, *Mâconnais préh.*, 1870, p. 92. — A. Arcelin, *Stations préhistoriques de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| d° | Les Justices, silex taillés, enclume en bronze. | d° | d° | |  |  | | | Musée de Tournus. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Tournus. | | Tournus. | Mâcon. | | | | | | (Musée de Saint-Germain). — *Indic. de l'Arch.*, 1873, p. 433. |
| d° | Le Roy-Guillaume. | d° | d° | ✡ | | | | | (Musée de Tournus). — Renseig. de M. J. Martin. |
| d° | A Beaufer. | d° | d° | | ✡ | | | | d° |
| d° | La Garenne. | d° | d° | | ✡ | | | | d° |
| d° | Pré des Moitiés. | d° | d° | | ♦ | | | | d° |
| d° | Saint-Guy-le-Fort. | d° | d° | | ✡ | | | | d° |
| Toutenant. | Au Meix-Guillot, tumulus détruit vers 1840, épaisses couches de cendres avec charbons. | Verdun. | Chalon. | | | | ⌓ | | Monnier, *Notes historiques sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 84. |
| Tramayes. | Pierres de justice sur la montagne de la Pierre-Blanche. | Tramayes. | Mâcon. | | | | | ▲ 2 | Monnier, *Annales de l'Académie de Mâcon*, t. XI, 1873. |
| Truchère (La). | Au confluent de la Seille, berges de la Saône. | Tournus. | d° | | ✡ | | | | (Collect. Lacroix, à Mâcon). — Renseignement de M. A. Revon. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. |
| d° | | d° | d° | | | ♦ | | | Indiquée par M. Canat de Chizy. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 13. |
| d° | Grand nombre de tumulus dans les prairies de Pont-Seille. | d° | d° | | | | ⌓ | | Ragut, *Statistique du départ. de Saône-et-Loire*, 1838, t. II, p. 331. — Monnier, *Notes historiques sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 85. |
| d° | A Pontseille. | d° | d° | | ✡ | | | | (Musée de Tournus). — Renseign. de M. J. Martin. |
| d° | Hachette à douille. | d° | d° | | | △ | | | d° |
| Uchizy. | A Grenot, hache polie. | d° | d° | | △ | | | | d° |
| Uchon. | Au sommet de la montagne, dans le bois des Crost, la Pierre-Croulante. | Mesvres. | Autun. | | | | | ⌓ | Congrès Archéol. de France, 1847, p. 356. — Monnier, *Annales de l'Acad. de Mâcon*, 1873, t. XI. — Morlot, *Notice sur les pierres à bassins du Morvan*, 1877, p. 208. — Fournet, *Influence du mineur*, p. 381. |

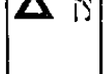
## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Uchon. | A la Ravière, dolmen dont le toit est formé de six pierres, appelé la Chambre-du-Bois. | Mesvres. | Autun. | | ⊤ | | | | Renseig. de M. H. de Fontenay, d'après les notes de M. Devoucoux. |
| d° | Le Salon-du Diable. | d° | d° | | | | | ⚠ | Courtois, *Notice sur Uchon*. |
| Uxeau. | Au Mauvais-Pas, menhir : le Thureau de l'Officier qui servait de limite à trois communes, renversé vers 1870. | Gueugnon. | Charolles. | | ⅄ | | | | Monnier, *Notes historiques sur Saône-et-Loire*, 1873, p. 87. |
| d° | Près du Mont-Dardon. | d° | d° | | △ | | | | (Coll. du Dr Bailleau, à Pierrefitte, Allier). |
| d° | Mont-Dardon. | d° | d° | | ✡ | | | | Jeannin et Berthier, *Association française*, 1873, p. 621. |
| Vallier (St). | La Croix-Racho, entre Saint-Vallier et Saint-Romain-sous-Gourdon. | Montceau-les-Mines. | Chalon. | | ✡ | | | | Jeannin, *Matériaux*, 8e année. — Jeannin et Berthier, *Association française*, Lyon, 1873, p. 622. |
| d° | La Vernée, station entre St-Vallier et Saint-Romain-sous-Gourdon. | d° | d° | | ✡ | | | | d° |
| Varennes. | Berges de la Saône. | Mâcon. | Mâcon. | | △ | | | | Renseign. de M. Canat, 1876. |
| Varennes-le-Grand. | Sur la plage de la Saône, silex taillés et poteries grossières. | Chalon. | Chalon. | | ✡ | | | | A. Arcelin, *Chronologie préhistor.* 1874, p. 49. |
| Varenne-sous-Dun. | Sur la montagne du Chemineau. | La Clayette. | Charolles. | | | | | ▲ | Monnier, *Notes histor. sur Saône-et-Loire*, 1873. |
| Vérand (Saint) | Mont-Bessay. | La Chapelle-de-Guinchay. | Mâcon. | | ✡ | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône.) |
| d° | | d° | d° | | △ | | | | (Collect. Lacroix, à Mâcon.) |
| Verdun-sur-le-Doubs. | Dans la Saône. | Verdun. | Chalon. | | | ✡ | | | (Musée de la Comm. des antiquités de la Côte-d'Or et Coll. Valentin-Smith, à Trévoux.) — Renseign. de M. Ch. Aubertin. |
| d° | Dans la Saône. | d° | d° | | △ | | | | (Musée de Beaune.) — Renseig. de M. Ch. Aubertin. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Vergisson. | Grotte des Tasnières. | Mâcon. | Mâcon. | | | | | | Rozet, *Statist. minér. de Saône-et-Loire*, p. 448. — de Ferry, *l'Ancienneté de l'homme dans le Mâconnais*, Gray, 1867. — de Ferry et Arcelin, le *Mâconnais préh.*, 1870, p. 33. — Bertrand, *Archéologie celt. et gaul.* 1876, etc. |
| d° | Sur la Roche. | d° | d° | | △+ | | | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 14. — (Coll. C. Savoye, à Odenas.) |
| d° | Route de Pierre-clos. | d° | d° | △ | | | | | de Ferry et Arcelin, *Mâconnais préh.*, 1870, p. 37. |
| d° | Au nord de la grotte. | d° | d° | | △+ | | | | (Coll. C. Savoye, à Odenas, Rhône. |
| d° | Aux Chauserons, pointes de flèches néolithiques. | d° | d° | | △+ | | | | Lafay et Lex, *l'Age de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 17. |
| d° | En Tillet, hache polie. | d° | d° | | △ | | | | d°. |
| Vérosvres. | Pierre-qui-Tourne, près le hameau des Hauts-Ducs, détruite en 1895. | Bonnet-de-Joux (St). | Charolles. | | | | | | Monnier, *Annales de l'Académie de Mâcon*, t. XI, 1873. |
| Verrières-la Grande. | Au Petit-Mézieu, en 1836. | Léger-sous-Beuvray (St). | Autun. | | △ | | | | (Coll. Ch. de Saint-Géraud.) — Rens. de M. H. de Fontenay. |
| d° | Camp de Glenne. | d° | d° | | | | ⊏ | | Bulliot, *Essai sur le système défensif des Romains*, 1856, p. 81. |
| Vérizet. | Berges de la Saône. | Lugny. | Mâcon. | | | ✡ | | | E. Chantre, *Age du bronze, Statistique.* — (Coll. Legrand de Mercey, à Saint-Oyen.) |
| Vers. | | Sennecey-le-Grand. | Chalon. | | ✡ | | | | A. Arcelin, *Stations preh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 15. |
| d° | Route de Dulphé. | d° | d° | △ | | | | | d° |
| d° | A Pingrin. | d° | d° | | | | | ⌓+ | J. Martin, *Sépultures barbares des environs de Tournus*, p. 25. |
| d° | A Vergy. | d° | d° | | | | | ⌓+ | d° |
| Verzé. | Vaux-Verzé. | Mâcon. | Mâcon. | △ | | | | | de Ferry et Arcelin, *Mâconnais préh.*, 1870, p. 37. |
| d° | Grotte de Vaux-Verzé, appelée encore Voûte de la veuve Bridet. | d° | d° | | | | | | de Ferry et Arcelin, *Mâconnais préh.*, p. 126. — A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, p. 14. |

## DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE

| COMMUNE | LIEU-DIT | CANTON | ARRONDISSEMENT | ÉPOQUES | | | | | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AGE de la PIERRE | | AGE des MÉTAUX | | Indéterminée | |
| | | | | Paléolit. | Néolith. | Bronze | Fer | | |
| Verzé. | A Verchiseuil. | Mâcon. | Mâcon. |  |  | | | | de Ferry et Arcelin, *Mâconnais préh.*, pp. 23 et 127. |
| d° | Sur le Mont. | d° | d° | | | |  6 | | A. Arcelin, *Stations préh. de Saône-et-Loire*, 1877, p. 13. |
| d° | A Verchiseuil. | d° | d° |  | | | | | Rens. de M. G. Lafay, 1901. |
| d° | Au bois de Malessard. | d° | d° |  | | | | | (Coll. Arcelin, Lafay, Ferry, etc.) — Lafay et Lex, *l'Age de la pierre dans l'arr. de Mâcon*, p. 17. |
| d° | Au bois de la Roche. | d° | d° |  | | | | | d° |
| d° | A la Belouze, hache polie et pointe de flèches dans une sépulture. | d° | d° | |  | | | | d° |
| Villars (Le). | Dans le lit de la Saône, vis-à-vis de Pierre-Aiguë, en 1820. | Tournus. | d° | |  | | | | Rens. de M. Legrand de Mercey. — Monnier, *Notes hist. sur Saône-et-Loire*, p. 28. |
| d° | Au Souchet. | d° | d° | |  | | | | (Musée de Tournus.) —Rens. de M. J. Martin. |
| d° | Aux Evasats. | d° | d° | |  | | | | d° |
| Villegaudin. | A Lamarche. | Martin-en-Bresse (St) | Chalon. | | | |  | | Rens. de M. Legrand de Mercey. |
| Vincent-en-Bresse (St). | | Montret. | Louhans. | | | | |  | Ragut, *Statistique du dép. de Saône-et-Loire*, 1838, t. II, p. 348. |
| Vinzelles. | | Mâcon. | Mâcon. | |  | | | | (Coll. de M. Louis Durand, à Crèches.) |
| Vitry-en-Charollais. | Entre les hameaux La Cabois et le Cureau. | Paray-le-Monial. | Charolles. | |  | | | | Renseign. de M. G. Bonnet. |
| Yan (Saint). | Près de l'église neuve. | d° | d° | |  | | | | Renseign. de M. le Dr Bailleau, 1869 et 1902. |
| Dans le département. | | | | | |  | | | (Coll. John Evans, à Mash Mill, Angleterre.) |
| d° | Dans le lit de la Saône. | | | | |  4 | | | (Musée de Saint-Germain.)—E. Flouest, *Notes pour servir à l'étude de la haute antiquité en Bourgogne*, Semur, 1872. |
| d° | d° | | | | |  | | | (Musée du Mans.) — *Cat. de l'Exp. univ. de Paris*, 1867, n° 526. |

M. le Comte DE CHARENCEY

A Paris.

## SUR LES IDIOMES KOLARIENS [491.43]

*— Séance du 9 août —*

Les idiomes du groupe kolarien, en vigueur dans plusieurs localités du nord de l'Hindoustan sont caractérisés par l'exubérance de leurs formes grammaticales et leur structure nettement agglomérante. C'est ce qui les distingue, à première vue, des dialectes aryens de l'Inde moderne, tels que l'Hindi et le Bengali, chez lesquels prédomine le principe de la flexion aussi bien que de ceux de l'Himalaya, apparentés au Tibétain, au Barman et plus ou moins strictement monosyllabiques. D'après les philologues les plus compétents, la famille kolarienne comprendrait :

1° Le *Santhali* du Bengale occidental, partagé en ses divers dialectes qui sont le *Ho,* le *Mundari,* le *Karia,* le *Santhali* proprement dit et le *Brumij;*

2° Le *Juang* ou *Puttooa* en vigueur chez certaines populations très sauvages des jungles, au sud de Palamow et de Singboom;

3° Le *Savara* spécial à une localité sise entre Balassore et Cuttack;

4° Le *Korwa* à l'ouest du pays occupé par les Santhalis;

5° Le *Kurku* parlé dans deux localités séparées, au sud de la Nerbuddah, à l'ouest et au nord des Ghonds;

6° Le *Kur* usité, affirme-t-on, dans cinq endroits différents, de la région sise à l'est de Jubalpore.

En dépit de leur parenté originelle, tous ces langages, aujourd'hui, s'éloignent beaucoup les uns des autres sous le rapport du lexique et, sans doute aussi, sous le rapport grammatical.

Cela s'expliquerait par la haute antiquité à laquelle remonte leur séparation d'un tronc commun.

Elle a certainement précédé de plusieurs siècles l'arrivée des Indo-Iraniens et même celle des Dravidiens, partis des vallées du Bélouchistan pour se fixer dans le Dekkan.

D'autre part, ce fait que le Kurku et le Kur se trouvent, pour ainsi dire, coupés en plusieurs tronçons distincts l'un de l'autre ne saurait guère s'expliquer que par l'extension sans doute très récente des parlers néo-indous qui menacent les patois kolariens d'une prompte absorption.

Il nous serait difficile de partager l'opinion du R. Skreefsrud, lequel admet que les populations kolariennes avaient pu s'élever à un certain

degré de civilisation antérieurement à l'arrivée des Aryas. Effectivement, les *Juangas* qui semblent avoir le mieux conservé le genre de vie de leurs ancêtres restent à un stage de développement fort inférieur. Vivant surtout de chasse et de racines sauvages, ils ont un goût spécial pour la chair de certains serpents, spécialement du python *Molurus*. On les voit rarement, à l'exemple des populations agricoles qui les environnent, se livrer à quelque essai de culture. Du reste, le régime des castes leur demeure inconnu. Toutes leurs obligations vis-à-vis des autorités du pays se résument dans un léger tribut de miel et d'essences tirées de certaines fleurs (1).

Au point de vue physique les Juangas ne ressemblent guère aux autres habitants de la péninsule. Leur type ne saurait même être considéré comme caucasien. De petite taille, doués de peu force musculaire, ils ont souvent le nez à la fois aplati et retroussé, les lèvres plus ou moins empâtées, la face plus large à la fois et plus courte que celle des autres habitants de l'Ooriah, les cheveux en broussailles. Chez eux, les femmes auxquelles un vieil usage ne permet comme costume que des branches d'arbres munies de leurs feuilles, seraient d'une laideur vraiment repoussante. On ne nous dit pas, d'ailleurs, à quelle race aujourd'hui existante, l'on pourrait les rattacher.

Les traditions des tribus kolariennes nous offrent d'ailleurs bien peu de renseignements sur leur histoire ancienne. Quelques Juangas regardent le pays de Keonjour comme le berceau primitif de leur nation, mais la plupart d'entre eux ne se figurent pas leurs ancêtres venus d'une autre région que celles qu'ils habitent actuellement.

Les légendes des Santhalis, seraient, il est vrai, un peu plus explicites, mais elles nous apparaissent tellement mélangées d'éléments étrangers, qu'on ne saurait leur accorder beaucoup de crédit. Quoiqu'il en soit, elles assignent pour séjour aux hommes primitifs une région située quelque part à l'est. De là, le premier couple humain se transporta en occident, dans un endroit appelé *Hihirhi-Pipirhi*, ce qui paraît signifier la « Jungle d'Hirhi ». C'est là qu'ils eurent sept fils et autant de filles. Nous les voyons passer ensuite à *Sasangbedha*, puis à *Khojkaman*. Alors, Dieu pour châtier les crimes des hommes envoya une pluie de feu qui les détruisit tous, sauf le couple primordial. Ce dernier aurait trouvé asile dans une caverne du mont *Hara* ou *Har-a-ta*. Serait-ce, par hasard, l'Ararat des traditions arméniennes sur lequel aborda l'arche de Noé ?

A la suite de ce grand événement, les Santhalis se séparant du reste du genre humain auraient pris la direction de l'est. Ils se trouvèrent ainsi conduits dans un endroit appelé *Jarpi* pour se rendre ensuite à *Singpass*, puis à *Bakingpass* et arriver enfin à *Aere* (Iran ?)

(1) M. E. A. SAMUELLS : *Notes on a forest race called Puttooaso or Juangus*, p. 295 et suiv. du vol. XXV (1856) du *Journal of the Asiatic Society of Bengal*,

C'est de là qu'ils émigrent au pays de *Khangdhé* (Afghanistan). Prenant alors la direction du nord-est, nous les voyons arriver dans la terre de *Chae* (Tartarie chinoise). Puis ils prennent par le sud-est et traversant divers passages, tombent au pays de *Champa* arrosé par sept rivières. Serait ce le *Sapta-Sindhu* des vieux géographes indous, le Pendjab actuel. Nos voyageurs y demeurent installés pendant une longue suite de générations, s'y organisent à l'état de nation policée.

Enfin, après de longs jours de gloire et de prospérité, après avoir eu des princes de leur race, les malheureux se trouvent chassés de cet asile par une nation ennemie. Les voilà de nouveau obligés de reprendre le cours de leurs pérégrinations. Ils errent longtemps avant que d'arriver à Nagpore, bientôt abandonné lui-même pour Sikhar, du district d'Hazaribagh, d'où ils arrivent enfin à leur séjour actuel. Ils avaient, pendant leurs courses aventureuses, habité auprès de plusieurs cours d'eau dont ils nous ont conservé les noms, à savoir :

*Mahanai*, *Singjonai*, *Girunai*, *Surhanai* et *Gangnai* ou *Guanai* (le Gange?)

Les Santhalis, du reste, sont partagés en douze tribus dont nous ne croyons pas utile de donner ici les noms, et dont une, d'ailleurs, s'est éteinte. Ajoutons que chaque tribu se divise elle-même en douze familles. Le nombre des tribus n'était primitivement que de sept. Les cinq dernières formées plus tard sont estimées inférieures aux précédentes (1).

La famille kolarienne a, certainement, à l'origine, occupé une aire beaucoup plus vaste qu'aujourd'hui. Ce qui ne paraît ne laisser aucun doute à cet égard, c'est la ressemblance déjà signalée, il y a assez longtemps, par le R. Masson, de certains noms de nombre dans les dialectes de cette souche et ceux de la famille Môn-Péguane. Joignons-y quelques termes des plus usuels et qui s'échangent plus rarement d'un idiome à l'autre (2).

On pourra juger de tout ceci par la liste suivante :

S. désigne le Santhali; SV, le Savara; A, l'Annamite; M, le Môn ou Péguan; C, le Cambodjien; K, la langue *Ka* et enfin KH, le Khong.

UN : S, *Midh*, *mith*. — A, *Mot*, *mœt*. — M, *Mue*. — C, K et KH, *Moe*.
DEUX : S, *Barria*, *barea*, *bar*. — M, *Bâ*. — C, *Pir*. — K, *Bur*. — KH, *Bar*.
TROIS : S, *Apia*, *pea*, *pe*. — M, *Paï*. — C, *Baï*. — K et KH, *Peh*.
QUATRE : S, *Ponia*. — SV, *Vonjii*. — M, *Pot*. — C, *Buan*. — K, *Pvan*. — KA, *Pon*. — A, *Bon*.
ŒIL : S, *Met*. — SV, *Amu*. — M, *Mot*. — A, *Môt*. — K et KH, *Mat*.
OREILLE : S, *Lutu*. — SV, *Luv*. — A, *Lo-taï*.
MAIN : S, *Ti*. — SV, *Asi*. — A, *Tay*.
IL, LUI : S, *Noi*. — A, *Nó*.

(1) REV. SKREFSRUD : *A grammar of the Santali language*, Introd. (Bénarès, 1873).
(2) LATHAM : *Elements of comparative philology*, 184 (London, 1862).

Si le temps ne nous avait un peu fait défaut cette liste aurait pu, sans doute, être considérablement augmentée. Toutefois, nous ne pouvons que nous ranger sur ce point à l'avis du R. Masson. Ces affinités entre le Kolarien et les dialectes Môn-Annamites ne sauraient être que le résultat d'un emprunt. On ne doit pas y voir la preuve d'une ancienne parenté. En effet, ces derniers n'offrent grammaticalement rien de commun avec le Santhali. Leur structure monosyllabique, l'existence chez eux de tons chantés comme en Chinois, leur donnerait, à première vue, plus de ressemblance avec les dialectes transgangétiques. Mais, ajoutons par parenthèse que, certainement, ils appartiennent à une autre souche que ces derniers et se rapprocheraient plutôt de la famille Malayo-Polynésienne dont ils constituent, à vrai dire, un groupe bien tranché. Tout ce que l'on pourrait admettre, c'est que l'influence transgangétique se sera fait sentir chez eux assez fortement pour modifier leur morphologie primitive. Un pareil fait ne serait pas sans exemple dans l'histoire de la philologie comparée. En tout cas, le savant linguiste M. Stheinthal, regarde au point de vue syntactique, l'Annamite comme très inférieur au Chinois et ne le place pas à un rang plus élevé que le Malai ou le Javanais, c'est-à-dire qu'il occupe avec eux le dernier échelon de la série linguistique.

On ne saurait douter, d'ailleurs, que ce ne soient le Môn et l'Annamite qui ont emprunté au Kolarien et non ce groupe à l'Annamite. Nous en pouvons conclure que les Môns, Cambodgiens et autres habitants de l'Annam se trouvaient dans un état de civilisation bien rudimentaire, lorsqu'ils arrachèrent aux Kolariens, l'empire de l'Indo-Chine. Effectivement, c'est d'ordinaire preuve de barbarie chez un peuple que ces emprunts lexicographiques portant sur les termes les plus usuels.

Du reste, certains idiomes de souche transgangétique ont aussi pris au vocabulaire kolarien. Comment, par exemple, ne pas reconnaître le *Ponia*, « quatre » du Santhali; *Vonjii* (même sens) du Savara dans son synonyme, le *Phoun* du Palaong qui est un dialecte Thaï ou Siamois, le *Bining* du Vayou (dialecte de l'Himalaya); *Pinjang* du Kusunda? Enfin le *Mith* « un », et *Ponia* « quatre », du Santhali reparaîtront encore, mais avec usage d'un préfixe *K* ou *Kam* dans le *Kmo*, « un » et *Kambum* « quatre » du Kusunda (dialecte de l'Assam).

Comme il était, du reste, tout naturel de le supposer, quelques emprunts ont visiblement été faits par les Kolariens aux idiomes aryas de l'Inde et aux parlers de l'Himalaya. Ne suffit-il pas pour le démontrer de rapprocher le *Chandra* « lune » en Santhali du *Chandra* (même sens) en Sanskrit, *Chând* en Hindoustani?

D'autre part, le *Thurui* « six » du Santhali n'a-t-il pas toute l'apparence d'un terme pris aux dialectes transgangétiques? Nous trouvons, en effet, pour exprimer ce nombre, *Ta-rok* en Lepcha (dialecte de l'Assam); *Thé-lok*

en Tengsa; *Shu-ruk* en Angami; *Droug* en vieux Tibétain, d'une préfixe *The*, *ta*, *D* et d'un élément radical *Ruk*, *Rok*. C'est ce dernier seul qui reparaît à son tour dans le *Ruk*, « six », du Sunwar et de l'Ahom, le *Lok* du Chinois de Canton.

Que le Santhali ait pris à ses voisins septentrionaux, un nom de nombre supérieur à cinq, cela se concevrait d'autant plus aisément qu'à l'origine, le système numéral des Kolariens semble avoir été quinaire, bien qu'il ne le soit plus aujourd'hui. Du moins, ils possèdent encore le comput vigésimal, lequel dans bon nombre d'idiomes des deux continents se trouve associé à celui par cinq. Ainsi, le Santhali dira *Pe isi*, litt. « trois vingts » pour « soixante »; *More isi* ou « cinq vingts » pour « cent ».

Un fait plus curieux et, à première vue, difficilement explicable, ce serait l'affinité lexicographique existant entre le Kolarien d'une part, et, de l'autre, certains patois des Noirs océaniens. Bornons-nous à deux ou trois exemples :

Œil : S, *Met.* — Dial. australien de la Murrumbidge, *Mit.*
Un : S, *Midh.* — Dial. de la Wollonbilly, *Midang.* — Dial. de la Baie-Jervis, *Matann.*
Deux : S, *Bar.* — Boulouparou (ouest de la Nouvelle-Calédonie), *Barou.*

Nous ne concluerons pas, sans doute, d'un si petit nombre de rapprochements; que les Santhalis doivent être rattachés à la souche australienne ou mélanésienne. Serait-il trop risqué d'admettre la présence de certains éléments kolariens dans les plus anciennes migrations des Noirs Pélagiens et par suite, il en soit résulté quelques emprunts lexicographiques ?

---

M. Clément DRIOTON.
Membre de la Commission des Antiquités de la Côte d'Or.

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA FORTIFICATION ANTIQUE DANS L'ARRONDISSEMENT DE DIJON — LES RETRANCHEMENTS CALCINÉS DES CHATELETS DE VAL-SUZON ET D'ÉTAULES. [913:44.42]

*— Séance du 9 août —*

En 1886, MM. le Dr Bleicher et F. Barthélemy signalaient la présence, dans plusieurs retranchements anciens des environs de Nancy : le camp d'Afrique (Ludres), de la Fourasse (Maxéville), de la Butte Sainte-Geneviève (Essey) d'un noyau central de chaux s'étendant sur toute la longueur de la levée.

Dans un travail intitulé : *Camps vitrifiés et camps calcinés*, publié dans les *Mémoires de la Société d'Archéologie Lorraine*, pour 1892, M. F. Barthélemy rapprochait ces divers retranchements des forts vitrifiés ou châteaux de verre dont les archéologues ont signalé la présence sur divers points de la France, de l'Écosse, de l'Allemagne, etc.

En 1898, j'ai fouillé aux environs de Dijon plusieurs enceintes dont les retranchements offrent la même particularité que ceux étudiés par M. Barthélemy et M. le Dr Bleicher (1).

Je donne dans cette note la description des deux principales enceintes, les châtelets de Val-de-Suzon et d'Étaules, dont les retranchements mesurent encore actuellement 7 et 8 mètres de hauteur, et qui contiennent des masses de chaux remarquables autant par leur puissance que par les dispositions qu'elles affectent.

## Enceinte du Chatelet (Étaules).

L'enceinte du châtelet d'Étaules, à 14 kilomètres au nord-ouest de Dijon, occupe un vaste promontoire, aujourd'hui dénudé, qui domine la vallée de Suzon. Défendu naturellement à l'est par les abrupts de la Combe Renevey, au nord et à l'ouest par des pentes très raides, le promontoire ne communique avec le reste du plateau que par un étroit passage de 78 mètres de largeur. Ce passage, le seul qui permette de pénétrer de plain-pied à l'intérieur de l'enceinte, est barré par une formidable levée qui ne mesure pas moins de 8 mètres de hauteur et 30 mètres de largeur à la base. Une entrée de 6 mètres environ de largeur est ménagée entre la levée et les abrupts de la Combe de Meudry. En avant du retranchement et séparé de lui par une berme de 5 à 8 mètres de largeur, existe un fossé taillé dans le roc de $4^{m},50$ de largeur et de 50 centimètres à 2 mètres de profondeur. Ce fossé est divisé en deux tronçons par un passage ou pont de $2^{m},50$ où le roc n'a pas été excavé.

Ce système de défense se complétait d'une muraille en pierres sèches, aujourd'hui complètement affaissée et ne mesurant plus guère que 50 centimètres de hauteur, établie sur les faces nord et ouest de l'enceinte où les pentes, plus faiblement escarpées, pouvaient ménager une surprise.

La superficie de l'enceinte du châtelet est d'environ 8 hectares.

Le 30 septembre et le 25 octobre 1898, nous fîmes exécuter dans la levée principale sept sondages profonds de 2 à 3 mètres, qui nous permirent de

(1) Les autorisations nécessaires nous ont été accordées avec beaucoup d'empressement par M. Picard, inspecteur des forêts, et M. Ferry, maire d'Étaules ; nous tenons à les en remercier publiquement ici.

reconnaître que cette levée était recouverte entièrement d'une épaisse couche de chaux *(fig. 1)*.

Sur la partie extérieure de la levée, la pente est plus raide; la couche de

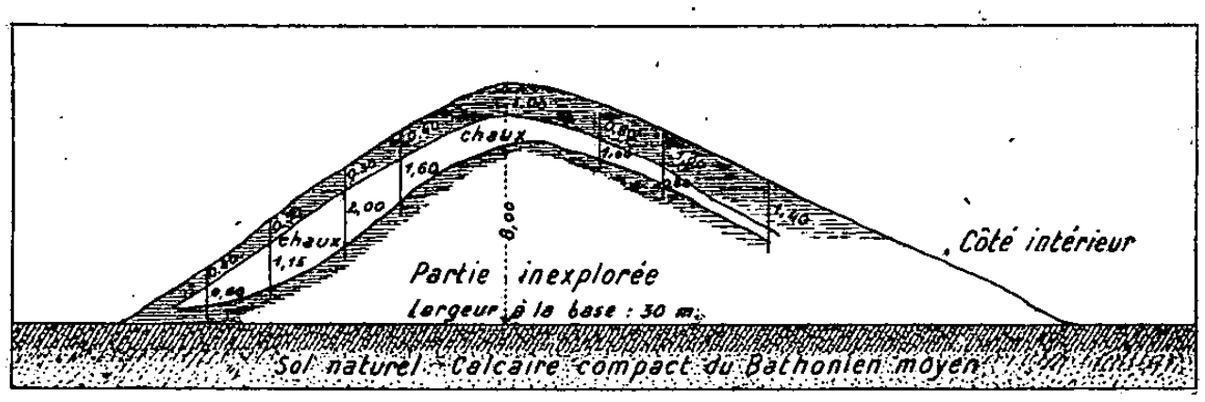



FIG. 1. — Retranchement du Châtelet (Étaules). — Fouilles du 30 septembre et 25 octobre 1898.

chaux avait une épaisseur maxima de 1m,50; elle était recouverte d'une couche de 30 centimètres à 40 centimètres de matériaux n'ayant point subi l'action du feu à partir de la ligne de crête et sur la partie intérieure de la levée, la couche de chaux est moins épaisse et ne mesure que 80 centimètres à 60 centimètres. Elle est recouverte d'une couche de 1 mètre à 1m,40 de matériaux n'ayant point subi l'action du feu.

A la base de la masse de chaux existe une couche de cendres et de charbon; au-dessous, les pierres sèches ont été rougies par l'action d'un feu intense.

Nos fouilles n'ont jusqu'à présent entamé la levée que sur une profondeur de 2m,50 à 3 mètres, la partie centrale reste inexplorée.

Des recherches faites sur le sol à l'intérieur de l'enceinte nous ont donné de nombreux éclats de silex, des ossements et dents d'animaux ; des morceaux de fer et de bronze indéterminables, des scories ferrugineuses ; des fragments de broyeurs en grès et en granulite ; une grande quantité de fragments de poteries grossières : poterie faite à la main, pâte noire avec granules calcaires et épiderme rouge, poterie brune et noire faite au tour, à pâte assez fine et bien cuite.

Il n'existe aucune source à l'intérieur de l'enceinte ; les occupants devaient s'approvisionner d'eau au pied des escarpements à la source de la Combe Renevey ou à la Fontaine Neudry dans la combe du même nom. Ces deux sources jaillissent au niveau des marnes à ostrea acuminata.

### ENCEINTE DU CHATELET (VAL-SUZON).

En face le Châtelet d'Étaules et de l'autre côté de la vallée de Suzon, une autre enceinte du même genre est sitée au-dessus de la Fontaine au Chat, entre les Combes au Chat et d'Envolle. Elle se compose d'un promontoire affectant la forme d'une poire très allongée et mesure 280 mètres de

longueur et 125 mètres de largeur maxima, ce qui donne à l'intérieur de l'enceinte une superficie d'environ 2 hectares. Ce promontoire est bordé de tous côtés par des pentes très raides et des abrupts. (Calc. compact. et oolithique du bathonien moyen) et il ne communique avec le reste du plateau que par un étroit passage de 12 mètres seulement, dans sa partie la plus étroite.

Ce passage est barré par trois retranchements successifs, précédés chacun d'un fossé taillé dans le roc. Ces fossés, en partie comblés aujourd'hui, ont environ 4 mètres de largeur.

Les deux premiers retranchements distants l'un de l'autre d'une vingtaine de mètres, sont en pierres sèches et ne mesurent plus guère que 1 mètre de hauteur. Le troisième retranchement, le plus important, ne mesure pas moins de 7 mètres de hauteur et 28 mètres de largeur à la base ; comme il ne s'étend que sur une largeur de 25 mètres il affecte la forme d'une butte. Ces trois remparts ne sont pas perpendiculaires au passage qu'ils doivent défendre, mais disposés en travers de telle sorte que le premier démasquait le second; le troisième, plus élevé, commandait les deux premiers. De cette façon, les défenseurs des trois retranchements pouvaient faire usage en même temps de leurs armes de jet, et concourir d'une façon active à la défense de l'enceinte.

Les 7, 20 et 21 octobre 1898, nous fîmes exécuter dans la butte du Châtelet cinq sondages d'une profondeur de $2^{m},50$ à $3^{m},50$.

Les deux premiers sondages, exécutés sur la pente intérieure de la levée, rencontrèrent deux couches de chaux parfaitement distinctes, inclinées selon la pente du talus *(fig. 2)*.

Le lit de chaux supérieur de 20 centimètres à 60 centimètres d'épaisseur et 9 mètres de longueur, séparé, du moins à l'endroit de notre fouille, en

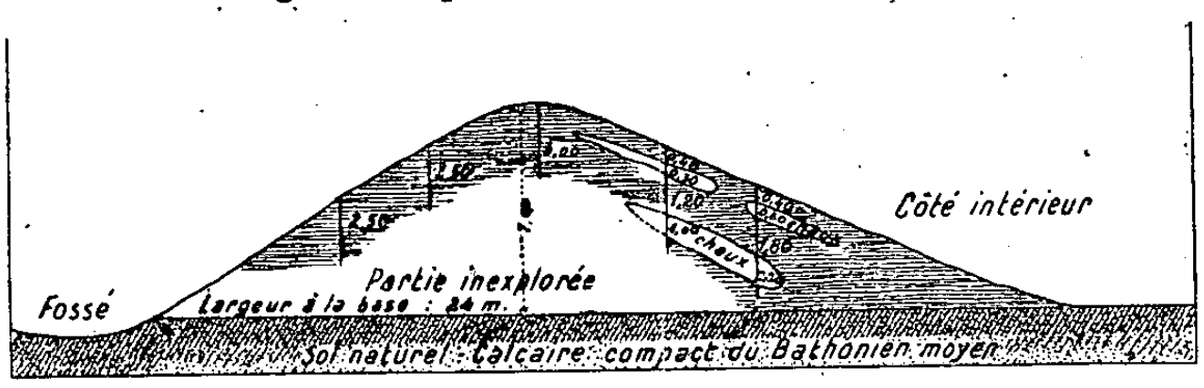



FIG. 2. — Retranchement du Châtelet (Val-Suzon). — Fouilles du 7, 20 et 21 octobre 1898.

deux tronçons, par un espace non calciné de 1 mètre, ne se trouvait qu'à 30 centimètres et 40 centimètres de la surface du sol; les matériaux qui le recouvraient n'avaient point subi l'action du feu. A la base de la chaux existait un lit de cendres et de charbons ; au-dessous, les pierres et la terre étaient profondément rubéfiées par la chaleur. Le second lit de chaux, formant une masse compacte et homogène de 80 centimètres à

1 mètre d'épaisseur s'inclinait très fortement vers l'intérieur de l'enceinte. Il était séparé du premier lit de chaux par une couche de pierre et de terre de $1^m,20$ à $1^m,80$ d'épaisseur, n'ayant point subi l'action du feu. Le second lit de chaux s'arrêtait-il comme le premier à la ligne de crête ou se recouchait-il en forme de tuile creuse vers la partie extérieure de la levée? Trois sondages de $2^m,50$ à 3 mètres ne l'ont pas retrouvé. Une couche de charbon existait à la base du lit de chaux inférieur et au-dessous les pierres étaient calcinées et rougies par la chaleur. La calcination sur place des deux lits de chaux n'est pas douteuse.

Dans le courant des fouilles il fut rencontré une vingtaine de fragments de poterie dans diverses parties du retranchement, principalement entre les deux couches de chaux et au-dessous de la couche la plus profonde, au milieu des cendres et des charbons qui leur firent subir une nouvelle cuisson. Ces poteries sont assez grossières, de couleur rouge ou noire, avec granules calcaires ; quelques échantillons sont plus soignés, bien cuits, de couleur noire, lustrés.

A l'intérieur de l'enceinte, le sol est noirâtre; nous y avons recueilli :

De nombreux fragments de poterie grossière rouge, grise et noire, et de poterie plus soignée noire et rouge.

Un fragment de fusaïole, des ossements brisés, des fragments de broyeurs en grès, des scories ferrugineuses et morceaux de fer indéterminables.

Il n'existe aucune source à l'intérieur de l'enceinte du Châtelet : les plus rapprochées sont: la fontaine au Chat, au pied des escarpements; elle jaillit des fissures du bajocien. Chat est évidemment ici une abréviation de Chatel ou Chatelet. C'est la fontaine du Châtelet, de même que la Combe au Chat est le seul chemin qui conduise de la vallée à l'enceinte. La seconde source (Fontaine de Jossame) est au nord de l'enceinte sur le plateau, elle est pérenne et jaillit au niveau d'un feuillet marneux du bathonien supérieur.

M. Cl. DRIOTON

Membre de la Commission des Antiquités de la Côte-d'Or

ET

M. le Dr J. GALIMARD

# RÉPERTOIRE DES EXCAVATIONS NATURELLES ET ARTIFICIELLES DE L'ARRONDISSEMENT DE DIJON

[571.81 : 44.42]

*— Séance du 9 août —*

## A. — Excavations Naturelles.

Nous avons divisé cette nomenclature succincte en trois parties : la première comprend les cavernes, abîmes, abris sous roche, brèches à ossements situés entres les petites rivières du Muzin et de l'Ouche ; la seconde celles situées entre l'Ouche et le Suzon ; et la troisième celles situées au nord du Suzon.

Les grottes précédées d'un astérique * sont celles qui ont été explorées par nous, et dont nous pouvons fournir la description et le plan ; celles précédées d'un double astérique ** sont celles que nous avons fouillées.

### § 1. — Entre le Muzin et de l'Ouche.

1* Cave aux Loups (Marsannay-la-Côte).
2* Abri de la Combe Perrenelle (Marsannay-la-Côte).
3** Cachot Mirbel (Fixey) dans la combe de Lavaux.
4** Abri du Cachot Mirbel (Fixey) abri sous roche.
5* Abîme de Brochon (Brochon) abîme d'effondrement.
6* Grotte de la Louère (Brochon).
7* Grotte au Boucher (Corcelles-les-Monts).
8 Grotte Pimet (Plombières-lez-Dijon).
9** Grotte de l'Ermite (Gevrey).
10 Excavation de Rente-Neuve (Couchey).
11** Grotte des Fées (Chambolle).
12* Grotte du Trou-au-Duc (Chambolle).
13* Abîme de Bévy (Bévy).
14* Grotte de Roche-Chèvre (Ternant).
15 Beurre à Chapet (Chevanne).
16* Creux Tombain (Chevigny).
17** Grotte de Barbirey-Jaugey (Barbirey-sur-Ouche).

18 Grotte de Mâtre (Saint-Victor-sur-Ouche).
19 Excavation de Vilaine-Combe (commune de Saint-Victor-sur-Ouche).

### § 2. — Entre l'Ouche et le Suzon.

20 Brèche osseuse de Chèvre-Morte (Dijon).
21 Brèche osseuse de la Carrière Bacquin (Dijon).
22* Four aux Fées (Talant).
23* Trou de Talant (Talant).
24* Grotte de Bouvau (Plombières-lez-Dijon).
25* Grotte de Contard (Plombières-lez-Dijon).
26 Caverne à ossements (Plombières-lez-Dijon).
27 Grotte de Morcueil (Fleurey-sur-Ouche).
28 Abri de Fleurey (Fleurey-sur-Ouche) abri sous roche.
29* Potu (1) Movi (Malain).
30* Brèche osseuse (Malain),
31* Cave aux Loups (Santenay).
32** Trou de la Roche (Baulme-la-Roche).
33* Grotte de Baulme-la-Roche (Baulme-la-Rōche).
34** Trou de la Roche (Blaisy).
35* Creux percé de Panges (Panges).
36* Creux Percé (Pasques).
37** Grands Seulerous (Pasques).
38** Petits Seulerous (Pasques).
39** Maison au Prêtre (Pasques).
40 Trou de Soucy (Francheville) abîme d'érosion actuellement voûté.
41* Potu à la Nanette (Etaules), abri sous roche,
42 Perte du Ruisseau de Champagny (Champagny).
43* Grotte de Roche-Chèvre (Val-Suzon).

### § 3. — Au Nord du Suzon

44* Gouffre des Pleins-bois (Messigny).
45* Abri sous Roche-Château (Messigny), abri sous roche.
46* Perte du Suzon (Messigny).
47* Peuptu du bois des Charmes (Vernot).
48** Peuptu de la Combe Chaignay (Vernot).
49* Peuptu de Roroy (Vernot).
50* Peuptu de la Combe-au-Parc (Courtivron).
51 Peuptu de Bymout (Courtivron).
52 Grotte de Vaudime (Courtivron).
53** Abri du Mont-de-Marcilly (Marcilly-sur-Tille).
54 Les Yeux-des-Roches Grancey).
55 Perte de la Tille et de la Venelle (Lux).
56 Perte du Ruisseau de Dromont (Belleneuve).

(1) Dans la Côte-d'Or, les excavations sont généralement désignées sous le nom de caves, trous creux. Le brot bàume, si fréquent dans certaines régions, est rare. Il est, en outre, une curieuse dénomination locale, que l'on rencontre assez souvent, c'est celle de *Potu*, creux, trou (*Potu Movi* mauvais trou, à Malain; *Potu Retet* à Froslois : *Peuptu* pour potu, vilain trou de la Combe Chaignay, de Roroy etc.)

57 Grotte de Bèze (Bèze).
58 Grotte des Ecraignottes (Crécey) dans la Combe Nornay.
59 Grotte dite les Caves (Villers-Crécey).

Cette liste ne comprend pas les grottes signalées par divers auteurs, et qu'il nous a été impossible de retrouver.

### B. — Excavations artificielles.

60* Carrières souterraines d'Asnières (grandes carrières) Asnières.
61* Carrières souterraines d'Asnière (petites carrières) Asnières.
62* Carrières de Malpertuis (Norges).
63* Creux Poza (Norges).
64 Anciennes mines de Marsannay (Marsannay).
65** Souterrain refuge de Vernot (Vernot) ou Cave Saint-Venant.
66* Souterrain de Belleneuve (Belleneuve).

---

MM. Cl. DRIOTON, G. GRUÈRE et Dr J. GALIMARD

## RÉSULTAT DES FOUILLES ET RECHERCHES EXÉCUTÉES DANS LA CAVERNE DITE LE TROU-DE-LA-ROCHE A BAULME-LA-ROCHE (COTE-D'OR)

*— Séance du 9 août —*

Des fouilles et recherches sommaires exécutées par nous en 1893 dans la caverne du Trou-de-la-Roche nous avaient permis de reconnaître l'existence d'un foyer contenant des débris de poteries de diverses époques et de constater la présence, sur les parois de la caverne, d'une série d'entailles creusées par la main de l'homme. (*Les cavernes de la Côte-d'Or*. Cl. Drioton, *Mém. de la Soc. Spéléol.*, mars 1897, p. 10).

Une subvention, que voulut bien nous accorder l'Association française pour l'avancement des sciences en 1901, nous permit de continuer sur une plus vaste échelle les fouilles commencées. Malheureusement les pluies persistantes du mois de septembre dernier nous en firent remettre la continuation à une époque ultérieure.

Nous nous proposons dans cette courte note :

1° D'exposer sommairement le résultat des nouvelles fouilles exécutées au mois d'août 1901, qui amenèrent la découverte de sépultures de l'époque néolithique ;

2° De compléter nos observations sur le curieux système d'entailles destiné à rendre habitable la première salle et accessibles les parties profondes de la caverne.

*Description.* — La caverne dite le Trou-de-la-Roche, dont l'ouverture très difficile d'accès est située à environ 80 mètres de hauteur dans la falaise calcaire qui domine le village de Baulme-la-Roche, se compose d'une galerie descendante de 100 mètres de longueur, se dirigeant en ligne droite du sud au nord. Elle se divise en deux parties distinctes à peu près égales : l'une étroite et haute de 1 mètre de large sur 2 à 15 mètres de hauteur (calcaire compact du bathonien moyen) ; l'autre, séparée de la première par un à pic de 8 mètres, peu haute, mais plus large et encombrée d'éboulis (calcaire oolithique).

*Fouilles.* — Nos fouilles furent exécutées sur une longueur de 28 mètres, à partir de l'entrée de la caverne :

I. — Dans la première salle, le sol fouillable de la caverne mesure 40 centimètres seulement de largeur ; il est composé de cailloutis tombés des parois et de la voute. Nous y avons recueilli quelques fragments de poterie faite au tour et lustrée, dont l'un porte des stries comme ornementation, des ossements, une dent de porc et une petite perle en verre bleu foncé percée d'un trou et mesurant 5 millimètres de diamètre.

II. — A partir du passage étroit qui termine la première salle jusqu'à la profondeur totale de 28 mètres depuis le seuil de la caverne, c'est-à-dire sur une longueur de 16 mètres, les fouilles ont atteint la profondeur maxima de 1$^{m}$,40 c. et ont occupé toute la largeur de la grotte qui mesure de 1 mètre à 1$^{m}$,35 c., Elles ont été rendues très pénibles par l'étroitesse et le peu de hauteur de certaines parties de la galerie; ce qui rendait très difficile l'évacuation des déblais.

Nous avons rencontré plusieus couches à partir de la surface du sol :

A. — Un foyer noirâtre de 20 à 40 centimètres d'épaisseur, composé de cailloutis mélangés avec des cendres, du guano de chauve-souris. Nous y avons trouvé :

*a)* De très nombreux morceaux de poterie brune et assez grossière mais faite au tour; de poterie noire très fine et lustrée, portant les ornements les plus variés, de poterie gallo-romaine;

*b)* Des fragments de verre très mince;

*c)* Une épingle en bronze, de 115 millimètres de longueur, dont la tête a été brisée;

*d)* Un morceau de calcite ayant subi un commencement de perforation pour en faire une pendeloque ou un grain de collier. Ce fragment est d'origine toute locale ; un grand nombre de ces cristaux ont été trouvés dans une fissure de la

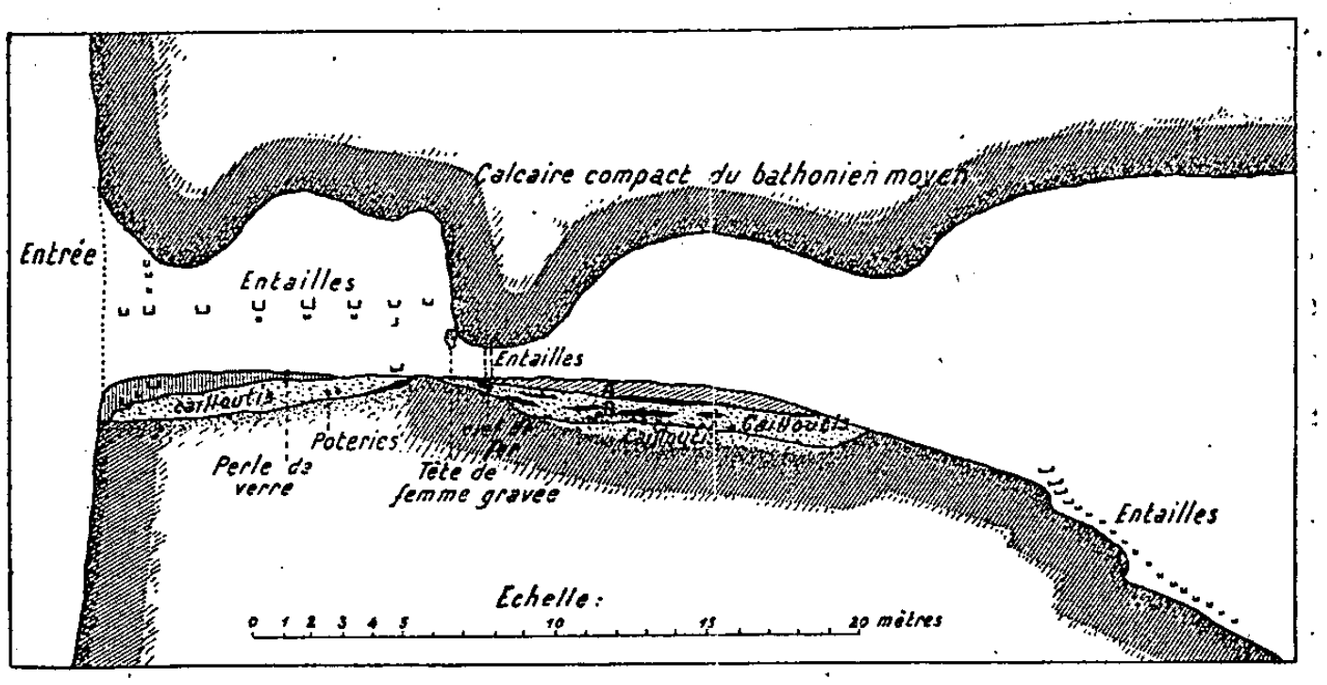
roche à 3 mètres de l'endroit où fut découvert le morceau que l'on avait essayé de perforer;

*e)* Un fragment de sanguine et un morceau de pyrite de fer;

*f)* Un grain de collier en terre de 22 millimètres de diamètre, et une perle en verre bleu avec stries grises de 6 millimètres de longueur et 5 de diamètre;

*g)* De très nombreux ossements brisés d'animaux (porc, mouton, bœuf etc.).

B. — Au-dessous de ce foyer existe, mais d'une façon inégale, une couche de concrétions calcaires de 5 à 10 centimètres d'épaisseur, qui le sépare d'une couche de cailloutis dans laquelle se trouve répartie une




Entrée de la caverne dite le *Trou* de la Roche (Baulme-la-Roche, Côte-d'Or). Coupe. — A, Foyer avec poteries et ossements. — B, Cailloutis et couche de tuf et concrétions calcaires. — C, sépultures néolithiques.

série de couches tufeuses d'épaisseur inégale et plus ou moins dures. Cette couche de cailloutis et de tuf épaisse de 30 à 70 centimètres contient peu d'objets; nous y avons cependant recueilli des poteries et des ossements qui doivent provenir soit de la fouille supérieure, soit des sépultures sous-jacentes dont nous allons parler. Du reste, la formation des concrétions calcaires semble indiquer que la grotte fut inhabitée pendant un certain temps.

C. — A une profondeur, qui varie, suivant les endroits, entre 80 centimètres et $1^m,30$, nous avons recueilli, dans une couche de cailloutis ne contenant aucune trace de foyer, de nombreux ossements humains et d'animaux, et des fragments de poteries grossières non faites au tour. Ces différents débris ont été rencontrés plutôt vers les parois de la galerie et par groupes distants les uns des autres de 50 centimètres à 1 mètre; parmi eux nous citerons :

Ossements humains : six maxillaires inférieurs, un maxillaire supérieur, plusieurs fragments de voûte crânienne, des tibias, humérus, quelques vertèbres, etc.

Ossements d'animaux brisés appartenant à des espèces actuelles ;
Un poinçon en os, long de 13 centimètres;
Deux lames de silex de 42 et 45 millimètres de longueur et divers éclats;
Des fragments de poterie grossière faite à la main; quatre de ceux-ci sont munis d'une anse mamelonnée et perforée, de forte dimension. Ces exemplaires offrent la plus grande ressemblance avec ceux qui ont été recueillis dans la grotte de Cravanche, l'enceinte du Mont-Vaudois (musée de Belfort) et au camp de Chassey (1) (Saône-et-Loire).

*Entailles.* — Dans la première salle de la caverne, très saine et très habitable, nous avons remarqué sur chaque paroi et se correspondant exactement seize entailles de forme carrée, alignées horizontalement à 2 mètres de hauteur, et destinées, sans aucun doute, à recevoir des poutres qui pouvaient soutenir un plancher et constituer ainsi un étage supérieur, un grenier. Une série d'entailles disposées verticalement à l'entrée devaient soutenir les poutrelles qui formaient la façade; d'autres entailles, enfin, creusées sur divers points des parois complétaient cette disposition que la coupe jointe à cette note fera comprendre mieux que toute description. La salle principale d'habitation ainsi constituée, de forme trapézoïdale, mesurait 8 mètres de longueur, $2^{m},50$ c. de hauteur, 3 mètres dans sa partie la plus large et $1^{m},10$ dans sa partie la plus étroite.

En arrière de ces entailles et à $1^{m},35$ au-dessus du sol, à l'endroit où la voûte s'abaissant brusquement donne naissance à un étroit couloir, une main inhabile a gravé sur la paroi gauche une tête de femme mesurant 20 centimètres de hauteur; cette tête est diadémée et regarde l'entrée de la caverne. Tout en faisant des réserves sur l'ancienneté réelle de cette sculpture, nous avons cru intéressant d'en signaler l'existence, des représentations de femme ayant été signalées dans une situation analogue dans les grottes-habitations troglodytiques de la Marne.

A un mètre plus loin, au milieu du couloir haut de $1^{m},35$ et large de 1 mètre à $1^{m},10$, on remarque, creusée, sur chaque paroi des entailles verticales de 12 centimètres de largeur, qui devaient recevoir les deux montants formant le cadre d'une porte. Des entailles tout à fait semblables ont été observées par nous à l'entrée de la grotte dite Chambre des Fées, à Chambolle (Côte-d'Or) et du Potu-Rétet à Frolois (Côte-d'Or).

A 15 centimètres de profondeur près de la paroi droite et à 40 centimètres en avant des entailles, nous avons recueilli une clef en fer et un clou ou fiche de 5 centimètres de long. Cette trouvaille est le seul document qui permette de faire quelques conjectures sur l'époque à laquelle furent creusées les entailles. Cette clé pourrait remonter à l'époque gallo-romaine.

A 32 mètres de l'entrée de la caverne, le sol en pente de la galerie est

(1) *Notes sur un foyer de l'âge de la pierre polie,* par M. Perrot, 1870.

interrompu par deux petits abrupts de 1 mètre à 1m,50 de haut et distants de 3 mètres. Pour rendre ce passage praticable, de nouvelles entailles sont creusées dans les parois; elles se composent :

1° De quatre entailles horizontales de 30 centimètres de largeur formant marches d'escalier;

2° De 28 entailles carrées de 10 centimètres de côté distantes les unes des autres de 30 à 40 centimètres, creusées dans chaque paroi et se correspondant exactement; des poutrelles fixées dans ces entailles formaient une véritable échelle qui permettait de franchir sans fatigue ce passage difficile.

Au grand abrupt de 8 mètres situé au milieu de la grotte, nous n'avons remarqué aucunes traces du travail de l'homme.

Tel est le résumé des principales constatations que nous avons pu faire jusqu'alors au Trou-de-la-Roche. Il semble qu'après avoir servi de caverne sépulcrale à l'époque néolithique, cette grotte fut inutilisée pendant un certain temps, puis servit d'habitation ou de refuge aux époques gauloise et gallo-romaine.

---

M. le Prince POUTIATIN

A Saint-Pétersbourg.

## ÉCLATS DE SILEX AVEC CONCHOIDES (BULBES) PAR PERCUSSION ET NATURELS. NUCLÉUS [571.14:47]

*— Séance du 9 août —*

La collection de silex à conchoïdes et de nucléus que j'ai l'honneur de présenter à la Section d'Anthropologie du Congrès de Montauban a été recueillie à la station préhistorique de Bologoïé (Russie). Je me propose de l'offrir à l'École d'Anthropologie de Paris, suivant le désir que m'avait exprimé autrefois M. Gabriel de Mortillet, dans la lettre qu'il m'écrivait (12 janvier 1898).

« Permettez-moi aussi de vous recommander notre École d'Anthropologie. Nous serions heureux de posséder dans la bibliothèque de l'École tous les travaux dont il vous reste des exemplaires disponibles. Il y a plus, vous m'avez fait venir l'eau à la bouche en parlant plusieurs fois de Bologoïé dans votre dernière brochure; *si vous pouviez nous envoyer des*

*échantillons de cette importante station*, ils seraient reçus avec reconnaissance et serviraient à faire connaître aux auditeurs de nos cours *la paléthnologie de l'est de l'Europe. Nous ferions une alliance franco-russe préhistorique.*»

L'étude des conchoïdes (bulbes) par percussion a été développée dans les travaux de Gabriel de Mortillet. Le célèbre savant, dans plusieurs de ses livres, *Musée Préhistorique* et *Le Préhistorique*, donne des indications détaillées sur la technique de l'époque de la pierre, sur les surfaces naturelles et artificielles des pierres taillées, sur les conchoïdes de percussion et les silex éclatés. Cette collection est ordonnée d'après ces trois principales indications et pourra, j'espère, servir à l'École d'Anthropologie comme terme de comparaison avec les objets de même genre trouvés dans l'ouest de l'Europe. Quant à la nature minéralogique des objets, ils sont en silex, grès siliceux, etc., de différentes colorations. L'industrie est systématiquement représentée par des séries de types différents, afin de montrer qu'elle a subi une évolution continue depuis le paléolithique le plus ancien jusqu'au magdalénien, c'est-à-dire qu'on peut suivre le lien de l'industrie paléolithique quaternaire jusqu'au début de l'industrie néolithique (*Industrie Campinienne*, de M. Salmon) jusqu'à la grande période du néolithique européen.

Dans les différents pays d'Europe, les instruments de pierre de toute nature sont faits souvent avec des roches différentes, mais le plus habituellement l'homme s'est servi des variétés de silex ou de grès siliceux qu'il trouvait à sa portée, et les pièces ainsi faites ont des colorations et des patines variées. Cela ressort, avec certitude, des travaux et des collections des paléthnologues européens et si le choix de l'homme préhistorique s'est arrêté sur ces matériaux, c'est que *ces roches étaient plus commodes pour fabriquer ces objets.*

A cette époque, les innovations n'allaient pas assez vite pour que la forme des outils ait fréquemment varié, ce qui est prouvé, et les objets du même genre ne sont souvent pas synchroniques. Les migrations *des préhistoriques par les voies fluviales ou maritimes facilitaient dans certaines régions l'évolution plus ou moins rapide de l'outillage des primitifs...*

Les échantillons que j'envoie sont destinés, comme je viens de le dire, à être comparés aux échantillons de même genre provenant de France ou d'autres pays européens, afin *d'éclairer cette question très importante au point de vue des recherches générales.*

On ne peut actuellement affirmer que les conchoïdes des silex soient presque toujours un indice de percussion, un indice certain du travail humain. Cependant, parmi les œuvres de la nature il est des causes inexpliquées qui occasionnent, provoquent, non seulement la formation du bulbe, mais du conchoïde avec des éclatements.

C'est un point discuté de savoir s'il y a éclatement naturel des noyaux de silex ou si seulement on les produisait par l'étonnement par le feu et le refroidissement rapide ?

Dans les environs de Bologoïé on trouve des silex avec bulbes naturels ressemblant à ceux qui ont été obtenus par percussion. On y rencontre non seulement des éclats avec des conchoïdes, etc., mais des blocs de silex éclatés de la même façon que les petits nucléus artificiels,

Ces produits sont rares, tandis que ceux par percussion ont à peu près tous, sans exception, des conchoïdes quelquefois modifiés par les retouches devant donner à l'objet une forme déterminée.

Si on n'avait pas trouvé, parmi ces éclats et nucléus naturels, de petite dimension, des pièces incontestablement travaillées par l'homme, qui a certainement utilisé ces éclats naturels (grattoirs, pointes, lames et principalement des scies avec retouches intentionnelles), on aurait pu croire que les éclats aigus n'étaient pas employés par l'homme. L'homme s'est d'abord servi des éclats de silex qu'il trouvait sur le sol; mais, leur nombre étant restreint, il a cherché à imiter le travail spontané de la nature et à détacher, par la percussion, le choc sur le nucléus arrangé d'avance, des éclats semblables aux modèles, ses premiers outils de hasard: *Ainsi, par une observation judicieuse, s'est formée une nouvelle technique. Les éclats simples qu'on abattait du nucleus, même à l'époque néolithique, avaient souvent la même forme que les éclats spontanés des silex.* M. Thieullen, dans son livre *Les Véritables instruments usuels de l'âge de la pierre*, dit, avec raison, que l'instrument simple devait exister, excepté les formes élégantes, dans l'âge de la pierre. Non seulement les silex aux formes géométriques étaient d'usage, mais on employait pour les travaux des éclats tranchants et aigus presque bruts.

L'emploi du silex n'est pas encore abandonné dans certains pays, et; actuellement, les éclats sont encore utilisés à des usages divers. Ils servent pour des travaux multiples, pour couper, scier, percer, gratter, polir les objets les plus variés, bois, os, fourrures, etc. Quelques-uns de ces éclats naturels ont pu être retouchés suivant les nécessités, transformés en scies, en grattoirs, mais en même temps, il nous est donné de constater comment l'éclat brut est devenu un instrument usuel de l'âge de la pierre. Dans certaines régions, l'homme primitif n'a pas trouvé à sa portée et facilement exploitable le silex nécessaire à tous ses besoins; il ignorait encore le creusage des puits pour l'extraction des rognons de silex.

Il paraît probable que les éclats de silex n'ont pas été les premières pierres employées. M. le professeur Hamy admet l'hypothèse « que les premiers instruments et armes des primitifs étaient tels, que séparés de leurs emmanchures, on ne peut les distinguer des simples cailloux et que, par conséquent, nous ne pourrons probablement les retrouver,

puisque les emmanchures ont disparu, à moins que le hasard nous en ait conservé une». Mais les premiers instruments en pierre ont-ils été tous pourvus d'emmanchures? Si non, à quelle période de la vie de l'humanité faut-il aller? Nous n'avons aucun indice à ce sujet. Les petits éclats aigus de pierre et de silex éclatés, ainsi que les petits éclats retouchés, néolithiques très commodes pour le travail du bois et de l'os, remplissaient leur destination usuelle sans emmanchures.

A l'Exposition universelle de 1900, j'ai été frappé par la similitude des roches que l'homme employait pour confectionner ses ustensiles et ses armes. Il y a, sans doute, des variétés très précieuses au point de vue de la classification, mais la différence est, pour la plupart des pièces, dans les formes industrielles plutôt que dans la nature du silex et dans sa coloration. On trouve des analogies frappantes entre les silex bruts de Thenay (Bourgeois), Puy-Courny (collections de Vibraye et de M. Capitan) et les silex de sir John Evans (vallée de la Tamise), ceux d'Otta, en Portugal (étudiés par M. Cartailhac), des Alpes-Maritimes (fouilles de M. Émile Rivière) et les grès siliceux, ressemblant à ceux de Bologoïé, les silex de Laugerie-Haute, de Laugerie-Basse, du Maz-d'Azil (M. Piette), de la Marne (baron de Baye, abbé Parat, abbé Breuil, de Catenoy, etc.), de la Charente (Chauvet), de Chelles (de Mortillet, Salmon), appartenant à l'époque magdalénienne, etc., etc.

Les fossiles des silex maritimes, par exemple ceux de Thenay, sont autres que ceux des silex quaternaires d'eau douce et sont encore plus distincts de ceux plus récents.

On distingue les différentes variétés de silex à l'aide des analyses chimiques et minéralogiques. Par exemple, les silex craquelés des environs de Bologoïé, présentant des empreintes de petites coquilles et de plantes marines, sont différents des noyaux du cap de Bologoïé.

A l'Exposition de Bruxelles en 1897, on pouvait faire les mêmes observations à propos des fouilles de MM. le baron de Loë et Rutôt (Mesvin, etc), de Puydt, de Pierpont, Dupont et Fraipont (fouilles exécutées dans des grottes belges), etc. Tous ces silex taillés sont semblables au point de vue de la nature de la roche, mais ils diffèrent sensiblement entre eux par les formes et par le travail. Cependant l'analyse complète des pièces permet de se former une idée exacte de la composition et de la coloration des silex, ce qui est d'un grand secours pour la classification synchronique.

Tout ce qui a été dit à ce sujet peut être résumé dans les conclusions suivantes:

1° La production des éclats de silex avec face plane, conchoïde et esquillement, peut se produire spontanément sans l'intervention du travail de l'homme;

2° Si on arrive à prouver que les silex trouvés à Thenay, près de Bolo-

goïé, etc., ont été faits par l'homme, on ne pourra plus attribuer aux seules forces de la nature la possibilité de ces formes spontanées;

3° Les fragments de silex éclatés spontanément avec face plane, conchoïde et esquillement sont assez rares; on les trouve toujours associés à un grand nombre d'éclats, qui n'en présentent pas. En examinant les rognons de silex non complètement fissurés de ce genre, par exemple ceux des environs de Bologoïé, on peut reconnaître combien ils sont rares;

4° La qualité et la coloration des silex éclatés diffèrent de celles des silex d'origine concrétionnelle ou silex d'eau douce. Les silex éclatés présentent ordinairement les couleurs suivantes : gris, gris bleuâtre, blanchâtre, blanc. L'homme de cette époque a utilisé des matériaux fort divers et de colorations variées pour en éclater des fragments et les transformer en instruments variés;

5° Presque tous les silex obtenus par percussion présentent des conchoïdes, tandis que ceux éclatés par la nature en ont exceptionnellement, confirmation des déductions proposées par Gabriel Mortillet;

6° J'ai divisé l'évolution de l'industrie du silex en quatre périodes (1) :

*a)* Emploi des silex éclatés naturels ou simplement retouchés sur un bord pour donner la forme d'une espèce de scie ou de grattoir. A cette période appartiennent les exemplaires rares de silex éclatés spontanément qui auraient inspiré à l'homme l'usage de la percussion pour obtenir de nouveaux éclats.

*b)* C'est à l'époque de Chelles que remonterait la technique première de la percussion, période de la taille des pierres sur le pourtour par grands éclats. Ces éclats étaient plus grands que ceux qui servaient aux retouches des silex éclatés. Le percuteur existait alors.

*c)* La troisième période est celle de la grande extension du travail par percussion. Les trois indices cités, nucléus, percuteurs, sont alors des preuves incontestables du travail humain et le silex employé est tout autre.

*d)* Dans les puits à extraction de silex, on trouve des instruments pareils à la hache allongée de Chelles, ainsi que des pics. Avec les rognons extraits des puits, on préparait des lames de grandes dimensions, par exemple en Belgique. Mais la technique ancienne persiste.

Si mes conclusions contiennent quelques divergences avec les opinions de certains paléthnologues, je ne puis que me ranger aux paroles de M. Capitan : « Nous avons, dit-il, en France la classification de notre maître G. de Mortillet, basée sur de très nombreuses observations d'un emploi fort commode, et exacte dans ses grandes lignes. Nous continuerons à l'employer en la modifiant chaque fois que des faits nouveaux nous y obligent. »

(1) Cf. *Compte rendu de la XII° session*, Paris, Masson et C^ie^, éditeurs, 1902, p. 222. *Les silex taillés et les premiers pas de la technique des retouches*, par le prince P. POUTIATINE.

Il est indispensable, pour le progrès de la science, de rechercher la vérité, même au prix des opinions courantes. Les faits nouveaux, servant au développement de la science, ne pourront jamais diminuer la valeur des travaux du célèbre classificateur M. G. de Mortillet, qui était le premier à adopter les nouveaux principes de la science, même si certaines déductions secondaires allaient contre ses hypothèses précédentes.

---

M. B. FAVENC
Professeur à l'École française de Droit du Caire.

## NOTE SUR LE PALÉOLITHIQUE ÉGYPTIEN [571.14:62]

*— Séance du 9 août —*

L'existence d'un âge de la pierre taillée en Égypte n'est plus guère mise en doute aujourd'hui. MM. de Morgan et Legraïn ont relevé de nombreuses stations de coups de poing chelléens dans la vallée du Nil et dans les oasis du désert de Lybie. Des instruments de l'époque moustérienne ont été aussi trouvés en grand nombre dans le désert, sur la rive gauche du Nil.

Habitant l'Égypte depuis plusieurs années, j'ai eu l'occasion de faire quelques trouvailles dans le désert arabique. Je crois devoir en faire part à l'Association.

Je signalerai tout d'abord un coup de poing en grès lustré rouge, que j'ai recueilli sur les flancs de la montagne Rouge, située à 2 kilomètres environ au nord-est du Caire. C'est, je crois, le seul, en roche de cette nature, qui ait été découvert jusqu'à présent. La montagne Rouge, fournissant abondamment cette matière, il semble qu'une station importante aurait dû se rencontrer dans cette région. Mais les recherches sont très difficiles en cet endroit à raison des carrières exploitées de tous les côtés à la fois, dans les flancs de la colline, et des débris de roche qui couvrent le sol.

Le coup de poing en question, taillé à grands éclats, présente le type chelléen bien caractérisé. Il mesure 13 centimètres de longueur sur 8 centimètres de largeur.

La seule autre pièce, également en grès rouge, que j'aie pu découvrir dans ces parages, est plutôt moustérienne. C'est, en effet, un éclat assez grand, avec conchoïde de percussion sur la face inférieure, et d'évidentes

retouches sur le dos. (Longueur, 10 centimètres; largeur, 78 millimètres.)

La région que j'ai ensuite explorée tout particulièrement est la portion du désert arabique avoisinant les ouadis Rach-Rach et Nahoumiah. Ces deux ouadis, sensiblement parallèles, se dirigent de l'est à l'ouest, et viennent aboutir à la vallée du Nil en face du village de Kafr-Ahmar. Cette partie du désert, située à environ 80 kilomètres sud-est du Caire, offre l'aspect d'un immense plateau sillonné par une multitude d'ouadis de longueur et de profondeur très variables, et tributaires des deux grands ouadis déjà mentionnés.

Le sol du plateau, formé de fragments de roche calcaire de couleur grise, donne l'illusion d'un vaste champ labouré.

Les grands ouadis déroulent leurs multiples sinuosités entre des falaises abruptes, atteignant souvent plus de 100 mètres d'élévation. Ils sont normalement à sec, mais les pluies d'orages, dont aucune goutte ne se perd dans ce sol rocailleux, les transforment, à de rares intervalles, en torrents impétueux.

Quelques puits naturels, creusés dans le calcaire, conservent de l'eau pendant presque toute l'année. Une végétation variée pousse entre les fragments de roches, principalement au fond des ouadis.

Au mois de janvier 1901, étant allé chasser le bouquetin dans cette région, je remarquai, se détachant sur le fond gris et terne du sol, des silex à patine brune et très brillante, que, dès le premier examen, je reconnus être taillés.

Je fis alors quelques recherches, et je ne tardai pas à trouver un très grand nombre de pièces et d'éclats formant diverses stations situées en général près des sentiers qui permettent de descendre du plateau dans l'ouadi, et le plus souvent à peu de distance du commencement de la descente (1).

Les pièces nombreuses que j'ai recueillies là ont d'évidentes affinités moustériennes. Je citerai:

1° Des éclats et des lames; 2° des pointes; 3° des racloirs; 4° des grattoirs; et 5° des disques et des nucléus.

Tous ces silex sont remarquables, ainsi que je l'ai déjà dit, par leur patine brune et brillante, patine qui se retrouve sur les Échinides fossiles disséminés sur le sol, mais que je n'ai jamais constatée sur les silex du désert de Lybie.

Je signalerai enfin un coup de poing en silex calcédonieux, que j'ai recueilli non loin de l'entrée de l'ouadi Rach-Rach, dans le désert de sable et de gravier qui s'étend entre la montagne et le Nil. Il est taillé à éclats assez grands et présente le profil chelléen, mais le tranchant, sinueux vers

(1) V. A propos de cette constatation, la communication faite par M. Legrain à l'Institut d'Égypte sur la *Théorie des Aquabas*

le milieu et régulier au sommet, est si remarquablement affilé qu'il semble dénoter une époque plus récente.

Quoi qu'il en soit, ces diverses pièces, dans leur ensemble, s'éloignent grandement des silex taillés trouvés dans les fouilles, et contemporains des plus anciennes dynasties.

---

M. Robert GAUTHIOT

Agrégé de l'Université, diplômé de l'École des Hautes Études, ex-chargé de missions.

## LA MAISON LITUANIENNE. [728.47.5]

*— Séance du 9 août —*

La position particulière du peuple lituanien vis-à-vis des Allemands, des Polonais, des Russes Blancs et des Grands-Russes, tant au point de vue politique que sous le rapport des influences morales ou matérielles, n'est pas encore élucidée entièrement, tant s'en faut : même il est à craindre qu'elle ne le soit jamais. Quoi qu'il en soit, il nous a paru qu'il convenait de ne négliger aucun élément touchant la question et nous avions cru devoir profiter de nos deux séjours successifs en Lituanie (1900-1901) pour y faire quelques observations sur le type d'habitation paysanne.

Telle qu'elle est décrite plus bas, la maison lituanienne est celle des paysans aisés, dans la région qui environne le village de *Komaj*, sur la haute *Szatekszŋja*, c'est-à-dire dans la partie orientale du gouvernement de *Kovno*. Mais elle se retrouve sous des formes peu différentes dans la majorité des districts lituaniens de Russie, qui occupent, comme l'on sait, tout le gouvernement de Kovno, une partie de celui de Suvalki, et débordent même sur ceux de Vilna et de Grodno. En Lituanie prussienne, elle apparaît, comme on va le voir, sous un aspect assez différent ; de même dans la région méridionale, plus directement soumise à l'influence polonaise.

Sur toute l'étendue du domaine lituanien, la demeure paysanne complète se compose d'un groupe de bâtiments dont l'ensemble porte le nom partout usité de *kiemas*, que l'on traduirait volontiers par « feu ». C'est ce que l'on appellerait plus vulgairement une « ferme », ce que les Allemands nomment *hof*, les Scandinaves *gaard*, les Russes *dvor*. Un tel *kiemas* comprend tout d'abord une maison d'habitation, *namas* et un magasin,

*kletis*, placés l'un en face de l'autre ; puis une série d'autres bâtiments : la *daržine* ou fenil, les *gurbai* ou étables, le *jaujas* ou la *jauja*, c'est-à-dire le grenier pourvu d'un séchoir *(klaimas)*, enfin la *pirtis* ou chambre de bain.

La *namas*, c'est-à-dire la maison d'habitation, comporte essentiellement une pièce chauffée par un poële. Cette pièce s'appelle d'un nom spécial à la région, la *gricza* ; le poële qui la chauffe et qui sert de four, s'appelle *pezus* ; le long des murs est un banc, *suolas*; on y trouve aussi souvent, un lit, *lava*. La *gricza* est proprement ce que Descartes appelait un poële ; c'est une chambre chauffée comme une salle de bain, une vraie *izba* russe (d'un primitif **istuba*, qui a donné le français *étuve*) ; elle correspond exactement à l'*istaba* lette et à la *pirtti* finnoise dont le nom, emprunté précisément au lituanien (cf. Thomsen, *Berœringer mellem de finske og de baltiske sprog*, p. 208), signifie originairement étuve à bain. C'est la chambre commune où l'on se réunit, où l'on fait les veillées, où l'on conte et où l'on dort ; le centre en est le four ou poële, le *peczus*, qui n'est plus qu'un *Backofen* en Prusse, mais qui, dans la région, correspond à la *pecz'* russe, au *krahsns* lette et à l'*uuni* des Finnois ; il sert à chauffer la salle, à cuire le pain et les aliments de toute sorte ; il remplace le lit et est le refuge préféré du mauvais génie, désigné généralement par le nom de *velnias* ou « diable ». Celui-ci, qui connaît les bons endroits, se niche généralement sous le poële, à l'endroit appelé *popeczis* (russe, *podpeczek*), ou derrière lui, entre le foyer et le mur, au lieu nommé *ažupeczis* (russe, *zapeczek*), parce qu'il fait là tout ensemble, noir et chaud. La partie antérieure du poële, devant l'ouverture du four, s'appelle *priepeczis* (russe, *pripeczek*), et sert volontiers de lit. La pièce qui complète le *namas* est la chambre où l'on reçoit les hôtes, la belle chambre, « die gute Stube » des Allemands. On l'appelle parfois *pakajus*, nom emprunté soit au russe *pokoj*, soit au polonais *pokoj*, qui n'ont d'ailleurs, l'un et l'autre, que le sens de « chambre ». Plus ordinairement elle porte dans la région le nom de *steklicza*, ce qui signifie, d'après les habitants, chambre où il y a des vitres, qui constituent encore un luxe. Ce mot est issu, tant par suite de modifications phonétiques régulières dont il ne saurait être question ici (1), que par étymologie populaire du blanc russe *světlica*, qui a le sens de « gute Stube » et de « chambre claire ».

En Lituanie prussienne, comme ailleurs, la maison d'habitation répond en somme à la description qui vient d'en être donnée. Laissant de côté les polémiques qui se sont élevées à son sujet (v. Bezzenberger : *Altpreussische Monatsschrift*, 1886, pp. 34 seq. et 629 seq. et *Sitzungsberichte der Alertumsgesellschaft Prussia*, 1893, pp. 1 seq. — et cf. Virchow : *Verhandlungen*

(1) Cf. *Nouvelles Archives des Missions*, t. X. *(En préparation.)*

*der anthropologischen Gesellschaft*, octobre 1891), on peut la ramener simplement à deux pièces : l'une chauffée par un poële-four, le *namas* ; l'autre, non chauffée, destinée aux réceptions, la *stuba*. La première, on le voit sans peine, correspond à la *gricza*, la seconde à la *steklicza*. De même, la *kletis* est absolument pareille dans les deux régions extrêmes du domaine lituanien : elle est divisée toujours en *aruodai* ou casiers à grains ; renferme toujours les *skrynes*, grands coffres où l'on serre le linge, les vêtements et les ornements ; et sert toujours et partout de logement pendant l'été. En lette, c'est la *klehts*, en russe la *klĕt'*, et en finnois l'*aitta*, qui lui correspondent.

Le grenier pourvu d'un poële, où l'on peut sécher le grain et la paille, fauchés sous la pluie et rentrés humides et à peine mûrs, s'appelle en lithuanien *jaujas* ou *jauja*. En Prusse, ce mot ne désigne plus guère que le séchoir à lin, la *Flachsbrechstube*. Mais elle a son correspondant rigoureux dans le *riihi* finnois, la *rihja* lette, la *Riege* ou *Rije* des Allemands des provinces baltiques, appelée aussi *korndarre*, la *riga* ou l'*ovin* russes (cf. Thomsen, *op. laud.* p. 276).

Enfin la *pirtis*, ou chambre de bain, tend aussi à se perdre en Prusse ; on désigne le plus souvent de ce mot la chambre à sécher le lin. Dans le pays que j'ai étudié, je n'ai rencontré rien de pareil : là, la salle de bain, *pirtis*, pourvue ou non d'une salle d'entrée, *priepretis*, est le complément indispensable de toute bonne maison ; l'on y prend de longs bains de vapeur, assis sur une banquette surélevée qui court le long du mur, et en se frappant vigoureusement de l'*unta* (en lituanien littéraire *wanta)*, qui est une branche de bouleau désséchée, réservée à l'usage des baigneurs, que les Allemands nomment *Badequast* et, les Russes *vènik*.

Quant à la *pirtis* elle même, elle a pour correspondants, la *pirts* lette, la *banja* russe, le *sauna* finnois.

Enfin ni la *daržine* (fenil), à laquelle correspondent le *sènnik* russe et le *lato*, finnois, ni les *gurbai* (écuries et étables) n'existent sous ce nom en Prusse.

Par le bref exposé qui précède, on voit de suite ce qu'il y a de primitif et de commun à la Lituanie entière dans l'habitation que nous venons de décrire : c'est évidemment et tout d'abord, la chambre-poële, la pièce, probablement unique à l'origine, où fume et chauffe le four ; c'est elle qui a conservé le nom bien lituanien de *namas* en Prusse, et qui a pris la dénomination assez obscure d'origine et fort ancienne de *gricza* en Lithuanie orientale. La disposition de cette chambre, le feu qui y flambe, les bancs fixés aux murs, la font ressembler étonnamment à la chambre correspondante des Germains *(Ildhus)*, des Grecs (*Megaron)*, des Latins *(Atrium)*, des Slaves et des Finnois.

La seconde chambre, dont tous les noms sont des emprunts soit à l'alle-

mand, soit au blanc-ru[illegible]é, soit même au polonais, semble de création plus récente.

Mais le tout offre un caractère notable. Tandis que la maison en usage dans la partie orientale de l'Allemagne et dans la Pologne proprement dite, s'ouvre à l'extrémité (1), le *namas* lituanien a sa porte, comme l'izba russe, sur le flanc. Bien plus, cette porte donne normalement sur la cour et non sur la rue, conformément à l'usage russe et contrairement à un usage assez fréquent en Petite-Russie. Quant à la *kletis*, ordinairement surélevée, elle rappelle invinciblement, tant par sa construction que par ses emplois, certaines bâtisses scandinaves dont nous ne voudrions pas cependant la rapprocher sans autres façons, et semble se rattacher à des constructions analogues des pays lettes et finnois.

Quant aux autres bâtiments qui composent le *kiemas*, la cour et ses alentours, il semble bien qu'il n'y a plus accord aujourd'hui entre les témoignages fournis par les diverses régions de la Lituanie.

La maison orientale que nous avons étudiée ici, paraît pouvoir prétendre à un caractère d'antiquité, que ne sauraient avoir les habitations situées dans les districts plus fréquentés, plus exposés aux influences extérieures, où subsistent encore, ainsi que nous l'avons montré, les mots qui désignent tel ou tel bâtiment, alors que ce dernier a disparu, ou bien s'est transformé. Et dès lors il convient de séparer à nouveau la Lituanie de l'Allemagne et de la Pologne, pour la rattacher, cette fois, à la Russie baltique, à l'Esthonie et à la Finlande ; on a pu remarquer en effet à quel point la présence des équivalents russes, lettons, finnois, était constante pour chacun des bâtiments énumérés. Il semble qu'il y a, en quelque sorte, une aire géographique donnée, et encore indéterminée, dont la Lituanie fait encore partie aujourd'hui pour une bonne part, où la maison paysanne comporte, outre le logis proprement dit, les mêmes bâtiments employés aux mêmes usages (2).

(1) V. R. HENNING : *Das deutsche Haus* et KOLBERG : *Materialy do etnografii słovianskiej*, séries III et V.
(2) Cf. A. O. HEIKEL : *Journal de la Société Finno-Ougrienne*, IV. pp. 204, 205

M. A. DEBRUGE

à Bougie (Algérie).

## FOUILLE DE LA GROTTE « ALI-BACHA » [571.23:65]

*— Séance du 9 août —*

*Bougie.* — Entre le cap Carbon et le cap Cavallo, la Méditerranée forme un golfe important, le golfe de Bougie, lequel porte le même nom que la jolie petite ville bâtie en amphithéâtre au pied de la haute montagne du Gouraya. Tandis que la partie comprise entre le cap Carbon et la ville proprement dite affecte un aspect grandiose par suite des découpures bizarres des sommets des Pic de la Dent, Djebel-Gouraya, Carbon, Pic des Singes, Cap Noir, Cap Bouak, Sidi-Yahia, dont le plus élevé atteint 660 mètres, l'autre partie forme une vaste plaine et une plage immense, conséquence des dépôts d'alluvion incessants de l'Oued-Soummane, la plus importante des rivières de la région. Toute la partie monta-



Fig. 1. — Grotte Ali-Bacha. Vue prise à 35 mètres en regard et par-dessus le torrent.

gneuse est hérissée de rochers sauvages, abrupts parfois au bord de la mer, à des altitudes extraordinaires, avec des alternatives de torrents et de précipices, où presque partout croît une végétation de plantes et d'arbustes de toute sorte.

Les abris sous roche et les grottes sont nombreux dans toutes ces découpures naturelles; aussi le voisinage de la mer a-t-il dû toujours retenir l'homme dans ces parages.

*Situation.* — Lorsqu'on sort de Bougie par la porte de l'Arsenal, on traverse le Camp-Inférieur, et, suivant la route des concessions, à droite, on arrive à la hauteur de la redoute du Fossé. Un peu plus loin que le chemin d'accès établi par le génie pour desservir les différents forts avancés du Djebel-Gouraya, nous rencontrons un premier torrent, le Bir-el-Kanoun. En le remontant, en ayant soin de laisser sur la droite le torrent annexe qui passe en bas du fort Clauzel et, à 1.500 mètres environ de l'endroit où nous aurons quitté la route, brusquement, nous nous trouvons arrêtés par un important massif de rochers presque inaccessibles. Devant ces remparts naturels, on est tenté de les contourner, et cependant, le torrent s'est creusé un lit dans ce dédale où le pied doit chercher les rares aspérités pour se poser. C'est là que nous avons trouvé la grotte qui fait l'objet de ce travail.

*Origine et Historique.* — Au cours de nos recherches, nous remontions le lit du Bir-el-Kanoun au commencement de mars 1902, lorsqu'il nous fut donné de relever une assez belle station préhistorique sur le petit plateau en pente douce immédiatement voisin du massif rocheux. Dans ce lieu désert, à environ 2 kilomètres de la mer, nous eûmes l'intuition que la demeure des anciens tailleurs des silex récoltés ne devait pas se trouver très loin. Ce ne fut toutefois pas chose facile de nous hisser dans ces rochers troués et tranchants, envahis par la broussaille et c'est un peu meurtri qu'il nous était accordé de poser le pied sur le seuil de la grotte rêvée.

Face au torrent, à 15 mètres environ au-dessus de son lit, on ne peut y accéder soit du haut, soit du bas. Ce n'est possible qu'à mi-côte et en s'aidant des anfractuosités, car le rocher surplombe encore de deux étages.

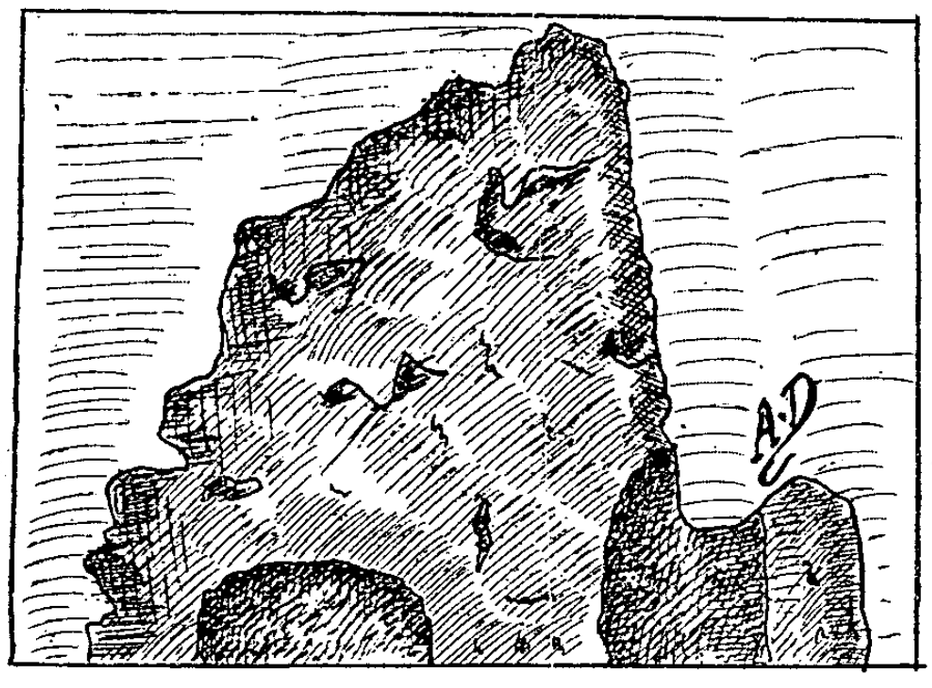



FIG. 2. — Entrée de la Grotte Ali-Bacha. Échelle de 0m,02 par mètre.

Les cartes d'état-major, pas plus que les plans cadastraux ne donnent de nom à ce massif; la cote seule accuse 142 mètres. Le terrain appartient à un indigène de Bougie du nom de Ali-Bacha; dans l'incertitude où nous nous

trouvions, nous avons cru faire acte de justice en donnant à cette grotte le nom de son propriétaire.

*Aspect de la grotte avant les travaux.* — Exposée au soleil levant, la grotte Ali-Bacha offre cette particularité qu'elle comporte comme avant-grotte un abri sous roche *(fig. 2)*, lequel se trouvait envahi de terre et de broussailles avant les travaux de dégagement.

Deux ouvertures donnent accès dans les différents caveaux. Pour plus de clarté, nous avons dressé un plan très approximatif de la grotte telle que nous l'avons trouvée. On verra par le plan final, après déblayement, combien nous étions loin de la réalité. En pénétrant par l'ouverture de

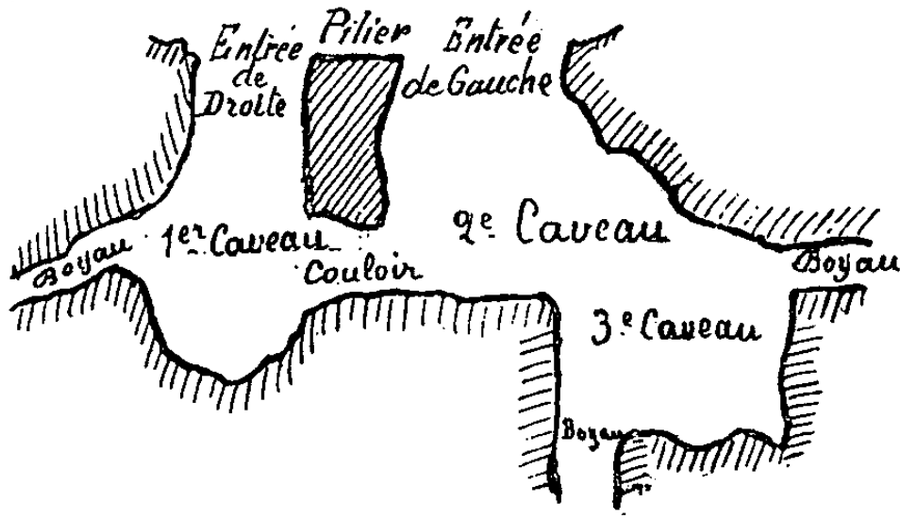



FIG. 3. — Plan de la Grotte avant les travaux. Échelle de 0m,01 par mètre.

droite, avec beaucoup de peine, souvent en rampant, nous nous trouvons dans une première chambre d'environ 5 mètres carrés de surface avec couloir d'accès dans la deuxième chambre et pilier de séparation naturel formé par la grotte entre les deux *(fig. 3)*.

Le deuxième caveau, d'une superficie sensiblement égale à celle du premier, voit aussi le jour sur l'entrée et se continue en s'enfonçant dans l'intérieur par un passage assez large, pour constituer ce qu'en principe nous avions considéré comme une troisième salle. Différents couloirs impraticables, obstrués qu'ils sont, ne pourront être déterminés qu'au fur et à mesure de la fouille.

*Dégagement du premier caveau.* — Aidé de la subvention de l'Association, nous faisions commencer les travaux. Tout d'abord, un chemin d'accès un peu moins dangereux fut établi pour se rendre à la grotte. Il ne nous était guère possible de surveiller les terres rejetées sur la simple saillie formée en avant de l'ouverture par le rocher. Soigneusement nettoyés, les abords de l'abri et l'abri lui-même pouvaient compenser cet inconvénient. Aussi le tout fut-il nivelé, de telle sorte qu'au bout de quelques jours nous possédions une petite plate-forme très suffisante, laquelle avait l'avantage

de nous permettre le déversement immédiat, dans le torrent, de tous les rejets de la grotte. L'abri, en raison de son incommodité par suite de la conformation du massif rocheux, ne pouvait guère avoir servi à l'époque d'occupation, aussi en peu de temps était-il fouillé et le premier caveau attaqué.

Nulles déjections de chèvres n'ont été relevées à la surface ; aucun foyer actuel, comme en font les bergers indigènes, n'existait avant déblayement, en un mot la grotte Ali-Bacha était peu abordable et fréquentée seulement par des chacals, des renards et surtout des porcs-épics dont nous avons relevé les traces.

La couche superficielle de poussière, sable, est variable et atteint jusqu'à 50 centimètres : elle donne des os rongés, des fragments de tuile et de poterie moderne.

La deuxième couche d'une épaisseur moyenne de 90 centimètres, terrain argileux fort ferrugineux, renferme quelques coquilles comestibles, de nombreux charbons, des ossements divers en fort mauvais état de conservation. Cette couche nous a donné d'assez nombreux silex d'un travail soigné et un poinçon en os grossièrement poli. Plus bas, sur une épaisseur d'une quinzaine de centimètres, nous relevons une couche de gros escargots ; la terre est noirâtre. A $1^{m},20$, nous trouvons un fragment de mâchoire inférieure humaine, avec trois molaires adhérentes sans aucun autre ossement.

Le terrain change, devient friable, cendreux et beaucoup plus noir. Un panier nous remonte deux os de jambe humaine; nous descendons dans la fouille et, à l'aide de la petite truelle qui nous sert, nous essayons de dégager le squelette. Peine perdue, intentionnellement sans doute, le corps a été recouvert de pierres de faibles dimensions, généralement des calcaires du massif voisin, souvent aplatis. Par suite du tassement des terres, ce n'est qu'un fouillis inextricable, et malgré les grandes précautions prises soit du dessus ou du dessous, au moment où la tête est atteinte, elle tombe en poussière. Il nous a paru toutefois, une partie de la calotte crânienne enlevée, qu'une deuxième calotte de plus faible dimension s'emboîtait dans la première ?

L'intérieur de la tête était bourré d'ossements divers de petite taille provenant de différentes parties du corps. L'examen de ces ossements a permis de reconnaître la présence de plusieurs individus. Presque immédiatement au-dessus du crâne, une saillie énorme des parois de la grotte formait comme une marche naturelle de protection. La tête et les autres ossements avaient dû être engagés dans cet endroit, sous cette cavité, puis recouverts et pressés fortement ensuite, car les fractures sont généralement de dates éloignées. En un mot aucun rapport naturel n'existait entre ces os du ou des cadavres réunis en ce point, au contraire, un pêle-mêle qui

laisserait supposer un rite funéraire particulier. Immédiatement en contact avec la tête, nous avons recueilli sur la droite un coquillage de faible dimension (valve de *Cardium edule* Linné) perforé à son sommet, près de la charnière. Ce sommet se trouve comme usé par frottement, sans doute pour faciliter la perforation. — Un grattoir plat et tranchant, sans retouche, en jaspe rouge du type moustérien. Quelques fragments d'un vase d'une pâte assez grossière, comportant en creux, fortement indiquées, des lignes parallèles affectant la forme de grosses écailles posées les unes auprès des autres pour constituer sur le tour de la poterie un dessin assez original et analogue à ceux relevés sur une dalle gravée de l'allée de Gavrinis *(fig. 4)*.

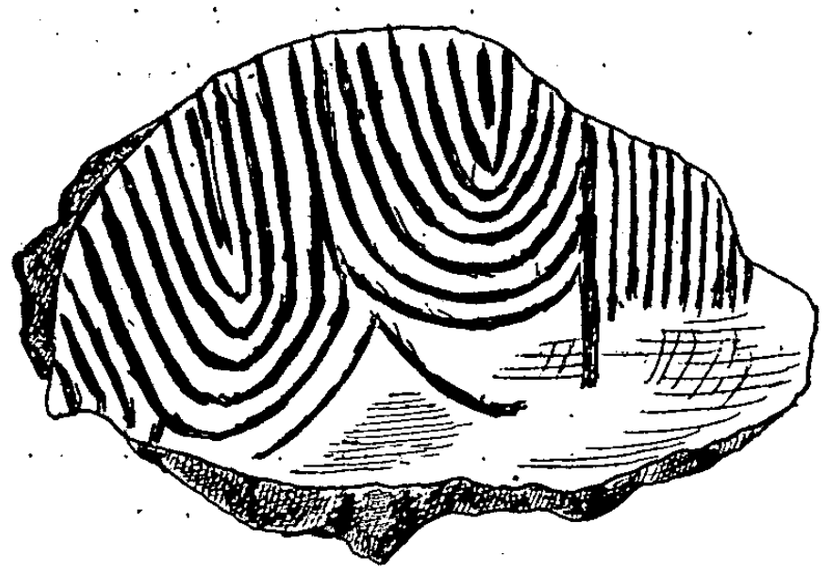


Fig. 4. — Fragment de vase. Grandeur naturelle.

Les rejets du caveau nous ont procuré, dans la couche supérieure, un disque de Cardium, différents silex et quelques os polis. La couche archéologique se poursuit jusqu'à 75 centimètres de profondeur en moyenne ; le silex devient très rare et les ossements affectent une très grande similitude avec ceux des brèches. Nous avons conservé une corne caractéristique.

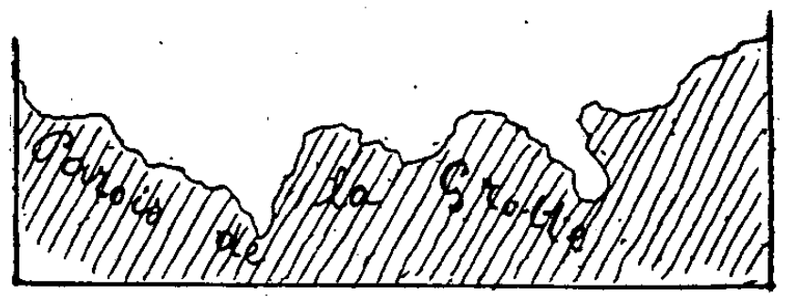


Fig. 5. — Coupe du sol du premier caveau.

| | (en moyenne) |
|---|---|
| Sables, débris divers, épaisseur. . . . . | 0m,20 |
| Terrain argilo-ferrugineux. Charbon. silex, ossements divers . . . . . | 0m,90 |
| Terrain noirâtre. Coquillages, silex. . . . . | 0m,15 |
| Terrain archéologique, cendreux, nombreux silex, ossements . . . . . | 0m,75 |

La fouille a pris fin à 2m,10 environ, selon les sinuosités de la grotte et lorsque nous avons rencontré le sol de formation stalagmitique coupe *(fig. 5)*.

Nous estimons à près de trois cents le nombre des objets recueillis dans ce premier caveau.

*Dégagement du deuxième caveau.* — Par le couloir de communication nous pensions n'avoir qu'à continuer le dégagement, nous dûmes y renoncer. Les dépôts supérieurs formaient une épaisse couche stalagmitique que la pioche ne pouvait attaquer, et séparaient complètement le premier caveau du second. La deuxième ouverture fut donc déblayée et sans doute en raison de son rapport plus direct avec l'extérieur, le terrain était humide compact et fort difficile à travailler.

Guidé par la fouille précédente, nous pensions atteindre la couche archéologique dans les mêmes conditions. A la surface nous trouvons toujours à peu près la même épaisseur de sable, poussière, débris divers récents. Le terrain sous-jacent, jusqu'à une profondeur d'environ $1^m,05$, est très argileux et fort riche en fer; il ne donne que peu d'ossements d'animaux, quelques charbons et silex assez rares. Nul banc d'escargots comme dans la première chambre : nous atteignons, par un brusque changement du sol, la couche cendreuse et noirâtre archéologique. Un peu avant d'arriver à cette couche, à environ 75 centimètres nous avons recueilli vers le centre du caveau des fragments de crâne humain ; à part quelque cassures produites au dégagement, les autres sont très anciennes et il ne nous a été possible de conserver que peu de chose. Les rares ossements qui accompagnaient la tête se trouvaient dans un état de conservation tel, qu'ils tombaient en poussière au moindre contact; c'est ainsi qu'en voulant sortir une forte partie de mâchoire, toutes les dents sont tombées. Nous en avons recueilli quatorze ainsi qu'une molaire encore adhérente. A 10 centimètres du crâne, nous récoltons deux coquillages perforés, une valve de *Pectunculus pilosus*, et une de *Cardium tuberculatum*, cette dernière paraissant avoir été peinte en rouge. Particularité intentionnelle peut-être ? Dans le premier de ces coquillages posé à plat se trouvait un petit galet ovoïde que nous avons conservé. Voisin aussi des restes du cadavre, était un disque en terre cuite rougeâtre de 45 millimètres de diamètre, enfin quelques silex.

Vers la profondeur de $1^m,60$ apparaissent comme dans le caveau précédent des pierres brûlées. Nous prêtons à la fouille encore plus d'attention et c'est avec la plus grande prudence que nous distribuons nous-même les coups d'une petite pioche légère, qu'il faut malgré tout conserver en raison de la consistance du terrain. Nous nous trouvons à environ $1^m,80$ lorsque notre outil démasque et malheureusement brise un assez fort morceau de crâne. Avec ce que nous avons pu recueillir, il ne nous a été possible de reconstituer qu'un frontal à peu près complet.

Immédiatement à la base du crâne deux longs os des jambes sans doute, étaient juxtaposés en forme d'X; les phalanges d'une main comme posée naturellement, ainsi que différents autres ossements ont été soigneusement récoltés. Le tout se trouvait réuni dans un espace très restreint ne dépassant pas 40 centimètres carrés. Le crâne se voyait de haut en bas, dans la position qu'il aurait occupée sur les épaules, et placé à quelques centimètres des parois de la grotte faisant face à l'ouverture. Malgré les plus minutieuses investigations nous n'avons retrouvé aucune dent autour et à l'emplacement du squelette.

A 5 centimètres de la tête et à droite, nous avons recueilli un joli couteau en silex translucide de 6 centimètres de longueur. La partie

opposée au conchoïde se trouve comme retouchée intentionnellement et forme grattoir. C'est le seul spécimen de cette taille et de cette pâte récolté dans toute la grotte. Auprès de ce couteau et fixé verticalement en terre, se trouvait un harpon ? en os poli. Toujours comme ramassés au même endroit, un grand perçoir poli et cassé du côté de la pointe, deux grandes valves, l'une perforée au sommet et légèrement ébrèchée *(Pectunculus pilosus)* et l'autre brisée en partie *(Pectunculus violacescens)*. Les rejets autour du squelette nous ont également procuré trois coquillages allongés *(Turritella triplicata)* dont le plus grand mesure presque 5 centimètres, tous perforés en regard de la bouche de façon que les ouvertures puissent faciliter la suspension. L'un porte encore une couche assez épaisse du rouge dont il avait été enduit.

Quelques galets allongés et réguliers ont pu servir d'outils, leur présence dans la couche archéologique le fait du moins admettre car ce sont les seuls recueillis dans la grotte.

Ce caveau nous a donné une dizaine de quartzites et de calcaires travaillés, mais seulement dans la couche la plus ancienne ; il convient donc de remarquer que cette industrie relativement assez grossière se trouve en contact direct avec le silex, l'os poli, autres industries qui nous ont procuré des outils d'une petitesse extrême et d'un travail remarquable.

Le silex est commun et nous en avons de ce deuxième caveau autant que du premier. L'os poli est assez rare : quelques pointes de perçoirs et d'aiguilles d'un travail parfois très fin. Nous ne devons pas passer sous silence une assez grande quantité d'os en pointe lesquels ont très bien pu remplir l'office de traits, flèches, javelots, selon les dimensions. Quelques spécimens sont très caractéristiques et on y reconnaît une intention évidente de travail ; le côté de la pointe porte des stries fort visibles répétées parfois sur les différentes faces. Cette particularité pourrait être accidentelle sur un seul spécimen, mais le cas se trouve reproduit une dizaine de fois et nous devons ajouter que d'autres ont pu échapper, car notre attention n'a été éveillée que tardivement, et par le plus grand des hasards. Il convient d'autre part de remarquer l'absence complète de flèches en silex



FIG. 6. — Coupe du sol du deuxième caveau.

| | |
|---|---|
| Sables actualités (?) | 0m,40 |
| Terrain argilo-ferrugineux, quelques ossements, charbons et silex assez rares | 1m,95 |
| Terrain fort noir, cendreux, riche en tout (?) | 0m,90 |

jusqu'à présent. La fouille prend fin à 2m,35 de profondeur environ, sur le terrain de formation stalagmitique de la grotte *(fig. 6)*. Par place nous

rencontrons comme précédemment des conglomérats osseux dont nous conservons quelques échantillons.

*Dégagement du troisième caveau.* — Une remarque s'impose, laquelle ne fera que se confirmer au fur et à mesure que la fouille nous entraînera vers les profondeurs de la grotte. Les ossements trouvés dans la couche supérieure argilo-ferrugineuse sont d'une conservation tellement défectueuse que très peu ont pu être conservés. Dans la couche archéologique, bien qu'ils soient en meilleur état, par suite des infiltrations pluviales, du contact avec l'humidité des parois de la grotte, il arrive souvent que tel ossement paraissant bien conservé ne l'est que partiellement. C'est un phénomène sans doute particulier aux grottes à suintement et dû à des causes toutes physiques. Ces différents ossements ont du reste emprunté au sol sa couleur particulière, jaune dans la couche argilo-ferrugineuse, noirâtre dans la couche cendreuse archéologique et il est par suite très facile de connaître leur emplacement.

Les uns sont pesants et comme fossilisés, d'autres sont couverts de dendrites, enfin on en trouve qui n'ont subi que très peu d'altération : ceux-là appartiennent certainement à des animaux de l'époque actuelle qui sont morts là ou qui y ont été apportés par le chacal, la hyène. On voit encore sur certains os les traces des dents d'un rongeur d'assez grande taille? En raison de la commodité de rejeter les terres par les deux ouvertures de façade, la fouille jusqu'à présent a été relativement facile; les véritables difficultés vont commencer et ne feront qu'augmenter à mesure que nous pénétrerons vers les profondeurs de la grotte. Chose curieuse, plus la vaste salle que nous entreprenons se dessinera, plus nous nous enfoncerons dans l'intérieur, moins nous rencontrerons les traces de l'homme préhistorique. En rapport à la récolte faite dans les deux premiers caveaux et aux dimensions très vastes de la salle contiguë nous avions certainement mieux auguré comme trouvailles.

En comparant le plan primitif établi, avec le plan réel de la grotte, on pourra reconnaître combien grande était notre erreur. Le boyau obstrué remarqué au fond paraissait devoir être, comme les deux autres, impraticable, ou sans solution de continuité; il n'en était rien. Dès que les pierres encombrant l'ouverture eurent été enlevées, un enfant pouvait passer. Nous y fîmes pénétrer un petite pâtre kabyle, lequel revenait peu après et nous donnait l'assurance que le fond de la grotte était très loin. Il fallait donc prendre des dispositians nouvelles en raison du changement de caractère de la fouille. Une énorme quantité de sable, poussière, pierres, ossements, se trouvait à la surface et gênait considérablement les ouvriers dans leurs mouvements. Ordre était donc donné d'enlever complètement cette couche de surface avant de se servir de pioches. Ce ne fut pas chose facile; s'éclai-

rant d'une main, son outil de l'autre, contraint de faire un mouvement de navette continu, l'ouvrier devait profiter des ouvertures supérieures et fort capricieuses selon les sinuosités de la grotte, se garer des stalactites souvent tranchantes, et, ce qui était plus ennuyeux, sortir à chaque instant pour respirer. La poussière ferrugineuse vous pénétrait à tel point, qu'on en était comme saturé et incommodé. Ce travail préparatoire fut long, mais il nous donnait du jeu et plus de liberté d'action. L'emploi de la brouette devint nécessaire : à cet effet, pour en permettre le passage, une partie du deuxième caveau dut être remblayée. La lumière faisait grandement défaut. En notre absence, les ouvriers utilisent des bougies, ne pouvant confier à des indigènes le soin d'entretenir une lampe à acétylène dont nous nous servions nous-même avec assez de succès.

A l'entrée de la vaste salle formant la grotte proprement dite, et immédiatement après le deuxième caveau fouillé, le terrain offre sensiblement les mêmes particularités : couche beaucoup plus épaisse d'argile ferrugineuse (1$^{m}$,80 environ), laquelle ne donne que quelques charbons et silex dans la partie inférieure, avec des ossements d'animaux divers en très mauvais état de conservation. La couche archéologique se présente ensuite, moins foncée que dans les deux caveaux d'entrée, d'une épaisseur variable

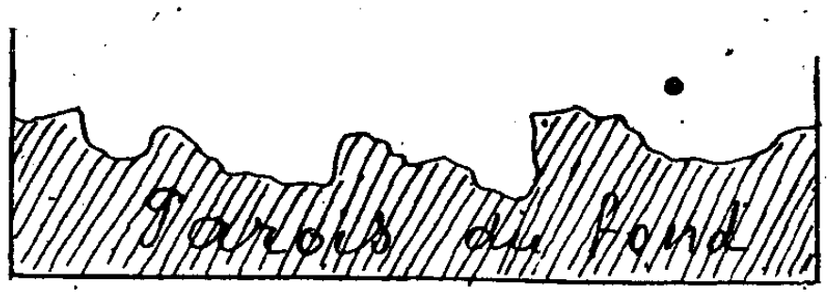



Fig. 7. — Coupe du terrain à l'entrée de la grande salle.

| | |
|---|---|
| Sable, poussières, ossements | 0$^{m}$,50 |
| Argile-ferrugineuse, quelques charbons et silex et peu d'ossements seulement vers le fond | 1$^{m}$,80 |
| Terrain foncé, mais beaucoup moins que dans les deux autres caveaux. Silex, ossements divers | 0$^{m}$,80 à 1$^{m}$. |

selon qu'on s'écarte plus ou moins des parois de la grotte et moyenne d'environ 80 centimètres *(fig. 7)*. Nous rencontrons, à cette profondeur, des traces de foyers et nous retirons quelques fragments d'une poterie grossière, qui attirent particulièrement notre attention.

Les rejets nous procurent quelques parcelles de cuivre ainsi que des scories cuivreuses. A la suite d'un examen approfondi des fragments de potérie dont il est parlé ci-dessus, il semble que nous nous trouvions en présence de débris d'un creuset. Il convient de remarquer qu'en raison de la grande épaisseur des terres d'obstruction, nous n'arrivons pas encore au niveau inférieur de la couche archéologique et correspondante à celle des deux caveaux primitivement dégagés. En continuant la fouille, nous espérions donc atteindre une couche analogue, aussi nous avons été surpris de ren-

contrer le sol primitif. En résumé, nous nous trouvons dans cette grotte à un niveau plus élevé de 50 centimètres que celui des caveaux d'entrée.

La grotte proprement dite est ensuite entreprise. Obstruée complètement qu'elle était à certains endroits, nous sommes contraints de faire enlever une épaisseur de terre de près de 4 mètres.

Ce n'est que dans la partie tout à fait inférieure, couche peu appréciable et légèrement foncée comparativement à l'argile de plus en plus ferrugineuse, qu'il nous est donné de récolter quelques silex et relativement fort peu d'ossements.

Il serait superflu de nous étendre très longuement sur le restant de la fouille, laquelle n'offre guère d'intérêt, car plus on s'enfonce, moins on trouve les traces du passage de l'homme. Cependant, les mêmes et scrupuleuses observations ont été faites : ordre était toujours donné aux ouvriers de tenir les parois de la grotte, espérant qu'un coin quelconque pouvait cacher les restes d'individus. En général, jusque passé 2 mètres de profondeur, on

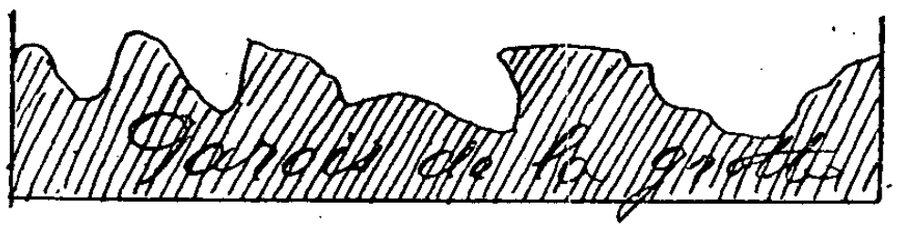


Fig. 8. — Coupe du terrain de la grande salle vers le milieu.

| | |
|---|---|
| Sable, poussière, ossements | 0m,50 à 1m,00 |
| Terrain argilo-ferrugineux très compact, peu d'ossements, pas de silex. | 2m,00 à 2m,50 |
| Quelques silex et charbons | 0m,20 |

ne rencontre même pas de charbon, non plus que de silex, puis ensuite jusqu'au sol naturel, si peu, que ce n'est pas la peine d'en parler *(fig. 8)*. De-ci, de-là, un ossement en mauvais état. Recueilli à 8 mètres de l'ouverture et à 3 mètres environ de profondeur, un fragment de mâchoire humaine avec quelques dents ; à 2 mètres plus loin et à 2 mètres de profondeur, une autre partie de mâchoire également avec quelques dents adhérentes ; plus loin encore et toujours du même côté gauche de la grotte, une hache polie en ophite de la forme dite en boudin, d'une conservation parfaite. La partie tranchante seule est polie en mourant sur l'épaisseur de la pièce. Toute la partie épaisse, quoique très régulière, se trouve comme usée par martelage. Cette hache, la seule trouvée dans toute la fouille, mesure 9 centimètres de long sur 14 de circonférence ; elle a été recueillie à 1m,50 de profondeur. Pour arriver au fond de la grotte, le sous-sol devient très accidenté, des pierres énormes sont enlevées, d'autres formant corps avec les parois du bas sont contournées. Enfin, nous touchons deux boyaux inaccessibles. L'un a pu servir de sortie sur un endroit indéterminé du massif que nous n'avons pu relever. Le travail ne peut y être continué, car un violent courant d'air s'y fait sentir et éteint immédiatement

la flamme d'une bougie : on ne pourrait, du reste, y demeurer sous peine d'indisposition sérieuse. L'autre couloir, très étroit et naturel de la grotte, ne peut livrer passage à un homme ; nous n'avons pas jugé utile l'emploi de la mine *(fig. 9)*.

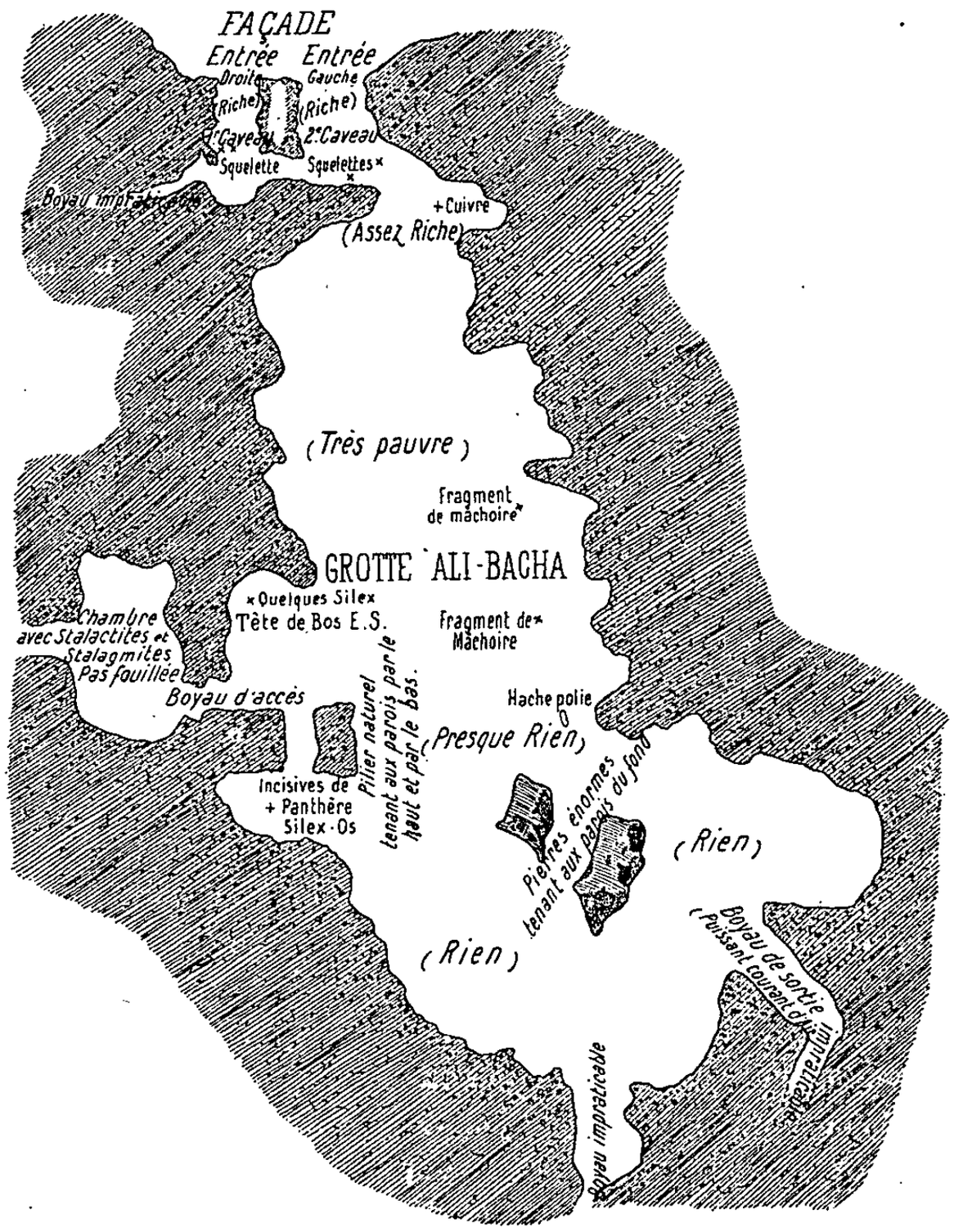



Fig. 9. — Plan de la Grotte Ali-Bacha. Échelle approximative, 0m,005 par mètre.

Vers le milieu de la grande salle et du côté des parois de droite, une disposition particulière nous indiquait une nouvelle ouverture. Nous en avons fait opérer le dégagement. Un pilier naturel permettait le passage d'une forte échancrure dans l'autre. Les silex et les os assez nombreux rendaient l'espoir que la chambre contiguë pouvait être un lieu de sépulture. Avec beaucoup de peine, nous avons dû nous introduire dans cette chambre par le boyau supérieur d'accès, et nous avons pu nous convaincre que, par suite de l'amoncellement des stalactites et des stalagmites, elle

n'avait pu être habitée; aussi nous avons dû renoncer à la faire dégager. Avant de parvenir au pilier de séparation, nous avions mis à jour une tête presque complète de *Bos elaphus saldensis*, laquelle s'est complètement désagrégée au dégagement. De l'autre côté du pilier et également dans la couche inférieure, il y avait passablement d'os d'animaux divers en très mauvais état de conservation ; nous n'avons pu retenir que quelques dents de panthère : canines et molaires.

A présent, notre fouille est terminée, et nous pouvons nous convaincre que la grande quantité de terre dont la grotte était littéralement comblée provenait du massif supérieur. La voûte, très capricieuse en effet, comporte des cheminées naturelles, obstruées en partie aujourd'hui, lesquelles ont pu parfaitement remplir autrefois l'office d'entonnoirs. Ces particularités s'observent surtout dans les points les plus élevés et vers la profondeur de 12 mètres environ.

Nous avons parcouru le sommet des masses rocheuses dans lesquelles se trouve la grotte Ali-Bacha. Le terrain y est fort ferrugineux, très accidenté; toutefois, aucune ouverture n'est apparente. On a pu voir, par l'énorme couche de sable de surface, au moment du dégagement supérieur de la grotte, que les terres entraînées par les infiltrations pluviales avaient dû s'arrêter depuis fort longtemps.

D'après la maigre récolte et les observations faites pendant la fouille de la grande salle, nous pouvons conclure qu'elle n'a dû servir que de passage.

Terres tombant par le haut, obscurité, violent courant d'air observé vers le boyau du fond, ont dû être les causes pour lesquelles l'homme s'est confiné aux seules chambres donnant sur la façade.

*Volume des terres enlevées.* — Commencés le 2 avril, les travaux se sont continués sans interruption et ont pris fin le 17 mai, soit un total de quarante-cinq jours de fouille. Deux ouvriers y ont toujours été occupés et il convient d'évaluer très approximativement le volume des terres extraites de la grotte et déversées dans le torrent. Nous disons approximativement, car nous ne pouvons que prendre une moyenne proportionnelle en raison des difficultés connues dans ces sortes de fouille, et surtout des étranges caprices des parois.

Surface du premier caveau, 5 mètres carrés; profondeur moyenne, $2^{m},10$; volume $10^{m},50$.

La surface du deuxième caveau était un peu plus grande et la profondeur sensiblement égale; nous évaluons à $11^{m},50$ le volume des déblais.

Surface de la grande salle : longueur 15 mètres, largeur moyenne 3 mètres, soit 45 mètres carrés. L'épaisseur moyenne étant de $2^{m},80$, nous avons comme volume 126 mètres cubes.

Nous obtenons donc $10^m,50 + 11^m,50 + 126$, soit 148 mètres cubes.

Si nous ajoutons à ce calcul le dégagement de la façade, nous arrivons à environ 150 mètres cubes de terres extraites de la grotte Ali-Bacha ; aussi le propriétaire pourrait-il au besoin y loger ses troupeaux.

## Mobilier et industrie

*Poterie.* — La poterie est très rare dans la grotte et nous n'en possédons que quelques échantillons bien insuffisants pour permettre une reconstitution même approximative. Un type particulier, décrit précédemment *(fig. 4)*, n'a pas été, croyons-nous, signalé en Algérie et serait connu au sud de l'Espagne ?

Un deuxième échantillon comporte comme dessin une série de lignes parallèles obtenues au moyen d'un poinçon et présentant une suite de petits creux assez réguliers (type signalé, grotte d'Oran, 1891. Pallary et Tommasini), avec cependant assez de différence *(fig. 10)*.

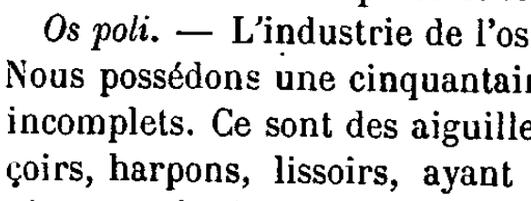


Fig. 10. — Dessin sur poterie.

Ces deux spécimens sont d'une pâte d'argile épaisse employée avec toutes ses impuretés.

Un troisième échantillon indique un travail plus soigné et plus récent. La pâte est régulière et paraît avoir été obtenue par une mixture d'argile, de sable et de quartz pulvérisé.

Tandis que la cuisson des deux premiers types signalés plus haut est irrégulière et obtenue sans doute par surchauffage intérieur, « calcination des parois internes », le troisième échantillon est d'une cuisson uniforme qui donne pour ainsi dire le même fini interne et externe sans calcination.

La pâte des fragments de creuset signalés est sensiblement de la même composition, glaise, sable, quartz pulvérisé. Par son affectation spéciale, cette pâte très épaisse est comme recuite, beaucoup plus dure ; elle, est en outre, imprégnée sur toute son épaisseur des émanations de la matière fusible. Tandis que la paroi extérieure est intacte, celle en contact direct avec le minerai se trouve comme décomposée et forme scorie cuivreuse.

*Os poli.* — L'industrie de l'os est bien moins importante que celle du silex. Nous possédons une cinquantaine d'objets dont malheureusement beaucoup sont incomplets. Ce sont des aiguilles très fines et soigneusement effilées, des perçoirs, harpons, lissoirs, ayant tous les caractères des types classiques. Nous n'avons relevé sur aucun objet nulle trace de gravure, non plus que de perforation. L'industrie de la grotte paraît, de ce fait, en raison de l'importance de la fouille, assez rudimentaire et dénoterait une date d'occupation éloignée.

*Objets de parure.* — A ces restes du passé, il convient d'ajouter les coquillages perforés, Turritelles, Pectoncles, disque de Cardium dont il a été parlé précédemment. La parure était donc à cette époque reculée un but de préoccupation de la part des naturels. On a vu que, pour ajouter encore un cachet particulier à ces objets, ils étaient parfois peints avec de l'ocre ou de l'hématite. Nous possédons vingt-cinq de ces reliques.

*Calcaires, quartzites, silex.* — Les calcaires, peu nombreux et assez grossiers, n'ont été recueillis que dans la couche de fond, mais cependant en contact avec des silex travaillés d'une façon remarquable. Nous signalerons quelques pointes et quelques grattoirs. Les quartzites sont également rares et ont été trouvées un

peu partout. Les silex de la grotte Ali-Bacha sont de deux catégories : les uns indiquent une industrie éloignée par leur travail sommaire, les autres retouchés plus finement et mieux terminés une époque plus récente. Les premiers sont caractérisés par une coloration terne produite par le sol de la grotte avec encroûtements calcaires et ferrugineux. Ils sont pour la plupart taillés à grands éclats, sans retouches, et proviennent de la couche inférieure immédiatement voisine des brèches où nous les avons trouvés en contact avec les quelques spécimens en calcaire et quartzite que nous possédons. Leur caractère est assimilable aux industries de la Madelaine et du Moustier.

Le néolithique récent, couche supérieure, est suffisamment défini pour que la distinction puisse être faite sans trop de tâtonnements, par le choix du silex, la petitesse de l'outillage et le genre de travail beaucoup plus soigné.

Nous n'avons pas compté la totalité des silex recueillis dans la fouille, mais nous pouvons dire, sans être taxé d'exagération, que nous en possédons plus d'un millier. Nous allons les passer rapidement en revue sans trop nous arrêter sur les détails et en les groupant par séries.

*Lames.* — Les lames sont généralement petites, minces, en raison sans doute de la rareté de grands galets de silex avec lesquels on les obtenait (les galets rencontrés actuellement sur les plages des environs de Bougie sont encore de petites tailles) ; elles sont avec ou sans retouches et présentent souvent sur la face supérieure plusieurs arêtes longitudinales. Quelques-unes étaient susceptibles d'emmanchement, à en juger par le système de taille à l'une des extrémités. Les retouches sont faites d'un seul côté, laissant celui opposé nettement tranchant. De très rares spécimens, bien qu'ayant primitivement dû être affectés à des lames, ont été retouchés des deux côtés, parfois en pointe pour servir à d'autres usages. Les lames à encoches, grattoirs de bois ou d'os, sont extrêmement rares. A Aumale, nous en avions au contraire signalé énormément.

*Burins.* — Les burins sont fort nombreux, souvent d'une finesse remarquable, avec des retouches régulières et très petites, tantôt effilés comme des aiguilles, tantôt terminés en bec de perroquet. Ils sont généralement plats avec le côté opposé aux retouches très tranchant. Quelques-uns sont des prismes triangulaires irréguliers retouchés sur plusieurs côtés et ont pu servir de flèches ou de perçoirs.

*Pointes.* — Les pointes sont très rares, aiguës et plates ; peu sont retouchées.

*Grattoirs.* — Les grattoirs, assez communs, sont rarement retouchés, plutôt bruts, car la surface du galet s'y voit, dans presque tous les spécimens sur la partie circulaire proprement dite. Parfois ils devaient s'emmancher, à en juger par le système de taille.

*Nucléi.* — Les nucléi sont peu nombreux; le véritable atelier de taille devait se trouver sur le plateau annexe du massif rocheux dont il est parlé au début de ce travail et où nous avons relevé une station et de nombreux éclats de silex. Ils sont très petits, au plus 3 à 4 centimètres de longueur.

*Ciseaux.* — Quelques outils affectent la forme de ciseaux ; une section bien nette en biseau empêche de les confondre avec les grattoirs.

*Flèches.* — A part une ébauche assez grossière de flèche, cette catégorie d'objet ou d'arme est inconnue dans toute la fouille : c'est une remarque importante à faire et assez curieuse. Il est vrai que, dans la grande quantité de types que nous possédons, il peut y en avoir certes beaucoup ayant pu remplir le même office, surtout une série de petits silex trapézoïdaux parfaitement retouchés et presque toujours en pointe.

*Percuteurs.* — Les percuteurs sont rares, nous n'en avons recueilli que trois : deux galets en silex et un en quartzite.

*Broyeur ou polissoir.* — A signaler aussi un broyeur ou polissoir en grès très fin et d'assez forte taille.

*Hache polie.* — Nous avons parlé, d'autre part d'une hache polie en ophite, la seule trouvée dans la grotte; nous n'y reviendrons pas. Beaucoup d'autres spécimens auraient sans doute besoin d'une étude plus approfondie, mais cela nous entraînerait trop loin; aussi nous nous arrêtons estimant que les détails donnés sont suffisants pour permettre la classification de la grotte Ali-Bacha.

## FAUNE

Nous avons pu voir ainsi qu'il l'a été constaté à plusieurs reprises, combien les ossements recueillis dans toute la fouille étaient en mauvais état de conservation, cette particularité nuira certainement aux études comparatives avec les espèces actuelles, elle sera cause également d'omissions sans doute. Nous allons énumérer les diverses espèces qu'il nous a été possible de faire reconnaître et sur la détermination desquelles il ne peut y avoir de doute.

### CARNASSIERS

*Renard.* — Espèce plus forte que l'actuelle, caractérisée par plusieurs fragments de mâchoire, quelques phalanges onguéales, ainsi que de nombreuses dents, molaires et surtout canines.

*Chacal.* — Devait exister déjà lors de l'occupation de la grotte en aussi grande quantité qu'à présent. Nous avons pu constater par les nombreuses dents retrouvées combien il était répandu. Nous avons recueilli une forte portion de mâchoire supérieure et des molaires et canines en quantité.

*Chien.* — Pas plus que dans les grottes d'Oran fouillées par M. M. Pallary et Tommasini, la présence du chien n'a pu être nettement déterminée dans la grotte de Bougie.

*Serval* (*Felex libyca* Olivier). — Le serval existe encore parait-il dans la région il ne nous a pas été donné d'en rencontrer jusqu'à présent. Espèce caractérisée par une portion de mâchoire avec dents adhérentes.

*Panthère.* — Le terrible carnassier a sans doute toujours existé dans ces montagnes sauvages. Les deux couches principales nous ont donné plusieurs molaires et sept canines.

*Hyène.* — Nous ne possédons de cet animal qu'une seule dent récoltée dans la couche inférieure et suffisamment caractéristique pour donner une idée de la puissance de sa mâchoire.

### RONGEURS

*Porc-épic.* — Espèce caractérisée par de nombreuses molaires et incisives à toutes les époques.

*Gerboise.* — Nombreuses incisives.

*Lièvre ou Lapin.* — Nombreuses incisives qui ne permettent pas de détermination rigoureusement exacte.

### PACHYDERMES ET RUMINANTS

*Cheval.* — Aucun ossement digne d'intérêt n'a pu être conservé ; le cheval à en juger par la grande quantité de dents extraites, a été très commun pendant toute la formation de la couche argilo-ferrugineuse, rare dans la couche ancienne.

*Ane.* — Nous ne possédons de cet animal, si répandu aujourd'hui en Afrique que de rares incisives.

*Sanglier.* — Commun, espèce forte. Beaucoup de dents et quelques belles défenses.

*Gazelle.* — Rare; nous ne possédons qu'un noyau osseux de cornes et quelques phalanges onguéales. Ces débris sont insuffisants pour préciser l'espèce.

*Chèvre ou Mouton.* — Nous avons exhumé une corne et de nombreuses incisives que nous rapportons à l'un de ces deux ruminants sans pouvoir préciser lequel. On sait que la distinction ostéologique de ces deux espèces est extrêmement difficile.

*Bœuf (Bos elaphus saldensis* Pomel). — De tous les animaux dont les restes ont été trouvés dans la grotte Ali-Bacha, le Bos elaphe est celui qui tient la première place. Il devait, sans contredit, entrer dans une très grande proportion pour l'alimentation de l'homme. Alors, toutefois que sa présence est caractérisée par de nombreux ossements dans la couche ancienne, elle n'a pas été reconnue dans la couche supérieure. Il nous reste, de cette espèce particulière aux environs de Bougie, une corne puissante recueillie presque sur les brèches, une autre corne gauche intacte, quelques phalanges onguéales, ainsi que de nombreuses dents, lesquelles accusent d'une façon caractéristique leur ancienneté. Vers le centre de la grotte côté des parois de droite se trouvait une tête presque complète; mais comme tous les ossements signalés, au dégagement il n'a pas été possible de rien conserver. Les maxillaires cependant dénotaient un fort individu.

*Bubale.* — Molaire de lait et phalanges onguéales.

*Bos opisthonomus* Pomel. — Molaires inférieures. Nous possédons aussi d'un très grand bœuf indéterminé un condyle de maxillaire inférieur.

### OISEAUX

Les ossements d'oiseaux n'ont pu subsister. Toutefois, nous espérions au moins recueillir des fragments d'œuf d'autruche, comme on en trouve un peu partout dans les autres stations préhistoriques de l'Algérie. Nous avons été fort surpris de n'en trouver aucun débris.

### REPTILES

*Gongyle.* — Mâchoire inférieure de *Gongylus occellatus :* alors que tant de gros ossements ont disparu il est curieux de retrouver intacte cette portion si infime.

*Tortue.* — Fragments de carapace de la tortue terrestre de Mauritanie.

### POISSONS

Quelques vertèbres.

### MOLLUSQUES

*Gastropodes.* — A côté de la viande dont l'homme faisait sans doute sa principale nourriture, il convient de signaler les mollusques terrestres et marins qui entraient pour une bonne part dans son alimentation. Nous avons vu, dans le premier caveau fouillé que nous sommes tombé sur une véritable couche d'escargots, mesurant près de quinze centimètres d'épaisseur; l'espèce dominante est l'*Helix aspersa*, Müller.

*Cyclostoma sulcatum* Draparnaud. — Nombreux.

*Rumina decollata* Linné. — Communs.

*Glaudina algira* Bruguière. — Rares.

*Helix rusicadensis* Letourneux. — Communs.

*Xerophila.* — Rares, variété indéterminable.

*Nassa reticulata* Linné. — Un seul spécimen perforé.

*Cerithium vulgatum.* — Un seul spécimen.

*Turitella triplicata* Brocchi. — Ornement de prédilection des anciens habitants de la grotte. Nous en possédons dix-huit échantillons dont seize perforés ainsi qu'il a été dit précédemment. Un spécimen comporte double perforation ; quelques exemplaires sont peints en rouge.

*Trochocochlea turbinata* Born. — Assez rares.

*Patella cœrulea* Linné. — Rares.

*Pelecipodes.* —

*Pecten* sp...? — Divers morceaux paraissant être fossiles? L'un offre beaucoup d'affinités avec le *P. Jacobæus*. Nous ne possédons, d'ailleurs, que des fragments et il est peu facile d'établir leur attribution. Toutefois, on peut admettre que cette espèce servait aussi à l'ornementation, car sur un spécimen on croit reconnaître une double perforation.

*Mytilus galloprovincialis* Lamark. — Moules, un seul échantillon.

*Pectunculus pilosus* Linné. — Un bel échantillon perforé.

*Pectunculus violacescens* Lamark.— Plusieurs exemplaires complets, quelques-uns perforés, l'un peint en rouge.

*Cardium tuberculatum* Linné. — Trois spécimens, l'un perforé et peint.

*Cardium edule* Linné. — Deux échantillons dont l'un perforé.

### MINÉRAUX

Nous avons également retiré des fouilles différents minéraux que nous allons passer en revue.

*Calcaire.* — Le massif rocheux dans lequel est établie la grotte est un calcaire bleu à sécrétions ferrugineuses, généralement très dur. Les pierres d'entourage des cadavres étaient de larges morceaux de cette roche.

*Quartz.*—Nous possédons quelques galets en quartz: l'un a servi de percuteur; d'autres sont sans doute des broyeurs.

*Silex.* — Les nombreuses variétés de silex qui ont servi à la confection des outils recueillis ont des origines différentes. Quelques-uns sont locaux et ont été trouvés dans le calcaire par plaques intercalées, mais les plus nombreux sont venus sans doute de loin, roulés par les torrents et rejetés sur les bords de la mer sous forme de galets.

*Jaspe.* — Nous avons recueilli, auprès du squelette de fond, dans le premier caveau, un grattoir en jaspe rougeâtre dont nous ignorons la provenance.

*Schistes.* — Quelques galets veinés et curieux.

*Ophite.* — Une hache polie décrite plus haut.

*Aragonite.* — Recueilli un bel échantillon de cette variété de carbonate de chaux.

*Grès argileux.* — Un assez fort morceau verdâtre.

*Galène.* — Un échantillon de minerai de plomb, commun dans les environs.

*Hématite rouge.* — Un fort morceau roulé. Le pourtour comporte des entailles faites avec un silex sans doute pour enlever la partie tendre.

*Fer oligiste écailleux.* — Un seul échantillon à écailles fines et brillantes dont nous ignorons le gisement.

*Ocre.* — Nous avons recueilli, dans le voisinage presque immédiat des squelettes, différentes variétés d'ocre : rouge clair, rouge foncé, violet, lie de vin, et jaune. Quelques morceaux sont assez durs et d'autres très tendres.

---

M. le Dr Fernand DELISLE

---

## NOTE SUR LES OSSEMENTS HUMAINS DE LA GROTTE « ALI-BACHA ».

[571.23:65]

*— Séance du 9 août —*

M. Debruge nous a adressé les ossements humains qu'il a exhumés au cours de ses fouilles dans la grotte « Ali-Bacha, » près Bougie, dont il a donné la description en même temps qu'il énumère le mobilier préhistorique qui s'y trouvait.

Malheureusement ce que M. Debruge a pu rassembler de restes humains est bien peu de chose et il paraît, au premier abord, assez difficile d'en tirer un parti satisfaisant au point de vue de la détermination du type ethnique de l'ancienne population de Bougie à l'époque préhistorique.

M. Debruge, dans son mémoire, nous apprend dans quelles conditions tout à fait déplorables il a trouvé ces restes humains dans des points différents de la grotte, éloignés les uns des autres, rassemblés par petits tas, tous emmêlés les uns avec les autres et plus ou moins brisés ainsi qu'en témoignent les cassures à sections nettes et d'aspect anciennes.

Cette grotte « Ali-Bacha », vu l'absence de foyers indiquant un séjour permanent d'habitat, vu les difficultés d'accès pour y parvenir, paraît n'avoir servi que comme grotte sépulcrale naturelle, ainsi que beaucoup d'autres grottes du littoral algérien.

Une première remarque pouvait ressortir nettement des fouilles de M. Debruge, à savoir que les sujets en fort petit nombre dont il a retrouvé les restes osseux n'y ont pas été déposés immédiatement après la mort. Selon toute apparence, c'est à la suite d'une inhumation secondaire qu'ils y ont été placés. Après que le corps eut été dépouillé des parties molles dans une sépulture provisoire, ainsi qu'il est d'usage encore chez certaines peuplades, on réunit le squelette pour lui donner, dans la grotte une sépulture définitive.

D'après les ossements que nous avons eu à examiner, particulièrement les fragments de maxillaires inférieurs, on pourrait évaluer à neuf au moins le nombre des sujets inhumés secondairement dans la grotte, aucun de ces fragments de maxillaires inférieurs ne se raccordant entre eux. L'examen des fragments de crânes et d'os longs conduirait à peu près au même chiffre.

Avec les débris, il n'a pas été possible de reconstituer, même incomplètement, un seul crâne, dont la description aurait permis de reconnaître à quel type ethnique ancien allait cette population du nord de l'Afrique. Un seul os est complet, un frontal, mentionné dans le travail de M. Debruge.

En général, les fragments d'os du crâne sont épais, atteignant 1 centimètre, et ils paraissent a peu près entièrement débarrassés de matière animale et ils happent à la langue. Tous les os ont une couleur brun-rouille, qui tient à la nature de la terre qui les contenait. Les os longs sont tous incomplets, cassés; seul, les os des mains et des pieds sont complets. Ils ont été plus ou moins mélangés avec des ossements d'animaux, peut être les débris des repas funéraires.

Le seul os du crâne à peu près complet qui puisse être décrit est le frontal exhumé du deuxième caveau. Il aurait très vraisemblablement appartenu à un sujet féminin.

La glabelle est saillante et continuée à droite et à gauche par des bosses sourcilières très développées se prolongeant pour ainsi dire jusqu'aux apophyses orbitaires externes. Au-dessus est une dépression très marquée qui sépare la partie sus orbitaire du frontal de la partie écailleuse; les bosses frontales sont très nettes et assez rapprochées. Par sa forme générale, ce frontal donne l'impression d'avoir appartenu à une tête très dolichocéphale et développée verticalement.

| | | |
|---|---|---|
| Diamètre frontal minimum. . . . . | 95 | millimètres |
| — bi-orbitaire externe. . . . . | 104 | — |

Les neuf fragments de maxillaires inférieurs proviennent tous de sujets adultes des deux sexes. Les seules parties qui restent font presque toutes partie du corps du maxillaire qui était haut, épais, robuste. La région mentonnière est bossuée, rugueuse, saillante. Les éminences mentonnières

sont très accusées, bien délimitées. Ces indigènes devaient avoir le menton carré et proéminent.

L'étude des dents montre que la plupart des sujets ensevelis dans la grotte « Ali-Bacha » étaient des adultes. Sauf deux grosses molaires qui ont encore toutes les cuspides de la couronne intactes, sans trace sérieuse d'usure, toutes les autres dents quel que soit leur ordre, sont plus ou moins profondément usées, et cette usure uniforme de la couronne, dont les cuspides des molaires ont disparu, est intimement lié au régime alimentaire des tribus de cette partie de l'Algérie qui, riveraines de la Méditerranée, devaient consommer beaucoup de coquillages.

L'usure des dents est analogue à celle observée chez nombre d'autres populations vivant de la mer, comme les Fuégiens, et sur certaines dents elle a détruit une grande partie de la couche d'ivoire.

En général, toutes les dents sont volumineuses, particulièrement les canines et les grosses molaires. Elles sont généralement saines ; cependant nous avons relevé dix cas de carie sur soixante-onze dents examinées. Quatre fois la carie atteint la couronne par la surface, six fois elle s'est développée au niveau du collet atteignant à la fois la couronne et la racine.

Au point de vue du nombre des racines l'une des grosses molaires en présente quatre, trois formant un groupe distinct ayant entraîné la partie de l'alvéole qu'elles entourent; la quatrième est isolée, plus longue que les autres.

Les affections des dents ne se bornaient pas à la carie, nous avons relevé deux cas bien caractérisés de périostite alvéolo-dentaire avec abcès ossifluents.

Les différents débris des squelettes extraits de la fouille sont trop incomplets pour qu'il soit possible de se faire une idée de la taille des individus. Ils donnent l'impression de sujets ayant en général une ossature développée par conséquent vigoureux et robustes.

Sur l'extrémité inférieure d'un humérus on observe la perforation olécranienne, et sur trois fémurs dont le corps est à peu près complet, deux présentent de véritables colonnes osseuses sur le trajet de la ligne âpre, comme les fameux fémurs à colonne de la race de Cro-Magnon.

Telles sont les quelques observations qu'il y a à présenter au sujet des ossements humains de la grotte « Ali-Bacha ».

Les objets d'industrie qui les accompagnaient tendent à rapprocher le gisement des stations de la Vézère ; quelques caractères ostéologiques rapprocheraient ainsi les anciens Algériens des indigènes de Cro-Magnon. Mais avec aussi peu de faits réels nous ne nous hasarderons pas à affirmer d'une façon absolue l'identité de race. Il n'y a, jusqu'à plus ample informé que des présomptions sérieuses.

M. Eugène GARRISSON

Avocat à Montauban.

## SUR UN COUP DE POING EN BASALTE TROUVÉ A ROYAT (PUY-DE-DOME)

[571.25:44.59]

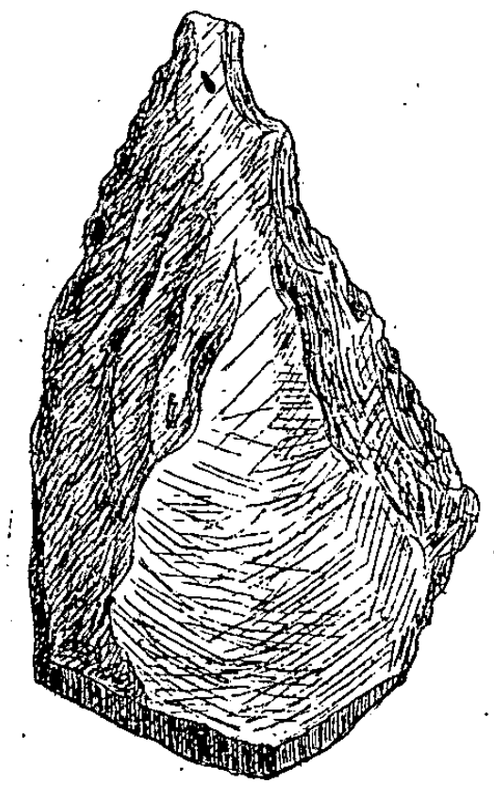
*— Séance du 11 août —*

Dans les premiers jours d'août 1901, j'ai trouvé à Royat (Puy-de-Dôme), sur les pentes de l'ancien volcan de Gravenoire à quelques centaines de mètres de la station balnéaire, dans un petit sentier encombré de scories et de débris de basalte, un grand éclat de cette roche qui a attiré mon attention par sa forme ; en examinant cette pièce j'ai reconnu un coup de poing grossier portant un bulbe de percussion très net. Cet instrument dont la pointe est cassée sur 25 millimètres de longueur environ mesure tel qu'il est :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 185 millimètres. | 110 millimètres. | 48 millimètres. |

et devait, entier, avoir environ 21 centimètres de long.

Une de ses faces, ce qui le différencie des coups de poing ordinaires, est obtenu d'un seul coup, sans trace de retouches, et porte près de la base un bulbe de percussion très net partant d'un plan de frappe perpendiculaire à cette face ; une esquille de la roche a été enlevée près du bulbe par la violence de la percussion ; ce bulbe est tellement accusé que la face de la pièce est bombée sur presque tout sa longueur.



Coup de poing en basalte trouvé à Royat. Face supérieure (1/3 de grandeur).

L'autre face, très renflée, présente à l'examen deux modes de taille :

1° Enlèvement de grands éclats obliques sur l'arête supérieure de cette face dans le but d'amincir l'instrument vers la pointe;

2° Enlèvement de petits éclats pour aviver les tranchants.

Ce dernier travail, n'était l'irrégularité des tranchants, rappellerait certaines pièces de l'époque acheuléenne; mais il paraît impossible, vu sa grossièreté d'exécu-

ion, de dater exactement le coup de poing de Royat; la main de l'homme n'y apparaît pas moins nettement et il m'a paru intéressant de le signaler au Congrès. En effet jusqu'ici les seuls instruments paléolithiques en basalte qui aient été signalés en Auvergne sont, à ma connaissance, de petites lames et éclats provenant des environs d'Aurillac; le type coup de poing et ses analogues manquaient absolument.

---

M. Eugène GARRISSON
à Montauban.

## LE PRÉHISTORIQUE ANTE-MAGDALÉNIEN DES ENVIRONS DE MONTAUBAN

[571.2:44.70]

*— Séance du 16 août —*

Le Préhistorique ante-magdalénien des environs de Montauban a été peu étudié jusqu'à ce jour ; il faut signaler cependant une courte, mais très intéressante, étude de M. Alibert, datant de 1878 (1).

Les chercheurs ont été plus tentés par la station de Bruniquel toute proche, que par les gisements, tous de surface, qui avoisinent Montauban.

Cependant, au sud et à l'est de cette ville, l'Aveyron étage ses terrasses, formant, au-dessus d'elle, les riants coteaux de Vignarnaud, de Beausoleil et du Tigné, tandis que le Tarn et la Garonne, enchevêtrant leurs alluvions, forment, à l'ouest et au nord-ouest, les plateaux de Montbartier et de Lavilledieu ; comme les formations alluviales quaternaires sont très souvent accompagnées de stations paléolithiques, à la suite d'une première trouvaille datant de 1895, j'ai recherché avec soin les restes de l'industrie humaine et j'ai été assez heureux pour recueillir un grand nombre d'objets et étudier avec soin plusieurs stations, tant sur les terrasses des grandes rivières que dans la région tertiaire très vallonnée qui l'environne, région où M. Alibert avait déjà signalé plusieurs gisements acheuléens ou mousténiens importants.

Je parlerai d'abord des outils découverts dans les alluvions anciennes des trois grandes rivières, en débutant par la vallée quaternaire de l'Aveyron.

(1) *Les vestiges de l'industrie paléolithique aux environs de Montauban,* par le Dr ALIBERT. Montauban, Imp. Forestié.

### Alluvions anciennes de l'Aveyron.

La terrasse supérieure de l'Aveyron, comprenant plusieurs sous-niveaux, varie, autour de Montauban, entre 125 et 195 mètres d'altitude environ ; la majeure part de la terrasse se trouve comprise entre 130 et 160 mètres. Cette terrasse est rattachée au Pliocène par le Service de la carte géologique de France, alors que les terrasses correspondantes du Tarn et de la Garonne, qui ont sensiblement la même altitude et sont pour ainsi dire juxtaposées, sont rattachées au Quaternaire ; je fais, en passant, toutes mes réserves sur une semblable conclusion que rien ne saurait justifier, au contraire.

Les coteaux de Pouziniès, des Vabres, de Léojac, le plateau des Farguettes et du Tigné, les coteaux de Beausoleil et de Vignarnaud dépendent de cette terrasse. Ces deux derniers coteaux envoient aujourd'hui leurs eaux aux Tarn.

C'est à Beausoleil, au sommet d'un coteau de 144 mètres d'altitude, situé à deux kilomètres sud-est de Montauban, qu'en 1895 j'ai recueilli un premier coup de poing à la surface des graviers anciens, plantés de vignes, car malheureusement tous les objets trouvés par moi (comme par M. Alibert), l'ont été à la surface ou à une insignifiante profondeur. Depuis, Beausoleil m'a fourni un nombre considérable d'instruments que je vais sommairement passer en revue, et dont les neuf dixièmes au moins ont été recueillis dans un espace ne mesurant pas plus de vingt ares de superficie et partant du sommet du coteau (144 mètres d'altitude) pour s'incliner très légèrement vers le nord, sous forme de plateau, jusqu'à 140 mètres environ.

Je signalerai d'abord une série de *coups de poing* de trois types différents :

1° *Des coups de poing amygdaloïdes* en quartzite et silex, plus ou moins allongés, les deux plus beaux spécimens mesurant :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 170 millimètres. | 83 millimètres. | 34 millimètres. |
| 155 — | 102 — | 39 — |

ce dernier, on le voit est d'un type sensiblement plus large et plus épais, tous les deux sont en quartzite et retaillés à petits éclats avec tranchants presque droits. Un seul coup de poing de même type est en silex blanc, cet instrument à pointe, terminée en biseau et de très petite taille en même temps que d'une grande finesse, mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur, |
|---|---|---|
| 65 millimètres. | 43 millimètres. | 22 millimètres. |

2° *Des coups de poing à talon* en quartzite et en quartz de filon ; le plus caractérisé est de dimensions moyennes :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 119 millimètres. | 72 millimètres. | 38 millimètres. |

Un seul de ces instruments est en quartz, un autre n'a qu'une seule face taillée, l'autre étant constituée par la surface bombée du caillou de quartzite qui a servi à le fabriquer, le tranchant n'en est pas moins retouché de façon à produire le même effet utile qu'un autre coup de poing.

3° *Des coups de poing épais et larges* passant au disque, en quartzite et en quartz ; un des meilleurs échantillons mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 114 millimètres. | 80 millimètres. | 42 millimètres. |

Ces instruments sont de forme ovoïde plutôt qu'amygdaloïde, leur taille à grands éclats les rapproche des disques.

Les disques viennent se ranger naturellement à côté des coups de poing, j'en ai rencontré deux variétés :

1° *Des disques épais*, plus ou moins arrondis, en quartzite ou parfois en quartz, taillés grossièrement à grands éclats, sans souci d'obtenir un tranchant net et régulier, et paraissant avoir servi de pierres de jet ; un de ces instruments, bien en main, plus soigné peut-être que les autres, mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 81 millimètres. | 79 millimètres. | 38 millimètres. |

les autres oscillent autour des mêmes dimensions.

2° *Des disques plats*, plus allongés, passant à l'éclat discoïde, également taillés sans soin, mais à tranchant plus vif et moins irrégulier, grâce à leur peu d'épaisseur. Ils portent souvent, sur une de leurs faces, un ou plusieurs bulbes de percussion ; il faut probablement les répartir entre les pierres de jet et les éclats portant des traces d'utilisation peut-être comme racloirs primitifs. Un de ces disques plats, bien caractérisé, mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 96 millimètres. | 70 millimètres. | 26 millimètres. |

La station de Beausoleil m'a fourni encore beaucoup d'*éclats* et de *lames* tranchantes avec bulbe de percussion très net en silex blanc, en quartzite et en quartz ; le silex, qui n'a donné qu'un petit coup de poing, a servi très fréquemment à la confection des petites lames. Je signalerai un certain nombre de types d'éclats et de lames :

1° Un type de *grand éclat triangulaire* à deux tranchants courbes et convexes, qui se trouve mêlé aux coups de poing et aux disques et aussi isolé à un niveau inférieur du même coteau de Beausoleil, vers 130 mètres d'altitude. Ces éclats,

dont une face porte un bulbe très net et dont les deux autres sont formées par la surface du caillou de quartzite ou de quartz (il existe une pièce en porphyre noir), ne portent pas de retouches ; un seul laisse quelques doutes à ce sujet. Néanmoins, vu leur fréquence, l'uniformité très remarquable du type, la netteté des tranchants, obtenus tous par une percussion identique, j'inclinerais à croire que c'étaient là des outils de forme voulue. Une pièce moyenne en quartzite a les dimensions suivantes :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 102 millimètres. | 85 millimètres. | 32 millimètres. |

La plus grande épaisseur de ces instruments est à la base.

2° Deux *racloirs* en silex qui ne sont que des lames retouchées, l'un d'eux est une large lame portant des retouches sur la moitié seulement d'un de ses tranchants, l'autre est constitué par une lame à section grossièrement triangulaire retouchée avec soin sur une face et se terminant par une pointe mousse où les retouches cessent. Cette pièce mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 68 millimètres. | 26 millimètres. | 11 millimètres. |

3° Des *lames* en silex, en quartzite et parfois en quartz ; ces lames présentent généralement trois faces seulement ; l'extrémité en est souvent éclatée en biseau, les arêtes sont rarement retouchées ; une des plus grandes mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 80 millimètres. | 35 millimètres. | 11 millimètres. |

4° Toute une série d'*éclats*, le plus souvent en silex et de petites dimensions, sans trace nette d'utilisation.

J'ai aussi rencontré à Beausoleil, au cœur même de la station, une petite ébauche de *grattoir* ovale, taillée à gros éclats dans un silex gris différent de celui dont sont faites les autres pièces ; je la signale à part comme peut-être postérieure à l'ensemble du gisement.

Cet objet mis à part, la station de Beausoleil se rattache, on le voit, à l'Acheuléen supérieur ; nous sommes même en présence d'une importante station de cette époque, le peu d'étendue du gisement comparé au grand nombre de pièces que j'y ai découvertes, la présence de petits éclats qui ne sont que des débris de taille, la fraîcheur des instruments qui n'ont pas été roulés, l'attestent suffisamment.

Il convient de signaler que le silex presque toujours fauve veiné de gris bleuâtre, et patiné par dessus en blanc jaunâtre, est *importé*, les alluvions anciennes n'en contenant pas d'utilisable et encore dans la proportion d'un sur dix mille cailloux environ, brunâtre, tout carié, de qualité exécrable et de dimensions minimes.

Les grands éclats triangulaires convexes, que j'ai trouvés aussi un peu plus bas sur le coteau et, en ce cas, isolés, indiquent avec les racloirs et les

disques, quelques affinités moustériennes. Les coups de poing à tranchant presque droit (il était presque impossible d'obtenir un tranchant parfaitement droit avec le quartzite), et soigneusement retouchés paraissent bien acheuléens, malgré leurs dimensions un peu fortes parfois ; aussi bien que les autres pièces associées, ils semblent légitimer mes conclusions.

J'ai déjà signalé que les objets ne portaient pas de traces sensibles d'usure et n'avaient point été roulés. Sauf le silex, la matière première a été prise sur place ou à courte distance : le quartzite de bonne qualité est en effet assez rare dans les terrasses de l'Aveyron, et il a fallu une certaine recherche pour réunir à la même place tous les cailloux de cette roche que l'on y rencontre presque toujours éclatés, ou au moins cassés.

En dehors de la station même, sur le versant sud du coteau de Beausoleil, à une altitude d'environ 135 mètres, j'ai recueilli dans un gravier un admirable *coup de poing triangulaire* très retouché, en silex brun opaque, mesurant :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 82 millimètres. | 63 millimètres. | 14 millimètres. |

et rappelant certains types de Chez-Pouré. Cet instrument, entièrement isolé, est évidemment postérieur à l'ensemble des objets rencontrés dans la station.

La terrasse supérieure de l'Aveyron fournit un peu partout des instruments de type acheuléen et parfois peut-être chelléen : M. Alibert en a signalé à Vignarnaud et aux Lébrats, Saint-Martial en a fourni à M. Forestié et j'en ai retrouvé moi-même :

1° Sur le versant nord du plateau des Farguettes près des Cassagnes (commune de Montauban) : cette localité a fourni à MM. Henri Peyronnet, Favenc et à moi deux coups de poings, de grands éclats de quartz et de quartzite, plusieurs petits éclats de silex, un disque irrégulier en quartz rose, etc. ;

2° Aux Vabres (commune de Génébrières) : éclats de silex nombreux et nucléus, le tout d'assez grandes dimensions.

Je dois signaler aussi le penchant nord du plateau de Léojac (commune de Léojac) qui a fourni à M. Peyronnet, outre de nombreux éclats de silex, un très beau coup de poing en silex, faisant partie de ma collection. L'instrument est à talon, très finement retouché à la pointe; un seul tranchant, parfaitement droit, est taillé sur toute sa longueur avec nombreuses retouches ; cette pièce, à affinités peut-être moustériennes, mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 126 millimètres. | 80 millimètres. | 37 millimètres. |

La terrasse inférieure de l'Aveyron s'est jusqu'ici montrée assez pauvre en instruments paléolithiques ; je dois néanmoins signaler une admirable pointe en silex hyalin, retouchée avec le soin le plus méticuleux, trouvée à Chaumé près Beausoleil, par mon regretté père. Cette pointe en feuille de saule, de type solutréen, constitue un des plus beaux objets préhistoriques recueillis dans la région. Malheureusement, son attribution au Solutréen et par conséquent au Paléolithique est peut-être un peu osée ; je crains, vu la rareté de ce type dans la région et la grande finesse du travail, qu'il ne faille la reporter au Néolithique. Cette pièce mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 106 millimètres. | 30 millimètres. | 3 millimètres. |

## ALLUVIONS ANCIENNES DU TARN ET DE LA GARONNE

Les alluvions anciennes du Tarn et de la Garonne s'enchevêtrent à l'ouest et au sud-ouest de Montauban pour former les plateaux de Lavilledieu et de Montbartier ; la terrasse supérieure de ces deux rivières forme l'extrémité sud-ouest du plateau vers Montbartier et Dieupentale.

J'ai recueilli, sur le coteau qui domine la gare de Dieupentale, un gros coup de poing en quartzite et un nucléus de même matière. Le coup de poing grossièrement taillé, à tranchant irrégulier et à talon, a la pointe brisée sur 1 ou 2 centimètres de longueur environ ; tel qu'il est, il mesure : mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 166 millimètres. | 86 millimètres. | 46 millimètres. |

Le plateau de Montbartier m'a fourni trois coups de poing assez grossiers, de taille moyenne, en quartzite, d'un type moins allongé ; l'un d'eux mesure :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 123 millimètres. | 80 millimètres. | 30 millimètres. |

Ces instruments se rapportent peut-être au Chelléen ; il faudrait, pour préciser cette détermination, en retrouver un plus grand nombre dans les communes de Montbartier et Dieupentale et voir s'ils sont associés à d'autres outils ; c'est là une étude que je me propose de poursuivre.

## RÉGION DES COTEAUX TERTIAIRES

Les trois grandes vallées de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron et la série de terrasses quaternaires qui les bordent sont dominées et limitées par des coteaux oligocènes ou miocènes très vallonnés..

M. Alibert a déjà signalé sur les pentes et près des vallons de cette région tertiaire de nombreuses petites stations paléolithiques notamment dans les communes de Léojac et de Génébrières, j'en ai moi-même découvert d'autres dans celles de Nègrepelisse et de Vayssac. Ces quatre communes, situées au sud-est et à l'est de Montauban, envoient leurs eaux à l'Aveyron par les ruisseaux du Tordre, de la Tauge, de la Brive, du Longuesaïgues ; c'est le long des pentes qui dominent ces ruisseaux et leurs affluents, le plus souvent à une vingtaine de mètres au-dessus du thalweg actuel, parfois à une quarantaine, d'après M. Alibert, que se rencontrent le plus souvent les stations paléolithiques.

A Choastrac (commune de Vayssac), au lieu dit *Bessé*, j'ai rencontré de nombreux éclats de silex et des nucléus, à Sarret-Bas (commune de Nègrepelisse) une station assez importante.

La station de Sarret-Bas située à 12 kilomètres est de Montauban, sur la pente sud-ouest d'un coteau dominant de 20 à 25 mètres le petit ruisseau de Sarret affluent de la Brive, a fourni à mon frère ou à moi près d'un millier de silex taillés, d'éclats et de débris de taille. Elle ne mesure pourtant pas 1 hectare de superficie.

Trois choses frappent de prime abord dans cette station, l'absence de coups de poing, la rareté des grosses pièces, le peu de quartz et surtout de quartzites employés ; les neuf dixièmes des pièces sont en silex et leurs dimensions petites ; le quartz n'y apparaît guère qu'en assez grands éclats rappelant ceux de Beausoleil, sans retouches et paraissant négligés.

Il convient de signaler cependant un racloir triangulaire en quartz vitreux, de type moustérien, soigneusement retouché sur une face et mesurant :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 59 millimètres. | 32 millimètres. | 10 millimètres. |

Parmi les pièces en silex, je noterai un grand nombre de *lames* retouchées avec soin, des *pointes* très fines, parfois sans retouches, d'autres plus fortes et très soignées, des petits *grattoirs* allongés ou ovales, rappelant le type solutréen ; une jolie *lame* à nombreuses retouches sur les deux arêtes, à quatre faces, mesurant seulement 35 millimètres de longueur, paraît être un double racloir ; les *racloirs* moustériens à un seul tranchant retouché sont fréquents.

En somme, les instruments de petite taille, finement travaillés, la prédominance du silex (il est identique comme variété à celui de Beausoleil, à de rares exceptions près), qui venait de loin, accusent un degré de civilisation supérieur à celui des peuplades dont l'industrie nous occupait tout à l'heure. Il ne semble pas que la rareté du quartz et du quartzite provienne uniquement du changement du sol, qui n'est plus d'alluvions anciennes ;

les terrasses quaternaires sont en effet toutes proches, bien plus que l'endroit inconnu d'où ces peuplades tiraient leur silex; on doit y voir une preuve de civilisation plus avancée; l'homme de Sarret-Bas dédaignait les cailloux grossiers et, voulant faire de bons outils, voulait de la bonne matière.

On peut donc, tant d'après le type des instruments que par les considérations que je viens d'exposer, rattacher la station de Sarret-Bas au Moustérien et aux débuts du Solutréen.

Beaucoup de pièces recueillies dans la même région tertiaire et notamment celles de Bessé, malgré leur imperfection, semblent se rapporter au même âge; j'en ai rencontré toutefois à la Bénêche (commune de Caussade) qui sont nettement solutréennes par leur forme : ce sont, outre des éclats, deux grattoirs allongés dont l'un, assez grand et presque identique à un grattoir de Cro-Magnon retouché sur toutes les arêtes, mesure :

| Longueur. | Largeur | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 65 millimètres. | 36 millimètres. | 13 millimètres. |

Les stations supérieures des coteaux tertiaires, dominant les thalwegs d'une quarantaine de mètres, fournissent des coups de poing et sont acheuléo-moustériennes.

En terminant, je dois dire un mot de quelques éclats particuliers de silex que j'ai trouvés tout au sommet des coteaux dans la commune de Vayssac. Les crêtes des collines sont, dans cette commune, recouvertes par places, d'un dépôt de petits cailloux probablement pliocène; la ligne de faîte se tient en moyenne entre 190 et 210 mètres d'altitude.

J'ai rencontré souvent, sur ces sommets, de petits éclats d'un silex brun de mauvaise qualité, n'accusant pas de retouches, quoique d'apparence intentionnelle; ce silex, tout différent du silex des stations, provient peut-être des dépôts pliocènes. De nouvelles recherches peuvent seules permettre de dater et d'authentifier ces pièces d'apparence très ancienne.

## CONCLUSIONS

M. Alibert avait cru reconnaître que les instruments préhistoriques sont, *en règle générale*, plus anciens dans les stations supérieures que dans celles qui se rapprochent des thalwegs actuels, les sommets et les pentes supérieures fournissant du Chelles et du Saint-Acheul, les pentes inférieures du Moustier et du Solutré.

Les quelques stations que j'ai explorées m'ont, jusqu'ici, conduit à la même conclusion; toutefois, j'ai remarqué que les stations de l'époque acheuléenne étaient plus fréquentes sur les terrasses des grandes rivières :

Garonne, Tarn, Aveyron et les stations moustériennes et solutréennes dans la région tertiaire.

Le coteau de Beausoleil, à lui seul, pourrait confirmer la théorie de M. Alibert ; il fournit vers 144 mètres une importante station de l'Acheuléen supérieur un coup de poing triangulaire moustérien vers 135 mètres, et enfin une pointe en feuille de saule aux environs de la côte 125, au lieu dit « Chaume » ; toutefois, je l'ai fait remarquer, cette pointe est peut-être néolithique.

Il se dégage nettement de cette courte étude que les environs de Montauban ont été constamment habités pendant les époques ante-magdaléniennes ; on peut, sans effort, retrouver les chaînons qui relient l'homme du Chelléen à celui de Bruniquel (24 kilomètres de Montauban à vol d'oiseau).

L'homme néolithique a plus tard habité les bords du Tarn et du Tescou (tourbe du Tescou, station du Verdier, près Montauban) et les coteaux d'Ardus, de Léojac, de Génébrières, etc., où de nombreuses haches en pierre polie ont été signalées; la région qui nous occupe, largement ouverte, n'est jamais, depuis l'époque de Chelles, restée inhabitée.

---

MM. Ernest CHANTRE et Emile BOURDARET

## LES CORÉENS : ESQUISSE ANTHROPOLOGIQUE [572,9:51.9]

*— Séance du 11 août —*

Cette esquisse dont nous avons voulu offrir la primeur au Congrès de Montauban, n'est qu'un premier aperçu des résultats des recherches anthropologiques que M. Bourdaret a entreprises en Corée.

Visitée à de rares intervalles, décrite surtout par les missionnaires, on est resté longtemps sans savoir rien de précis, sur l'ethnologie du peuple coréen, dont l'attitude ombrageuse vis-à-vis des étrangers avait toujours rendu les études difficiles. Dans ces dernières années quelques voyageurs ont pu pénétrer plus avant dans le pays et donner des renseignements sur la population. Mais à part quelques opinions émises au cours des récits de voyage, on peut dire que tout est à faire en ce qui concerne l'étude proprement dite du peuple, au point de vue anthropologique.

A l'origine la péninsule comprenait plusieurs États distincts dont les

limites changèrent fréquemment. Ceux du Nord, visités de bonne heure par les Chinois, étaient, parait-il, occupés par la race tatare des Sian-pi. Ils furent toujours sous l'influence directe de la Chine dont ils reçurent les institutions civiles et politiques. Ceux du Sud, au contraire, subirent pendant longtemps la domination du Japon. Le « Tchao-Sien » était un des États du centre. C'est vers le xe siècle que la presqu'île entière se rangea sous le même sceptre et devint autonome. Au xive siècle, une révolution ayant renversé la dynastie régnante, le nouveau roi se replaça sous la suzeraineté de la Chine, où les Mings venaient de succéder aux Mongols, et l'empereur Thaï-Tsou donna au royaume l'antique dénomination de Thao-Sien qui est restée son nom officiel.

Vers la fin du xvie siècle, Taïkosama, le célèbre dictateur japonais ayant résolu de conquérir la Chine, voulut d'abord s'assurer l'alliance de la Corée. Mais ayant échoué dans ses tentatives, il entreprit la conquête de la péninsule qu'il ravagea et n'abandonna qu'après avoir forcé le roi à se reconnaître son tributaire. Dès lors, la Corée fut vassale du Japon et dut lui envoyer chaque année un tribut de présents et d'hommages. En 1637, les Mandchous étant devenus maîtres de la Chine, la Corée, restée fidèle aux Mings, vit encore ses provinces ravagées par les nouveaux maîtres qui lui imposèrent aussi sa souveraineté. En résumé, de même que le Japon, la Corée tient sa civilisation de la Chine, de sorte que l'on peut dire qu'elle en est beaucoup plus tributaire au point de vue intellectuel qu'au point de vue politique. Mœurs, religion, institutions, tout est imité de la Chine, sauf pourtant la division en castes qui est propre à la Corée.

C'est vers la fin du ive siècle que le bouddhisme fut introduit en Corée, où il devint la religion officielle. Mais depuis le confucianisme y a fait beaucoup d'adeptes qui se recrutent surtout dans l'aristocratie et chez les lettrés. On peut dire, en principe, que les idées religieuses des Coréens se rapportent toutes au culte des mânes et des esprits de la nature, terrestres et célestes, lié étroitement à la vie nationale. L'existence entière des grands et des humbles n'est qu'un système compliqué de ce culte rendu aux morts. Mais à côté de celui-ci, on trouve encore de nos jours en Corée, les traces des anciens cultes naturalistes qui y furent très développés. Celui des montagnes, des fleuves, des arbres, est très vivace dans le peuple qui croit aussi aux esprits des maladies, à l'astrologie, à la sorcellerie.

. . . . . .

D'après les observations faites par les voyageurs, il résulterait que deux types distincts se remarquent en Corée. Le plus commun offre tous les caractères de la race mongole ; l'autre, au contraire, rappelle le type européen par la forme du nez et des yeux, la coupe du visage, la nuance de la peau et l'abondance de la barbe. D'après Siebold, ce dernier type semblerait être le cachet de l'aristocratie coréenne. On a prétendu que cette dualité

du type, un type tout à fait caucasique à côté du type mongol, est un fait commun à toute la ceinture d'îles qui couvrent les côtes orientales de l'Asie, depuis les Kouriles jusqu'à Formose, et même jusqu'à la zone orientale de l'Indo-Chine.

Les matériaux qui ont servi à la présente étude, sont exclusivement dus à l'un de nous que des circonstances spéciales ont particulièrement favorisé pour ce genre de recherches, toujours fort difficiles dans les contrées d'Orient, et plus encore d'Extrême-Orient. Cette étude a porté sur cent treize sujets mâles, hommes faits pour la plupart, sans anomalie, ni difformité. Tous sont Coréens, habitent le Kieng-ki-to (province de Séoul), et appartiennent à trois localités principales : celles de Chang-Tari (dix-huit sujets) ; de Ma-hpo (cinquante-trois sujets) et de Séoul (quarante-deux sujets). Ils peuvent être regardés comme de très bons types. Tous sont cultivateurs et par conséquent gens du peuple. Cela est à considérer dans un pays où les castes sont très tranchées.

*La peau, les cheveux et les yeux.* — La couleur de la peau est d'un blanc mat, rappelant celle des Japonais. Les cheveux, toujours droits et gros, sont tous noir foncé et leur insertion est angulaire. La barbe est moins rare que chez les Japonais en général ; sa nuance est moins foncée que celle des cheveux, ainsi d'ailleurs que celle des poils du corps qui sont rarement très développés.

Les yeux, le plus souvent bridés et légèrement obliques, le sont moins pourtant que chez leurs voisins chinois et japonais ; ils ne le sont même quelquefois pas du tout. Plutôt grands que petits et à fleur de tête, ils présentent des paupières en apparence bouffies : la supérieure semble être dédoublée transversalement. Leurs bords sont garnis de cils noirs assez longs. L'écartement bi-palpébral interne est grand et diffère peu dans les trois séries. La moyenne de cet écartement est de 33 millimètres et celle du diamètre bi-palpébral externe de 96 millimètres. L'indice moyen bi-palpébral est de 34,39 pour les trois groupes réunis. On doit remarquer qu'il est de 36,17 pour le groupe de Séoul, tandis qu'il n'est que de 33,67 pour celui de Chang-Tari. La couleur des yeux des Coréens répond, en général, au n° 3 du tableau chromatique et quelquefois au n° 4, c'est-à-dire qu'elle est d'un brun plus ou moins foncé. Ils sont protégés par des sourcils épais et noirs, mais non rapprochés.

*Le nez, la face et les oreilles.* — Le nez est droit, peu saillant et court. Sa longueur ou hauteur n'est que de 49 millimètres en moyenne pour les trois groupes réunis. Elle atteint cependant 51 millimètres dans le groupe de Séoul et 48 millimètres seulement dans celui de Ma-hpo. Sa largeur moyenne est de 36 millimètres pour les trois groupes, et l'indice nasal

moyen est de 73,47. La mise en série de cet indice montre la grande hétérogénéité des Coréens sous ce rapport. On y voit, en effet, qu'il va de 59 à 88 ; mais, entre ces chiffres extrêmes, se trouvent des indices de 65 et 75, autour desquels on doit chercher la moyenne de fréquence.

La face est large et courte : la moyenne du diamètre ophrio-mentonnier n'est que de 128 millimètres et celle du diamètre bi-zygomatique de 139 millimètres. L'indice facial total moyen des trois groupes réunis est de 108,59. La mise en série montre que cet indice, qui commence à 95 pour aller jusqu'à 120, va chez un certain nombre de sujets (24 cas) au delà de 111.

La bouche n'est pas très grande. Son diamètre moyen est de 48 millimètres ; les lèvres sont rarement épaisses. La dentition est médiocre en général. Les dents sont pourtant assez régulières et bien plantées. On ne rencontre chez aucun sujet des traces de prognathisme.

L'oreille est plutôt petite que grande, elle est assez bien faite et souvent rapprochée de la tête ; sa hauteur moyenne est de 61 millimètres chez les les gens de Chang-Tari et de Ma-hpo, et de 64 millimètres chez ceux de Seoul.

*La taille et la grande envergure.* — Le Coréen est d'une taille au-dessous de la moyenne ; elle diffère à peine dans les trois séries. Ce sont pourtant les gens de Ma-hpo qui ont la taille la plus élevée ; elle est de $1^{m},62$. Ce chiffre correspond à celui donné pour une série de deux cent quarante-sept sujets de la province de Ham-kyeng-to étudiés par Loubentoff.

La grande envergure présente une moyenne de $1^{m},62$ pour l'ensemble des cent treize sujets, et elle diffère peu d'un groupe à l'autre. Elle est égale à la taille dans la majorité des cas.

*Les pieds et les mains.* — La longueur moyenne de la main des gens de Seoul et de Chang-Tari est de 174 millimètres et sa largeur de 89 millimètres. Son indice moyen est de 51,15. Chez ceux de Ma-hpo, la longueur moyenne est de 178 millimètres et sa largeur de 90 millimétres : son indice est de 51,72. Le pied, étudié seulement sur les gens de Seoul, a une longueur moyenne de 247 millimètres et une largeur moyenne de 90 millimètres : son indice est de 36,43.

*La tête et ses dimensions.* — Les Coréens sont brachycéphales : leur tête est courte. Le diamètre antéro-postérieur moyen étant de 177 millimètres, le diamètre tranverse est de 148. L'indice céphalique moyen (longueur, largeur) est de 83,61 pour les trois groupes réunis. Il est à remarquer que cet indice est le plus élevé dans le groupe de Chang-Tari, il atteint le chiffre de 84,61, tandis que chez les deux autres, il n'est que de 83,72 et 83,42.

La hauteur de la tête est assez grande ; elle est en moyenne de 124 millimètres. L'indice céphalique de hauteur-largeur est de 96. La mise en série de l'indice céphalique (longueur-largeur) montre le peu d'homogénéité de cette race. On voit, en effet, cet indice varier de 72 à 96. Mais il faut remarquer que si l'on élimine ces extrêmes, on trouve la moyenne de fréquence entre 80 et 85.

Ces trois groupes de Coréens que nous avons pu étudier jusqu'ici montrent que ce peuple est plus brachycéphale qu'on ne le croyait. Ils le sont beaucoup plus que les Chinois et les Japonais. Ils sont mésorhiniens et ont une face courte. Les yeux sont écartés, presque toujours bridés et légèrement obliques. Enfin leur taille, au-dessous de la moyenne, est presque toujours égale à la grande envergure. Quant à diviser les Coréens en deux types distincts, comme on l'a proposé, les documents dont nous disposons pour le moment ne nous ont pas permis de le faire.

---

M. Germain SICARD

Ancien président de la Société d'Études scientifiques de l'Aude.

## SUR QUELQUES EXPLORATIONS NOUVELLES DANS LES GROTTES DE L'AUDE

[571 : 44.87]

*— Séance du 11 août —*

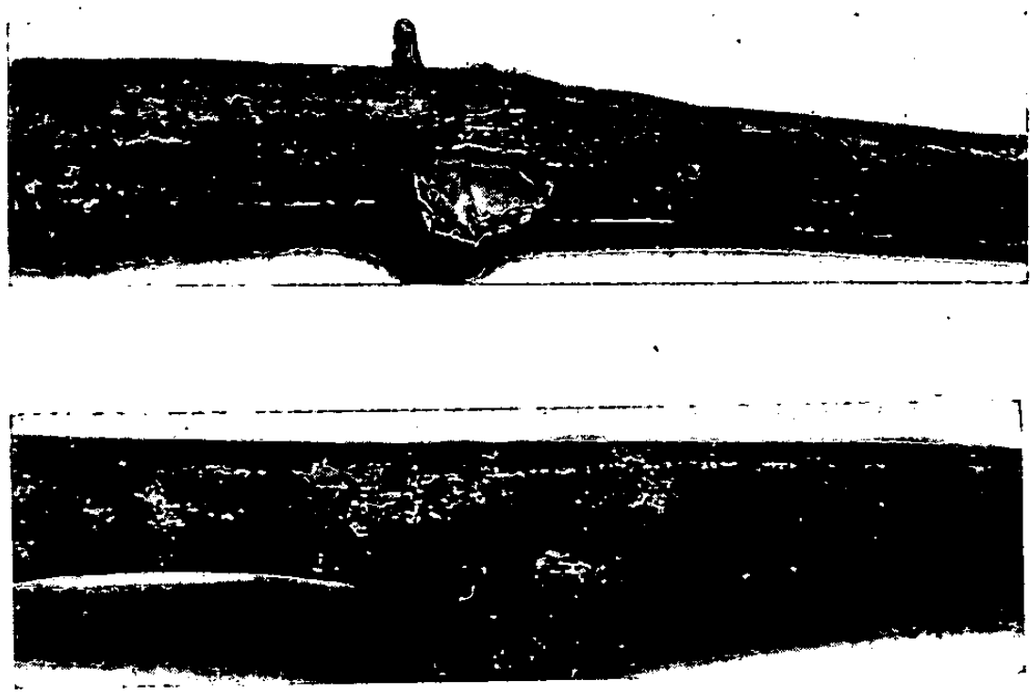
Avant de commencer des fouilles sérieuses dans des grottes, on doit essayer de se rendre compte si l'on ne va pas travailler en vain, et une reconnaissance superficielle de la position, de l'accès, de l'intérieur de la caverne à sonder s'impose d'abord. Ainsi ai-je fait avant de jeter mon dévolu sur celles qui paraissent devoir donner des résultats.

Certaines sont vierges de toute trace de fouilles, d'autres commencées sont à continuer et entre celles-ci, on peut citer la grotte de Buffens, près Caunes-Minervois, ouverte dans le calcaire devonien, à côté de carrières de marbre et sur la rive gauche de l'Argent-Double. Cette grotte, dont j'ai déjà fouillé une grande partie il y a quelques années, serait complètement terminée sans les menaces continuelles d'éboulement de gros blocs de rochers.

Ceux-ci, à la suite sans doute d'une forte inondation, ont pénétré par l'ouverture principale qu'ils ont obstruée, et causé l'espèce de chaos qui

règne dans cette partie de la grotte. Cependant cet endroit mérite certainement des recherches ; mes dernières fouilles datant à peine de quelques jours m'ont permis de constater encore la présence de deux squelettes humains enfouis au-dessus d'une couche de cendres et de charbons : les ossements étaient agglomérés et en fort mauvais état, au-dessous gisait brisée une grosse poterie noirâtre à gros bourrelets, et à côté un bouton et deux épingles en bronze. La position des squelettes semblerait indiquer que ces habitants de la grotte ont été surpris et écrasés par l'éboulement, tandis que ceux découverts antérieurement dans une autre partie de la caverne indiquent parfaitement une sépulture voulue.

Les grottes du rec de los Balmos, méritent aussi des fouilles complètes. Ces petites cavernes sont situées sur les deux escarpements d'un ravin, sur les flancs des premiers contreforts de la Montagne Noire, au-dessus des carrières de marbre rouge de la Bouriette : elles sont dans l'Hérault, mais si rapprochées de la limite de l'Aude (à peine 400 mètres), qu'on peut les considérer comme lui appartenant. Les plus grandes, au nombre de trois, sont sur la rive droite ; deux assez profondes présentent de larges baies d'entrée avec petite terrasse devant ; elles n'ont point été fouillées. La troisième s'ouvre au-dessus, regardant l'est ; très bien cachée par des broussailles, son entrée est difficile à découvrir ; elle consiste en une petite salle de



Rec de los Balmos, grotte n° 2. — Cubitus humain percé d'une flèche en silex.

4 mètres sur 3 mètres ; une ouverture supérieure l'éclaire. C'est une grotte sépulcrale, comme celle placée en face des deux premières sur la rive gauche du ravin. Des fouilles sommaires ont amené la découverte de trois pointes de flèches, dont deux en forme de feuille de laurier, la troisième lancéolée avec pédoncule. Les ossements humains accompagnant ces objets sont à l'état de brèche, de nombreux petits fragments de poteries noires se

trouvent avec eux. La grotte la plus intéressante de la rive gauche est sans contredit une petite caverne masquée aussi par d'épaisses broussailles, un couloir surbaissé de deux mètres de long conduit à un petite salle voûtée en forme de four. Dans cet endroit j'avais recueilli, il y a quelques années, une belle pointe de flèche en silex et constaté la présence de trois squelettes humains. Il y a trois ans, parmi les débris de mes fouilles, fut trouvé un cubitus humain percé d'une flèche en silex que M. Cartailhac a présenté à la Société d'Anthropologie et qui appartient au musée de Toulouse. On voit que le sujet a vécu longtemps avec la pointe de flèche dans le bras ; la matière osseuse s'est reconstituée emprisonnant les barbelures et le pédoncule de la flèche et a formé un bourrelet sur l'os. Cette grotte n'est point encore totalement fouillée.

Si l'on trouve des grottes ayant uniquement servi à la demeure ou à la sépulture des hommes, il est rare que ceux-ci n'aient pas utilisé celles où nous trouvons des ossements d'animaux anciens déposés par des actions naturelles, apport des eaux, etc. ; à Bize, à Sallèles, à Marmorières, on rencontre des vestiges de l'industrie humaine ; ainsi en est-il à Lastours, à la grotte du Prestil, d'où M. Esparseil, architecte à Carcassonne et propriétaire des mines voisines de Salsigne, avait retiré une grande quantité d'ossements. A l'entrée de cette caverne, du reste très bien abritée et placée au-dessus d'une source, quelques coups de pic m'ont fait constater la présence de foyers renfermant des débris de poteries très anciennes. Les fouilles seront ici très faciles, car l'entrée seulements de la grotte a dû être utilisée, le reste ne formant qu'un long boyau d'où l'on a extrait tous les ossements.

Si les premiers contreforts de la Montagne Noire nous offrent une certaine quantité de cavernes à explorer, les Corbières en recèlent aussi de nombreuses et tous les jours de nouvelles sont signalées.

Les environs de Saint-Hilaire, près Limoux, en renferment plusieurs ainsi que de nombreux abris sous roche, qui ont donné des haches polies et des pointes de silex. Citons pour cette commune la grotte des Bals, non encore fouillée, formée d'une vaste salle remplie de terre argileuse. L'ouverture, située au milieu d'un bois, dans un fourré inextricable, se montre sur la paroi verticale d'un rocher presque au haut de la montagne : près de l'entrée, à l'intérieur et à gauche, un fémur humain était enfoui sous une grosse pierre. C'est une indication. Au-dessous de la grotte est une métairie qui lui donne son nom. En face, de l'autre côté de la vallée, une autre ferme, la Bourdette, est dominée par de nombreux abris sous roche, formés par les strates horizontales du grès carcassien.

Les habitants de cette métairie ont recueilli des haches et des pointes de flèches dans ces abris.

Non loin de la grotte des Bals, sur le plateau qui est au-dessus, à l'est

de la métairie de Labenc existe un puits naturel, aven ou barrenc. Ce puits à large embouchure n'est guère profond : à quatre ou cinq mètres, on aperçoit le sol et en même temps des excavations qui se prolongent horizontalement.

Le manque de cordes nous a empêché, le jour de mon exploration, de pénétrer dans ces salles, qui peuvent être intéressantes, car le peu de profondeur du puits permettait très bien de s'en servir, soit comme demeure, soit comme sépulcre.

Mais la localité la plus riche en gisements robenhausiens est sans contredit Greffeil. Située au milieu de montagnes formant cirque, en partie boisées, bien abritées, giboyeuses, voisine d'un cours d'eau poissonneux, le Lauquet, cette position offrait tous les avantages aux peuples primitifs pour y établir leurs demeures. Grâce aux recherches et à la persévérance de M. l'abbé Ancé, curé de Greffeil, qui a exploré en partie les grottes et les abris, de nombreux objets de l'époque de la pierre polie ont été recueillis. Plusieurs sont au musée de Carcassonne, les autres dispersés dans des collections particulières, car M. Ancé se laisse généreusement dépouiller par ses nombreux visiteurs. Malheureusement ses fouilles n'ont pu être que superficielles et il n'a été recueilli que des objets de même nature, haches et silex, quand certainement d'autres objets en autres matières, poinçons en os, coquilles, poteries, doivent se trouver à côté.

Même commune, l'abri des Ménels, sur la route de Ladern, sur la rive gauche du Lauquet, aux trois quarts fouillé. La grotte du Singla ou du Sanglier, rive droite du Lauquet, près du gourg de l'Oulo et de Col Maury, sur la route de Clermont. Cette grotte, qui a été sûrement habitée et a donné plusieurs haches et silex, est située dans le thalweg d'un ravin et a depuis un an son ouverture complètement bouchée par un éboulement de roches.

En face de Greffeil, sur le haut de la montagne, la grotte du Duc, formée d'une seule salle à large ouverture, a aussi subi un commencement de fouilles avec résultats. Dans la même commune, près du lieu désigné sous le nom de Peyro dreito et où se remarquent des débris de menhirs, de nombreuses pointes de flèches ont aussi été ramassées. Ce qui frappe, si l'on considère ces objets, c'est la diversité de formes qu'on y rencontre : pointes lancéolées, barbelées, dentelées, à tranchant transversal, carrées, on en voit de toutes sortes : il semble que l'imagination des fabricants d'armes de cette partie des Corbières ait voulu se donner libre carrière, ou peut-être ont-ils voulu imiter les différents modèles déjà vus chez d'autres peuplades. Les haches varient peu par leur forme, mais beaucoup par leur taille et par les diverses roches qui ont servi à les fabriquer. Le territoire de Greffeil renferme aussi des sépultures à incinération. M. Dat de Saint-Foulc, président de la Société d'Études scientifiques de l'Aude,

fit en 1892 exécuter des fouilles près du village. Elles amenèrent la découverte d'une grande poterie en forme de silo, contenant de petites urnes renfermant des cendres et des os calcinés; une petite hache en serpentine était dans l'une d'elles.

Citons encore dans la commune voisine, celle de Molières, la grotte des Encantados, au milieu des bois, près des ruines de l'abbaye de Riennette, présentant une vaste entrée ovale, puis un couloir terminé par un brusque ressaut, donnant accès dans une vaste salle, qui n'a pas encore été fouillée.

Enfin, dans le territoire de la Caunette-Basse-sur-Lauquet, près du moulin de Cremaillou, s'ouvre dans le flanc abrupt d'un rocher élevé, une vaste grotte presque inaccessible. L'entrée se voit de loin; après une vaste salle assez éclairée, la caverne se bifurque en deux longs couloirs. Cette grotte n'a été que rarement visitée à cause de la difficulté de son accès. Elle n'a pas été fouillée, mais a dû certainement être habitée. Elle a aussi servi de refuge dans les temps modernes, car on remarque à l'entrée, scellés dans la roche, deux gros gonds rouillés qui ont dû jadis soutenir une porte. Au-dessous, à la base du rocher, à quelques mètres de la rivière existe un abri sous roche ayant donné des instruments en silex.

En résumé, toute cette partie des Corbières est fort riche en vestiges de l'époque néolithique et mériterait d'être longuement étudiée. Mais l'absence de moyens de communication et les difficultés de séjour entravent les recherches. Je me propose cependant de revenir prochainement dans cette région de l'Aude pour revoir les grottes que je viens de citer et dont quelques-unes n'avaient jamais encore été signalées.

---

M. le Comte J. BEAUPRÉ
à Nancy

---

## DESSINS GRAVÉS AU TRAIT SUR LE DESSOUS D'UN SARCOPHAGE BARBARE TROUVÉ A BISLÉE (MEUSE)

[740:726.8:44.38]

---

*— Séance du 11 août —*

Des sépultures ayant été découvertes à différentes reprises au nord du village de Bislée, près de Saint-Mihiel, j'ai voulu me rendre compte, en 1901, de la valeur de ce gisement. Il s'agit d'un cimetière barbare pouvant être inscrit sur la carte au 1/80000e à l'est du chemin figuré au trait, allant de Bislée à Saint-Mihiel et à quelques mètres au sud du point coté 242. Il

s'étend de l'est à l'ouest, sur le flanc regardant le Midi d'un petit coteau qui descend vers la Meuse, remarquable par un affleurement de silex du Rauracien déjà connu aux temps préhistoriques comme l'attestent de nombreux échantillons transportés sur toute la hauteur et présentant des traces de taille.

M. Thonin, maire de Bislée, m'a fait voir dans son jardin un sarcophage provenant de ce cimetière. Il était formé de plusieurs dalles soigneusement taillées, juxtaposées en forme de cercueil plus étroit aux pieds qu'à la tête. Le squelette, complet au moment de la découverte, avait alors disparu. M. Thonin m'a communiqué quelques petits bronzes recueillis dans la terre qui remplissait le cercueil : ils sont absolument frustes, sauf deux qui sont à l'effigie de Constantin-le-Grand. A part ces monnaies, on n'a découvert aucun objet appartenant à un mobilier funéraire.

Des fouilles faites l'année suivante (1900) par un militaire de la garnison de Saint-Mihiel ont amené la découverte d'un second sarcophage placé bout à bout avec le précédent, dans le sens de l'est à l'ouest. Les ossements et le sarcophage furent brisés.

Ayant retrouvé l'endroit où la fouille avait été abandonnée, je découvris une partie du fond de ce cercueil encore en place. L'ayant retourné pour l'examiner, mon confrère, M. Bernard, de Saint-Mihiel, et moi, nous nous aperçûmes qu'il portait sur sa partie extérieure des dessins grossiers gravés au trait assez profondément dans le principe, mais tendant à disparaître, par suite de la désagrégation de la masse rocheuse, à sa surface.

C'est de la pierre de pays, de nature assez tendre, simplement dégrossie et portant à sa surface les traces de l'outil.

Les sujets consistent en animaux et en combats, comme on peut s'en

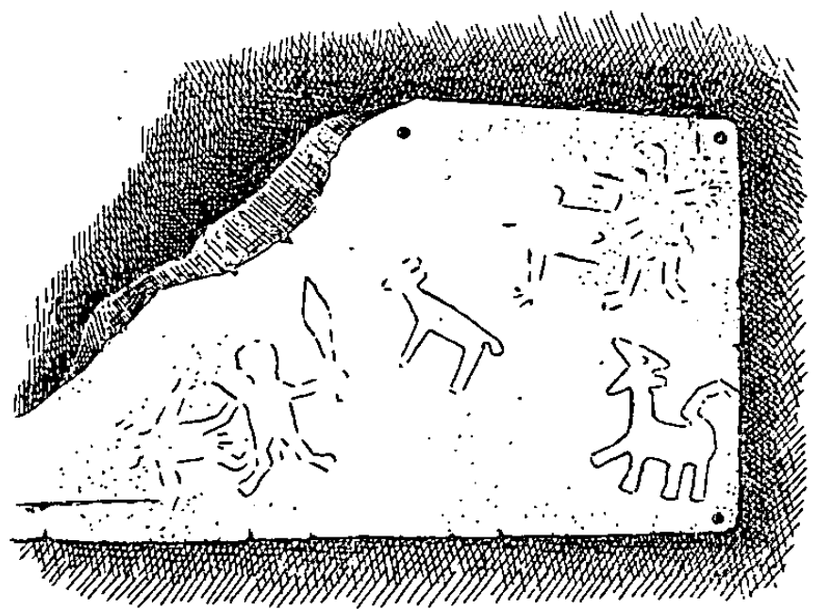


FIG. 1. — Fragments de la partie inférieure d'un sarcophage de l'époque barbare, découvert à Bislée (Meuse) par MM. J. Beaupré et H. Bernard en 1901 (Musée lorrain).

rendre compte d'après les dessins que nous avons joints à cette note. Mal-

heureusement une grande partie du milieu du fond du sarcophage était trop fragmentée et en trop mauvais état pour être recueillie. Quelques traits encore visibles sur un fragment paraissant faire suite à la figure représen-

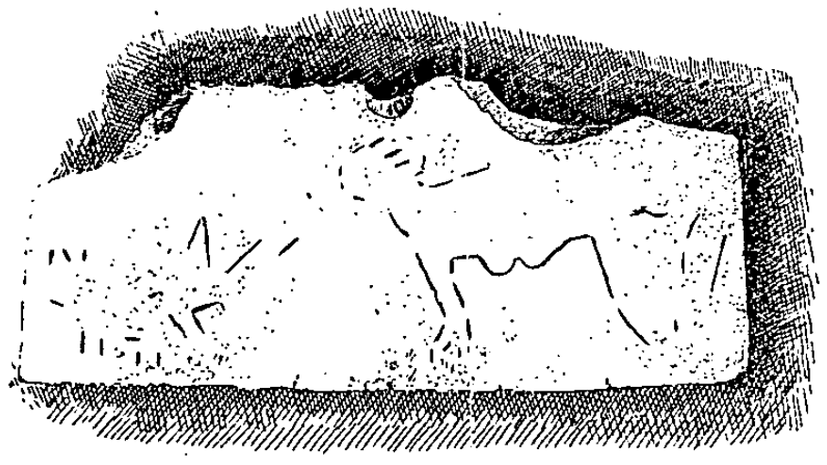


FIG. 2. — Côté de la tête.

tant une femme m'ont permis de croire qu'il s'agissait dans cette partie de sujets érotiques.

En présence de ce résultat, nous revînmes examiner attentivement l'envers des débris de cercueil que possédait M. Thonin.

Ils portaient aussi des représentations humaines mais sans aucun mouvement et plus petites, rappelant beaucoup comme facture celles de l'autre sarcophage.

Les fouilles m'ont permis de me rendre compte que les corps étaient ensevelis dans deux tranchées parallèles creusées à $1^{m},50$ l'une de l'autre, les pieds des squelettes tournés vers le levant. Les ossements étaient en trop mauvais état pour être examinés utilement : ils appartenaient tous à des sujets très jeunes dont beaucoup de petits enfants.

Les trouvailles se bornèrent à des clous de fer, un bouton de bronze analogue à ceux qui garnissent certaines boucles de fer barbares, quelques grains de collier. Le tout épars, attestant un remaniement du sol, confirmé par la présence d'ossements bien plus anciens appartenant à des adultes et dispersés dans la masse terreuse.

A mon sens, les monnaies de Constantin ne sauraient donner la date du sarcophage, car elles proviennent évidemment d'une inhumation postérieure. Cela ressort principalement des traces de restauration portées par les morceaux que nous avons fait déposer au Musée lorrain. C'est un vieux sarcophage brisé à une époque antérieure et remis en œuvre dans la suite.

M. le Dr Marcel BAUDOUIN

à Paris.

## DÉCOUVERTE D'UN OBJET DE CUIVRE DANS UNE ALLÉE COUVERTE DE VENDÉE

[571.31:44.61]

*— Séance du 11 août —*

En 1901, grâce à la subvention qu'a bien voulu nous accorder l'Association française pour l'Avancement des Sciences, nous avons pu fouiller complètement, d'une façon absolument méthodique, une importante allée couverte du département de la Vendée, située à Pierre-Folle, commune de Commequiers.

L'Association française publiera sous peu un travail d'ensemble sur cet imposant mégalithe (1) ; et les anthropologistes y trouveront une étude détaillée du monument, ainsi que le récit des fouilles opérées, enregistrées à l'aide de multiples photographies. Nous y renvoyons le lecteur et nous bornons à signaler ici une découverte intéressante, faite au cours de ces recherches.

Une *épingle*, décrite avec toute la minutie voulue dans ce mémoire, fut trouvée à une assez grande profondeur, à 80 centimètres environ au-dessous du sol actuel ; et, dès le jour de la découverte, elle nous parut être, non pas en bronze, mais en *cuivre*.

Nous eûmes, à Paris, en 1901, l'occasion de la montrer à plusieurs archéologues ; tout le monde fut d'avis qu'à l'œil nu cet objet avait l'air d'être bien du bronze. Dans une note publiée fin 1901, confiant dans le diagnostic de plusieurs maîtres en préhistorique, nous la cataloguâmes, par suite, comme objet de bronze, malgré les forts doutes que nous avions sur la nature réelle du métal.

Dès que cela fut en notre pouvoir, nous avons fait faire l'analyse chimique complète de cette épingle, dans un laboratoire de l'une de nos plus grandes Facultés des Sciences de province ; et cet examen a confirmé pleinement notre opinion.

L'analyse a donné en effet :

| | |
|---|---|
| Cuivre . . . . . | 98,25 |
| Soufre, plomb, arsenic, etc. . . . . | 1,75 |

(1) Marcel BAUDOUIN et LACOULOUMÈRE (G.) : *L'allée couverte de Pierre-Folle, à Commequiers (Vendée).* (Sous presse.)

Il s'agit donc d'un objet en CUIVRE, *à peu près pur*, ne renfermant que de très petites quantités de plomb, de soufre, d'arsenic, de fer et d'oxygène.

***

Nous n'avons pas pu faire, ces temps-ci, de recherches bibliographiques pour savoir si l'on a trouvé jusqu'à présent beaucoup d'objets de CUIVRE PUR dans l'intérieur des sépultures mégalithiques (1).

Aussi ne pouvons-nous rien dire de plus à ce propos, aujourd'hui, si ce n'est qu'à notre avis, ce fait doit être au moins rare, car, jusqu'à ces dernières années, on contestait encore la présence des métaux dans les dolmens !

Par contre, tout le monde admet aujourd'hui qu'on peut y trouver du *bronze;* et le fait suivant vient le démontrer une fois de plus.

Au cours des mêmes fouilles, nous avons découvert, en effet, un autre objet métallique, débris d'un bijou. Or, quoique le métal de ce petit objet cassé ressemble singulièrement à celui de l'épingle ci-dessus, il s'agit là de BRONZE, mais de *bronze pauvre en étain*, comme le prouve l'analyse ci-dessous :

| | |
|---|---|
| Cuivre . . . . . | 80,31 |
| Étain . . . . . | 8,30 |
| Zinc . . . . . | 8,11 |
| Plomb . . . . . | 1,50 |
| Divers . . . . . | 1,78 |

Sous la rubrique *divers*, nous mentionnons de petites quantités de fer et d'arsenic.

Il est donc démontré désormais que, dans les mégalithes, on peut trouver des objets métalliques, et même du *cuivre pur*, à côté d'objets en *bronze* pauvre en étain. C'est là, croyons-nous, un fait assez intéressant et digne d'être mentionné d'une façon très spéciale, de façon à attirer l'attention des chercheurs. Il prouve, en outre, une fois de plus, qu'il ne faut pas se fier aux apparences, et que, dans ce cas, il faut toujours avoir recours à l'analyse chimique, seule méthode scientifique de détermination précise.

(1) Nous savons qu'on a publié plusieurs travaux sur le *cuivre* préhistorique, bien connu aux États-Unis surtout; nous savons aussi que, depuis quelque temps, on a démontré que beaucoup de haches, dites de bronze, sont en réalité des *haches en cuivre* (Cazalis de Fondouce, Jeanjean, Chantre, P. Raymond, Helm, Packard, Berthelot, Capitan, Breuil, René, de Morgan, Putnam, Much, Hampel, Montelius, etc., etc.). Et nous nous souvenons qu'on a déjà mentionné dans les mégalithes la présence du *cuivre*.

M. E.-A. MARTEL

à Paris

## INAPTITUDE DES STALAGMITES A SERVIR D'ÉLÉMENT CHRONOLOGIQUE POUR LA PRÉHISTOIRE DANS LES CAVERNES [551.92:573.3]

*— Séance du 11 août —*

Les remarquables découvertes de M. E. Rivière à la Mouthe, très heureusement confirmées par celles de MM. le Dr Capitan et Breuil, sont d'une si originale importance pour l'histoire de l'art et de l'humanité primitive en France qu'il y a bien lieu de souhaiter, selon le vœu de M. É. Rivière, que les autres cavernes de notre pays soient sérieusement examinées à ce point de vue, si nouveau et si curieux. Mais il me paraît utile de mettre les chercheurs de gravures préhistoriques en garde contre un moyen de preuve chronologique, qui ne présente nullement la valeur qu'on reste en général disposé à lui prêter.

Lorsqu'on a cherché à contester l'antiquité reculée de ces fameuses gravures et fresques paléolithiques, on a suggéré, entre autres arguments, qu'elles pouvaient être l'œuvre récente d'habiles faussaires mystificateurs : il était bien difficile cependant d'admettre que des préhistoriens consommés et expérimentés, comme MM. É. Rivière et ceux qui l'ont suivi, eussent pu tomber dans un pareil piège ; et pour ma part, je me déclare convaincu par les preuves nombreuses et diverses d'authenticité qu'ils n'ont pas eu de peine à fournir (et cela avec d'autant plus d'impartialité que je n'ai pas vu les fameuses gravures).

Toutefois, il est une de ces preuves qui, valable peut-être à la Mouthe, aux Combarelles, à Font-de-Gaume, risque, dans la plupart des cas de n'avoir aucune portée ; c'est celle tirée du recouvrement des traits en couleurs par une concrétion de calcite (stalactite ou stalagmite) plus ou moins épaisse.

On suppose, en effet, d'une façon générale, une lenteur beaucoup trop grande à la formation de ces sortes de dépôts dans les cavernes ; et il est aisé de montrer qu'il n'y a rien d'absolu en somme dans la durée de leur constitution et que *les concrétions ne peuvent en aucune manière être considérées comme un élément de chronologie dans les cavernes.*

Les observations qu'on a pu faire à ce sujet ont abouti aux résultats les plus divergents et, par suite les plus convaincants: à Ingleborough (Angleterre), une stalagmite a présenté de 1839 à 1873, un accroissement mini-

mum annuel de $7^{mm}.46$; pour celles des grottes de Moravie on a trouvé de $1^{mm},66$ à $6^{mm},53$ *en dix années* et 3 millimètres en deux ans à la caverne de Sloup, etc. (1); on a estimé de 1.100 à 40.000 ans la durée de construction de la stalagmite *Tour Astronomique*, haute de 20 mètres, de la grotte d'Agtelek, Hongrie ; en Amérique, à Wyandot Cave, M. Hovey donne 1.000 ans à une croûte épaisse de 20 centimètres. Tout cela est relativement rapide. Par contre dans l'Aven Armand (Lozère), je n'ai pu percevoir aucune différence visible à l'œil nu dans deux repères marqués l'un au crayon, l'autre à la pointe d'un canif, sur le sommet d'une des stalagmites les plus exposées au suintement des voûtes, et cela en trois visites effectuées dans l'espace de deux années entières (septembre 1897 à septembre 1899); cependant, le sommet de la stalagmite était toujours humide, la chute des gouttes d'eau persistante : ici l'incision faite n'ayant pas un demi-millimètre de creux et n'ayant pas subi d'altération en deux ans, on est forcé d'admettre que l'accroissement vertical de la concrétion ne dépasse pas un à deux dixièmes de millimètre par an : à ce taux, la grande stalagmite haute de 30 mètres aurait mis 150.000 à 300.000 ans à se construire ; mais ce calcul ne peut être que fantaisiste, l'importance des suintements et du dépôt ayant certainement et souvent varié depuis leurs débuts !

De même à Dargilan (Lozère), je n'ai pas vu l'intervalle de quelques millimètres entre les pointes d'une stalactite et d'une stalagmite (colonne inachevée) de la salle de l'Église se modifier de façon appréciable de juin 1888 à mai 1900, soit en douze années.

On pourrait ainsi multiplier les exemples contradictoires ou de stagnation presque absolue ou d'accroissement très rapide. La stagnation n'est pas un fait exceptionnel ; elle provient de l'obturation des fissures par où arrivait l'eau, de l'arrêt par conséquent du suintement et de l'évaporatiou qui dépose les cristaux de calcite; il est tout naturel qu'une crevasse nourricière puisse à la longue être bouchée par la concrétion elle-même; quand elle est tarie, les stalactites et stalagmites qu'elle alimentait cessent de croître et deviennent sèches : presque toutes les cavernes en présentent des exemples et la colonne inachevée de l'Église de Dargilan en est justement une; de même pour les colonnes rompues de la grotte du Pirate (île de Majorque) et du Trou de Calel (Tarn), qui ne montrent aucune tendance à se resouder depuis qu'un tassement du sous-sol qui les porte les a transversalement fendues, avec une déviation d'axe de plusieurs centimètres entre la partie supérieure et l'inférieure. Mais le principe de la rapidité est le vrai (2), du moins à l'origine des choses, et la preuve en est dans les stalactites

(1) V. pour autres détails et chiffres mes *Abîmes* p. 567.

(2) A la grotte de Sloup (Moravie) M. le Dr Krisz donne 3760 ans à la stalagmite dite Denk-Saül haute de $2^{m}$, 565 avec un diamètre de $1^{m},520$ parce qu'il a recueilli à la pointe d'une stalactite 109,

artificielles en somme, à la formation desquelles on peut assister, pour ainsi dire journellement, sous des cavités ou constructions établies par la main de l'homme : dans les tunnels et sous les ponts des chemins de fer en pierre on peut en voir pousser de plusieurs centimètres en quelques années (pont de la Svitava, ligne de Prague à Brunn ; de Maisons-Laffitte, près Paris; de l'Étang-la-Ville, etc., etc.); il y en a également sous le pont (datant d'environ 1870) du ruisseau souterrain le Rubicon dans la grotte de Rémouchamps (Belgique); de 1873 à 1894 elles ont atteint 60 centimètres à 80 centimètres de longueur aux voûtes des réservoirs d'eau de Bayreuth (Bavière), soit 3 à 4 centimètres par an (d'après M. Franz Adami); on en peut voir à Paris même, aux plafonds des galeries qui abritent les grosses conduites d'eau de la cascade du Trocadéro, installées seulement en 1878; tout dernièrement, M. Stanislas Meunier , a cité dans une cave (ancienne remise) dépendant de la gare Montparnasse une importante formation de stalactites produite de 1863 à 1899 seulement, (1) celles de la Sainte-Crypte de Sainte-Bénigne à Dijon sont remarquables, enfin M. H. Mercer a donné d'autres exemples de rapide naissance de concrétions et estime aussi que cette substance ne saurait plus être considérée comme un témoignage de l'ancienneté des objets qu'elle recouvre (2). Bien plus, je ferai remarquer que de nombreux gisements quaternaires et paléolithiques se sont rencontrés dans les cavernes au milieu de la terre et des pierres, *sans aucune couverture de stalagmite* : je citerai seulement les deux constatations personnelles que j'ai faites de ce chef à Nabrigas, le fameux repaire de carnassiers quaternaires de la Lozère (près Meyrueis) où, en 1885, avec M. Delaunay, nous avons pu recueillir les restes de dix-huit Ursus spelæus sans avoir à crever ou déplacer la moindre concrétion, et à Miremont (Dordogne), où, dans une petite galerie jusqu'alors inexplorée, j'ai trouvé *à peine enfouis* dans une terre sèche des ossements d'Ursus tellement friables d'ailleurs que, sauf les dents, ils tombèrent en miettes aussitôt touchés. Ces faits négatifs contribuent donc à établir irréfutablement que le revêtement de calcite ne doit pas être pris comme un criterium de l'ancienneté des ossements, que l'on rencontrera au-dessus. Je répète que, pour les gravures et fresques de MM. É. Rivière, Capitan et Breuil, les circonstances locales peuvent parfaitement avoir occasionné la production d'un rideau de calcite véritablement très ancien, et qu'au surplus ces précieux documents possèdent d'autres trop réels et trop nombreux certificats de vieillesse et d'authenticité pour que l'on invoque celui, tout à fait illusoire, de leur encroûtement stalagmitique.

gouttes en 1000 secondes, soit 94 kil. 5 de calcite pour 1000 ans, à raison de 15 milligrammes de substance solide par an ? Mais le calcul est incertain : la durée a du être moindre, le suintement ayant pu être plus nourri !

(1) *La Nature*, 25 janvier 1900, et Henri de Parville, *Journal des Débats*, 20 février 1902.

(2) *American Naturalist*, 1er décembre 1804.

Mais j'insiste pour bien préciser que cet encroûtement et son importance varient tellement, non seulement d'une caverne à l'autre, mais encore en différents points et aussi sur un même point donné d'une caverne, et cela selon les conditions locales et accidentelles des précipitations atmosphériques, de leur teneur en acide carbonique, de la nature du sol superficiel (forêts, terres arables, calcaire aride, sable, etc.), de l'épaisseur des voûtes traversées, de l'importance et de l'obturation des fissures, de l'intensité de l'évaporation souterraine, en un mot de tous les facteurs concourant à la formation des stalactites et stalagmites, *qu'il faut absolument renoncer à considérer celles-ci comme pouvant le moins du monde fournir un argument chronologique en matière de préhistoire et de paléontologie.*

C'est là un principe définitivement acquis et que les faits ci-dessus rapportés, à titre d'exemples parmi beaucoup d'autres, ne permettent plus de contester. Tout ce qu'on peut demander aux stalagmites, c'est de séparer assez nettement les dépôts successifs, lorsqu'il se rencontre des intercalations superposées et alternantes de nappes de calcite et de couches ossifères ou industrielles !

---


# M. P. PALLARY

à Eckmuhl (Oran).


---

## RECHERCHES PALETHNOLOGIQUES DANS LE NORD DU MAROC [572:64]

---

*— Séance du 13 août —*

Nous savons peu de chose sur le préhistorique du Maroc. Bien que ce pays ait été parcouru à diverses reprises par des explorateurs sérieux, nous n'avons encore que bien peu de données sur les restes des populations primitives de la région. Doit-on en conclure que ce pays est plus pauvre en documents antiques que sa voisine, l'Algérie? Ou bien que les explorateurs n'ont pas porté une attention suffisante sur les vestiges anciens ? Je penche plutôt pour la première hypothèse; des observateurs tels que Tissot, Oscar Lenz, Bleicher, de Lamartinière, Vaucher, Buchet qui, tous connaissent bien silex taillés, haches polies, dolmens et tumulus, n'ont signalé que très peu de chose dans un pays aussi étendu. D'ailleurs, la portion occidentale de l'Algérie est elle-même très pauvre en stations préhistoriques et j'ai été bien déconcerté en ne trouvant rien dans le massif des Traras

sur lequel, cependant, je fondais de grandes espérances. J'attribue cette pénurie de matériaux, d'abord au boisement de la région qui en rend le parcours très difficile, puis à la rareté des terrains calcaires. Il me paraît y avoir une relation évidente entre la nature du terrain et l'habitabilité.

Les terrains schisteux, granitiques ou siliceux, forment presque toujours des chaînes de montagnes rudes, où il est difficile de s'établir et de subsister, tandis que les formations calcaires constituent de larges plateaux et de vastes plaines où les conditions d'existence sont bien meilleures. Les terrains granitiques et schisteux sont moins fertiles et par suite ne nourrissent qu'une flore et surtout une faune très pauvres, tandis que, dès que le calcaire apparaît, la faune s'épanouit avec une richesse extrême.

Ainsi, à Tétouan, où l'on observe des terrains primaires formés de poudingues et de grès rouge (1) (Djebel Kitan) semblables à ceux du Dj. Kahar d'Oran, et des terrains tertiaires composés de marnes et de calcaires, le naturaliste ne récolte rien dans les poudingues, n'observe ni insectes, ni mollusques, ni reptiles, tandis que dans les terrains tertiaires, on trouve une faune fort nombreuse.

Ces considérations, sur lesquelles j'insiste spécialement, expliquent, je crois, la pauvreté des grands massifs montagneux de l'Algérie et du Maroc qui sont d'âge primaire et en partie secondaire : on connaît la pauvreté zoologique désespérante de la Kabylie ; nous avons signalé celle des Traras ; on peut en dire autant de toutes les régions granitiques, schisteuses et de celles où la silice domine exclusivement. C'est donc la nature du sol qui fixe le choix des stations animales.

Voici maintenant l'énumération des stations déjà relevées ou découvertes par nous, sur le territoire marocain.

### Beni Snassen.

Non loin de la frontière, chez les Beni Snassen, mais en territoire marocain M. Vélain à découvert en 1873 un dolmen qui a fait l'objet d'une notice (2).

### Iles Zaffarines

Dans la plus grande des Zaffarines, la Isla del Congreso, j'ai recueilli bon nombre de silex taillés. Si l'on rapproche ce fait de la trouvaille, par M. Gentil, d'autres silex dans les îlots de Raschsgoun et des Habibas, qui sont absolument dépourvus d'eau, il faudra nécessairement conclure ou que ces points ont été occupés avant leur séparation du continent (sépa-

(1) Ce sont ces poudingues rouges que Coquand rapporte au dévonien. Voyez *B. S. G. F.*, 1847, p. 857-860.

(2) *Le dolmen des Beni Snassen.* In *Revue d'Ethnographie*, 1885.

ration qui est relativement récente), ou que les autochtones avaient les moyens de traverser le bras de mer qui sépare les îles de la côte, et de transporter la provision d'eau nécessaire à leur existence.

### Mélilla

Il n'a guère été encore possible d'explorer le Riff à cause du caractère farouche de ses habitants. Je n'ai pu seulement que visiter les environs immédiats de la place de Mélilla où j'ai trouvé en assez grande quantité, entre la ville et le Rio de Oro, et sur le plateau qui s'étend de la mer au Dj. Gourougou, des jaspes et silex taillés. La région est fort riche en basaltes, jaspes, calcédoines qui ont fourni la matière première de ces outils. Il serait intéressant d'explorer la source du Rio de Oro, car j'ai trouvé dans le lit même de la rivière, une hache en ophite, mesurant 7 centimètres de long sur 4 de diamètre, de la forme dite en boudin, si commune dans l'ouest algérien. J'ai également observé sur les rives, des tufs qui prouvent que le débit de la rivière était anciennement plus considérable.

### Tétouan

Je fondais de grandes espérances sur Tétouan qui est une ville ancienne, abondamment pourvue d'eau et située non loin de la mer. La position de la ville est admirable ; placée sur une terrasse de la vallée de l'oued Tétouan (ou Rio Martil) qui est assez large en cet endroit, elle s'élève au pied d'une colline de la rive gauche, sur des calcaires pliocènes, qui surmontent une formation argilo-sableuse tortonienne très fossilifère. Au sud-ouest, sont les crêtes déchiquetées des Beni Hosmar, que l'on devine appartenir aux terrains primaires, rien qu'à voir leur masse élancée et le profil en dents de scie de la crête, tandis qu'au nord sont les collines mamelonnées des Ouled Ras et du Dj. Darsa, qui sont spéciales aux terrains tertiaires. D'épais bancs de tuf que l'on observe au sortir de la ville, sur le chemin de Tanger, sont les restes de puissantes sources, aujourd'hui très réduites mais encore importantes. Partout dans les alentours, l'eau ruisselle et apporte la fécondité dans de beaux jardins qui font de la campagne de Tétouan un tapis de verdure. Il y a par là des sites admirables qui rappellent de beaux coins de la France ; je ne puis résister à la tentation de citer parmi ceux-là « Zarka » dont un touriste enthousiaste a vanté les charmes dans ces lignes que j'ai copiées sur le registre de Calpe-Hôtel : « Messieurs les touristes, *por amor del arte* je vais me permettre de vous donner un conseil ; ne quittez pas Tétouan sans voir Zarka, site délicieux, à quelques kilomètres de la ville : c'est un coin de la Suisse — et de la plus belle — transporté au Maroc. *It is quite delicious.* »

Je comprends sans peine l'enthousiasme de l'auteur de ces lignes : on est si peu habitué à ce spectacle dans le nord de l'Afrique, que la vue de l'eau est un enchantement. Qu'on s'imagine un ruisseau tombant du haut d'une falaise de marbre dans un bassin profond de trois mètres, plein d'une eau bleue mais limpide, qui permet de voir les moindres galets du fond. Cette eau s'échappe et coule en torrent au fond d'une vallée à parois abruptes (faille de l'oued Kitan) où elle arrose quelques jardinets, mais sa principale fonction est d'actionner les nombreux moulins indigènes qui sont placés sur ses bords.

Comme je l'ai écrit plus haut, je fondais de grandes espérances sur Tétouan, pensant y trouver de nombreux restes, tant de l'âge de la pierre que des époques postérieures. Mais je n'ai presque rien trouvé (quelques silex seulement entre la Casbah et le cimetière musulman). et malgré l'insuccès de mes recherches, je suis convaincu que ces vestiges sont plus nombreux et que si j'ai si peu découvert, c'est que je n'ai pu explorer qu'une très faible portion de ce territoire. J'ai surtout porté mes investigations dans le territoire des Beni H'osmar, entre le pont « Bou Chekkak » et Zarka, c'est-à-dire justement dans la plus mauvaise portion du pays. Je recommande aux naturalistes de parcourir la partie comprise entre l'oued Tétouan et la mer. Il est probable que l'on trouvera dans cette zone calcaire, des stations de l'âge de la pierre.

J'ai été un peu mieux favorisé comme sépultures, car j'ai observé un tumulus chez les Beni H'osmar sur la rive droite de l'oued Tétouan, en allant du pont Bou Chekkak au douar indiqué sur le plan figuré dans la carte de M. de Flotte. Malheureusement ce tumulus de 20 mètres environ de diamètre, formé de gradins de grosses pierres, était éventré.

Il y a certainement des ruines romaines à Tétouan même, mais je n'ai du les voir faute de temps pour les rechercher. Je les soupçonne dans la ville même, et je crois fort que la Casbah occupe la place d'un fort romain (1). Les seuls vestiges que j'ai pu voir de l'époque romaine sont des restes de chaussées dans les environs de la ville, un sarcophage en pierre avec quelques sculptures très frustes, qui sert de fontaine dans la rue qui aboutit à Bab en neouadar, et quelques monnaies.

De l'époque romaine datent encore deux coutumes qui sont restées implantées au Maroc et qui n'existent pas en Algérie : la première, c'est d'enterrer les morts avec du myrte ; la seconde survivance, c'est d'accompagner les morts en chantant et non en psalmodiant les versets du Coran, comme cela se fait en Algérie.

La population de Tétouan, comme toutes les populations berbères, est très laborieuse. Dans la ville, les femmes sont employées comme manœuvres

(1) Le Dr Oscar Lenz se borne à dire que : « Tétouan est une antique cité, et sous la domination romaine, il existait au même endroit, une localité du nom de Thagat ».

pour fabriquer et porter le mortier ; les hommes s'occupent presque tous de jardinage et entretiennent de beaux vergers soigneusement enclos de palissades de roseaux. Les oranges de Tétouan ont une grande réputation dans tout le Moghreb, et elles la méritent, car il est peu de fruits aussi savoureux.

La fabrication des objets en cuir est la source d'un trafic important, et sous le rapport de la perfection, l'industrie de Tétouan concurrence celle de Fez.

Il y a encore, à Tétouan, des fabricants de terre cuite émaillée, qui sont installés au sortir de la porte de Tanger, dans des cavernes creusées dans le tuf, mais dont le sol est formé d'une argile fort pure, qui est travaillée et cuite sur place. Avec cette terre, on fabrique des carreaux et des sujets de mosaïque qui, ajustés, font des revêtements polychromes d'un grand effet

Enfin les cours d'eau qui avoisinent Tétouan sont très riches en joncs que l'on coupe pour la fabrication de nattes, très renommées dans tout le Maroc.

Mais qu'on ne s'y trompe pas, cette activité n'est limitée qu'aux besoins stricts de la vie ; ces femmes et ces hommes ne travaillent que pour se procurer leur subsistance, et en dehors de cela, ils ne feront rien de plus. Les ouvrages d'utilité publique sont extrêmement rares. On a peine à croire qu'en sortant de cette ruche qu'est Tétouan, on est obligé de passer sur des rochers pleins d'arêtes et de fondrières et qu'à part le chemin qui va de Tétouan à la mer (et qui a été établi par les Espagnols en 1859) il n'y a pas un seul chemin vraiment digne de ce nom. La route de Tétouan à Tanger n'est qu'une mauvaise piste, et sur ce parcours on ne trouve qu'un seul ponceau et un seul refuge établi par le Sultan pour offrir un abri aux voyageurs.

### Ceuta

Nous avons eu l'occasion d'examiner quelques silex de petite taille, bien retouchés, trouvés sur la presqu'île de Ceuta (Dj. Hacho). Ces petits silex offrent beaucoup d'analogie avec les outils néolithiques de l'ouest algérien.

### Tanger

On sait que Tanger occupe la place de l'ancienne Tingis, qui s'étendait entre la ville actuelle et la Souani. Sous le phare, à marée basse, on trouve parfois encore des monnaies romaines et l'on peut voir dans la briquetterie de la Souani, un très beau chapiteau en marbre. Il est probable qu'il doit exister des ruines plus importantes, mais justement cette portion de terrain est aujourd'hui envahie par les dunes, de sorte qu'à part un pont écroulé qui franchit la Souani, on ne peut plus rien voir.

Je n'ai pas trouvé de silex taillés à Tanger même, mais j'en ai recueilli quelques-uns à la pointe Malabatta, à l'est de la ville, où l'on pourra observer des foyers avec des coquilles marines et terrestres.

De l'autre côté, à l'ouest, le regretté Dr Bleicher a signalé en 1875, les abris du Cap Spartel qui sont situés à une centaine de mètres avant le phare ; ce sont de simples surplombements de la roche sous lesquels on observe une couche de terre noire mêlée de cailloux, de patelles, moules et de quelques rares éclats de silex.

J'ai découvert une station mieux caractérisée entre Tanger et Arzila, à Aïn ben Amar. En cet endroit, au pied d'un escarpement gréseux, surdent deux sources ferrugineuses qui colorent en jaune toute la pente : j'ai recueilli là de nombreux silex éclatés sur une seule surface, comme ceux qu'on trouve en si grande abondance dans le département d'Oran. A mon avis, ces silex indiquent un atelier néolithique.

Un peu plus au sud-ouest, sur les bords des marais de Charf Lakâab, j'ai constaté à Aïn Sah'ila, les restes d'un dolmen de petites dimensions, formé de sept dalles en calcaire, malheureusement violé.

Dans une notice publiée en 1876, *Les monuments mégalithiques et la population blonde du Maroc*, dans la *Revue d'Anthropologie* (n° 3), Tissot fait remarquer que tous les mégalithes du Maroc sont situés dans la portion nord-occidentale du pays. « Le Loukkos, dit-il, semble marquer la limite méridionale de la région des dolmens ». Il signale cinq groupes de petits dolmens enterrés, huit groupes de tumuli, trois groupes de menhirs et trois enceintes circulaires de grosses pierres. « Le Sbou, ajoute-t-il, paraît former la limite méridionale de la région des tumuli, comme le Loukkos forme celle des dolmens. Je n'en ai pas trouvé un seul dans le reste du Maroc ».

Le Tazéroualt est riche en vestiges de l'âge de la pierre. Outre les rochers gravés, découverts par le rabbin Mardochée (1), le Dr Oscar Lenz en a signalé d'autres à Tisgui (2), à l'ouest des précédents.

Un indigène du Sous, qui a parcouru tout le sud marocain et qui est souvent allé à Figuig, m'a dit qu'il avait vu de grandes quantités de pierres à fusil « de toutes les couleurs » sur le sol. Cela n'a rien de surprenant, car dans le sud oranais et dans le Sahara, on a souvent signalé des stations de l'âge de la pierre. Le capitaine Duvaux vient encore d'en découvrir à Igli (3). Le Dr Oscar Lenz mentionne en plein Sahara, la station de Taoudeni (4) et figure même quelques outils en pierre polie. Il parle à plusieurs reprises de ruines qui doivent être certainement antérieures à l'époque historique.

(1) V. *Bull. Soc. Géogr.* Paris, 1876.
(2) Oscar Lenz : *Timbouctou*, II, p. 11 et 12.
(3) Cf. *Bull. Soc. Géogr.* Oran, 1901, p. 307 et 1902, p. 32.
(4) Instruments de pierre de Taoudeni. — Oscar Lenz : *Loc. cit.*, II. p. 75-76 et 109. Édit. franç.

M. de Foucauld, dans sa *Reconnaissance au Maroc*, signale les excavations artificielles d'Aït Saïd et celles qui abondent entre Fez et la Kasba des Beni Mellal. D'après la description donnée par le courageux explorateur ces cavernes ressemblent étonnamment à celles des Canaries et de l'ouest de l'Algérie.

Enfin, il serait intéressant de connaître les relations de toutes ces époques avec les tumuli, que le lieutenant Desplagnes a fouillés entre Tombouctou et Goundam (1).

On voit donc combien nos connaissances en archéologie ancienne du Maroc sont encore rudimentaires; il y a là un vaste champ d'exploration, bien capable de tenter les observateurs ; les régions calcaires de ce vaste territoire sont particulièrement à explorer. C'est là que les naturalistes sont assurés de faire une ample moisson de matériaux.

---

M. Émile RIVIÈRE

Sous-directeur de laboratoire au Collège de France, à Paris.

## GROTTES DU PÉRIGORD

[571.81:44.72]

— *Séance du 13 août.* —

Les grottes ou gisements qui font l'objet de cette nouvelle communication, sont au nombre six. Ce sont :

1° La *Grotte de Liveyre*, située sur la commune de Tursac;

2° La *Grotte de Malbarrat*, située sur celle de Tayac;

3° La *Grotte de Guilhem*, sise dans la même commune;

4° La *Grotte des Chênes-Verts*, dans le vallon de Gorge-d'Enfer, à Tayac également;

5° L'*Abri sous roche de Laucelles*, commune de Marquay;

6° Enfin la *Grotte des Merveilles*, commune de Sergeac.

Je me bornerai, pour aujourd'hui, à les signaler en quelques mots, afin de prendre date pour la Notice que je me réserve de vous présenter sur chacun d'eux, dans une prochaine session, c'est-à-dire lorsque j'aurai complètement terminé l'étude des matériaux plus ou moins considérables

(1) *C. R. Acad. Inscript. et Belles-Lettres*, juillet 1902.

que ces divers gisements m'ont donnés ou doivent encore me fournir, pour certains d'entre eux, dont je n'ai pas fini l'exploration.

Il en est de même de l'*Abri* classique *de la Madeleine*, où j'ai recueilli, depuis plusieurs années, une très grande quantité de pièces, soit comme faune, soit comme industrie.

I

La *Grotte de Liveyre* est située, ainsi que je viens de le dire, sur le territoire de la commune de Tursac, canton de Saint-Cyprien, arrondissement de Sarlat (Dordogne). Elle se trouve dans un bois appartenant à la famille des comtes de Fleurieu, qui ont bien voulu m'autoriser, il y a deux ans, à l'explorer.

C'est au mois de septembre 1900, en effet, que j'en ai commencé l'étude.

Les fouilles, que j'y ai pratiquées alors, m'ont fait y rencontrer trois couches superposées : une couche inférieure ou moustérienne, une couche intermédiaire et une couche supérieure, toutes deux magdaléniennes, avec de nombreux silex taillés, un assez grand nombre d'instruments en os, quelques os gravés, une faune enfin, caractérisée surtout par la présence du Renne.

II

La *Grotte de Malbarrat* se trouve dans la commune de Tayac, canton de Saint-Cyprien, également arrondissement de Sarlat. Elle est située à la partie supérieure de la colline qui domine les Eyzies et au-dessus des ruines du château de ce nom dit aussi château de Malbarrat.

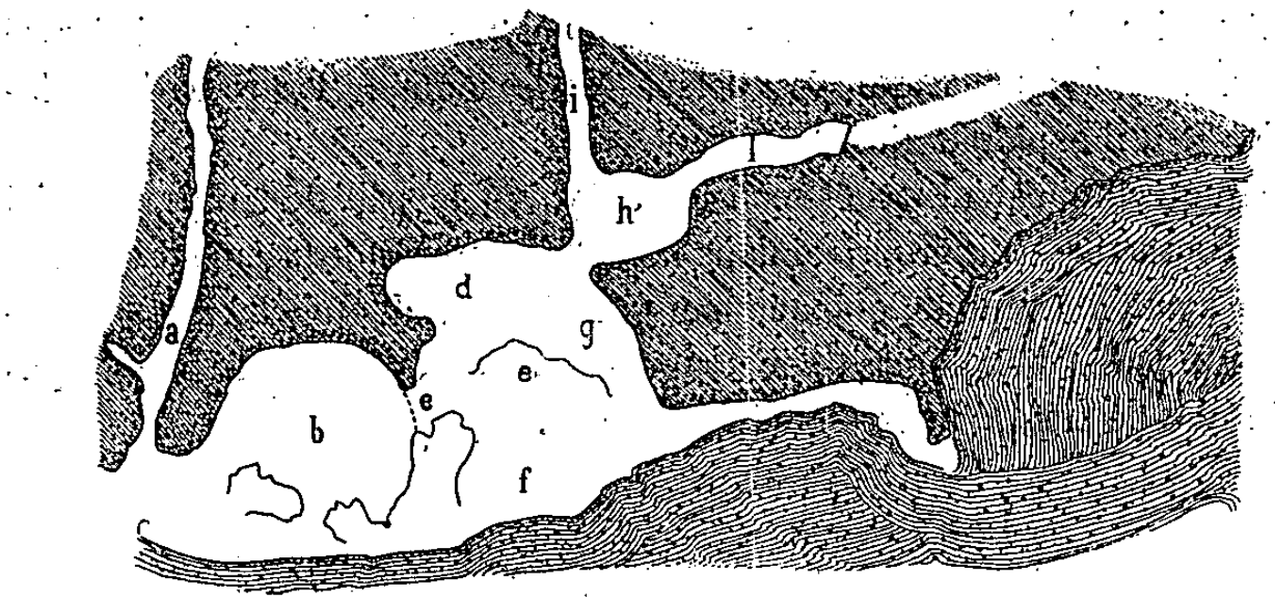
Un habitant des Eyzies m'ayant montré un certain nombre de silex taillés, qu'il y avait recueillis, je me suis empressé de les lui acheter et d'entreprendre aussitôt des fouilles dans ladite grotte. Celles-ci n'ont pu durer que deux jours; mais je dois les reprendre l'année prochaine, avec l'autorisation du ou des propriétaires du terrain.

Ici encore on se trouve en plein magdalénien et par les silex qu'on y rencontre et par la faune représentée presque exclusivement par le *Tarandus rangifer* (Renne), jusqu'à présent du moins. D'ailleurs, les ossements et les dents d'animaux paraissent être des plus rares dans ce nouveau gisement.

III

La *Grotte de Guilhem* ou de l'église de Guilhem, comme on l'appelle encore, en raison des ruines d'une ancienne église, bâtie au Moyen-Age sur les flancs de la montagne, où se trouve creusée ladite grotte, est également sur le territoire de Tayac.

Depuis de longues années, j'aurais voulu pouvoir étudier cette grotte ; les difficultés d'ascension — pour moi du moins, par suite d'un accident déjà lointain — ne m'ont pas, à mon vif regret, permis d'y pénétrer, mais M. l'abbé Breuil a bien voulu, au mois de septembre 1900, s'y rendre pour moi et m'en dresser le plan — figuré ci-dessous — pour la note que




Plan de la Grotte de Guilhem (Tayac).

*a*, Repaire de renard avec ossements récents ; *b*, Salle 1 (vidée) ; *c*, Escalade ; *d*, Salle 2 ; *e*, Rocher ; *f*, Esplanade ; *g*, Déblais ; *h*, Salle obscure (magdalénien, moustérien) ; *i*, Galerie très basse ; *l*, Galerie très basse barrée artificiellement au bout (riche en os, silex et petite faune).

je dois publier ultérieurement sur les objets, silex, ossements, etc., qui m'ont été cédés par un habitant du pays, qui l'a fouillée à plusieurs reprises, à mon intention.

D'après ces objets, il est facile d'y reconnaître plusieurs époques *préhistoriques*, depuis le moustérien jusqu'au néolithique inclusivement. Je ne parle pas des époques *historiques* qui m'ont donné aussi quelques spécimens intéressants.

## IV

Mes premières recherches dans la *Grotte des Chênes-Verts* remontent à trois ans environ ; je les ai faites avec M. Gaston Berthoumeyrou.

Cette grotte, de petites dimensions, est située dans le vallon de Gorge-d'Enfer, à très peu de distance de la grande grotte de Gorge-d'Enfer et dans la même paroi rocheuse, c'est-à-dire du côté droit et non loin de la route des Eyzies à Manaurie.

Les fouilles que j'y ai pratiquées, peu profondes jusqu'à présent, l'ont été dans un foyer purement magdalénien, comme le démontrent la faune et l'industrie que j'y ai rencontrées.

Tous les préhistoriens savent que Gorge-d'Enfer appartient aussi à la commune de Tayac et se trouve sur la rive droite de la Vézère.

V

C'est à M. le docteur Rudelle, son propriétaire à cette époque, que je dois d'avoir connu l'*Abri-sous-Roche de Laucelles* et d'avoir pu l'explorer en sa compagnie et celle d'un instituteur du département, mort tout récemment victime de ses recherches préhistoriques : M. Tabanoux, a été écrasé par un bloc de rocher, qui s'est détaché de la voûte de la grotte de Badegouls, dont il explorait alors les foyers.

Bien qu'elles n'aient pas été considérables, vu le peu de temps que j'ai pu y consacrer — la propriété dans laquelle se trouve le gisement de Laucelles ayant été vendue, quelque temps après, par M. Rudelle à un étranger désireux de l'explorer à son tour — mes recherches ne m'en ont pas moins donné aussi d'intéressants documents.

VI

Enfin, le sixième gisement du Périgord, qu'il me reste à signaler aujourd'hui est la *Grotte des Merveilles*, à Sergeac, canton de Montignac, arrondissement aussi de Sarlat, que j'ai explorée il y a quelques années. Elle avait déjà été fouillée par divers archéologues, notamment, m'a-t-on dit, par M. Reverdit. Les recherches que j'y ai faites m'ont donné un certain nombre de silex, quelques rares débris de la faune, c'est-à-dire trois dents brisées, dont une de Renne et une de Bovidé, plus, de nombreuses diaphyses osseuses fendues dans le sens de la longueur et brisées aux deux extrémités.

VII

Quant à la station classique ou *Abri-sous-Roche de la Madeleine*, elle est trop connue pour que j'en donne ici la description.

Grâce à son propriétaire, le docteur Paul La Borderie, qui a bien voulu m'autoriser à y entreprendre des fouilles dans une partie encore inexplorée, j'ai eu la bonne fortune d'y recueillir, dans les multiples campagnes que j'y ai faites, depuis plusieurs années, et notamment au mois de septembre 1900 avec une équipe de quatre ouvriers, d'y recueillir, dis-je, une quantité considérable de silex taillés, des os travaillés ou gravés, des coquillages, des dents et des vertèbres de poisson percés pour servir de pendeloques, Toutes ces pièces étaient accompagnées de si nombreux ossements et dents d'animaux que leur détermination me demandera encore un certain temps, avant qu'il me soit possible de publier les résultats définitifs de ces nouvelles recherches.

Tels sont les gisements que je tenais à signaler dès maintenant, afin de conserver, tout au moins, la propriété scientifique des résultats qu'ils m'ont donnés, pour leur publication.

---

M. Émile RIVIÈRE

Sous-Directeur de laboratoire au Collège de France, à Paris,

---

## UNE LAMPE PRÉHISTORIQUE EN PIERRE TROUVÉE AU MOUSTIER (?) (DORDOGNE)

[571.27 : 44.72]

*— Séance du 13 août —*

Le 2 décembre 1896, je recevais de M. Albert Detrieux, ancien receveur des postes, habitant Thenon (Dordogne), que j'avais vu dans cette localité quelques jours auparavant, une lettre relative à la découverte d'une lampe préhistorique, dont il m'avait dit quelques mots le mercredi précédent.

J'en extrais le passage suivant :

« Le *caleil* (1) en pierre, dont je vous avais parlé mercredi dernier, m'a été remis hier (2). Je pense posséder *indubitablement,* dès ce jour, l'ustensile d'éclairage le plus ancien, qui nous soit parvenu des temps préhistoriques, puisque, d'après moi, il remonte à l'époque moustérienne.

» Détail que j'ignorais, lorsque j'ai eu l'honneur de vous voir, il a été trouvé au village de Chabans, situé entre le château de Chabans et le Moustier. Or, comme le château de Chabans n'est qu'à 2 kilomètres environ du Moustier, j'en augure que le village de Chabans peut en être éloigné de 1 kilomètre et, peut-être géographiquement (*sic*), faire partie de la station du Moustier ».

L'auteur de la lettre, insistant sur la provenance de cette lampe ajoute que « il est d'autant plus heureux de sa trouvaille (3), qu'elle lui permet de penser, après un examen aussi approfondi qu'il lui a été permis de le faire, que l'invention de l'éclairage aurait pris naissance précisément au lieu du

(1) Synonyme de lampe
(2) Ce qui ne lui avait pas permis de me la montrer à mon passage à Thenon.
(3) Non pas la sienne propre, mais celle de X... qui la lui a remise.

Moustier, dans son pays du Périgord, à l'époque dite *moustérienne*, pour de là se propager à travers le monde préhistorique...»

D'autre part, M. Detrieux peu satisfait probablement de la réponse que je lui avais envoyée, écrivait, le 8 février 1897, à M. Zaborowski une lettre que notre Collègue a bien voulu me communiquer et de laquelle, avec son autorisation, je crois devoir citer le passage suivant relatif à cette même lampe, dont il donne la description.

« Depuis la visite que M. Rivière m'a faite il y a environ deux mois, j'ai fait une nouvelle trouvaille que je crois fort intéressante : il s'agit d'une lampe de pierre affectant la forme des lampes romaines en terre cuite.

» Cette lampe, trouvée au Moustier même (1), doit, à mon sens, remonter à l'époque dite moustérienne (2). Elle a servi, comme il est facile de s'en convaincre.

» J'en ai fait ainsi la description à M. le colonel Laussedat (3) qui a bien voulu, dans sa réponse, m'engager à vous la communiquer en son nom... Elle a environ de 8 à 10 centimètres de longueur. Le creux destiné à recevoir le suif à brûler est peu profond. J'incline à penser qu'on devait d'abord verser au fond une couche de suif bouillant, dans lequel on plaçait une mèche, et qu'on garnissait ensuite la lampe jusqu'au bord au moyen d'une autre couche de suif bouillant. Les rebords paraissent, en effet, avoir été brûlés par cette matière en fusion. Il ne me paraît pas qu'une fois garnie, elle pût rester allumée plus de deux ou trois heures. Je ne pense donc pas que ce fût une lampe de travail pour les soirées d'hiver. Je pense plutôt qu'elle devait servir à se diriger simplement dans les cavités habitées par les hommes primitifs de cette époque.

» Le suif, une fois refroidi, ne pouvait plus se répandre dans les divers maniements de la lampe, qui remplissait purement ainsi l'office d'une chandelle de suif... »

L'auteur termine sa lettre en disant qu'il n'a « encore vu nulle part qu'il ait été trouvé aucun objet de cette nature remontant à cette deuxième époque de la période quaternaire ».

Depuis lors, M. Detrieux est mort et c'est en vain que j'ai cherché ce qu'était devenue sa lampe en pierre. Je regrette vivement qu'il ne me l'ait pas communiquée, comme je l'en avais prié. Je le dois très probablement à ce que j'avais mis en doute l'authenticité de sa provenance ou plutôt à ce que j'avais cru devoir faire quelques réserves à cet égard, attendu qu'il n'indiquait nullement, dans sa lettre, ni le milieu dans lequel

(1) Dans sa lettre du 2 décembre, l'auteur parle du village de Chabans; pourquoi dans cette seconde lettre dire « le Moustier même » ?

(2) Pourquoi « moustérienne » ?

(3) M. Laussedat m'avait communiqué aussi, à l'époque, dans son cabinet du Conservatoire des Arts et Métiers, la lettre qu'il avait reçue de M. Detrieux.

sa lampe avait été trouvée, ni les circonstances de sa découverte, ainsi que je le lui avais demandé.

C'est même pourquoi je n'aurais pas songé à en parler ici, si M. Zaborowski n'avait eu l'amabilité de me communiquer, il y a quelques mois, la lettre dont je viens de reproduire ci-dessus les principaux passages.

---

M. Émile RIVIÈRE
Sous-Directeur de laboratoire au Collège de France, à Paris.

## L'AGE DES SÉPULTURES DE BEAULON (ALLIER). [573.3:44.57]

*— Séance du 13 août —*

Au mois de juin de l'année dernière (1901), je publiais, dans la *Revue scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France* de M. Ernest Olivier, une petite notice sur la découverte de squelettes humains à Beaulon et notamment sur un crâne humain dont je donnais, dans un certain nombre de tableaux, les mensurations ainsi que celles d'une mâchoire inférieure de même provenance.

Ces deux pièces avaient été trouvées en 1886 dans les travaux d'exploitation d'une carrière, dont on extrayait alors le sable nécessaire à l'entretien des chemins de la commune de Beaulon (1). La carrière avait été ouverte, peu de temps auparavant, sur le plateau de Chez-Dubeu, plateau assez élevé, situé sur la rive gauche de la Loire, à un peu moins d'un kilomètre du fleuve.

Quatorze squelettes y avaient été découverts, sans que personne, m'a-t-on dit, y eût prêté la moindre attention, scientifiquement du moins, lorsque, un certain jour de cette même année 1886, un archéologue bien connu, M. Bertrand, conservateur du Musée de Moulins, se trouvant par hasard chez le docteur Desvernois, médecin à Beaulon, celui-ci lui proposa de lui faire voir, dans cette sablière, des sépultures que les ouvriers rencontraient à une faible profondeur, au-dessous de la surface du sol. Malheureusement, à leur arrivée à la carrière, il ne restait plus, sur ces quatorze squelettes humains, que la tête de l'un deux, celle-là même dont j'ai donné les men-

(1) La commune de Beaulon est située dans le canton de Chevagnes, arrondissement de Moulins (Allier).

surations l'année dernière, plus deux fémurs brisés et un tibia réduit à un court fragment. Les autres ossements avaient déjà été enlevés et portés au cimetière de la commune, où ils étaient allés rejoindre les treize squelettes précédemment découverts.

Quant à celui dont MM. Bertrand et Desvernois purent voir, encore en place, les quelques restes dont je viens de parler, il s'agissait du squelette d'un individu du sexe masculin, adulte, mais jeune encore, gisant à 70 centimètres environ de profondeur et orienté est-ouest, c'est-à-dire la tête à l'est et les extrémités inférieures (fémurs et tibia) à l'ouest. Au-dessus de lui, formant une voûte triangulaire, on avait placé, au dire des ouvriers, des pierres généralement plus ou moins plates, assez grosses, destinées à protéger le cadavre qui reposait à même le sol.

Cette disposition, que les ouvriers carriers avaient constatée toujours la même pour les treize autres squelettes de Beaulon, m'a rappelé assez bien celle d'un grand nombre de tombes gallo-romaines, comme j'ai eu l'occasion d'en ouvrir et fouiller, soit en Italie, non loin de la ville d'Intemelium (Ventimiglia), soit en France, dans les Alpes-Maritimes, notamment à Breil. Là les squelettes se trouvaient enfermés, pour ainsi dire, entre trois rangées de *tegulæ* en brique, l'une disposée à plat qui formait le fond de la tombe et sur laquelle le cadavre reposait, tandis que les deux autres, placées latéralement, formaient voûte. Toutes les sépultures de la sablière de Beaulon étaient donc à peu près ainsi constituées, avec cette différence, cependant, que lesdites *tegulæ* y étaient remplacées par des pierres plus ou moins plates disposées de la même façon.

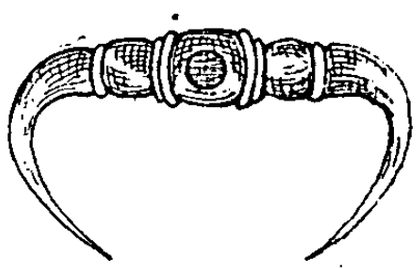


Fig. 1. — Agrafe de Beaulon.

Avec le squelette dont les quelques restes (tête et membres inférieurs) ont été recueillis par M. Bertrand, a été trouvée, ce qui — disais-je dans ma notice de l'an dernier — permet de dater les sépultures de Beaulon comme gallo-romaines, une sorte de fibule en bronze ou agrafe de linceul, comme la considère le savant conservateur du Musée de Moulins. Cette fibule *(fig. 1)*, dont les extrémités pointues sont recourbées sur elles-mêmes, est longue de 31 millimètres et percée, à la partie médiane, d'un trou de suspension.

Or, cette opinion, commune à M. Bertrand et à moi, de considérer les sépultures de Beaulon comme appartenant à l'époque romaine, opinion basée sur la forme de chacune de ces tombes et surtout sur la présence dans l'une d'elles de la fibule que je viens de signaler, cette opinion, dis-je, ayant été depuis lors contestée par le docteur Pommerol, et l'époque à laquelle les cadavres auraient été inhumés ayant été regardée par lui comme mérovingienne, j'ai tenu à communiquer cette impression à l'auteur même de la trouvaille. M. Bertrand (de Moulins), m'a confirmé, par trois

lettres successives, dont deux relatent les nouvelles trouvailles qu'il a faites cet hiver, dans la thèse que j'ai soutenue avec lui dans ma notice de l'an dernier.

« L'épingle à linceul que vous avez publiée, me dit-il dans sa première lettre en date du 2 septembre 1901, est *certainement* gallo-romaine et pas le moins du monde mérovingienne. Ces dernières s'en distinguent par des gravures en spirale et des boutons protubérants et sont presque toutes saucées d'argent. »

« Je viens de terminer, me dit-il dans sa seconde lettre datée du 7 février 1902, je viens de terminer des fouilles dans l'officine de potiers gallo-romains de Saint-Bonnet-Iseure. J'y ai recueilli encore une épingle de linceul ou fibule en bronze du genre de celle que l'un de vos contradicteurs prétendait être de la période mérovingienne ; il est bien possible qu'elles aient été en usage jusque là (1), mais elles étaient connues et employées bien avant, car, au milieu des *vases romains*, où je l'ai trouvée, *il n'y a rien de mérovingien,* bien certainement : les monnaies d'Hadrien, d'Auguste à l'autel de Lyon, d'Auguste et Agrippa sur la monnaie de Nîmes, etc., en témoignent suffisamment. En voici, d'ailleurs, le dessin *(fig. 2)* et la description : elle est formée d'une plaque ronde de 17 millimètres de longueur sur 15 millimètres de largeur et $1^{mm},5$ d'épaisseur, percée au centre d'un trou irrégulier d'où partent quatre séries de trois traits gravés en éventail. De son bord externe part, à droite et à gauche, une tige recourbée en crochet. La plus longue de ces deux tiges mesure 14 millimètres, l'autre 9 millimètres. La patine de cette agrafe est vert pâle. »

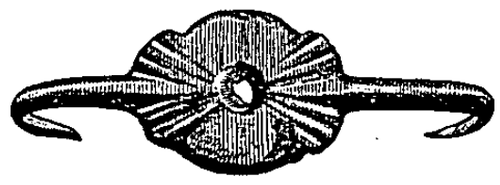


FIG. 2. — Agrafe de Saint-Bonnet-Iseure.

La troisième lettre de M. Bertrand est datée du 13 juin dernier; elle m'annonce l'envoi en communication de la fibule de Saint-Bonnet-Iseure et d'une autre plus petite, trouvée à Vichy, laquelle provient, d'après l'auteur, de ses anciennes fouilles dans les officines de potiers gallo-romains.

Cette dernière, ainsi qu'on peut le voir par le dessin ci-dessous *(fig. 3)*, est beaucoup plus petite. Sa partie médiane, longue seulement de 11 millimètres à 12 millimètres et large de 3 millimètres, est aplatie, gravée de quelques traits formant deux rectangles encadrés ; mais elle n'est pas percée, comme les deux autres, d'un trou médian de suspension. Les tiges, très minces, sont à peine longues de 2 millimètres à 3 millimètres, avant de se recourber sous forme de crochets, de sorte que la longueur totale de cette agrafe ou fibule mesure 18 millimètres.



FIG. 3. — Agrafe de Vichy.

(1) *Revue scientifique du Bourbonnais,* année 1901.

M. Bertrand ajoute qu'il a vu autrefois, chez le docteur Bailleau, quatre ou cinq fibules analogues qui, toutes, sont ou gauloises ou gallo-romaines.

Les fibules ou *agrafes de linceul* ne sont pas des objets rares ; le Musée des Antiquités nationales en a exposé plusieurs, en bronze également, sous le nom de *agrafes à double crochet*, dans l'une des salles du château de Saint-Germain-en-Laye consacrées *exclusivement* aux époques gauloise et romaine.

Leur présence dans cette salle vient donc encore à l'appui de la thèse que je soutiens, de même que la reconstitution, au même endroit d'un tombeau de la même époque trouvé dans le département des Alpes-Maritimes par M. Germain, ancien conducteur principal des ponts et chaussées, qui en a fait don au musée de Saint-Germain-en-Laye.

Ce tombeau est absolument identique à ceux notamment que j'ai découverts à Breil (Alpes-Maritimes), en 1879, et dont je parle plus haut ; il leur est identique comme disposition des *tegulæ*, disposition analogue à celle des pierres qui formaient les sépultures de Beaulon. J'ajoute que les *tegulæ* de M. Germain portent la même marque de potier que celles de Breil, que je possède dans mes collections.

Déjà, dans une lettre du 4 septembre 1901, M. Bertrand avait protesté contre l'attribution, aux temps mérovingiens, des sépultures de Beaulon et notamment de « l'épingle à linceul » en provenant.

Je crois donc devoir maintenir, d'accord avec mon savant collaborateur, que ces sépultures sont bien gallo-romaines.

---

## M. l'Abbé BREUIL

---

### QUELQUES HACHES ORNÉES DÉCOUVERTES DANS L'OUEST DE LA FRANCE

[571.35:44.65]

---

*— Séance du 13 août —*

Plusieurs voyages d'étude faits dans l'ouest, grâce à une subvention de l'Association Française, m'ont permis de grouper d'intéressants documents au sujet de l'âge du bronze dans ces régions.

L'un des faits les plus curieux que j'aie pu relever est la présence, entre le bassin de la Charente et le cours inférieur de la Loire, d'un certain nom-

bre haches ornementées rappelant des types plus fréquemment découverts dans les Iles Britanniques.

Une d'elles est entièrement plate; une autre porte l'indication légère du bords droits et d'un talon; la plupart sont à bords droits, quelquefois avec un talon médian.

**1.** — *Hache plate,* découverte vers 1896 à droite de la route du Blanc à Saint-Aigny (Indre), et sur le territoire de cette dernière commune, sur la limite du Berry, du Poitou et de la Touraine. Il y avait toute une cachette; un certain nombre d'objets furent brocantés et disparurent, dont cinq haches;

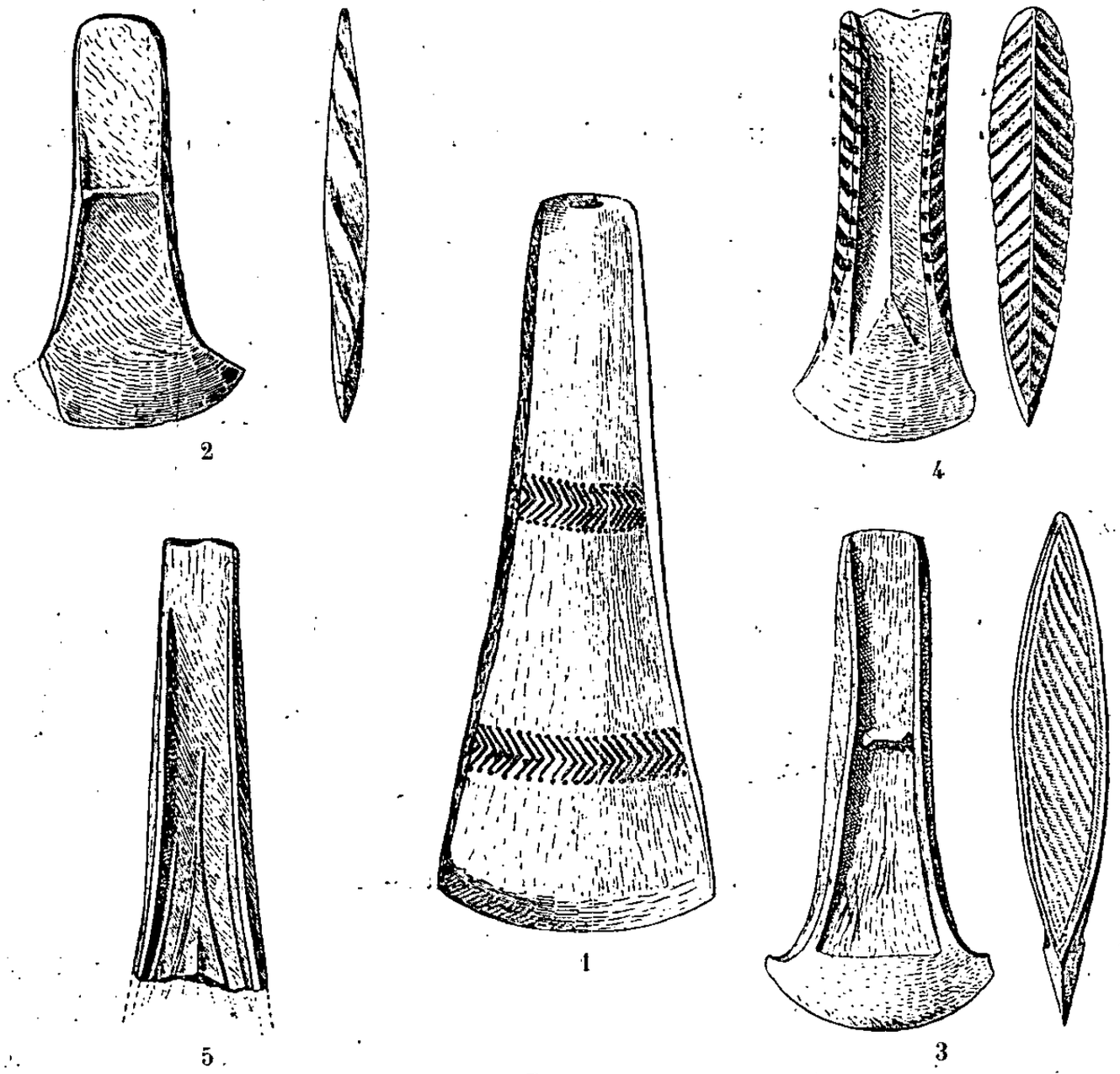



FIG. 1.
N° 1. Hache plate de Saint-Aigny (Indre). — N° 2. Hache à légers rebords (Loire-Inférieure.
N° 3. Hache à talons entre bords droits, Oulchy-Breny (Aisne).
N° 4. Hache à bords droits, Les Essarts (Vendée). — N° 5. Fragment de haches à bords droits, Paris.
(Tous ces dessins sont au tiers de grandeur.)

M. Benoist, d'Argenton, put faire l'acquisition du reste : une épingle, un poinçon, une flèche barbelée et à soie, un poignard triangulaire, une faucille droite, une hache à talon et à rebords peu élevés, une hache plate assez épaisse, et notre hache ornée : longue de 22 centimètres, large de 8,2 centimètres au tranchant qui est affûté, cette hache, d'un métal rouge,

présente sur ses faces, légèrement concaves, deux bandes transversales de chevrons encadrées de deux lignes de points; ces ornements sont gravés au burin.

Ce type me paraît nouveau en France. La cachette se trouve maintenant au musée de Bourges.

**2.** — Une seconde hache *à bords droits et talon très légèrement indiqués* par un faible renflement, fait partie de la collection de M. le baron de Girardot, conservée par sa fille, M^me^ de Girardot, à Neuilly (Seine). Elle vient des tourbières de la Loire-Inférieure.

Cette hache, en bronze jaune, a été affûtée; ses côtés ont reçu une ornementation pratiquée au marteau, et consistant en cinq cannelures obliques et légèrement curvilignes.

Elle rappelle un peu une hache à talon entre bords droits, découverte

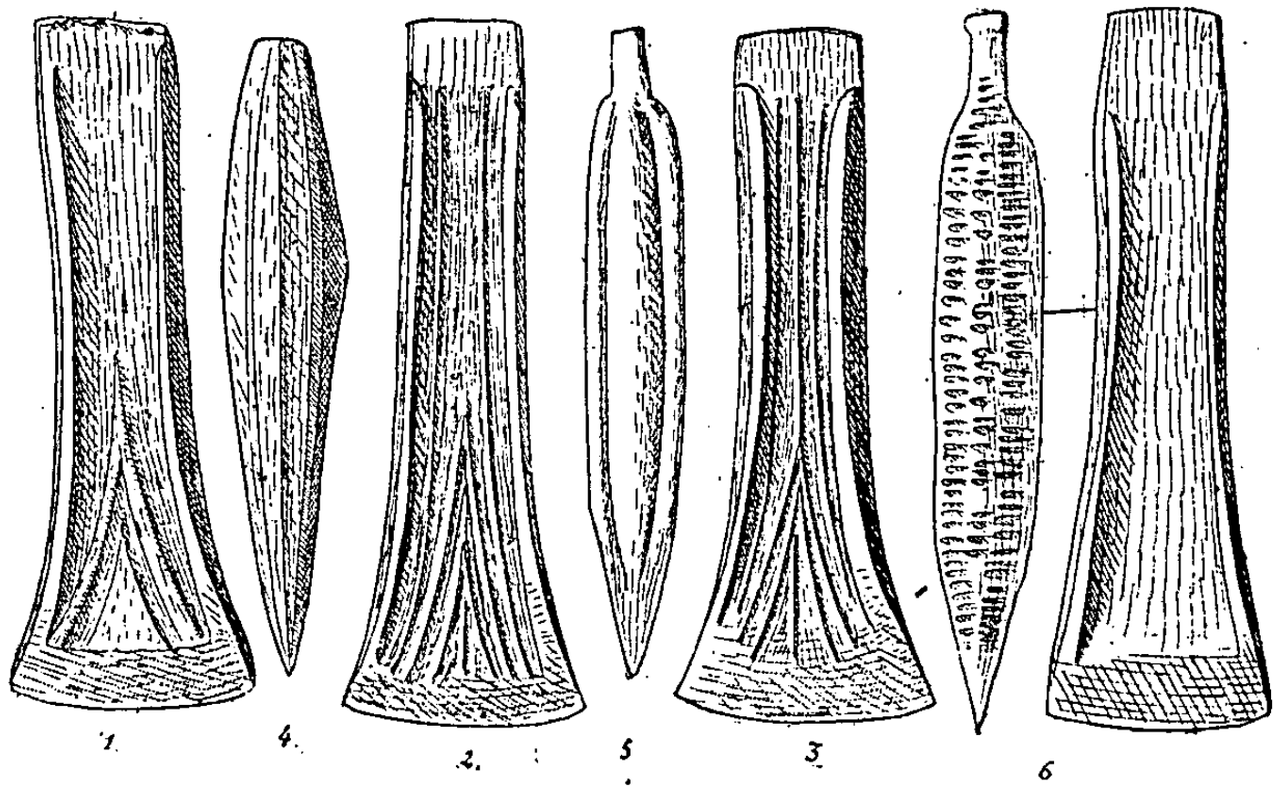



FIG. 2.
Haches à bords droits. Cachette de Petosse (Vendée). — Tiers de grandeur.

il y a quelques années dans les marais de l'Hotel-Dieu à Oulchy-Breny (Aisne), dans la vallée de l'Ourcq, par un nommé Viet qui abattait un arbre. Sa veuve, entre les mains de laquelle j'avais découvert l'objet, l'a vendu depuis au musée de Saint-Germain, sur mes indications; M. Salomon Reinach a signalé son entrée dans les collections nationales dans l'Anthropologie de 1901. Dans cette hache du Tardenois, les champs latéraux présentent un très grand nombre d'étroites cannelures obliques et parallèles, mais en outre les bords droits sont suivis par deux autres cannelures longitudinales qui encadrent les autres.

**3.** — La principale des trois cachettes vendéennes de haches à bords droits ornementées a été découverte un peu avant 1860, dans la plaine

entre Petosse (Vendée) et Mouzeuil non loin de Fontenay-le-Comte; elle était renfermée dans un énorme vase carré en terre rouge à pâte très grossière et parois épaisses de deux centimètres; M. le Comte Octave de Rochebrune fit l'acquisition de la totalité de la cachette; elle se composait de cinquante-cinq haches se décomposant ainsi :

Vingt-neuf sont à bords droits sans ornementation; presque toutes sortent du moule : deux ou trois sont raccourcies par un long usage.

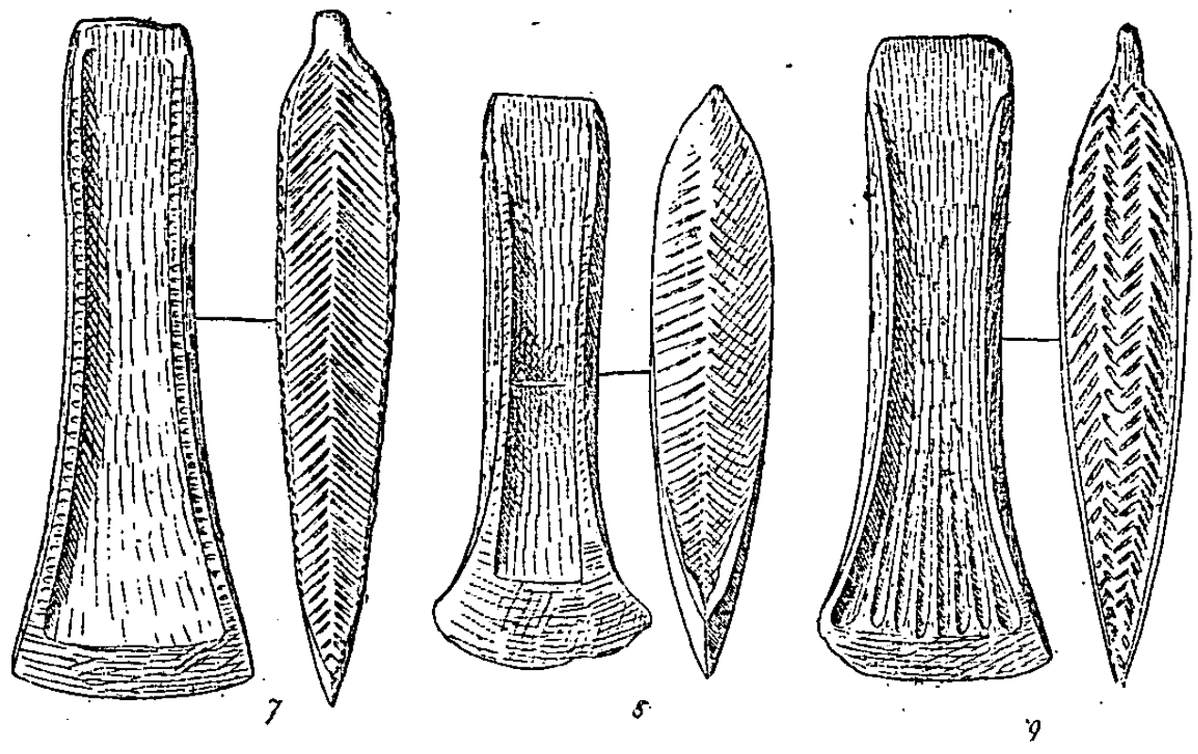



FIG. 3.
Haches à bords droits. 7 vient de Petosse, 8 et 9 de Massigny (Vendée). — Tiers de grandeur.

Dix-huit, également à bords droits, présentent des ornementations variées; neuf présentent sur le plat des nervures plus ou moins élevées, ménagés au marteau; trois ne sont ornées que sur les côtés; une seule joint à cette ornementation un pointillé sur la tranche des bords droits. Trois sont ornées sur le plat et les cotés et deux enfin, à la fois, sur les cotés, les plats et la tranche des bords droits.

A ces haches, se trouvaient jointes huit haches à talon, dont l'une, à talon entre bords droits, est également ornée sur les plats (1).

(1) J'ai déjà publié une note dans la Revue Archéologique sur cette cachette (*Revue Archéologique.* 1902, I, p. 34-40); mais j'ai commis plusieurs erreurs que je tiens à rectifier aujourd'hui. Quand j'avais étudié cette cachette, M. Octave de Rochebrune venait de mourir et c'était son ami intime, M. Gabriel de Fontaine, possesseur de l'une des haches de cette cachette, mort lui-même en 1901, qui m'avait indiqué comme provenance une localité voisine de Petosse, Saint-Étienne-de-Brillouët, en me disant les circonstances de l'acquisition et de la découverte; M. de Fontaine avait fait confusion avec une autre cachette de la collection de Rochebrune, trouvée en effet sur cette commune, au milieu de grosses roches, mais composée de haches plates. J'ignorais au moment de la publication de mon travail, que M. O. de Rochebrune avait donné, avant de mourir, une note sur la découverte de Petosse et celle de Massigny dont je m'occuperai plus loin, qui ne devait paraître qu'à sa mort, en 1901, (*Revue du Bas-Poitou,* 1901, p. 250.) (1) Cette note m'a permis de constater que trois des haches que j'avais décrites comme de Saint-Etienne-de-Billouët c'est-à-dire de Petosse, provenaient d'une seconde décou-

(1) Il en parle aussi, très brièvement dans un fascicule tiré à un très petit nombre d'exemplaires. *Collection de Terre Neuve,* appartenant à M. Octave de Rochebrune : *Les armes depuis l'âge celtique jusqu'au XVIII^e siècle,* édition Clouziot, à Niort 1880.

4. — M. O. de Rochebrune eut la bonne chance de recueillir une seconde découverte comprenant trois haches à bords droits ornées de la même façon que les précédentes. Toutes trois sont plus ou moins usées; elles étaient contenues dans un vase de terre grossière, de 16 centimètres sur 25 centimètres brisé, par les ouvriers, mais restauré par M. de Rochebrune; les haches s'y trouvaient placées debout. C'est le 21 avril 1891 que des terrassiers le mirent à jour en tirant des cailloux sur un plateau élevé situé au sud-ouest de Brillac, non loin du village de Massigny (Vendée); il était enfin à 40 centimètres de profondeur; le fond et l'ouverture sont d'un tiers plus étroit que la panse.

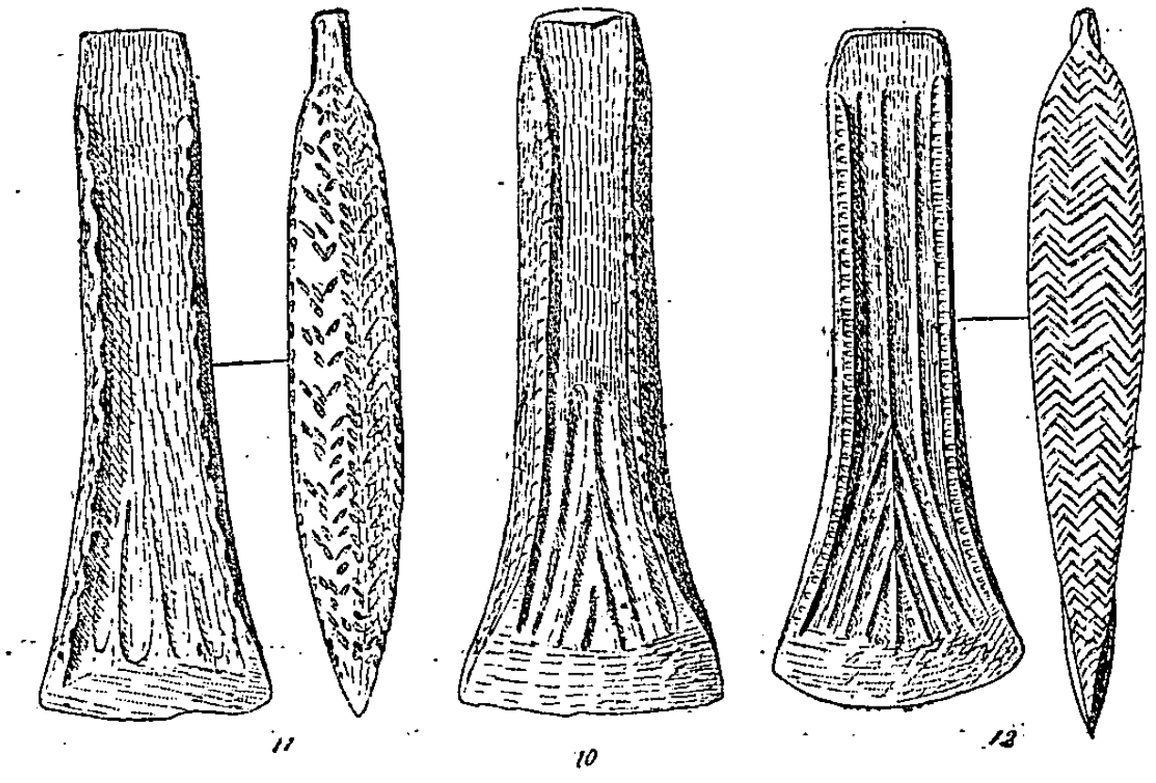



FIG. 4.
Haches à bords droits. 11 vient de Massigny; 10 et 12 de Petosse. — Tiers de grandeur.

L'une de ces haches très usée est ornée de points sur la tranche des bords droits et les côtés portent une seule série de chevrons gravés au burin. La seconde en possède une double série, faits au marteau, et présente huit cannelures parallèles sur les plats. La troisième n'a que quatre rainures longitudinales sur les plats; la tranche des bords droits est ondulée par de petits coups de marteau alternant et les côtés sont ornés au marteau de petits groupes de dépressions obliques disposées de façon à figurer en gros deux séries de chevrons (1).

verte. Mon erreur était motivée par la similitude et le mélange des pièces dans les collections de M. R. de Rochebrune, à l'amitié duquel j'ai dû de pouvoir étudier les collections recueillies par son père. Toutefois j'avais remarqué que plusieurs haches ornées (3) n'avaient aucune patine, mais j'avais attribué cela à un nettoyage destiné à faire ressortir les ornementations. En réalité, il s'agisait d'une seconde trouvaille.

Toutefois, M. de Rochebrune commettait une exagération en parlant d'une centaine de haches, acquises et conservées par lui, et provenant de Petosse; la vérité est qu'il y en avait un peu moins de soixante.

(1) Les clichés des figures 2, 3, 4, 5 ont été gracieusement prêtés par la *Revue Archéologique*.

Ainsi qu'on peut le voir, il y a cette différence entre les haches de Massigny et celles de Petosse que les rainures qui forment l'ornementation des plats de ces dernières figurent ordinairement des chevrons inscrits les uns dans les autres, tandis que'elles sont parallèles dans les haches de Massigny. L'ornementation des plats existe quelquefois dans le nord de la France. M, Magne en possède un échantillon pêché à Paris dans la Seine.

**5.** — Une dernière cachette vendéenne, découverte ces mois derniers à Roidon-en-Saint-Florent, commune des Essarts (Vendée), a été recueillie par un des membres les plus actifs des Antiquaires de l'ouest, le Frère René, des Frères de Saint-Gabriel, de Saint-Laurent-sur-Sèvres. Il en donnera lui-même prochainement la description, mais il a bien voulu me permettre de joindre à ce travail le dessin d'une hache ornée qui se trouvait dans cette cachette, avec douze autres à bords droits et huit à talon.

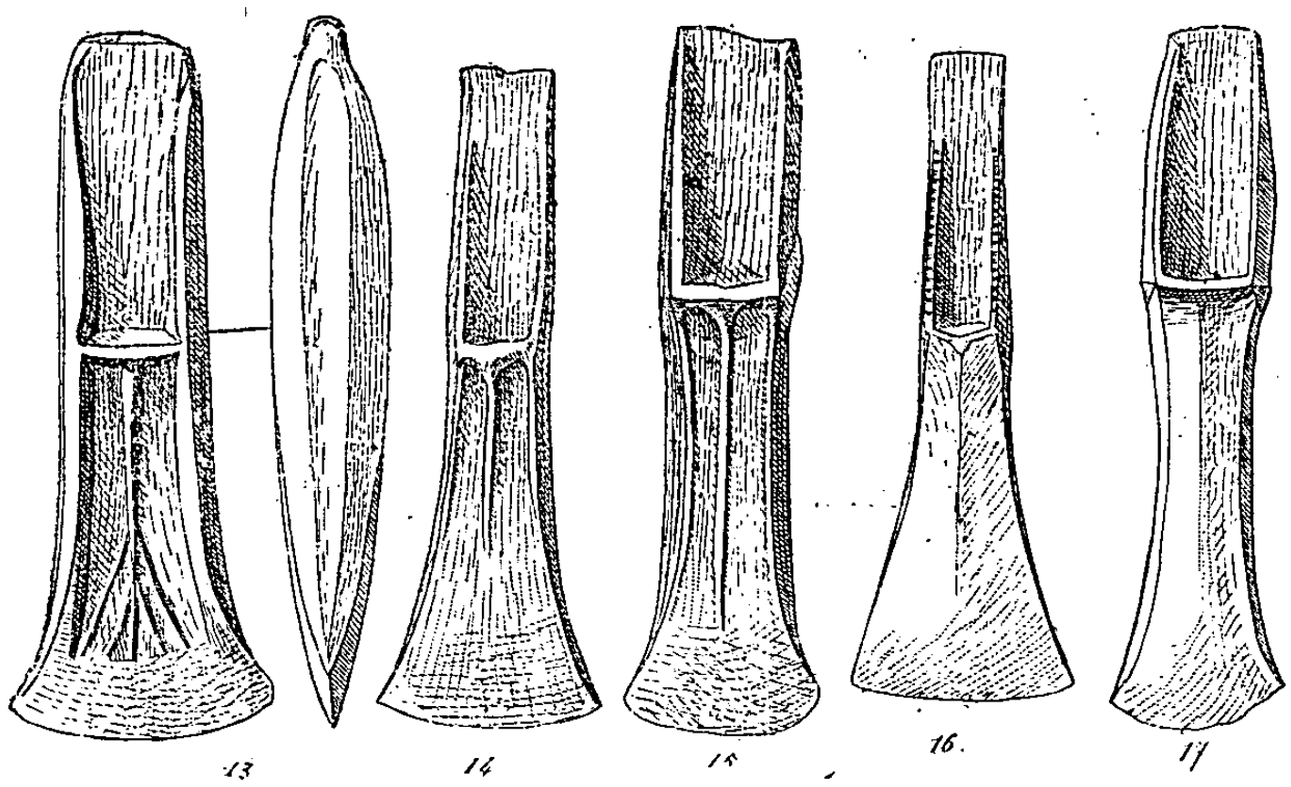



FIG. 5.
Haches à talon de la cachette de Petosse. — Tiers de grandeur.

Cette hache présente sur les côtés une série de chevrons pratiqués au marteau; ses plats sont divisés par une arête longitudinale qui se bifurque au voisinage du tranchant. Je dois exprimer au Frère René ma bien vive reconnaissance de ce qu'il a bien voulu me permettre de joindre la figure de la hache de Roidon aux autres dessins des haches ornées de l'ouest.

Ces quelques faits nouveaux ou peu connus, permettent de soutenir que dans le pays situé entre la Charente, le Limousin et le cours inférieur de la Loire, il se trouve des haches ornées que l'on peut rapprocher de celles d'Irlande, d'Écosse et d'Angleterre.

M. l'Abbé BREUIL

à Paris.

## QUELQUES BRONZES DU PÉRIGORD [571.34:44.7]

*— Séance du 13 août —*

Le hasard m'a permis de réunir quelques documents sur le bronze en Périgord, il sera sans doute utile de les faire connaître, car ils sont actuellement bien éloignés de leur point de départ et répartis dans différentes collections.

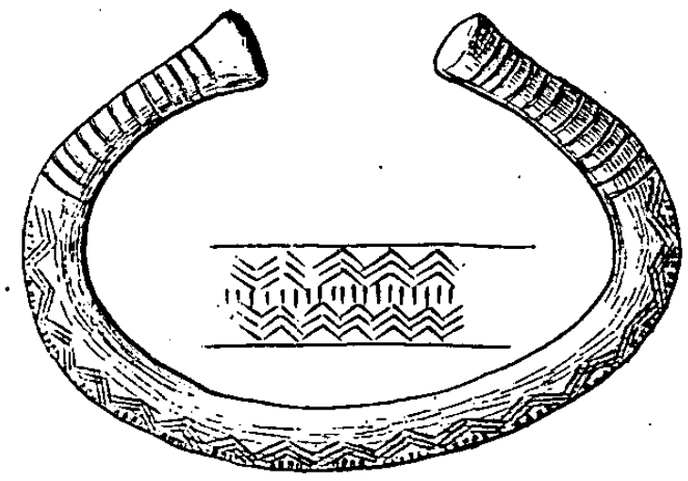


FIG. 1.

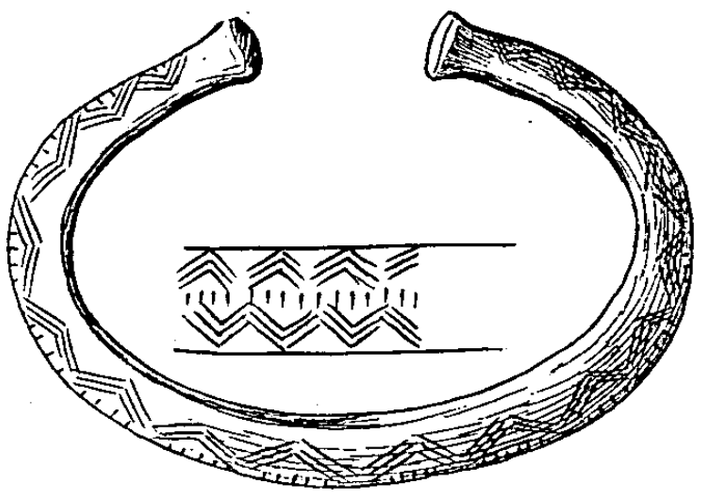


FIG. 2.



FIG. 3.

FIG. 1 et 2. — Bracelets de la Rochebeaucourt (Dordogne). Musée de Cholet. 2/3 de grandeur réelle.
FIG. 3. — Épingle de Laugerie-Basse. Collection Capitan. 2/3 de grandeur réelle.

Au Musée d'Orléans, se trouve un grand couteau de bronze jaune, long de 32 centimètres, à patine noirâtre, peu épaisse. Il porte, gravé au burin,

sur une de ses faces, l'histoire de sa découverte : *Trouvé à Saint-Georges, près Périgueux, en 1788, dans les côtés d'un squelette qui avait un vase à ses pieds et un autre à sa tête. — Cabinet du comte de Taillefer.*

M. le marquis de Fayolle, auquel j'avais mentionné cet objet, a bien voulu m'écrire que le comte de Taillefer, archéologue très distingué, auteur de deux gros volumes sur les antiquités de Vérone, avait en effet réuni un cabinet d'antiquités que la Révolution dispersa ; il avait la *manie* — dont nous ne nous plaindrons pas — de mettre des inscriptions sur tous ses objets : M. de Fayolle me dit qu'il y en a plusieurs exemples au Musée de Périgueux, par exemple, une borne milliaire, un réchaud en bronze.

Le Musée de Cholet conserve deux bracelets en bronze massif, ouverts et soigneusement ornementés : l'indication de provenance est: Chez-l'Homme, La Rochebeaucourt (Dordogne) Le frère René, de Saint-Laurent (Vendée) a pu m'en faire un dessin exact.

Une épingle de bronze, que conserve le docteur Capitan, provient de Laugerie-Basse où, d'ailleurs des poteries de la même époque ont été souvent rencontrées.

Je citerai, en terminant, une trouvaille de cinq haches à talon et anneau latéral, faite dernièrement (en 1900 ou 1901) à peu de distance de Saint-Cyprien, à Berbignières, sur les propriétés de M. de Chevigné ; elles étaient disposées à plat, régulièrement, les unes à côté des autres, chacune en sens inverse de ses voisines. J'espère avant peu voir ces objets et ceux qui auraient pu être découverts au même endroit, et je compte pouvoir ensuite en parler moins sommairement.

---

M. le Dr Stéphane LEDUC

Professeur à l'École de Médecine de Nantes.

## ÉTUDES SUR LA FIÈVRE [612.5 : 610.2]

*— Séance du 8 août —*

La fièvre est le symptôme le plus fréquent de la pathologie ; la connaissance que nous avons de ce symptôme est incomplète, confuse, obscure. Dans le *Traité de Pathologie générale* publié par M. le professeur Bouchard, où se trouve résumé l'état actuel de nos connaissances sur la fièvre, M. L. Guinon termine son article sur la nutrition dans la fièvre en disant :

« Que conclure de tout cela, sinon que la nutrition dans la fiévre n'a pas de rapports fixes avec la température et que la nature, la virulence du poison, la résistance du sujet modifient profondément l'activité et la forme des échanges ? »

Les études faites sur les rapports de la température et de la thermogenèse ont également conduit à des résultats contradictoires et, là encore, la conclusion ne peut être qu'un point d'interrogation.

Dans une communication à l'Académie des Sciences (*Comptes rendus*, 25 mars 1901), dans un Mémoire présenté au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, Ajaccio 1901, Mémoire publié par la *Gazette médicale de Nantes*, 14 décembre 1901, enfin dans la Thèse de M. Baty, 9 juillet 1902, nous avons décrit une méthode qui, appliquée à l'étude de la fièvre, donne des résultats jetant sur la question une lumière nouvelle; cette méthode permet de mieux préciser, de mieux poser le problème, tout en donnant un moyen nouveau d'en poursuivre la solution.

Nous vivons dans un milieu dont la température est inférieure à la nôtre, nous y déversons continuellement une certaine quantité de chaleur, que nous reproduisons régulièrement pour réparer les pertes et maintenir constante la température du corps. Cette température est le niveau auquel se fait le déversement de la chaleur dans le milieu ambiant. Il est indispensable de bien comprendre tout d'abord que ce niveau est complètement indépendant de la quantité de chaleur déversée et, par conséquent produite dans un temps donné. Un sujet peut, dans le même temps, produire une, deux, cinq ou dix fois plus de chaleur qu'un autre; si, dans le même temps, il en perd une, deux, cinq ou dix fois plus, sa température restera invariable ; il est donc certain que *la calorification peut varier dans des proportions quelconques sans aucune variation de la température*. D'autre part, un sujet ayant une température de 2, 3, 4 degrés plus élevée que celle d'un autre sujet peut produire la même quantité de chaleur que le second sujet ; si, en même temps, il perd des quantités égales, sa température restera constante et se maintiendra invariablement à un niveau supérieur à celle du second sujet.

En d'autres termes, *les températures de divers sujets peuvent différer dans une proportion quelconque sans qu'il en résulte une différence de leurs calorifications*.

La régulation de la température et celle de la calorification sont deux fonctions différentes, qui peuvent être complètement indépendantes ; il est cependant facile de se convaincre, par la lecture de ce qui est écrit sur la fièvre, que, le plus souvent, ces deux fonctions sont confondues par la Médecine en une seule, ou, lorsqu'elles sont différenciées, on admet *à priori* qu'elles sont liées l'une à l'autre et varient parallèlement.

Si l'on reconnaît l'indépendance des fonctions de régulation de la température et de régulation de la calorification, la signification des faits constatés s'éclaire, leurs contradictions apparentes s'évanouissent ; on aperçoit la possibilité de les classer et leur interprétation prend une valeur pratique. Des considérations précédentes résulte la nécessité pour la Médecine d'étudier indépendamment l'une de l'autre la température et la calorification.

L'étude de la température se fait à l'aide du thermomètre ; elle est simple, facile et bien connue.

L'étude de la calorification est beaucoup plus difficile et n'a pas encore été introduite en clinique ; c'est le moyen d'étudier cette fonction à l'aide du thermomètre que nous avons décrit dans nos publications antérieures.

La vitesse d'ascension du thermomètre est à chaque instant proportionnelle à la quantité de chaleur qu'il reçoit pendant cet instant. Si l'on note la température de minute en minute, on peut, comme nous l'avons indiqué dans nos mémoires antérieurs, construire une courbe permettant de juger d'un coup d'œil tous les détails de l'ascension.

Pour une même différence au-dessous des températures finales, les vitesses d'ascension thermométriques sont, chez différents sujets, proportionnelles aux quantités de chaleur perdues et produites par ces sujets. Par suite de l'emploi des vêtements et des étoffes dont nous nous couvrons, nous vivons, au point de vue calorifique, dans une atmosphère artificielle présentant avec le corps une différence de température à peu près constante et d'environ un degré.

La résistance aux pertes de chaleur varie dans une grande proportion avec la différence entre la température du corps et celle du milieu ou de l'objet en contact avec lui ; pour obtenir des résultats utiles à la clinique ce sont donc les vitesses d'ascension du dernier degré qu'il est utile de comparer.

La vitesse moyenne d'ascension du dernier degré s'obtient en divisant l'unité par le temps en minutes de l'ascension du dernier degré, où, pour éviter les décimales, on divise 100 par ce temps ; les chiffres ainsi obtenus représentent et permettent de comparer les intensités de la calorification.

Alors que nous avons trouvé 8 environ pour la calorification normale, Chez les tuberculeux apyrétiques, nous avons trouvé 16 comme chiffre moyen de la calorification, qui dépasse 25 chez quelques tuberculeux.

Chez un malade non tuberculeux, ayant un accès de fièvre urineuse, nous avons trouvé, avec une température de 38°,8, *10,52* pour la calorification ; chez un autre malade ayant un accès de fièvre paludéenne, le pouls à 124, la température 39°,7, le chiffre de la calorification était 10 ; le même malade, le lendemain, avait 10,52 de calorification avec 38°,8 de température.

Un malade atteint de fièvre typhoïde avait :

| Calorification. | | Température. |
|---|---|---|
| 8 | avec | 39°,5 |
| 9,77 | — | 38°,4 |
| 13,15 | — | 38°,1 |

Dans des recherches entreprises pour sa Thèse, M. Baty a trouvé, chez les hémiplégiques, avec une température plus basse, une calorification plus élevée du côté paralysé que du côté sain.

## CONCLUSIONS

La régulation de la température et la régulation de la calorification sont deux fonctions indépendantes.

Dans la fièvre, la régulation de la calorification n'est point altérée dans le même sens que celle de la température, elle peut même varier en sens inverse.

La détermination des vitesses d'ascension du dernier degré thermométrique donne un moyen simple et facile de comparer les intensités de calorification

En résumé, la température du corps se présente comme une fonction de deux variables relativement indépendantes, 1° la production de chaleur, proportionnellement à laquelle doivent varier les élévations de température lorsque les autres circonstances restent invariables; 2° la perte de chaleur en raison inverse de laquelle doit varier la température lorsque les autres circonstances restent fixes. Ces relations se résument dans la formule :

$$T = K \frac{C}{P}$$

T température ;
K coefficient de proportionnalité ;
C calorification ;
P perte de chaleur.

M. le Dr Stéphane LEDUC

Professeur à l'École de Médecine de Nantes.

## TRAITEMENT DE L'ADÉNOÏDITE AIGUË [617.531]

*— Séance du 8 août —*

L'adénoïdite aiguë, la rhinopharyngite, est une affection commune de l'enfance. On rencontre souvent des enfants ayant une fièvre intense, une température pouvant atteindre et dépasser 40° et n'ayant aucune autre lésion qu'une inflammation du rhino-pharynx, se manifestant par de l'enchifrènement, la difficulté de la respiration nasale qui oblige l'enfant à respirer par la bouche; la partie supérieure de la muqueuse du pharynx est rouge et gonflée, des mucosités épaisses, suspendues derrière la luette, obstruent l'orifice pharyngo-nasal; l'inflammation, après quelques jours, s'étend fréquemment au pharynx et aux amygdales. La fièvre persistante inspire toujours la crainte d'une affection plus grave. L'adénoïdite aiguë n'est d'ailleurs pas une affection sans danger ; elle est souvent le point de départ de l'infection de l'organisme, les ganglions cervicaux sont envahis tout d'abord et, après eux, des organes plus importants.

Les moyens par lesquels on combat actuellement l'adénoïdite et la rhinopharyngite aiguë chez l'enfant n'ont qu'une efficacité très relative ; il est impossible de pratiquer chez eux la douche nasale à l'aide de la canule olivaire ; la douche nasale d'ailleurs ne lave pas l'arrière-cavité; pour la pratiquer on penche la tête en avant, un léger courant d'eau passe derrière la cloison sans toucher la paroi de l'arrière-cavité des fosses nasales. Le jet de liquide lancé à l'aide d'une canule en gomme est aussi imparfait; il rencontre les cornets qui le divisent, il pénètre alors dans les sinus, cause de la douleur, et les enfants s'y opposent avec violence et avec raison.

Depuis plusieurs années nous pratiquons le lavage de l'arrière-cavité des fosses nasales à l'aide d'une sonde en caoutchouc rouge de 4 millimètres de diamètre, pourvue d'un entonnoir pour la fixer sur la canule de l'injecteur, poire, siphon ou bock; même chez les très petits enfants, la sonde enduite de vaseline boriquée, glisse facilement sur le plancher des fosses nasales et pénètre jusque dans l'arrière-cavité que le jet de liquide (solution tiède d'acide borique) lave alors parfaitement. Le lavage est si peu pénible, si facile, que nos petits malades, dès l'âge de quatre ans, le font eux-mêmes dans la perfection. Les fosses nasales restant largement

ouvertes, il n'y a aucun danger de pénétration de liquide dans les trompes. L'effet de ce simple traitement est remarquable et immédiat, deux heures après le premier lavage, la température, aux environs de 40 degrés depuis plusieurs jours, tombe à 37 degrés pour ne plus se relever, et dans un jour ou deux la guérison est obtenue.

Ce traitement est également très efficace dans les adénoïdites chroniques; il permet, dans beaucoup de cas, d'éviter une intervention opératoire dont aujourd'hui on abuse, car elle a assez souvent des suites fâcheuses.

Enfin, pour le lavage des fosses nasales chez l'adulte, nous avons trouvé avantage à remplacer dans tous les cas la canule olivaire par la sonde introduite jusque dans le naso-pharynx.

On peut évidemment employer pour le lavage par cette méthode toutes les solutions antiseptiques appropriées, la solution d'aniodol au quatre millième nous a donné des résultats particulièrement bons dans les cas chroniques.

---

## M. le Dr LALESQUE

Correspondant de l'Académie de Médecine, à Arcachon.

---

### LA FEMME TUBERCULEUSE ET LE MARIAGE [614.542.392.5]

---

*— Séance du 8 août —*

### I

Le mariage devant normalement aboutir, pour la femme, à la grossesse et à l'accouchement — fonctions physiologiques confinant à la pathologie et productrices de si profondes modifications organiques — il n'est pas, à mon sens, de question plus troublante, en phtisiothérapie, que celle du mariage de la femme tuberculeuse.

Nul besoin de remonter bien loin, dans l'histoire médicale, pour trouver les appréciations les plus contradictoires sur les rapports de la tuberculose pulmonaire et de la grossesse. Selon les écoles, l'action de la grossesse sur la phtisie était indifférente, favorable, déplorable. Naguère prévalait encore le préjugé de l'influence favorable. Le contraire est aujourd'hui démontré. D'ordinaire, pendant la grossesse, la marche de la tuberculose, suspendue, prend une allure galopante peu après la délivrance. Aussi

n'est-il pas rare de voir une tuberculose ayant duré de longues années, sans trop grand dommage pour la malade, s'allumer après une grossesse et entraîner la mort en quelques semaines ou en quelques mois.

De sorte que les auteurs contemporains, transportant dans le domaine de la phtisie pulmonaire la formule de Peter sur les cardiopathies, écrivent : « Filles, pas de mariage ; femmes, pas d'enfants ; mères, pas d'allaitement. » La formule est heureuse et à conserver. Il la faut fixer dans l'esprit des jeunes praticiens, qui, toujours trop tôt, se trouvent en face du délicat et difficile problème soulevé par des familles assez aveugles pour désirer le mariage d'une jeune fille, en activité de tuberculose, et toujours trop obstinées, au cas d'une simple trêve de la maladie.

Non que la formule de Peter soit et doive rester immuable. Les exemples ne sont pas rares, dans la littérature médicale, de femmes entachées de tuberculose antérieure au mariage qui, devenues mères, ont donné le jour à des enfants sains, sans préjudice aucun pour leur propre santé.

Un maître en ces matières, le professeur Grancher, écrit : « Jeune médecin, j'avais sur ce point une opinion radicale et intransigeante, et je croyais que le mariage était défendu à un tuberculeux, quels que fussent le degré et l'ancienneté de sa maladie. Je suis devenu plus tolérant. » Puis, ajoute-t-il, une « pratique plus modérée et plus humaine m'a été imposée peu à peu par l'observation des faits d'une part, et aussi par l'étude plus complète de l'évolution naturelle des processus tuberculeux » : allusion à la *tendance naturelle* du tubercule vers la guérison.

## II

Dans quelles circonstances peut-on permettre le mariage d'une femme tuberculeuse ? Jamais, tant que la maladie est en activité, cela va sans dire. Et cependant que de jeunes filles ou de jeunes gens se marient en pleine évolution tuberculeuse, malgré les avis réitérés d'hommes compétents, comme parfois, hélas ! grâce au silence du médecin. Ces temps derniers (juillet), une de mes anciennes malades m'écrivait : « Je dois me marier la semaine prochaine. J'ai eu, au mois de mai, une forte hémoptysie ; je commence seulement maintenant d'aller un peu mieux. » Rien n'a pu arrêter ni la famille ni la malade ! En ces cas, c'est la mort de la mère, la déchéance des enfants, sinon leur fin prématurée.

Jamais, non plus, le médecin n'autorisera le mariage au cours d'une des trêves si naturelles de la phtisie. Là, notre rôle est particulièrement difficile et délicat. Dans leur impatience à conclure un mariage, souvent projeté depuis longtemps, malade et famille considèrent comme la guérison ce qui n'en est que l'apparence, combien dangereuse en l'espèce ! Le mariage, même sans la grossesse, *à fortiori* avec la parturition, provoquera le retour

offensif de la maladie. Le médecin ne devra pas céder aux sollicitations pressantes. Tout au contraire devra-t-il éclairer la famille, se rappelant plus que jamais la formule de Peter.

Différente sera la détermination en présence d'une guérison, quoique encore la question reste assez embarrassante, la clinique ne pouvant fournir le critérium de la guérison complète. S'il est impossible, le plus souvent, de constituer un ensemble de signes précis donnant une certitude, du moins peut-on grouper de fortes présomptions, dont la plus importante est la durée de ces signes, durée variant d'un malade à l'autre. On la devra exiger d'autant plus longue que les atteintes du mal auront été plus vives.

Pour exemple, voici l'histoire d'une jeune fille au mariage éventuel de laquelle j'ai consenti, après une guérison de quatre ans :

Observation. — Jeune fille, vingt et un an. Père mort tuberculeux il ya douze ans. Mère, trois frères plus âgés, en parfaite santé.

Prise brusquement, le 15 septembre 1898, après dîner d'une hémoptysie abondante, avec élévation de température et signes de congestion pulmonaire en arrière, dans la fosse sous-épineuse droite.

De ce jour jusqu'à l'arrivée à Arcachon (20 février 1899), la fièvre a persisté, peu vive (38° à 38°,2) le soir mais tenace. Les signes physiques ont peu varié : localisés au niveau de l'omoplate, dans la fosse sous-épineuse, fusant vers l'aisselle sous forme de râles humides par îlots abondants, parsemés de quelques craquements humides plus rares. Dix à douze expectorations muco-purulentes, bacillaires, par vingt-quatre heures. Appétit médiocre. Poids : 58 kilogrammes.

*Avril 1900.* — La malade quitte Arcachon, après un séjour ininterrompu de quatorze mois, et après avoir bénéficié tour à tour de la cure sylvestre et de la cure marine. Elle présente tous les signes de la guérison apparente. En effet, depuis juillet 1899 (soit neuf mois), toute expectoration a disparu, la malade pèse 65 kilogrammes : tous les bruits anormaux ont cessé depuis la même époque ; c'est à peine s'il reste, dans la fosse sous-épineuse, une zone de respiration rugueuse.

*Avril 1901.* — Mlle X... n'a cessé de se bien porter. La guérison s'est maintenue. Elle consulte le professeur et les deux médecins des hôpitaux de Paris qui ont assisté au début de sa tuberculose. Ils confirment le maintien de la guérison ; le cas échéant, autorisent le mariage.

*Avril 1902.* — Je revois mon ancienne malade. Par excès de prudence, la mère a différé toute idée de mariage, malgré l'avis des conseils médicaux. Mlle X... est dans un superbe état de santé : grande, forte, large de poitrine. Elle a pu, avec une extrême prudence, suivre en partie l'existence commune de sa famille. Elle pèse 68 kilogrammes. L'auscultation est négative.

En présence d'une attaque de tuberculose relativement circonscrite et bénigne, en présence d'une guérison complète qui ne s'est pas démentie depuis trois ans, étant donnée, d'autre part, l'opinion formulée depuis un an par mes maîtres, j'ai cru pouvoir conclure (fin avril 1902) à l'autorisation du mariage.

## III

Peut-on tirer une indication du degré anatomique des lésions pulmonaires? Oui, le plus souvent. Il pourrait paraître naïf de dire qu'une femme à simple induration circonscrite d'un sommet est plus mariable qu'une autre portant une lésion ulcéreuse. Cependant, on trouve des faits allant à l'encontre de cette formule, tant il est vrai qu'en matière de tuberculose il n'y a pas de maladie, il y a des malades. Que si, au cas d'une caverne, l'autorisation doit presque toujours être refusée, il est non moins certain que des distinctions s'imposent. Que d'auteurs rapportent la guérison de cavernes pulmonaires maintenue pendant quinze, vingt ans et plus!

Tel le fait suivant qui m'est personnel avec mariage autorisé, suivi de maternité et maintien de la santé.

Observation. — Jeune fille, dix-huit ans. Père et mère bien portants.

Après une *anémie rebelle*, et après un trop long séjour au couvent, elle fut prise, à la suite d'un refroidissement (*fin mars* 1891), d'une bronchite fébrile, localisée au sommet du *poumon droit*, plus particulièrement en *arrière*, avec, à la base du même côté, un foyer de pleurésie sèche. La fièvre, la toux, les signes bronchitiques et pleuraux durent deux mois, et, dès le retour à la campagne, (*fin juin*) la fièvre, déjà atténuée, cesse, et les phénomènes locaux s'amendent sensiblement.

Dans les *premiers jours de septembre*, aggravation. Retour de la fièvre, de l'expectoration muco-purulente, avec légères hémoptysies, pendant deux ou trois jours, et en coïncidence avec l'époque menstruelle, totalement supprimée depuis quatre mois. Amaigrissement.

2 *octobre* — Arrivée à Arcachon.

Jeune fille grande, maigre, brune, à système pileux très développé. Mauvais état général: fièvre quotidienne, oscillant de 38°,2 à 39°. Anorexie absolue, sueurs nocturnes, diarrhée facile, toux fréquente, dyspnée.

Je trouve en *arrière*, au *sommet droit*, dans la *fosse sus-épineuse*, près du rachis, les signes d'une caverne, de dimensions moyennes, avec râles congestifs périphériques (*fosse sus-épineuse*). A la base du même côté, légers frottements pleuraux, qui masquent des râles sous-crépitants fins, très nettement perceptibles dans les inspirations profondes ou dans les efforts de la toux. Du *côté gauche*, *en avant*, sous la clavicule, on trouve un foyer de congestion pulmonaire révélé par de la submatité, et des râles crépitants fins.

L'expectoration est abondante, muco-purulente et bacillaire.

15 *novembre*. — Sous l'influence de la cure d'air, il s'est produit une amélioration manifeste, traduite par la diminution de la fièvre, n'excédant jamais 38° le soir, et disparaissant de temps en temps. L'appétit est revenu, et la suralimentation produit une augmentation de poids de un kilo. Sommeil régulier, disparition des sueurs nocturnes, toux beaucoup moindre, expectoration très diminuée; enfin à l'auscultation, les gargouillements ne s'entendent presque plus, les phénomènes congestifs de la fosse sus-épineuse sont moins intenses, et aujourd'hui, pour la première fois depuis six mois, *apparition des règles*.

8 *décembre*. — Une crise d'influenza remet tout en cause et provoque des accidents pulmonaires aigus inquiétants : double poussée congestive des lobes supérieurs, avec légère hémoptysie, et pendant trois semaines la malade va rester avec une fièvre vive (38°,5 à 39°), des sueurs nocturnes abondantes, un embarras gastrique produisant une anorexie invincible, d'où perte de poids et diminution notable sur le poids de l'arrivée. Si bien que, lorsque la malade pourra, à sa première sortie (20 *janvier* 1892), se peser, on constatera une perte totale de 3 kilos.

Après un séjour de sept mois (*fin mai*), la malade quitte Arcachon; elle s'est améliorée dans des proportions inespérées, et cela grâce au retour d'*un admirable fonctionnement digestif*.

Son état général ne laisse rien à désirer; depuis trois mois, pas un seul accès de fièvre, menstruation régulière, augmentation de poids sur l'arrivée : 4 kilos.

L'état local a subi une amélioration parallèle. La toux est nulle, à peine quelques coups de toux le matin au réveil, avec expectoration de deux ou trois crachats muqueux, à bacilles rares et peu développés, parfois même pendant plusieurs jours sans expectoration. Dans la fosse *sus-épineuse droite*, matité, résistance au doigt, avec souffle léger sans aucun râle humide, mais avec respiration rugueuse, et légère résonance vocale. Les frottements pleuraux de la base sont à peine entendus dans les inspirations profondes, et les râles humides sous-crépitants n'existent plus. Le foyer sous-claviculaire gauche est remplacé par un foyer de respiration sèche, sans aucun bruit anormal.

Après une cure au Mont-Dore, elle revient à Arcachon dans les *premiers jours de novembre*. Son médecin m'écrit : « Elle est en très bon état de santé : bon appétit, bon teint, pas de sueurs, pas de fièvre, mais voici *deux époques cataméniales qui manquent*. Cette absence de règles ne s'accompagne d'aucun trouble de santé; toutefois cela m'inquiète. »

Ce nouveau séjour dure cinq mois pleins, et la malade repart guérie.

Depuis le *mois de novembre*, les règles n'ont pas fait défaut une seule fois, et l'état général est excellent; l'embonpoint est notable, et la malade d'il y a un an est aujourd'hui une belle jeune fille, dont les forces sont excellentes, et qui peut marcher pendant plusieurs heures consécutives sans aucune fatigue.

A l'auscultation, il n'est plus possible de percevoir la moindre modification à la base droite, ou sous la clavicule gauche. Dans la fosse sus-épineuse droite, la régression fibreuse, cicatricielle de la caverne ne laisse place à aucun doute, le souffle n'existe plus, à peine si la respiration est soufflante avec, à la périphérie, respiration encore obscure et sèche.

Depuis cette époque (*fin avril* 1893) jusqu'à la date du 15 *janvier* 1897, la malade n'a plus quitté sa petite ville, et son médecin m'écrivait :« La guérison ne s'est pas démentie, le sommet droit reste absolument cicatrisé. » Et le Dr R... me demandait mon opinion, au nom de la famille, sur l'opportunité d'un mariage projeté. En présence de la durée de la guérison (4 ans), je ne crus pas pouvoir répondre par la négative, non toutefois, sans formuler quelques réserves, spécifiant qu'en cas de mariage, suivi de grossesse, la mère, sous aucun prétexte, ne devait être autorisée à nourrir ses enfants.

Le mariage a été conclu; un enfant en est résulté, bien portant, aujourd'hui âgé de trois ans ayant été nourri par une robuste *remplaçante*. La santé de la mère ne laisse rien à désirer. Ce qui porte la durée de la guérison à sept ans.

Ces quelques considérations rapides, appuyées sur deux faits personnels pourront servir de guide. Mais ce qu'il ne faut jamais oublier de faire

entrer en ligne de compte dans la détermination à prendre, c'est l'état social du malade. « S'il est riche ou du moins aisé, a écrit le professeur Grancher, s'il peut, s'il veut se soigner, mettez dans le plateau de la balance toutes ces circonstances favorables à votre acquiescement. » Tel était le cas de mes deux malades. « Si, au contraire, ajoute M. Grancher, votre malade est astreint à une profession pénible qui ne lui permet aucun loisir ; si, d'autre part, il est léger et peu soucieux de sa santé, vous devez vous montrer beaucoup plus sévère, même pour une toute petite lésion, en vertu de ces motifs *extrinsèques*, mais tout-puissants. *Le pronostic de la phtisie pulmonaire commune dépend, en effet, du malade autant et plus que de la maladie.* »

---

M. le Dr ARSIMOLES

à Montauban

## SIÈGE ET TRAITEMENT DES ABCÈS PÉRI-AMYGDALIENS

[617.531]

*— Séance du 8 août —*

Il y a longtemps que l'on ouvre chirurgicalement les abcès péri-amygdaliens, et pourtant les notions acquises sur leur pathogénie sont toutes récentes : elles datent de la connaissance approfondie de la fossette sus-amygdalienne ; l'anatomie pathologique d'autre part est à peine née d'hier. Partant de ce contraste, il ne faudrait pas considérer les chapitres pathogénique et anatomique comme des abstractions purement spéculatives sans intérêt immédiat pour le praticien. Des auteurs illustres, livrés aux seules ressources de la clinique, ont prêché l'abstention chirurgicale par ignorance du siège exact de l'abcès. L'intervention est maintenant reconnue légitime ; mais la crainte de ne pas trouver le pus domine les procédés d'intervention.

Où siège la collection péri-amygdalienne ? En l'absence des certitudes nécropsiques, l'expérimentation anatomique par la méthode des injections coagulables nous a permis de conclure à sa situation extra-pharyngée : la gélatine poussée en pleine paroi du pharynx, entre la tunique fibreuse et le constricteur supérieur ne peut se collecter, mais s'étale en une mince nappe infiltrant le tissu cellulaire sous-musculaire ; celui-ci est trop peu abondant d'ailleurs pour alimenter une suppuration. Si l'abcès occupait

cette situation superficielle sous la muqueuse dans le tissu cellulaire, sous-staphylin, l'œdème inflammatoire ne suffirait pas à expliquer la profondeur d'un centimètre et demi au moins où il faut pénétrer pour atteindre le pus; enfin l'évolution naturelle vers l'ouverture spontanée serait plus rapide. Un dernier fait important consiste en ce que le constricteur supérieur, mince et à faisceaux lâchement unis, se laisse facilement traverser par la matière à injection, de sorte qu'il est très difficile de cantonner celle-ci dans l'épaisseur de la paroi pharyngienne. Pour toutes ces causes d'ordre anatomique autant que clinique, l'abcès péri-amygdalien ne peut se former dans cette paroi. C'est en dehors du pharynx que le pus se rassemble, dans la partie antérieure de l'espace maxillo-pharyngien. Là est un espace, virtuel dans l'état normal et réduit à un interstice musculaire, rempli de tissu cellulo-adipeux et traversé par des vaisseaux et des nerfs, que délimitent les organes suivants : le ptérygoïdien interne avec son aponévrose en dehors; la paroi du pharynx en dedans; en avant le ligament ptérygo-maxillaire, accolé au bord antérieur de la branche du maxillaire inférieur; la jonction du ptérygoïdien interne et du péristaphylin externe en haut; en arrière, le stylo-glosse et le stylo-pharyngien unis par l'aponévrose stylo-pharyngo-maxillaire de Juvara; en bas enfin, ces mêmes muscles qui se portent en avant, l'un pour se perdre dans la langue, l'autre pour se terminer dans la couche musculaire du pharynx. L'injection de gélatine poussée depuis l'amygdale en dehors du constricteur supérieur remplit toujours cet espace transformé en cavité par refoulement et tassement de ses parois. Dans cette série d'expériences, on obtient une notable voussure du pilier antérieur et du voile, correspondant au siège de la voussure classique que détermine l'abcès péri-amygdalien. La cloison des muscles styliens, placée de champ dans l'espace maxillo-pharyngien, est toujours respectée : formée par des muscles résistants qu'unit une lame aponévrotique continue, elle constitue un vrai diaphragme qui se laisse refouler, mais non traverser par la collection purulente. En avant de lui, l'espace pré-stylien, correspondant à la région amygdalienne; en arrière, l'espace rétro-stylien ou prévasculaire, contenant les gros vaisseaux (carotide et jugulaire interne). Au premier appartiennent les abcès péri-amygdaliens ; au second les phlegmons latéro-pharyngiens : tel est le schéma de nos conclusions expérimentales.

Cette localisation de l'abcès donne la clef de nombreuses données de la clinique : la profondeur de l'abcès; la boutonnière de Lemaistre : l'abcès, dans sa tendance à l'ouverture spontanée, pointe à travers le constricteur au niveau du point le plus faible de sa paroi, c'est-à-dire ici en avant de l'amygdale, entre le glosso-staphylin et le bourrelet glandulaire rétro-molaire ; la voussure du voile, due partie à l'œdème, et partie au refoulement de la partie la moins résistante des parois généralement inexten-

sibles de la cavité abcédée; la fermeture souvent trop précoce de l'incision au bistouri : retour sur eux-mêmes des tissus décomprimés, et perte du parallélisme entre les plaies muqueuse et musculaire; la rareté des complications graves : l'occlusion assez parfaite de l'espace pré-stylien prémunit contre les propagations par continuité ou contiguïté ; donc pas de suppurations cervicales, si ce n'est par adéno-phlegmon secondaire ; pas de fusées purulentes dans la gaine des vaisseaux, protégés par le diaphragme stylien ; enfin, les hémorragies foudroyantes par ulcération des gros vaisseaux appartiennent plutôt, selon Broca, au phlegmon latéro-pharyngien.

Il est des cas cependant où, la voussure du voile faisant défaut, la déformation de l'isthme du gosier étant peu marquée, et le pus s'évacuant spontanément par la région sus-amygdalienne au terme d'une évolution peu bruyante, on est conduit à admettre le siège du pus dans la fossette sus-amygdalienne. Mais le plus souvent celle-ci n'est que le point de départ de l'infection pyogène, qui se propage de là vers l'espace pré-stylien par voie lymphatique ou vasculaire: ses dimensions ne sont point en rapport avec l'abondance du pus collecté.

Ces considérations anatomiques contribuent puissamment, pour nous, à déterminer le choix du procédé d'intervention. C'est à l'incision de Lemaistre que nous accordons la préférence. D'après une statistique due à M. le Dr Escat (de Toulouse), dans trente deux cas d'abcès péri-amygdaliens ouverts chirurgicalement, l'incision de Lemaistre pratiquée systématiquement au lieu d'élection, s'est accompagnée vingt-six fois d'une évacuation purulente immédiate suivie de guérison rapide. La discision au crochet de Ruault par la fossette sus-amygdalienne, plus douloureuse, s'est montrée inefficace dans deux cas où l'incision pratiquée ensuite a donné un succès. Mais pour ne pas avoir d'échec avec le bistouri, il ne faut pas craindre de pénétrer profondément à 1 centimètre et demi et quelquefois plus. L'ancienne erreur qui faisait redouter le voisinage immédiat de la carotide a vécu : Dans nos expériences cadavériques, en nous rapprochant le plus possible des conditions créées par la clinique, nous avons noté une distance de plus de 3 centimètres entre la carotide et la muqueuse du voile.

M. le Dr PRIOLEAU

de Brives.

## CONSIDÉRATIONS CHIRURGICALES SUR LES HÉMORRAGIES VÉSICALES DES PROSTATIQUES [617.55:85]

*— Séance du 9 août —*

Se rattachant au traitement chirurgical de l'hypertrophie prostatique, il y a le traitement, également chirurgical, d'une de ses complications les plus graves parfois : les hématuries vésicales.

Ayant eu à en soigner plusieurs cas, qui nous ont entraîné à des déterminations différentes, nous voudrions faire part de nos observations. Dans trois cas, le drainage vésical par une sonde à demeure, le malade pouvant se lever et promener, nous a donné les meilleurs résultats.

Les malades ayant, depuis quelque temps, de la rétention chronique incomplète, et se trouvant, un jour, subitement pris de rétention aiguë, il survint des hématuries abondantes.

Le port d'une sonde n° 22 (filière Charrière), permettant au malade de vider régulièrement toutes les deux heures leur vessie, nous a permis d'arrêter les hémorragies d'une manière définitive et sans autre intervention ou médication.

Dans un cas, où l'hypertrophie était volumineuse (une petite mandarine) et où la prostate nous avait paru subir facilement des augmentations notables de volume par état congestif, nous obtenions bien le même résultat par le port d'une sonde à demeure, mais, dès que le drainage était suspendu, il survenait aussitôt un peu de rétention incomplète, et les hémorragies recommençaient.

Devant ces récidives, et guidé par l'état congestif que nous indiquait l'augmentation rapide de la prostate, *véritable prostate accordéon,* nous nous décidâmes à intervenir d'une façon sanglante, et nous donnâmes la préférence à l'angioneurectomie, dont l'effet décongestionnant sur la prostate est généralement admis.

Le testicule s'atrophia, la prostate subit une certaine régression, ne se congestionna plus, et surtout nous n'eûmes plus d'hémorragies vésicales. La vessie se drainait mieux, la miction étant devenue plus facile, même sans sonde.

Dans un cinquième cas, les hématuries furent si répétées et finalement

la réplétion vésicale par des caillots fut telle, que le malade dut d'urgence être cystotomisé par la voie sus-pubienne. Il n'était pas sorti une goutte d'urine depuis douze heures.

La vessie avait le volume des deux poings et était entièrement remplie de caillots.

Dès que nous commençames à vider la vessie de ces caillots, nous remarquâmes que l'hémorragie continuait à se faire par le bas-fond. Mais dès que la vessie fut bien vidée et que la tension vésicale fut nulle, toute hémorragie s'arrêta. Nous pûmes alors, sans encombre, explorer toute la cavité vésicale et reconnaître au niveau du lobe moyen l'existence d'une tumeur de la grosseur d'une noisette, bien lisse, très arrondie, et tenant à ce lobe moyen par un pédicule assez large.

Par une double incision en guillemets, nous circonscrivons ce pédicule et la tumeur prise par une pince de Museux est tordue sur son pédicule et ainsi facilement énucléée, comme un petit fibrome utérin.

Cette ablation ne donne lieu qu'à un très faible écoulement sanguin. Et nous pouvons, sans encombre, adapter le tube de Perrier-Guyon, pour assurer le drainage du fond de la cavité vésicale. Ce tube fonctionne bien et les hémorragies n'ont plus reparu.

Des faits précédents, qui sans être nombreux, ont de la valeur par la gradation de l'importance du symptôme, l'hémorragie, et de l'intervention à lui opposer, nous retirons ce qui suit :

Dans les hémorragies vésicales des prostatiques, il faut assurer le plus promptement possible le drainage parfait de la vessie par les plus grosses sondes.

Dès que ce drainage est bien établi et que la vessie se vide entièrement, il y a lieu d'espérer un arrêt des hémorragies.

Si les hémorragies ne s'arrêtent pas, c'est qu'il n'y a pas évacuation totale. Le bas-fond garde toujours une certaine quantité d'urine derrière une énorme prostate formant véritable *écluse vésicale*. Il y a lieu alors d'intervenir par le bistouri :

Si on n'est pas pressé par les événements, en faisant l'angioneurectomie qui amènera une diminution de la prostate par décongestion ;

Si la vessie est remplie de caillots, en faisant une cystotomie suspubienne et la résection plus ou moins étendue de la prostate fibromateuse qui fait saigner la muqueuse vésicale, comme les filbromes utérins font saigner la muqueuse utérine.

M. le Dr E. DESNOS

à Paris.

## INDICATIONS DE L'OPÉRATION DE BOTTINI [617.5585]

*— Séance du 9 août. —*

Les brillants résultats que la prostatectomie périnéale totale a donnés dès son début l'ont mise de suite au nombre des bonnes opérations et expliquent sa rapide fortune. Je m'empresse de reconnaître et de proclamer que les services qu'elle rend sont considérables et je n'ai eu personnellement qu'à m'en féliciter. Mais à côté d'elle une place doit-elle être réservée pour d'autres opérations sur la prostate et en particulier pour la section galvano-caustique de cette glande ? C'est ce que je me propose de rechercher ici.

La section galvano-caustique ou opération de Bottini a été jusqu'à présent accueillie assez froidement en France, ce qui constitue un contraste avec la faveur qu'elle a trouvée auprès des chirurgiens étrangers. Cependant les statistiques que ces derniers nous ont fournies sont assez satisfaisantes puisque leur moyenne générale ne donne pas plus de 5 à 6 0/0 de mortalité ; mais elles sont très diverses suivant les divers opérateurs qui étendent plus ou moins le domaine de cette opération. C'est ainsi que Nicolich (de Trieste) arrive à une proportion de 17 0/0, malgré toute son habileté opératoire ; mais, nous le verrons plus tard, ce consciencieux chirurgien applique à ses prostatiques le traitement non opératoire aussi longtemps que possible et n'opère que dans des cas graves.

De la lecture des observations étrangères découle pour moi cette conclusion que l'on veut trop demander à cette opération ; il n'est pour ainsi dire pas de forme d'hypertrophie prostatique, compliquée ou non, à laquelle on ne l'ait appliquée ; c'était d'avance compromettre sa vulgarisation. Peut-être aussi l'instrumentation et le manuel opératoire n'étaient-ils pas en mesure de répondre à tous les désiderata.

En deux mots, je rappellerai tout d'abord le manuel opératoire tel que l'Allemagne et l'Amérique en particulier l'ont adopté. L'instrument préféré à juste titre est celui de Freudenberg, semblable à un lithotriteur dont la branche mâle terminée par une lame de platine, est écartée de la branche femelle au moyen d'une vis sans fin, mue par une roue à volant, très puissante ; une source électrique mise en communication avec la lame de platine la porte à l'incandescence. L'instrument étant introduit fermé et la

lame appliquée contre l'obstacle à diviser, on fait passer le courant et on actionne le volant de la roue, très régulièrement, un nombre de tours déterminé correspondant à un nombre de minutes fixé d'avance.

L'obstacle étant supposé divisé, on interrompt le courant ; la branche mâle est repoussée dans la branche femelle. Dans la plupart des observations allemandes on voit que d'autres sections sont pratiquées sur différents points de la prostate hypertrophiée et que deux, trois et jusqu'à quatre incisions galvano-caustiques sont ainsi obtenues. Puis, l'instrument est retiré. L'opération est alors terminée et les soins consécutifs ne consistent qu'à assurer l'évacuation et l'asepsie de la vessie quand celles-ci ne sont pas rapidement obtenues par l'opération.

Après avoir pratiqué mes premières opérations suivant la technique que je viens de retracer, j'ai rapidement reconnu qu'elle n'offrait pas toute la sécurité désirable. Tout d'abord une seule lame, d'une dimension uniforme, ne peut convenir à toutes les saillies prostatiques.

Des exemples dans lesquels la lame a dépassé les limites de la prostate, a pénétré dans le tissu cellulaire et déterminé une infiltration d'urine ou d'éléments septiques ne sont pas rares. Aussi ai-je fait construire des lames interchangeables, de hauteurs variées et proportionnés aux saillies prostatiques qu'on veut attaquer.

Un autre inconvénient aussi sérieux réside dans l'instrument de Freudenberg : le volant est trop puissant et il est impossible, à la main qui le conduit d'apprécier la résistance des tissus à diviser ; dans ce but, j'ai remplacé le volant par une roue en pignon engrenant dans une crémaillère à larges dents qui permet à la main du chirurgien de sentir si le chemin est libre et de n'avancer qu'autant que les tissus auront été détruits. On est certain alors de ne pas sauter par-dessus l'obstacle, ainsi que cela m'est arrivé, et de ne pas prolonger inutilement l'action caustique. Ces modifications ont leur importance car elles permettent de régler la marche de l'opération d'après les données cliniques relevées à chaque moment de l'opération.

Un intérêt capital s'attache au choix des cas justiciables de la section galvano-caustique, lesquels, je m'empresse de le dire, sont en nombre limité pour ne pas dire l'exception. Tout d'abord, j'éliminerai les très grosses hypertrophies prostatiques ; je ne pense pas qu'elles puissent être très avantageusement modifiées par une section portant sur leur face urétro-vésicale. C'est par la périphérie qu'on doit les attaquer ; en admettant même, comme la chose se présente souvent, qu'elles envoient dans la vessie des prolongements plus ou moins pédiculés et isolés, il n'en restera pas moins toute une masse de tissu péricervical et périurétral qui enserrera le canal, qui en comprimera les parois et entravera le fonctionnement normal ; ce ne sera donc un résultat incomplet et le plus souvent temporaire.

Il en sera de même, d'une manière moins absolue, de l'hypertrophie des lobes latéraux, parce que les saillies intra-vésicales qu'ils envoient surmontent presque toujours des masses latérales volumineuses ; c'est encore là une catégorie d'hypertrophie dans laquelle triomphe la prostatectomie périnéale, De plus, en raison de leur volume même, ces masses exigent une action caustique et destructive longtemps prolongée, et des applications multiples ; il en résultera comme nous le verrons tout à l'heure une réaction inflammatoire considérable, une suppuration prolongée qui n'est pas une complication indifférente. En se plaçant au point de vue de la physiologie pathologique, les modifications apportées aux lésions ne sont pas faites pour donner un très bon résultat. Même en admettant une destruction complète des lobes hypertrophiés qu'il est difficile d'obtenir, la perte de substance est mal placée pour frayer une nouvelle voie utile pour le passage de l'urine ; la vessie continue à se mal vider, et si la rétention est diminuée ainsi dans un certain nombre de cas, les résultats sont constamment moins bons que pour d'autres formes ; dans une de mes opérations le bénéfice a été absolument nul.

Tout au contraire, l'hypertrophie du lobe moyen est justiciable de la section galvano-caustique, qu'elle s'accompagne ou non d'hypertrophie des lobes latéraux. La forme semble avoir peu d'importance ; qu'il s'agisse d'une masse sessile ou pédiculée, arrondie, sphérique, en forme de luette, en éventail, et surtout en barre transversale, la section médiane procurera toujours un soulagement, et souvent une guérison.

Il importe de se rendre un compte exact du mode d'action de la cautérisation. Sans doute, la lame incandescente ne produit au moment de son passage qu'une fente d'une largeur égale à sa propre épaisseur. Mais les choses ne restent pas en cet état, car la cautérisation est intense et profonde; si l'on prend soin de ne porter la lame qu'à un rouge un peu vif, on n'avance qu'avec une grande lenteur, mais chacune des faces de la lame détermine une destruction des tissus étendue et comme diffusée. Les escarres ainsi produites sont longues à se détacher, elles s'éliminent peu à peu et pendant un temps qui ne dure pas moins de plusieurs semaines. Après ce délai ce n'est plus une fente qu'on observe au niveau de l'endroit incisé, c'est un fossé qui semble avoir été creusé; on voit une perte de substance en forme de V ou d'U qui peut avoir jusqu'à un centimètre de largeur. On la constate sur un petit nombre de pièces recueillies, mais surtout au moyen des examens cystoscopiques.

On voit ainsi à la place de la saillie primitive une dépression ou une cavité qui paraît définitive, car l'examen cystoscopique m'a permis d'en constater la persistance après une période de plus de dix-huit mois.

Il s'agit donc d'un urètre nouveau, créé en contre-bas et sculpté pour ainsi dire, dans le tissu prostatique hypertrophié ; les parois inférieures

arrivent au niveau du bas-fond de la vessie. Celle-ci peut donc facilement se vider, ce qui explique la constance des résultats dans les cas qui répondent à la description que je viens de faire. On voit ainsi pourquoi la création de dépressions semblables dans les lobes latéraux, c'est-à-dire à un niveau trop élevé, n'assure pas aussi bien l'évacuation vésicale.

Une autre condition de succès qui m'avait semblé indispensable au début est la persistance de la contractilité vésicale ; sans doute, il vaut mieux opérer un sujet dont les fibres musculaires vésicales soient plus ou moins intactes ; mais j'ai vu si souvent depuis cette contractilité, qui semblait tout d'abord absente et à tout jamais abolie, revenir peu à peu et d'une manière définitive, que je m'en préoccupe moins à présent, surtout s'il s'agit d'une rétention relativement récente, tant il est vrai que l'obstacle matériel joue le rôle principal dans le mécanisme de la distension.

Tout autre est l'importance de l'infection de l'appareil urinaire, et celle-ci est à considérer suivant qu'elle atteint surtout la prostate, la vessie ou les voies supérieures. Une prostate enflammée et infectée, sans contre-indiquer absolument l'opération, ne doit être attaquée par le galvano-cautère qu'après une période assez longue d'observation ; j'ai déjà dit en effet qu'une réaction post-opératoire se produisait chez tous les sujets non pas immédiatement, mais après quelques jours, de six à quinze jours suivant les cas, au moment où les escarres commencent à se détacher. On voit survenir alors une suppuration toujours notable, abondante parfois, qui se déverse dans la vessie et se mélange à l'urine.

Lorsque la prostate est déjà infectée, cette exacerbation devient considérable ; la suppuration est parfois des plus abondantes, et telle que dans deux cas j'ai pu croire à l'ouverture, dans l'urètre, d'un abcès de la prostate. Ce sont également les deux seuls cas où j'ai vu la température s'élever après des Bottini. Quoique tout se soit bien terminé et que les résultats définitifs aient été bons, je crois qu'on devra, avant de s'attaquer à une prostate infectée, attendre l'atténuation de ces phénomènes inflammatoires ou recourir à un autre traitement.

L'infection vésicale trouvera également le chirurgien très circonspect. La vessie participe à la réaction dont j'ai parlé, et une recrudescence de la cystite est fréquente. Dans tous ces cas, il vaut mieux recourir à une opération qui assure un drainage parfait de la vessie, c'est-à-dire à une taille hypogastrique, ou, mieux encore, à la prostatectomie périnéale.

Il n'en est pas de même de l'infection des voies urinaires supérieures, que ne m'a jamais paru influencer l'opération de Bottini. Sans doute il ne faut pas opérer des malades en pleine cachexie ou pendant une période aiguë, mais l'infection chronique, si fréquente chez les vieillards, n'a jamais été réchauffée par aucune de mes opérations ; les pyélites, au contraire, ont toujours été améliorées quand l'évacuation vésicale a été

assurée ; chez deux de mes malades, j'ai pu croire à une disparition définitive du pus.

Je ne crois pas qu'on puisse établir une limite d'âge absolue pour l'opération de Bottini. Sans doute, un âge très avancé doit faire renoncer à toute intervention active, mais c'est surtout sur la résistance du malade qu'il faut porter son attention ; j'ai opéré avec succès un vieillard de quatre-vingt-un ans dont les urines étaient aseptiques, et dont la santé générale était excellente quoiqu'il fût en rétention complète depuis plus de trois ans ; le résultat opératoire à été bon, et la fonction urinaire s'est partiellement rétablie.

Mais ce sont là des exceptions ; à un âge relativement jeune, la section galvano-caustique est absolument inoffensive ; la réaction inflammatoire est pour ainsi dire nulle, et les résultats fonctionnels sont des meilleurs. Devant la sécurité qu'elle confère, sur un sujet résistant et avec les voies urinaires aseptiques, on est donc autorisé à la proposer d'emblée quand ces conditions sont réunies et dès que les symptômes du prostatisme sont assez accentués pour apporter une gêne réelle ; rien ne force à attendre que de véritables accidents se produisent. Cette opération précoce est en même temps préventive ; non seulement la libération du col vésical, la création d'un nouveau canal juxtaposé à l'urètre primitif, remédie aux accidents déjà existants, mais il empêche le développement des lésions habituelles du prostatisme. Deux de mes malades opérés il y a quinze et dix-huit mois, montrent une vessie à peu près sans rétention, et le cystoscope fait voir chez eux une surface interne à peu près physiologique, alors qu'un nombreux lacis de colonnes existait avant l'opération.

Pour me résumer j'estime que la section galvano-caustique ou opération de Bottini, convient aux hypertrophies peu considérables, aux lobes moyens saillants dans la vessie qu'elle qu'en soit la forme, aux barres prostatiques développées au point d'apporter une gêne sensible à la miction et de déterminer une rétention d'urine complète ou incomplète. Elle réussit moins bien contre les hypertrophies des lobes latéraux et n'est pas applicable aux masses prostatiques considérables englobant le col vésical de l'urètre, en un mot aux hypertrophies périphériques plutôt qu'orificielles; tout au moins donne-t-elle, dans ces cas, des résultats médiocres et qui paraissent peu durables, tandis que la prostatectomie totale trouve ici des indications toutes spéciales.

La contractilité vésicale reparaît chez la plupart des opérés, à une époque plus ou moins rapprochée ; aussi ne faut-il pas trop se préoccuper de sa disparition. Quant à l'infection des voies urinaires, elle ne constitue pas une contre-indication, à moins qu'elle ne soit très prononcée, auquel cas il vaut mieux recourir à une opération qui assure un bon drainage, telle que la prostatectomie périnéale.

On voit que les limites que je crois devoir assigner à la section galvano-caustique sont assez restreintes, et que je suis loin de la considérer comme pouvant s'appliquer à tous les cas. Mais en obéissant aux indications que j'ai précisées, je suis persuadé qu'on rendra des grands services aux malades. C'est donc mal envisager les indications thérapeutiques que de la placer en regard, pour ainsi dire comme une rivale, de la prostatectomie totale dont le domaine est beaucoup plus vaste. Elle ne convient qu'aux hypertrophies peu considérables, je le répète en terminant, mais dans ces cas, petits et moyens, elle constitue une opération simple et bénigne qui mérite de garder sa place dans le traitement du prostatisme.

Pour préciser ma pensée, j'établirai volóntiers une analogie entre la section galvano caustique intra-urétrale et l'urétrotomie interne, qui visent l'une et l'autre les obstacles développés à l'orifice ou dans la lumière du canal, d'une part, et, d'autre part, entre la prostatectomie périnéale et l'urétrectomie qui, toutes deux, libèrent la périphérie du canal en détruisant les masses de tissu pathologique qui l'enserrent et le compriment.

---

M. le Dr Paul DELBET

à Paris.

---

## TRAITEMENT DE L'HYPERTROPHIE DE LA PROSTATE. [617.5585]

---

*— Séance du 9 août —*

Ouverts à tous, les Congrès n'ont d'autre but que de permettre à chacun d'exposer les idées que lui ont suggérées l'étude, la réflexion, l'expérience, laissant au temps le soin d'infirmer ou de consacrer les propositions discutables ou justes. C'est en m'inspirant de ces principes, que je vous demande l'autorisation de vous dire pourquoi, quand et comment, je pratique dans l'hypertrophie de la prostate, la prostatectomie périnéale.

Le syndrome hypertrophie de la prostate se caractérise par de la difficulté de la miction pouvant aller jusqu'à une impossibilité absolue d'uriner, de la rétention d'urine aiguë ou chronique, des phénomènes de distension vésicale, uréthrale et même rénale, sur lesquels viennent se greffer souvent sinon toujours, des accidents infectieux. Lente ou rapide, la marche

des accidents est fatalement progressive et finit en somme par conduire les malades à la mort.

Les travaux de MM. Guyon, Launois, Albarran et Motz, nous ont appris que ces accidents reconnaissent une triple pathogénie : Ils sont d'origine dystrophique et liés à une altération générale du corps, sous l'influence de l'artério-sclérose ; ils sont d'origine infectieuse, et la conséquence d'une prostatite chronique glandulaire et interstitielle : et à ce propos permettez-moi de vous dire, qu'il ne m'a pas paru qu'on ait fait jouer un rôle suffisant au rectum dans la genèse des accidents ; l'hypertrophie de la prostate est une maladie de sédentaires, de constipés et d'hémorrhoïdaires, et cette coïncidence m'a amené à me demander si le coli bacille franchissant les parois rectales, ou s'introduisant dans les veines périprostatiques, ne pouvait venir coloniser dans les culs-de-sac glandulaires et amener l'augmentation de volume de la glande.

Les accidents de l'hypertrophie sont enfin d'origine mécanique, et sur ces accidents mécaniques, je tiens à insister.

En dehors même des cas particuliers où un lobe moyen, pédiculé et saillant, vient faire soupape et oblitérer le col, en dehors des cas de barre prostatique venant écluser le fond de la vessie, la prostate, par sa seule hypertrophie, constitue un obstacle considérable à la miction. Enfermée de toutes parts dans la capsule fibreuse que lui constituent les diverses apovrénoses du périnée, la prostate augmentant de volume, ne peut aisément s'étendre par sa périphérie: l'hypertrophie du tissu glandulaire ou interstitiel a donc pour premier effet de comprimer l'urètre. Les plis, les rigoles que présente le canal en sont un indice. L'hypertrophie soulève ensuite la région du col, et ce soulèvement est désastreux pour la miction, non pas parcequ'il constitue tout autour de l'orifice vésical de l'urètre, une rigole ou s'accumule l'urine, mais parce qu'il modifie l'orientation des fibres musculaires de la vessie. Les études anatomiques que je poursuis depuis de nombreuses années déjà sur la vessie, la prostate et le périnée, que j'ai pu confimer par des recherches récentes, m'ont appris qu'il existe dans la vessie des fibres longitudinales qui viennent aboutir au col, et s'insinuent entre les fibres et en dedans des fibres du sphincter vésical. A l'état normal, ces fibres vésicales longitudinales viennent aboutir au col, perpendiculairement à l'axe de la portion prostatique de l'urètre. Elles se trouvent, par conséquent, placées d'une manière absolument favorable pour dilater le col en se contractant. Que la prostate s'hypertrophie et soulève le col, ces fibres descendant de la vessie, au lieu de rester horizontales se portent en haut, puis en dedans, puis en bas décrivant un arc de cercle par dessus le rebord prostatique, et finissent par aboutir au col, non plus perpendiculairement à l'axe de l'urétre, mais parallèlement à cet axe. Qu'elles viennent à se contracter, elles épuiseront leur contraction à déprimer la

prostate, en cessant d'être dilatatrices. C'est là, en outre, un des éléments du spasme douloureux des prostatiques. Je ne puis malheureusement insister sur ce point.

J'ai exposé un peu longuement cette pathogénie. C'est qu'à mon avis, il n'est de traitement rationnel que celui qui s'appuie sur l'étude approfondie du mécanisme des accidents morbides. Dans le cas particulier, il ne peut y avoir de traitement rationnel et véritablement efficace que celu qui s'adressera à toutes ou du moins au plus grand nombre des influences pathogéniques que nous avons signalées plus haut. Voyons donc comment lutter contre l'état général, l'infection et les altérations de la mécanique vésico-urétrale.

*Contre les modifications de l'état général*, contre les troubles tenant à l'artério-sclérose, nous ne pouvons malheureusement rien ou pas grand chose. L'iodure est peu efficace, le sérum de Trunecek n'a pas fait ses preuves, et notre impuissance en ce sens est la raison même pour laquelle nous ne pouvons espérer, quelque larges que soient nos opérations, rendre aux prostatiques une vessie absolument normale. Il y a là un élément qui échappe, et qui, je le crains bien, échappera toujours à nos moyens d'action.

*Contre l'élément infectieux et l'élément mécanique*, nous sommes mieux armés : je ne parle pas seulement des opérations d'urgence ou d'exception comme la ponction, la taille, la cystostomie périnéale ou hypogastrique ; je parle des méthodes thérapeutiques, s'adressant aux accidents prostatiques : la sonde, la castration, la ligature des déférents, le Bottini, la prostatectomie.

*La sonde* maniée aseptiquement, associée aux injections modificatrices et employée suivant les préceptes et les enseignements de M. le professeur Guyon est, il faut le dire bien haut, un merveilleux instrument. Son efficacité se comprend : elle combat les troubles mécaniques en les tournant, en rendant l'évacuation plus facile et augmentant la puissance expulsatrice de la vessie ; en permettant au muscle de se reposer, elle combat son surmenage : elle combat efficacement les accidents infectieux. M. Guyon l'a démontré dans maintes leçons, et l'expérience journalière nous le fait reconnaître à chaque instant.

*La castration*, outre que pour ma part je n'ai jamais pu la faire accepter même aux malades les moins soucieux de leurs érections, n'a jamais donné de résultats sérieux ; elle repose sur des idées théoriques absolument fausses : sur la petitesse de la prostate chez les animaux castrés jeunes ; sur la rétrocession des abcès et des fistules chez les tuberculeux génitaux castrés. Or dans le premier cas, la castration provoque non l'atrophie, mais l'arrêt du développement de la glande, ce qui est essentiellement différent ; dans le second d'expériences en cours, je puis conclure que la rétrocession de la prostatite tuberculeuse est la conséquence non de

l'atrophie, mais de la suppression de l'évacution par le déférent de bacilles descendant de l'épididyme et venant sans cesse infecter la prostate. En fait la castration ne donne que des résultats absolument médiocres.

*La ligature et la résection des déférents* pratiquées avec l'idée d'agir comme par la castration, en évitant aux malades une mutilation pénible, ne peut prétendre à une action plus efficace que la castration. En fait, elle ne procure aux malades aucune amélioration. Pour ma part, je l'ai pratiqué trois fois et n'ai constaté aucune modification de l'état local ni général de mes opérés.

*L'opération de Bottini est autrement efficace :* en sectionnant la bride qui écluse le bas-fond vésical, elle fait disparaître un élément important de rétention, en produisant une cautérisation profonde de la glande, elle amène un rétraction inodulaire, qui diminue sa masse. Est-ce l'opération de choix dans l'hypertrophie de la prostate, évidemment non.

Au point de vue mécanique pur : la réduction qu'elle fait subir à la glande hypertrophiée est limitée, cette réduction ne porte que sur le lobe moyen : elle n'agit point sur cette ceinture glandulaire qui entoure et qui surtout, ainsi que je l'ai démontré plus haut, en raison même de l'inextensibilité de la loge prostatique, écrase l'urètre ; elle n'agit point non plus sur les lobes latéraux ; enfin, en supposant même que l'eschare une fois tombée, la cicatrisation ramène les fibres longitudinales profondes contre le col et leur rende leur implantation perpendiculaire à l'orifice vésical de l'urètre, elle ne saurait modifier l'implantation défectueuse des fibres latérales.

Quant aux accidents infectieux, origine même de l'affection, c'est-à-dire la prostatite chronique, l'opération de Bottini ne saurait les modifier en rien, puisqu'elle n'agit pas sur la glande proprement dite : c'est dire que la prostate momentanément modifiée, n'en continuera pas moins à s'hypertrophier, et que la récidive est fatale.

L'opération de Bottini ne peut donc être qu'un palliatif, palliatif avantageux, mais simple palliatif.

A ce point de vue, elle ne supporte pas la comparaison avec la *prostatectomie périnéale*. Cette dernière permet d'extirper la totalité ou au moins la plus grande partie du corps glandulaire, elle supprime l'obstacle apporté par la glande : celle-ci une fois enlevée, le col s'affaisse, reprend son aspect normal, parfois même constitue un entonnoir sur le sommet duquel viennent converger les fibres longitudinales, alors bien placées pour l'ouvrir au moment de la miction ; elle fait disparaître avec la prostate, un foyer infectieux source de pesanteur, de congestion pénible, retentissant jusque sur le rectum et les plexus hémorrhoïdaires ; elle est l'opération radicale et définitive. Quand elle a été bien exécutée, elle ne laisse persister d'autres troubles, que ceux qui sont liés à l'artério-sclérose. Ce sont les moins

accusés. On peut donc dire, que l'opération de choix dans l'hypertrophie de la prostate est la prostatectomie périnéale totale.

*Je passe maintenant au second point* de cette communication. Quand convient-il de pratiquer la prostatectomie périnéale?

Nous avons vu plus haut, que parmi les procédés destinés à combattre les accidents du prostatisme, deux seulement méritaient d'être pris en considération : la sonde, la prostatectomie périnéale.

La première a, sur la seconde, un grand nombre d'avantages. C'est d'abord sa simplicité, c'est ensuite son innocuité, et ce fait qu'elle peut être employée par tous, même par ceux qui ne sont pas médecins, par les malades même. Il n'est besoin au malade pour se sonder convenablement, que d'une étude de son canal, d'un peu d'attention et d'une propreté minutieuse. Le nombre des malades qui peuvent vivrent tranquilles avec leur infirmité, en évacuant et lavant leur vessie à l'aide de la sonde, est considérable. Il y a, d'autre part, des malades qui sont parvenus à un état tel, que seul le traitement par la sonde peut leur être proposé. Il y a donc des malades qui ne sont pas encore justiciables de la prostatectomie et d'autres qui ne le sont plus. Cherchons à quels signes on pourra les reconnaître.

Les malades qui ne sont pas encore justiciables de la prostatectomie, sont les prostatiques à la première période, n'éprouvant que très peu de retard et de la difficulté passagère de la miction, des malades atteints de crises de rétention aiguë, entrecoupées de longues rémissions. A ceux-là, il serait irrationnel de proposer une opération sérieuse. De même il me paraît inutile de proposer la prostatectomie aux malades qui n'ont qu'un résidu faible avec urine claire, et qui ne se relèvent qu'une fois ou deux la nuit pour uriner.

A l'autre extrémité de la maladie, les sujets atteints de rétention chronique complète, sans douleur ni spasmes, ne doivent pas être opérés et pour deux raisons : la première, c'est qu'ils en sont quittes pour se sonder quatre fois par vingt-quatre heures, sans qu'il leur en coûte beaucoup de peine ; la seconde, c'est qu'ayant perdu toute contractilité vésicale, ils tireraient peu de bénéfice de la suppression de l'obstacle prostatique.

Enfin on ne peut conseiller la prostatectomie aux malades profondément infectés, envahis par les microbes de la prostate aux glomérules, souvent distendus et dans un état d'équilibre si instable, qu'un simple lavage au nitrate, provoque parfois chez eux une crise d'urémie.

Je réserve la prostatectomie aux malades que leur hypertrophie gêne, en les obligeant à se relever quatre et cinq fois la nuit, à ceux que l'infection guette ou menace, à ceux qui, pour une raison ou une autre, souffrent, à ceux enfin qui ne peuvent se sonder sans souffrir ou qui se sondent si souvent que la vie normale leur devient à peu près impossible,

et à la condition formelle que le cathétérisme répété, la sonde à demeure, le nitrate et l'oxycyanure ne les aient pas profondément modifiés.

Mais ce n'est pas tout que de proposer aux malades une opération. Il faut que celle-ci s'exécute facilement, ne leur fasse pas courir de danger sérieux et ne les expose à aucun inconvénient. Ici intervient le procédé opératoire.

L'idée d'enlever la prostate par le périnée n'est pas nouvelle. Vignard a résumé l'historique de cette question. Moi-même j'ai eu, étant interne de M. Guyon, l'attention attirée sur cette question et si j'ai si longuement étudié l'anatomie de la vessie, de la prostate et du périnée, c'est uniquement comme base d'une étude chirurgicale de cet organe. Toutefois la prostatectomie n'avait pu entrer dans la pratique, parce que pesait sur elle un injuste soupçon de gravité. C'est le mérite de Nicoll, Jaboulay, Proust, Adenot, de nous avoir rassuré sur ce point. Vous savez en outre, combien M. Proust a perfectionné la technique opératoire.

Pour ma part, j'emploie une technique sensiblement différente des auteurs précédents, technique qui a l'avantage de rendre l'opération excessivement simple (1). Les points principaux sont une fixation du sujet obtenue par des tuteurs latéraux auxquels on fixe les jambes et les cuisses du patient, une incision a lambeau donnant énormément de jour, l'emploi d'un écarteur spécial à fixation automatique suivant le malade dans ses déplacements, un désenclaveur que l'on place dans l'urètre et la vessie, et dont l'extrémité abaisse la prostate en basculant.

Je considère cette technique comme un grand avantage. Telle qu'on la pratique, il faut l'avouer, la prostatectomie périnéale expose à un grave accident, l'incontinence; cette incontinence est la conséquence de l'ouverture systématique de l'urètre et du col et de l'interposition entre les deux extrémités d'un tissu inodulaire, qui affaiblit son action. Je m'élève contre l'emploi de cette incision uréthrale, qui n'a d'autre but que de faciliter l'abaissement de la prostate, abaissement que mon instrumentation me permet d'obtenir par un procédé plus simple et avec moins d'inconvénients.

(1) J'ai exposé cette technique tout au long devant les membres du Congrès, elle a été depuis publiée dans les *Annales génito-urinaires*, 1902, auxquelles je renvoie le lecteur.

# M. le Dr FOVEAU DE COURMELLES

à Paris.

## LE VIN : CRITIQUE ET HYGIÈNE [178.2]

*— Séance du 11 août —*

Le vin est-il défendable? On se le demande presque, en le voyant proscrit, incriminé, lui aussi, d'être une des causes de l'alcoolisme. D'autre part, la question est légitimement à l'ordre du jour du Congrès. En effet, dans la lutte ardente et nécessaire contre l'un des fléaux de l'heure présente, l'alcoolisme, on s'est souvent mépris sur le rôle du vin, la boisson hygiénique par excellence, et on l'a englobé dans la condamnation générale de toute boisson fermentée. La mode est actuellement à l'eau. Tout le monde boit de l'eau, et, à cause de la crainte des microbes, de l'eau minérale. C'est là une mode, rien de plus, et contre laquelle il faut réagir *en de justes limites*. D'autre part, le vin ordinaire, celui du plus grand nombre de gens, le seul qui nous importe, a été si longtemps mauvais, fraudé, adultéré en raison des droits d'entrée dans les villes, et à Paris en particulier, que certainement l'eau, même contaminée, était préférable aux vins lithargés, sulfatés, plâtrés qui étaient livrés à la consommation. Que l'eau ne rende pas les plus grands services à certains dyspeptiques, je n'y contreviens pas, mais qu'il en faille faire la boisson générale, universelle, cela non, et il faut protester contre cette invasion... aquatique. Pour Paris, la libre circulation du vin, par la suppression des droits d'octroi, a permis à nombre de ses habitants de se mettre en rapport direct avec les producteurs, et d'avoir ainsi, à bas prix, des produits naturels et bons.

L'analyse chimique s'est, en ces derniers temps, manifestement montrée inférieure à ce qu'on attendait d'elle; il est vrai qu'on lui demandait trop! Elle ne permet pas, en effet, à composition identique, de différencier le produit naturel du produit fabriqué. Elle est impuissante à trouver l'empreinte de la nature et de la vie. Rien ne ressemble plus chimiquement à un homme vivant qu'un cadavre, un vin naturel à un vin artificiel. Aussi le problème des fraudes du vin, si néfastes à sa cause, reste-t-il presque insoluble et ne repose que sur la bonne foi des producteurs et des négociants. C'est ce qui fait que maints médecins, à qui l'on ne peut à priori donner tort, continueront, dans le doute de cette bonne foi, assez rare, de proscrire le vin. C'est aux intéressés à démontrer que c'est bien leur pro-

duction et rien qu'elle qu'ils livrent à la consommation. Cette production est évidemment inégale, d'un goût différent d'une année à l'autre, selon la nature du sol, les influences atmosphériques, mais cela, sauf certains consommateurs qu'on en peut instruire, tout le monde le sait. Peut-être aussi la science arrivera-t-elle à déceler les trop fréquentes fraudes, à montrer que le produit fabriqué a certaines tares de composition, des inégalités de combinaisons, des affinités différentes et protégera, sinon absolument — rien n'est absolu en science, le fait de demain infirmant celui d'aujourd'hui — du moins relativement le consommateur. On voit donc que les critiques du vin ont des bases pour le combattre, mais qu'ils exagèrent beaucoup, car l'honnêteté, croyons-nous, n'est pas complètement bannie du monde vinicole, mais celui-ci le doit prouver et établir, et se garer des brebis galeuses.

C'est qu'en effet, pour nous, l'alcoolisme réside dans les mauvaises boissons, comme dans leur excès d'ingestion. Bien des maladies de l'appareil digestif ou des reins sont dues, non à la consommation du vin, mais à l'élimination des produits nocifs qu'on lui ajoute. Cela est vrai de ses congénères, la bière et le cidre. Pour la bière n'a-t-on pas constaté maints récents cas d'empoisonnement à Manchester et à Salford à cause du glucose employé et fabriqué avec de l'acide sulfurique provenant d'une fabrique utilisant des pyrites de fer *arsénicales* : les névrites périphériques notamment étaient mises sur le compte de l'alcoolisme. Certains vignerons emploient du glucose qu'ils mélangent au raisin pour en augmenter le rendement et doivent en certains cas produire les mêmes empoisonnements. Là, l'analyse chimique est toute-puissante, et ce fut-elle qui, pour les bières incriminées, révéla la tare arsénicale ; de même, dans un cas d'empoisonnement par le cidre que je constatai à la campagne et communiquai à l'Académie de Medecine en août et septembre 1894, il fut démontré que ce cidre séjournait dans des vases en soit disant étain et qui renfermait 68 0/0 de plomb. C'est encore ce métal, si toxique, aux coliques saturnines si douloureuses, qui se retrouve dans le vin, soit ajouté pour le conserver, soit dans les bouteilles qu'à l'état de grains il a servi à laver. Mais ces méfaits, on le voit, qui proviennent en réalité, non du vin, mais des à-côtés, et que l'on confond parfois volontairement avec la consommation du vin, en doivent être précisés et exclus.

Le vin est une boisson salutaire, au point que les plus fervents buveurs d'eau ne l'osent directement combattre ; ils le confondent sous la dénomination de liquides alcooliques et l'enferment dans une condamnation globale. Mais les apôtres de l'antialcoolisme, d'accord avec Hippocrate ou le psaume IV de David, trouvent que le vin n'est nullement dangereux, qu'il éjouit le cœur de l'homme... Liébig et Bouchardat le trouvent d'un réconfort et d'une assimilation facile pour l'organisme humain. Mais il le faut

naturel et non consommé exagérément. Le Dr Jacquet, en son enquête sur l'alcoolisme dans les hôpitaux de Paris, tolère la consommation quotidienne d'un litre et demi, ou plutôt ne fait commencer l'abus qu'à partir de cette quantité, déjà plutôt élevée, surtout pour l'habitant des villes. Celui-ci vit dans des milieux confinés, restreints, où il ne peut éliminer comme l'homme des campagnes qui au grand air exhale librement ce qu'il a ingéré. Dans les espaces clos, les ateliers, les individus respirent plusieurs fois le même air, et en dehors des alcaloïdes et de l'acide carbonique des expirations, ils inspirent ainsi à maintes reprises les vapeurs alcooliques qu'eux ou leur compagnons ont ingérées, ils boivent à plusieurs reprises en somme, leur vin ou leur alcool, ils le fixent, au lieu de le rejeter, de là, de grands dangers inexistants au grand air.

Dans mon mémoire *Vin, Alcool, Hygiène*, du Congrès des vins, spiritueux et liqueurs de 1900, cité à la tribune de la Chambre des Députés, par MM. Caillaux, Ministre des Finances et Lasies, député, le 3 décembre 1900; dans ma brochure *Comment on se défend de l'alcoolisme*, j'ai essayé de déterminer les quantités et l'opportunité des boissons ingérées, selon les individus, les milieux, les professions; le problème, absolument variable avec les individus, ne se peut facilement résoudre que par des moyennes, des statistiques. L'*Indian medical Record* a publié, pour la côte occidentale d'Afrique, que les abstinents ne vivaient que cinquante et un ans et les tempérants soixante-deux ans... C'est qu'en effet, l'alcool est un aliment, et quand je dis alcool, j'entends toute boisson alcoolique, le vin en particulier, le vin surtout, pris aux repas. J'ai fait sur moi-même une expérience de trois années consécutives, pendant lesquelles je n'ai bu que de l'eau, je mangeais davantage et me trouvai plus irritable; mon eau rougie habituelle, le dirai-je avec le proverbe, m'a rendu meilleur! Le vin naturel *nourrit* puisqu'il renferme de l'eau, de l'alcool, de la glycérine, de l'acide succinique, les sels minéraux et notamment des tartrates et sulfates de potasse, des matières organiques, des huiles essentielles dépendant des sols et constituant aux crus leur saveur propre et leur réputation... On a essayé sur les animaux de se rendre compte du vin introduit dans leur alimentation, et bien que le fait seul de donner une nourriture nouvelle et inaccoutumée constituât un élément défavorable, les résultats furent des plus encourageants. Ainsi M. Roos, directeur de la station œnologique de l'Hérault, donne, depuis le 9 avril 1900, du vin à des cobayes et les compare à d'autres de ces rongeurs qui n'en reçoivent point. La mortalité est plus faible parmi les buveurs de vin et leur poids, leur rapidité d'engraissement sont plus considérables. L'Académie des Sciences a enregistré ces résultats et nous en avons pris texte également, en notre concours de la *Société Française d'Hygiène*, pour, en son résultat, la brochure *Que doit-on boire?* recommander le vin comme la première boisson hygiénique parmi les boissons fer-

mentées, en estimant toutefois qu'un litre par jour pour un adulte est très suffisant. D'autre part, nous recommandons avec tous les hygiénistes de ne pas boire, ni vin, ni encore moins d'alcool, à jeun. L'alcool du vin ou du liquide ingéré agit alors défavorablement sur la muqueuse stomacale, et est entraîné dans la circulation « montant ainsi rapidement à la tête ». En la vie, il faut tout faire opportunément et modérément, l'alimentation, avec ou sans vin, est dans ce cas, comme toutes les choses, mais le vin, très excellente chose, doit-être, lui aussi consommé comme il convient.

Le vin, liquide vivant et naturel, ne doit pas être adultéré, ni alcoolisé, car il devient ainsi un liquide inerte et peu assimilable ; de là, il le faut répéter, ses dangers si facilement évitables.

Selon leur nature, blanc, rouge, rosé ou gris, selon leurs crus, les vins ont des propriétés alimentaires, voire médicinales particulières ; il y aurait là une étude de thérapeutique alimentaire qui nous entraînerait trop loin. Dans les maladies graves, le stimulant que sont certains vins très alcooliques est souvent très efficace et ne doit pas être négligé ; dans bien des affections déprimantes les malades n'ont dû leur salut qu'à l'ingestion de Champagne, de Banyuls, de potion de Todd...

Pour conclure, nous disons que le vin consommé aux repas, en quantités modérées, ne doit qu'à part des cas exceptionnels être proscrit, et qu'il doit continuer à régner sur les tables françaises. C'est au vin naturel que notre race doit ses antiques qualités, et peut-être pourrait-on répondre à ses détracteurs qui les trouvent amoindries que cela tient à l'actuelle diminution de consommation du vin !

Mais guerre à outrance au vin artificiel encore si fréquent !

---

M. le Dr MESNARD

de Paris.

---

## LE VIN AU POINT DE VUE MÉDICAL ET HYGIÉNIQUE [178.3]

---

*— Séance du 11 août —*

Membre de la Société des Agriculteurs de France, j'entends les cris d'alarme ayant trait à la *mévente* des vins ; d'autre part, les ligues antialcooliques, qui comptent dans leur sein nombre de médecins distingués, se déclarent, non seulement contre l'usage de l'alcool, mais même contre l'usage du vin ! Dois-je en conclure que, de l'abstinence totale, dépend la santé ?

Dois-je me montrer complaisant pour le commerce vinicole et déclarer qu'en dehors de l'usage du vin il n'y a pas de salut? — Non, évidemment, l'une et l'autre thèse ne sont pas bonnes à soutenir; l'exagération, — pour un médecin praticien surtout, — est le pire des défauts. Mais je poserai comme un précepte général : que le vin est le premier des cordiaux ; qu'il rétablit et fixe la stabilité d'énergie ; qu'il soutient et ramène l'activité défaillante de l'estomac, du cerveau, du système respiratoire et du cœur.

On a prétendu que le mot vin dérive de *vis, force.*

Anacréon l'appelle : le fils de la vigne ; Pindare : le lait de Vénus.

A Rome, on l'appelait : le lait de la bonne déesse.

On croit, généralement, que ce sont les Égyptiens qui firent connaître aux Grecs le moyen de *faire le vin*, et que ceux-ci, avec leur esprit investigateur, y apportèrent de sérieux perfectionnements et des améliorations.

Le *diachéton*, un de leur meilleurs vins, se faisait en mettant sur des claies les raisins, que l'on exposait au soleil, et que l'on élevait à six ou sept pieds du sol. Pendant la nuit, on les rentrait, pour les garantir de la rosée; puis, après les avoir laissés se *confire* au soleil, pendant sept jours, on les pressait et on en faisait un vin parfait, ayant un arrière-goût de framboises (tout comme notre vin de Bourgueil, non loin de Chinon, Indre-et-Loire).

Horace et Virgile vantent les vins de *Scio*, surtout celui du quartier de *Psara !*

A Rome, ce vin était classé comme *vin médicinal.*

César, sans être malade, en but nombre de coupes, en de très joyeuses compagnies, pour célébrer ses victoires.

Galien parle des vins d'*Asie*, que l'on mettait dans de grands vases et que l'on suspendait aux cheminées, comme on fait des jambons, de nos jours.

Aristote a écrit que les vins d'*Arcadie* se desséchaient dans des outres spéciales, et que, pour en faire usage, on devait les délayer avec de l'eau (ce qui devait en diminuer singulièrement le bon goût!)

Dans la Rome antique, nous savons que les vins les plus estimés furent ceux de la *Campanie*. On estimait au plus haut point le vin de *Massique* et le vin de *Falerne* ; puis, encore, les vins du mont *Pausilippe.*

Pline — le gourmet, — louait, en termes fort élogieux, leur parfum et leur générosité.

Sophocle — le gourmand — va jusqu'à leur donner le nom de « Jupiter », parce que, dit-il, « ils donnent, en même temps que la santé, une ineffable jouissance du palais ».

Horace a décrit, avec maints éloges, les vignobles d'*Albane.*

Sous le Consulat d'Opimius, ces vignobles produisirent un vin si exquis, qu'ils prirent la consistance du miel et se conservèrent pendant *un siècle* !

De là, le nom d'*opimien* donné par Pline à tous les vins qui lui paraissaient supérieurs.

Nous citerons, encore, Pétrone qui rapporte que Trimalcion s'écriait, en levant les yeux au ciel : « Puisque le vin vit plus longtemps que l'homme, buvons-en beaucoup, puisqu'il est la vie même ! »

L'origine du vin remonte aux temps les plus anciens, quoi qu'on en ait pensé; bien avant Noé, qui, lui non plus, ne fut pas un modèle de tempérance !

Le vin constitue un tout complexe renfermant de l'eau, de l'alcool, de la glycérine, du tanin, des huiles essentielles, des éthers, des sels.

La richesse alcoolique des vins varie de 7 à 15 et même à 16 0/0, mais les vins de consommation courante sont, habituellement, de 8 à 10 0/0.

On peut diviser les vins ainsi :

*Vins de liqueurs*, constitués par ceux de l'Espagne, du Portugal, de la Sicile, etc.;

*Vins rouges*, contenant une certaine quantité de tanin et de matière colorante, un parfum, un arome que l'on nomme le *bouquet;*

*Vins blancs,* contenant moins de tanin, mais plus de tartrates ;

*Vins mousseux*, (Champagne, Saumur, Vouvray).

Les vins rouges ont des propriétés astringentes, ce qui les rend propres à donner du ton à l'estomac.

Les vins blancs sont diurétiques.

Les vins rouges, ceux de Bordeaux surtout, remédient parfaitement à la faiblesse qui survient à la suite des évacuations intestinales immodérées.

Les vins mousseux, surtout les vins de Champagne de bonnes marques, sont, en général, bien supportés par l'estomac, lorsqu'ils sont administrés à petites doses fractionnées; ce sont des stimulants diffusibles. On les applique, avec succès, au traitement des vomissements et des affections péritonéales.

C'est, en général, aux vins de liqueurs : Malaga, Lunel, Banyuls, que l'on a recours pour les préparations pharmaceutiques et nous n'approuvons pas ce procédé, qui a pour but de plaire aux malades, car les vins de liqueurs, ou vins cuits, outre leur richesse trop grande en alcool, sont, toujours, de digestion difficile.

Pour bien se rendre compte du rôle du vin dans la nutrition, on doit reconnaître l'importance de l'association de l'alcool avec un liquide acide, lequel modère, tempère l'énergie de l'action destructive de l'alcool sur l'économie.

Le tanin du vin rouge exercera sur l'estomac, dans certaines conditions, une action favorable, mais il est des cas où il se trouve, nettement, contre-indiqué.

D'une manière générale, le vin, dont la densité est, en somme, voisine de celle de l'eau, est moins rapidement absorbé que l'alcool, connu sous le nom d'eau-de-vie. A dose égale d'alcool, le vin rouge produira, toujours, moins d'ébranlement sur le système nerveux.

Le vin est absorbé sans subir d'autre modification que celle de se trouver hydraté par son mélange avec le suc gastrique. Les ferments digestifs n'interviennent en rien pour son absorption et le rôle qu'ultérieurement il remplit dans la nutrition.

Il est d'une utilité incontestable dans les affections apyrétiques.

Chez les sujets épuisés par suite d'une alimentation insuffisante; dans la misère physiologique, le vin agit par la complexité de ses matériaux, qui, à certains égards, se rapprochent de ceux de l'organisme de l'homme.

Chez les vieillards dont la digestion ne se fait pas, le bon vin est des plus nécessaires, et nous nous sommes toujours très bien trouvé, dans ces cas, de l'adjonction à 100 grammes de vieux vin de Bordeaux de 1 gramme d'acide chlorhydrique et de 30 grammes de sirop thébaïque. A la dose d'une grande cuillerée à la fin des deux principaux repas, cette mixture, dont le goût n'est pas pour déplaire, réussit à merveille.

Il est de médecine courante d'ordonner aux diabétiques l'usage du Bordeaux très vieux, coupé d'eau.

Dans les convalescences qui suivent les maladies graves, l'usage du bon vin est plus favorable que celui du bouillon et il corrobore l'action de la poudre de viande et des peptones; nous avons là, en thérapeutique, le moyen le plus simple et le plus naturel de réparer les pertes de l'organisme, en préparant une alimentation plus complète.

Dans les nombreux cas où l'iode est indiqué, chez les enfants et adolescents, les jeunes filles et les femmes; chez les adultes, les docteurs Potain, Huchard, Dujardin-Beaumetz, Jules Simon, approuvent les préparations dans lesquelles l'iode et le tanin se trouvent en solution dans le vin. Le goût n'en est pas désagréable, le travail digestif n'est pas entravé par le tanin, lorsque celui-ci ne se trouve pas à doses excessives; le travail de peptonisation n'est nullement troublé et, l'élimination de l'iode se faisant aisément, les accidents d'iodisme sont l'exception, et, encore, ceux qui se produisent, sont-ils très légers.

L'iode étant considéré comme un excellent médicament dans l'artériosclérose (travaux de Trousseau, Germain Sée, Huchard), nous avons, dans le vin iodé, (que chaque médecin peut formuler selon les indications du moment), un excellent médicament, qui est, en même temps, un agréable succédané de l'huile de foie de morue.

Le vin est, encore, le véhicule tout indiqué, après les quinquinas, de ces aliments d'épargne, de date encore récente, et qui se nomment la Kola, la Coca.

Nous y ajouterons le maté, ou thé du Paraguay (sur lequel nous avons fait une communication au XIII[e] Congrès de médecine, en 1900), et qui s'associe très aisément, en macération, aux vins rouges et blancs.

Sans indiquer ici la moindre « spécialité », ce qui nous mènerait trop loin et n'entrerait nullement dans nos vues, disons que les vins cordiaux, diurétiques, de digitale, hydragogues, ferrugineux, phosphatés, créosotés, nitrés, amers, antimoniés ont, depuis longtemps, conquis une place importante en thérapeutique, et qu'il est à croire qu'ils la conserveront.

Nous terminerons ce court exposé ayant trait aux applications du vin à la médecine, en rappelant l'action remontante et nutritive des lavements de vin et de camomille, et l'emploi, si longtemps continué, du vin aromatique pour pansements antiseptiques, tarissant la suppuration.

Examinons, maintenant, l'action du vin au point de vue hygiénique.

Que n'a-t-on pas écrit sur les bons et mauvais effets du vin ? Quelque exagéré que puisse être ce qui en a été dit de part et d'autre, on s'est toujours accordé à en déconseiller l'excès.

Bien que ce soit, prise modérément, une boisson saine, agréable, et plaisant à tous les peuples, la loi de Mahomet a défendu le vin à ses disciples.

Tous les philosophes grecs ou romains en ont, nous l'avons vu, conseillé l'usage, mais en ont blâmé l'abus.

Galien est d'avis de ne permettre l'usage du vin aux jeunes gens qu'à partir de dix-huit ans, la nature, selon lui, n'ayant pas besoin de ce moyen d'excitation pour favoriser le travail de l'accroissement.

Pline nous apprend qu'à Rome il n'était pas permis aux femmes d'en boire. Pendant longtemps les Romains ne firent, eux-mêmes, que peu d'usage du vin. Ce fut César qui donna libre accès à l'ivrognerie en faisant servir dans ses festins des amphores de Chio, de Lesbos, de Falerne, de Messine. Quatre sortes de vins dans un festin, cela ne s'était jamais vu.

Le vin, pris à doses modérées, lorsqu'il est d'excellente qualité, est, de toutes les boissons fermentées, la plus utile, et la moins nuisible lorsqu'on en fait un abus passager.

Lorsque l'estomac est à l'état de vacuité, l'absorption d'un liquide étant très rapide, le vin est à déconseiller.

L'habitude de « tuer le ver », le matin, mène vite à l'alcoolisme.

Si nous considérons l'opportunité de l'usage du vin selon les âges, nous concluerons que :

Dans la première enfance, l'abstinence est un bon précepte; cependant, pour marcher avec le siècle, nous permettons, dans les premières années, lorsque l'enfant a poussé ses premières dents, un peu d'eau rougie, au moment des repas.

L'usage modéré du vin est utile, en France, pour l'adulte qui travaille.

Il convient au vieillard, mais en faible quantité, l'abus étant, pour lui, redoutable à plus d'un titre. On a dit que le vin était le « lait des vieillards ». A ce sujet, on doit s'entendre. Il n'y a que dans l'extrême vieillesse — ce qu'on nomme la caducité, — lorsque les aliments solides ne peuvent plus être convenablement ingérés, que le bon vin peut offrir une ressource suprême.

Pour l'ouvrier, qui dépense beaucoup de forces, le vin, pris en juste mesure, est le meilleur auxiliaire de la viande; mais, autant l'usage bien compris du vin lui est favorable, autant *l'abus du lundi* lui est défavorable.

Hélas! qui nous délivrera, à Paris surtout, de ces bars homicides, véritables sentines, où l'ouvrier laisse, avec son argent, sa santé et sa moralité ?

Pour le marin, le vin serait de beaucoup préférable à l'eau-de-vie, que l'espace restreint des navires force habituellement à lui donner.

On raconte que deux croisières, l'une française, l'autre anglaise, stationnaient dans les mers du Sud ; on distribuait aux marins français du vin ; aux marins anglais de l'eau-de-vie. Ces derniers furent atteints du scorbut, nos marins en furent exempts.

Les matériaux inorganiques du vin, et particulièrement les sels de potasse, agirent, dans ce cas, en complétant l'alimentation.

Tout près de l'usage, nous trouvons malheureusement l'abus ! Tous les médecins devraient interroger leurs clients et *s'insurger* contre l'habitude d'un usage abondant de vin à chaque repas. Il est certain qu'il existe des idiosyncrasies qui sont très différentes : tel homme ayant bu un seul verre de vin, à son repas, présentera de la rougeur de la face, de la céphalalgie, alors que tel autre ne semblera nullement incommodé après en avoir ingurgité un litre. Mais il ne faut pas s'y tromper, l'excitation répétée du cerveau devient toujours préjudiciable; et jamais l'intelligence ne s'est développée sainement sous l'influence du vin et de l'alcool.

L'ivresse du vin exerce des modifications moins profondes sur les appareils de la digestion et de l'innervation que l'ivresse des boissons alcooliques, et, surtout, de l'absinthe.

Les ivrognes ne faisant et n'ayant fait usage, pendant toute leur vie, que de vin, succombent, de préférence, aux hydropisies consécutives à des affections cardiaques.

Il serait à souhaiter qu'en notre pays le vin ne fût consommé, dans toutes les classes de la société, qu'avec modération. Partout on trouverait dans cet usage une source de force et de santé: mais nous devons constater que, malgré tant de créations récentes de sociétés de tempérance, l'ouvrier devient, surtout, de plus en plus alcoolique.

On nous pardonnera, je l'espère, de sortir du cadre du sujet qui nous occupe pour émettre le vœu que l'instruction et la lumière se répandent, de plus en plus, parmi le Peuple ; que de nombreuses bibliothèques mettent à sa portée des livres moraux et instructifs ; et, qu'aux heures du repos, il lui soit fait des conférences, non pour lui montrer, dans son horreur, les méfaits de l'alcoolisme, mais pour lui indiquer ce qu'il doit boire et *comment il doit boire.*

De nombreuses lacunes et de grandes imperfections existent dans ce travail, forcément écourté ; nous faisons appel à l'indulgence de nos honorables collègues qui comprendront l'état d'esprit d'un médecin retenu à la chambre depuis un long mois.

---


## M. le Dr P. BÉZY

Chargé de cours de clinique infantile à la Faculté de Médecine de l'Université de Toulouse,
Médecin des hôpitaux.


### L'HYSTÉRIE AVANT L'AGE DE DEUX ANS [616.852]

*— Séance du 11 août —*

L'hystérie existe chez l'enfant, garçon ou fille. Le fait est aujourd'hui admis par tous. La névrose se manifeste soit par des symptômes qui rappellent ses formes chez l'adulte, soit par des accidents qui n'en sont que l'ébauche. Ces accidents sont, ou réunis, ou isolés, constituant alors cette forme, fréquente chez l'enfant, dite monosymptomatique.

Je n'ai nullement l'intention de reprendre cette question au point de vue général ; j'y ai suffisamment insisté dans le volume que j'ai récemment publié avec le docteur Bibent (*L'Hystérie infantile et juvénile*, Paris, 1900. chez Vigot ; traduit en allemand par le docteur Brodtmann, de Hanovre ; Berlin, *Verlag Von Vogel et Kreihenbrink 1902*), mon désir est simplement, comme l'indique le titre de ce travail, de répondre à cette question : l'hystérie se manifeste-t-elle avant l'âge de deux ans ?

L'idée de cette recherche m'est venue au sixième Congrès français de médecine ; une des questions mises à l'ordre du jour était : les convulsions chez l'enfant. L'un des deux rapporteurs, mon éminent collègue et ami, le professeur D'Espine (de Genève), avait émis, dans son rapport, l'opinion que les convulsions hystériques n'existaient que chez les *grands enfants*. Comme je lui demandais, lors de la discussion du rapport, s'il croyait que

les convulsions, au cours des premiers mois de la vie, n'étaient jamais hystériques, il me répondit en me demandant si je pouvais trouver dans ma pratique des faits me permettant d'affirmer la présence de l'hystérie dans la période dite de zéro à deux ans.

Je lui répondis que j'avais fréquemment rencontré les convulsions dans les antécédents personnels de nourrissons devenus hystériques, au cours de de la seconde enfance, mais ma mémoire ne pouvait, à ce moment, préciser aucun fait qui me permette de répondre catégoriquement que l'hystérie existait de zéro à deux ans, et c'est pour avoir une idée nette à ce sujet que j'ai cherché dans mes statistiques. C'est le résultat de mes recherches que je viens exposer ici.

Je pourrais, il est vrai, m'appuyer sur l'autorité de Pitres qui dit : « On naît hystérique, on ne le devient pas », ou sur celle de Chaumier, qui affirme la possibilité de l'hystérie chez le nourrisson, et en décrit les formes. Je pourrais aussi rappeler les cas suivants que j'ai cités ailleurs : monoplégie hystérique chez une fille de dix-sept mois (Gilette), astasie-abasie chez un garçon de dix-huit mois (Isnard). Je préfère ne parler aujourd'hui que d'après mes observation personnelles.

J'ai relevé les diagnostics portés sur mes cahiers de consultation, soit à la clinique infantile de l'Hôtel-Dieu, soit au dispensaire annexe pendant, les cinq dernières années. J'ai retrouvé ainsi les traces d'environ dix mille enfants malades ; sur ce nombre, je ne vois pas l'hystérie notée d'une façon précise au-dessous de deux ans ; mais je vois souvent les mots : « nervosisme » ou « convulsions ».

Faut-il conclure que l'hystérie ne se manifeste pas à cet âge ?

Cette conclusion serait prématurée. Sans parler de l'appréciation de Chaumier et des cas cités de Gilette et d'Isnard qui relatent des fait non douteux d'hystérie au-dessous de deux ans, je crois que la névrose peut se manifester à cette période de la vie. Si nous ne la diagnostiquons pas, c'est parce qu'elle se présente sous des formes ébauchées, et peut-être aussi parce que nous n'y pensons pas toujours. Ne serions-nous pas en droit de mettre l'étiquette d'hystérie sur beaucoup de cas diagnostiqués : convulsions ou nervosisme ? Je crois que si, et, pour défendre mon opinion, je vais relater deux observations. Elles ont trait à des enfants âgés d'un tout petit peu plus de deux ans qui ont présenté des signes non douteux d'hystérie franche. Or ces deux enfants, plusieurs mois auparavant, c'est-à-dire avant l'âge de deux ans, avaient eu des manifestations qui doivent être rattachées à la même cause.

Observation I. — Garçon de deux ans et demi : astasie-abasie ; paralysie faciale et des muscles de la nuque de nature hystérique. OEdème bleu (?) et toux quinteuse avant l'âge de deux ans. Traitement par la valériane. Guérison rapide. Recueillie par M. Clarens, externe du service.

Pierre R..., deux ans et demi. Entré à la clinique infantile de la Faculté de Toulouse, le 19 novembre 1901, sorti le 31 décembre 1901.

Père, trente-quatre ans, bronchitique (a été polisseur de marbre), pas nerveux, ni buveur. Mère, trente-quatre ans, a eu des crises gastralgiques ; se dit nerveuse ; pas d'attaques ; quatre enfants ; pas de fausses couches.

Un frère mort à un mois de gastro-entérite (biberon). Deux frères vivants, bien portants, dix ans et treize ans, le premier, nerveux, irascible.

Rien de particulier pour la première enfance : enfant excitable, n'aimant pas à jouer avec ceux de son âge.

En avril 1901, cyanose généralisée avec fièvre pendant deux jours, disparaissant sans traitement. Pas de médecin appelé. Fréquents accès de toux séche, apparaissant et disparaissant sans motif.

Le 1er novembre 1901, la mère voit que la marche s'effectue mal, ce qu'elle attribue aux sabots que l'enfant vient de chausser. Il est cependant à remarquer que le même phénomène ne s'est pas produit l'an dernier à la même occasion. Cette gêne s'accentue les jours suivants. Le petit malade, confié à des enfants aurait reçu à cette époque un traumatisme frontal, révélé par une ecchymose. En même temps la tête est fléchie en avant, phénomène que la mère attribue à une adénopathie cervicale consécutive à de l'impetigo.

Ce n'est que le 14 que l'enfant est conduit à la consultation du dispensaire-annexe de la clinique où il est examiné par M. le professeur Bézy : la tête est fléchie, mais peut être volontairement relevée ; la marche et la station debout sont impossibles ; mais, si le petit malade est assis sur une chaise, et qu'on le pince, il a de violents mouvements de défense qui prouvent que ses membres inférieurs ne sont nullement paralysés. Le diagnostic d'astasie-abasie est porté.

Du 14 au 18, quelques vomissements glaireux ; crispations dans les membres,

Le 18, l'enfant entre à l'Hôtel-Dieu. En outre des phénomènes précédents, on constate de la paralysie faciale et du strabisme convergent, une hernie, pas d'anesthésie, une plaque d'hyperesthésie au-dessus de la fesse gauche que la mère avait constatée auparavant, de l'incontinence d'urine. L'examen électrique ne révèle pas de lésions du système nerveux. L'excitation de la plante des pieds provoque le retrait du membre sans mouvement de flexion ni d'extension des orteils. Traitement : valérianate d'ammoniaque.

Le 2 décembre, gêne passagère dans les mouvements du bras gauche.

Du 2 au 30 décembre, les phénomènes vont en s'améliorant, et l'enfant sort complètement guéri.

Observation II. — Garçon de trente et un mois. Bégaiement hystérique, crises convulsives, terreurs nocturnes et hallucinations à l'âge de neuf mois. Traitement par la valériane. Guérison. Recueillie par M. Grimoud, interne du service.

Auguste D..., trente et un mois, conduit au dispensaire-annexe de la clinique le 5 décembre 1901.

Père, trente-quatre ans, bien portant ; mère, trente-huit ans, nerveuse ; céphalées ; une sœur, sept ans, bien portante.

Nourri au sein jusqu'à six mois ; depuis lors, il mange, boit du vin et du café.

A neuf mois, crise convulsive avec perte de connaissance. Depuis lors, terreurs nocturnes avec hallucinations pendant quinze mois. Ces crises ont cessé depuis sept mois quand le malade nous est conduit.

Enfant très intelligent, mimique expressive ; il a appris une chanson qu'il

répète d'une façon fort amusante ; aussi reste-t-il tous les soirs avec des grandes personnes qui s'en amusent et l'excitent.

Il y a huit jours, l'enfant se met à bégayer et en même temps reparaissent les terreurs nocturnes. Il nous est conduit pour cela, et nous constatons le bégaiement léger, mais très net, surtout au début des phrases.

Traitement : valérianate d'ammoniaque, et surtout repos intellectuel, isolement des parents et des voisins, gymnastique vocale.

L'enfant est revu le 16 janvier 1902. Le traitement a été rigoureusement suivi : le bégaiement a complètement disparu.

Voilà donc deux enfants dont l'histoire se ressemble beaucoup : à deux ans et demi ils ont des manifestations nerveuses ; un a de l'astasie abasie, des paralysies, et une plaque d'hyperesthésie, l'autre, du bégaiement. L'examen des malades et la fugacité des symptômes plaident nettement en faveur de l'hystérie. Nous pensons donc que ces enfants étaient hystériques à deux ans et demi. Mais l'étaient-ils avant deux ans ? Oui pourrions-nous répondre puisque Pitres a dit : « On naît hystérique, on ne le devient pas ».

Cette réponse serait presque un faux-fuyant, et nous aimons mieux poser la question de la façon suivante : les manifestations présentées par ces malades avant deux ans étaient-elles hystériques ?

Nous croyons pouvoir répondre par l'affirmative. En effet, le premier a eu des troubles angio-neurotiques qui rappellent l'œdème bleu, et surtout de la toux quinteuse, qui est une des manifestations les plus fréquentes de l'hystérie à l'état naissant. Le second a eu une crise convulsive et des terreurs nocturnes avec hallucinations. Ces phénomènes pourraient faire penser à de l'épilepsie, mais les hallucinations sont plutôt de nature hystérique. Enfin, l'état des enfants, au moment où nous les examinons, nous permet de soupçonner fortement que, puisqu'ils sont hystériques à deux ans et demi, les phénomènes nerveux présentés avant cet âge devaient être de même nature.

Je crois donc pouvoir conclure, m'appuyant sur ce raisonnement et sur les faits, très nets, de Gilette, Isnard, etc., que l'hystérie peut se manifester avant l'âge de deux ans.

Est-elle fréquente ? A-t-elle une symptomatologie spéciale ? L'état psychique de cet âge-là ne lui donne-t-il pas une physionomie particulière ? Pour répondre à ces questions, il me paraît utile d'attendre, et j'ai surtout pour but, par cette communication, d'éveiller l'attention des hommes compétents. Je crois que, pour arriver à une opinion ferme sur ce point nous devons nous placer à un double point de vue : 1° Lorsque nous trouvons des hystériques âgés d'un peu plus de deux ans, comme dans les deux observations que je viens de rapporter, il faut chercher s'ils n'ont point, quelques mois avant, présenté des signes de nervosisme (convulsions, toux, etc.). Il serait intéressant de voir si les signes se présentent toujours avec le même aspect ; 2° Lorsque, inversement, nous trouverons des

enfants de zéro à deux ans présentant ces signes de nervosisme, il y aura lieu de les surveiller pour voir si, plus tard, ils ne présenteront pas des signes plus nets d'hystérie.

Parmi les signes précurseurs à surveiller, il en est un sur lequel je désire attirer l'attention parce qu'il pourrait être plus fréquent qu'on ne le pense; je veux parler de la tétanie, particulièrement dans ses formes frustes (signe du facial ou du cubital, sans autre manifestation, etc.) Je ne veux pas reprendre ici la question de la tétanie hystérique, réglée depuis la thèse de Zaldivar; je désire simplement demander de nouvelles recherches sur la fréquence de cet état avant l'âge de deux ans, et surtout sur la fréquence des formes frustes caractérisées par des signes qu'il faut rechercher tels que le signe du facial, qui fera l'objet d'un prochain travail de ma part. N'est-elle pas bien suggestive sur ce point l'observation, relatée par Trousseau dans ses *Cliniques* (tome II, p. 204), d'une fillette de vingt et un mois ayant de la tétanie et ayant présenté, de sa naissance à l'âge de neuf mois, de grandes attaques d'éclampsie, des convulsions partielles, du spasme de la glotte à l'occasion d'une contrariété, de la toux convulsive?

Je me résume : L'hystérie existe dans la période de zéro à deux ans. — Pour établir sa fréquence et sa symptomatologie, de nouvelles recherches sont nécessaires : il y aura lieu de rechercher les antécédents nerveux personnels des enfants qui présenteront des signes nets d'hystérie peu après l'âge de deux ans, et, inversement, de surveiller pendant plusieurs années ceux qui, dans les deux premières années de la vie, présenteront des signes de nervosisme, particulièrement de la tétanie franche ou fruste.

---

M. le Dr E. MAUREL

Chargé de cours à la Faculté de Médecine de Toulouse.

## PATHOGÉNIE DE L'OBÉSITÉ ET DU DIABÈTE

[616.63:612.397.2]

*— Séance du 13 août —*

Pour aborder cette étude avec fruit, il me paraît indispensable de bien établir tout d'abord les deux propositions suivantes :

1° *Le sucre urinaire et les corps gras ne peuvent provenir que des substances organiques des aliments ;*

2° *Mais ils peuvent être fournis par chacune des trois catégories d'aliments : hydrates de carbone, corps gras et substances azotées.*

## I

### LE SUCRE URINAIRE ET LES CORPS GRAS NE PEUVENT PROVENIR QUE DES SUBSTANCES ORGANIQUES DES ALIMENTS

La *première* de ces propositions est si évidente, que j'ai hésité à la développer; et cependant, ses conséquences me paraissent si oubliées par beaucoup de ceux qui se sont occupés de l'obésité et du diabète, que je crois utile de m'y arrêter pendant quelques instants.

L'organisme animal, au moins en ce qui concerne les formes élevées, comme les vertébrés, est impuissant à *organiser la matière minérale.* D'après les plans de la nature, ce rôle a été dévolu d'une manière exclusive au végétal. C'est ce dernier seul, qui, grâce à des mécanismes qui nous sont connus en grande partie, peut combiner ensemble en les prenant isolément à l'état minéral : l'oxygène, l'hydrogène, le carbone, l'azote, le soufre, le phosphore, etc., de manière à constituer les divers *composés organiques.* D'après les mêmes plans de la nature, l'animal a reçu un rôle tout à fait inverse. Ce dernier a pour mission de décomposer ces substances organiques et de les restituer au monde minéral, auquel le végétal les avait empruntés. Le *végétal organise et l'animal minéralise.*

Le végétal, il est vrai, pour assurer son existence, minéralise lui-même une partie de la substance organique qu'il a constituée; mais cette dernière ne représente qu'une partie de celle qu'il organise. Si donc le végétal est capable, en même temps, d'organiser la matière minérale et de minéraliser la matière organique qu'il a lui-même formée, la première fonction lui appartient d'une manière exclusive.

De plus, en ce qui concerne sa propriété d'organiser la matière minérale, non seulement elle lui a été dévolue d'une manière exclusive, mais il semble même que son action soit limitée à cette matière. Si une matière organique est mise à sa disposition, en effet, le plus souvent il ne l'utilise qu'après qu'elle a été minéralisée. *Pour le végétal, vivre, c'est organiser.* Par contre, l'action de l'animal, en ce qui concerne la matière organique est limitée à sa minéralisation. Il ne peut pas la constituer; il ne peut que la détruire. C'est là sa fonction naturelle la plus indispensable; si bien qu'il ne peut vivre sans l'accomplir. C'est là le but de son existence : *pour lui, vivre, c'est minéraliser.*

Ces rôles que la Nature a attribués, d'une manière si nettement opposée, au végétal et à l'animal, sont remplis par ces deux groupes de la manifestation de la vie, peut-être même par leurs formes les plus primitives. Mais leur opposition apparaît encore plus sûre et plus évidente, quand on s'élève à leurs formes les plus perfectionnées, les vertébrés et les mammi-

fères. Pour eux, plus que pour toute autre forme animale, on peut dire que le végétal est un laboratoire de synthèse et l'animal, un laboratoire d'analyse.

L'organisme humain, participant forcément en cela, de la fonction propre à l'animalité, est donc incapable d'organiser la moindre parcelle de substance minérale. Son rôle exclusif, comme pour tout animal, est au contraire de décomposer la matière organique. Il ne vit qu'à cette condition. C'est sa raison d'être dans le grand plan de la nature. Pour lui, comme pour tout animal, *vivre, c'est minéraliser*.

Ces grandes lois s'appliquant à toute la série animale, on conçoit que notre organisme ne puisse constituer ni sucre, ni corps gras. Dans quelques proportions qu'il puisse disposer du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, il ne pourra jamais constituer une molécule de glucose ou de graisse.

Notre organisme ne peut opérer que sur des composés déjà arrivés à l'état organique. Ces composés, étant mis à sa disposition, il peut, il est vrai, modifier quelques-uns d'entre eux pour les absorber, se les assimiler d'une manière plus complète pour les mettre en réserve. Il peut aussi dans quelques conditions spéciales, que je vais étudier, les faire passer d'un état organique à un autre, faire, par exemple, du glucose avec des corps gras et réciproquement. Mais, même dans ces cas, les différentes modifications qu'il imprime à ces matières ont, le plus souvent, pour but, de les rapprocher de l'état minéral.

S'il s'agit, en effet, de certaines substances insolubles, amidon, fécule, cellulose, corps gras, albumine, gluten, l'animal, après les avoir hydratés pour les rendre solubles, ce qui du reste constitue un premier pas vers la minéralisation, peut les déshydrater pour les mettre momentanément en réserve.

L'amidon, la fécule, après avoir été transformés en glucose par hydratation pour pouvoir dialyser, sont ramenés par deshydratation à l'état de glycogène ; et le gluten, la caséine, l'albumine, après avoir été transformés en peptones également par hydratation pour pouvoir être absorbés, sont ramenés par déshydratation à l'état de sérine, de fibrine, d'osséine, etc. Sous ces formes déshydratées, ils font partie, un certain temps, de l'organisme et ne subissent qu'un peu plus tard les modifications vers l'état minéral. Mais à ces modifications, en somme de courte durée, se borne l'action de l'organisme animal. Le but final de ses opérations sur les matières organiques, je le répète, est de leur faire perdre ce caractère.

Il résulte donc de ce qui précède que notre organisme ne peut constituer ni le glucose, ni les corps gras avec leurs composés élémentaires minéraux ; et, que, par conséquent, ceux qu'il contient ne peuvent provenir que des matières organiques qu'il rencontre toutes formées, c'est-à-dire celles contenues dans ses aliments d'origine végétale ou animale.

Tous ces aliments, nous le savons, aussi bien au point de vue de leur consti-

tution chimique qu'à celui des fonctions digestives, doivent être répartis en trois grands groupes : les *hydrates de carbone*, les *graisses* et les *azotés*.

Au point de vue chimique, ces trois groupes ont chacun des caractères communs qui les distinguent des autres ; et, au point de vue des fonctions digestives, tous, également, pour être absorbés, subissent des modifications de même nature pour chacun d'eux, et différentes de l'une à l'autre. Les hydrates de carbone insolubles sont transformés en glucose, les corps gras sont saponifiés ou émulsionnés et les azotés transformés en peptones.

Ces différentes modifications rendues nécessaires pour l'absorption de ces aliments sont passagères. Dès que le glucose, les corps gras émulsionnés ou saponifiés et les peptones arrivent dans le sang ou la lymphe, ou tout au moins avant de sortir du foie, les corps gras ont été en grande partie absorbés par les leucocytes et les cellules hépatiques, et le glucose ainsi que les peptones ont été déshydratés pour arriver l'un à l'état de glycogène retenu dans le foie, et l'autre de sérine restant dans le sang, avant de devenir, suivant les besoins de l'organisme, de la fibrine, de l'osséine, de la chondrine, etc.

De tout ce qui précède on doit donc conclure :

1° *Que notre organisme, comme celui de tout animal, est dans l'impossibilité de faire passer la matière minérale à l'état de matière organique ; et, par conséquent, de constituer une seule molécule de glucose ou de corps gras avec ses composés élémentaires minéraux ;*

2° *Que, par conséquent aussi, le glucose qui existe dans notre organisme ne peut provenir que des matières organiques contenues dans nos aliments ;*

3° *Que toutes les substances organiques de nos aliments devant être réparties en trois groupes : les hydrates de carbone, les graisses et les azotés, c'est forcément d'un ou de plusieurs de ces groupes, que doivent provenir notre glucose et les corps gras mis en réserve et par conséquent le sucre qui se forme dans le diabète et les corps gras qui constituent l'obésité.*

Voyons maintenant quelle peut être l'origine du glucose et des corps gras ; nous verrons ensuite quelles sont les conditions qui peuvent exagérer leur formation dans les proportions qu'elle présente dans l'obésité et le diabète.

## II

### LES TROIS CATÉGORIES D'ALIMENTS PEUVENT DONNER LE GLUCOSE

Le glucose existant à l'état normal dans l'organisme, et utilisé par lui, je dois le dire dès le début de cette étude, peut provenir, outre des hydrates de carbone de nos aliments, des deux autres groupes de substances organiques qui les constituent : les graisses et les azotés.

A l'état normal, le glucose est une des substances organiques dont l'animal peut le moins se passer. Nous savons, en effet, que les 30 ou 40 calories que nous dépensons par jour et par kilogramme de notre poids proviennent principalement de la combustion du glucose, c'est-à-dire de son retour à l'état minéral, sous forme d'eau et d'acide carbonique ; et surtout que ce même glucose est indispensable au muscle dont il constitue le combustible d'une manière exclusive.

Aussi, ne devons-nous pas nous étonner que, par un de ces actes de prévoyance que la biologie nous fait souvent constater, la nature ait assuré la formation de ce glucose par plusieurs mécanismes, de telle manière que, l'un lui faisant défaut, elle puisse le suppléer par un autre. Cette suppléance, dont l'étude générale constituerait un chapitre si intéressant de physiologie, n'a même jamais été poussée plus loin que dans le cas qui nous occupe. Outre, en effet, l'extrême abondance des hydrates de carbone contenus dans les substances végétales que l'animal devait minéraliser, la nature lui a donné les moyens de constituer ce glucose indispensable à l'entretien de sa vie avec une quelconque des substances organiques contenues dans les aliments, et que ceux-ci soient d'origine végétale ou animale. L'organisme animal peut en effet faire du glucose, presque aussi bien avec les azotés et les graisses, qu'avec les hydrates de carbone.

Néanmoins, il me paraît incontestable que la formation du glucose par un de ces deux derniers groupes d'aliments constitue pour l'organisme un procédé moins naturel, et aussi, comme j'essayerai de le démontrer, un procédé moins économique et moins avantageux.

Si, à cette abondance du glucose que nous pouvons demander aux aliments végétaux, nous joignons celui contenu dans le lait qui entre de plus en plus dans notre alimentation, on verra qu'il nous serait facile de demander celui dont nous avons besoin seulement aux hydrates de carbone, sans nous adresser soit aux azotés, soit aux corps gras.

Néanmoins, je l'ai dit, ces deux groupes d'aliments peuvent le donner.

L'utilisation des *albuminoïdes* par l'organisme pour obtenir le glucose me paraît suffisamment démontrée par ce fait que l'on trouve du glycogène dans le foie des animaux nourris pendant assez longtemps avec du muscle dégraissé. Dans ce cas, le glycogène doit donc provenir forcément des albuminoïdes.

C'est également par l'expérimentation que l'on a démontré la formation du lactose par les azotés.

En alimentant une chienne qui nourrit, avec des pommes de terre, soit surtout avec des hydrates de carbone, son lait contient par litre 39 grammes de caséine, 42 grammes de beurre et 50 grammes de sucre. Or, en la nourrissant avec de la viande seulement, la caséine reste à 39$^{gr}$,67, le

beurre augmente légèrement, 52 grammes, et le sucre atteint 106 grammes, c'est-à-dire qu'il est plus que doublé.

De nouveau, l'origine albuminoïde de ce lactose me paraît indiscutable.

Mais, de plus, cette transformation peut être expliquée scientifiquement. C'est du moins ce qu'a tenté A. Gautier (1) par la formule suivante :

$$\underset{\text{Albumine (formule de Lieberkühn rapportée à 1 atome de soufre).}}{C^{72}H^{112}Az^{18}O^{22}S} + 14H^2O = 9\underset{\text{urée}}{COAz^2H^4} + \underset{\text{tripalmitine}}{C^{51}H^{96}O^6} + \underset{\text{acide lactique}}{C^3H^6O^3} + 9CO^2 + S$$

Comme on le voit, d'après cette formule, en partant de la molécule albuminoïde, rapportée à 1 atome de soufre et en l'hydratant de 14 équivalents d'eau, outre de l'urée, un corps gras, de l'acide carbonique et du soufre, on obtient de l'acide lactique $C^3H^6O^3$ ; et nous savons, d'autre part, qu'il suffit de quadrupler cet acide, avec perte d'un équivalent d'eau, pour avoir le lactose, $4(C^3H^6O^3) - H^2O = C^{12}H^{22}O^{11}$ ou lactose. Enfin nous savons que, par hydratation, le lactose se transforme en glucose d'après la formule suivante : $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O = 2(C^6H^{12}O^6)$. Ainsi s'explique l'augmentation du beurre et celle du sucre sous l'influence des azotés, double résultat qui nous a été donné par l'expérimentation.

La formation des hydrates de carbone par les corps gras a été également démontrée expérimentalement. En modifiant l'alimentation de cette chienne, et en la composant surtout de la graisse, son lait acquiert la composition suivante : caséine 42 grammes ; beurre 59 et lactose 101. Sous l'influence de cette alimentation, le sucre a donc passé, de 50 grammes où il était avec les pommes de terre, à 101 ; sous l'influence des corps gras, il a été doublé.

Cette transformation est donc démontrée expérimentalement ; mais, en outre, elle est également expliquée par A. Gautier d'après la formule suivante :

$$\underset{\text{acide butyrique}}{3(C^4H^8O^2)} + CO = \underset{\text{lactose}}{C^{12}H^{22}O^{11}} + H^2O$$

et nous savons aussi que :

$$\underset{\text{glucose.}}{C^{12}H^{22}O^{11}} + H^2O = 2(C^6H^{12}O^6).$$

Le lactose est donc obtenu par l'oxydation de trois molécules d'acide butyrique par 6 atomes d'oxygène et la perte d'un équivalent d'eau. La même oxydation peut donner lieu à deux molécules de glucose.

Ainsi, aussi bien pour les corps gras que pour les azotés, le doute ne

(1) *Chimie biologique*, A. Gautier, page 251.

peut être permis : l'organisme peut s'en servir pour obtenir des hydrates de carbone et par conséquent du glucose.

Toutefois, je dois faire remarquer que, pour les azotés et les corps gras, le procédé est moins simple, moins direct qu'en demandant aux hydrates de carbone de l'alimentation. L'organisme doit d'abord digérer ces azotés et ces corps gras ; et il doit ensuite les dédoubler, ce qui doit être pour lui un surcroît de fonction. De plus, ces procédés me paraissent peu économiques surtout quand il s'agit des azotés. En admettant, en effet, que le tripalmitine résultant de l'hydratation de la molécule albuminoïde donne trois ou quatre molécules de lactose, on constate que l'on élimine neuf molécules d'urée dont l'hydrogène et le carbone sont perdus pour la calorification.

De ces faits expérimentaux et de ces explications théoriques nous arrivons donc à ces conclusions :

1° *Que, si la source la plus naturelle du glucose est celle des hydrates de carbone, l'organisme peut également l'obtenir avec les azotés et les graisses; et que par conséquent, ainsi que je le disais en commençant, il peut l'obtenir de la totalité des substances organiques contenues dans les aliments;*

2° *Mais que, s'il peut l'obtenir avec toutes les substances organiques de nos aliments, il ne peut pas l'obtenir sans elles.*

## III

### DÉPENSES NORMALES DE L'ORGANISME

L'homme adulte, ayant une profession libérale active, pendant les saisons intermédiaires de nos climats, dépense au maximum, par vingt-quatre heures, 40 calories par kilogramme de son poids. Je crois même qu'il lui suffirait d'avoir à dépenser 35 calories. Ce dernier chiffre est largement suffisant pour l'homme de cinquante à soixante ans. En outre dans son alimentation, il doit trouver, pour ces mêmes saisons et dans les mêmes conditions d'activité, par kilogramme de son poids, 1$^{gr}$,50 de substances azotées. destinées en grande partie à remplacer les albuminoïdes usés.

Cette quantité d'azotés, de même que le nombre de calories, dépasse, je pense, les azotés et les calories strictement nécessaires. Dans leur évaluation, je me suis maintenu un peu au-dessus de ce que je considérais comme indispensable, pour être sûr de ne pas rester au-dessous des quantités à peine suffisantes. Les moyens dont dispose l'organisme pour exagérer ses dépenses. ont une action plus étendue que ceux dont il dispose pour les diminuer. En outre, en ce qui concerne les azotés, s'ils sont trop abondants, l'organisme peut en faire du glucose, qu'il utilise pour la calorification, tandis que

s'ils sont au-dessous des besoins, les autres aliments ne peuvent pas les remplacer. Ainsi doit s'expliquer la tendance que j'ai eue à fixer leur quantité, un peu au-dessus de nos besoins.

Les mêmes considérations s'appliquent aux calories, que j'ai élevées à 40; quoique, je le répète, je sois convaincu que ce chiffre dépasse nos besoins. Mais il était surtout important de ne pas rester au-dessous de ces derniers.

Les azotés proviennent en entier, bien entendu, de nos aliments végétaux ou animaux. Quant aux calories, elles sont fournis : 1° par les albuminoïdes usés, mais dont la valeur calorifique est sensiblement la même que celle des azotés qui vont les remplacer ; 2° par les azotés pris en excès, et 3° par les ternaires, hydrates de carbone et corps gras contenus dans nos aliments.

En tenant compte de nos habitudes, ces ternaires peuvent être représentés par les quantités suivantes pour 1 kilogramme de notre poids: corps gras, 1 gramme; alcool 50 centigrammes et hydrates de carbone, $4^{gr},50$, ce qui donne respectivement $9 + 3,500 + 18$ calories, soit un total de $30^{cal},500$ pour ces ternaires qui, réunies aux $7^{cal},510$ provenant des albuminoïdes arrivent à 38 calories. A la condition de rester dans de justes proportions, on peut, du reste, faire varier les divers ternaires, pourvu que leur nombre de calories reste dans les environs de 30.

Je dois ajouter que, dans ces conditions, sur les 23 centigrammes d'azote environ que contiennent les azotés, environ, 10 centigrammes s'éliminent par les divers mucus ainsi que par la desquamation cutanée et intestinale, et que les autres 13 centigrammes, ou du moins ceux des albuminoïdes usés, se retrouvent presque en totalité dans l'urine et sous forme d'urée, soit environ 27 centigrammes d'urée par kilogramme. L'acide urique reste au-dessous de 5 milligrammes par kilogramme et l'acide phosphorique dans les environs de 3 centigrammes.

## IV

### MODIFICATIONS SUBIES PAR LES DIVERS ALIMENTS QUAND LES QUANTITÉS ASSIMILÉES DÉPASSENT LES BESOINS DE L'ORGANISME.

Avec une alimentation ainsi réglée les fonctions de digestion, d'absorption et de nutrition s'accomplissent dans les meilleures conditions, de la manière la plus économique et avec le moins de fatigue pour l'organisme.

Certains changements dans les ternaires, si les azotés restent les mêmes, n'entraîneraient des modifications que dans les fonctions digestives ; et, à la condition que ces modifications ne soient pas poussées trop loin, elles seraient peu importantes. Mais elles pourraient le devenir, si, par exemple,

les hydrates de carbone étaient remplacés en totalité par des graisses. Il se pourrait que celles-ci ne pussent pas être digérées. Des modifications plus importantes pourraient résulter, si les changements de proportions portaient sur les azotés, soit qu'ils fussent diminués ou augmentés. Leur diminution entraînerait un appauvrissement des albuminoïdes de l'organisme, puisque les ternaires sont impuissants à les remplacer ; et leur augmentation un surcroît de travail pour les organes chargés de leur dédoublement pour obtenir du glucose, en même temps que de ceux chargés d'éliminer l'urée résultant de ce dédoublement.

Toutefois ces modifications des fonctions me paraissent devoir rester sans gros inconvénient, tant que les azotés seront au moins suffisants et que le nombre normal de calories sera atteint.

Mais, nous allons le voir, la situation va bien changer si cet équilibre entre les recettes et les dépenses est détruit ; et si, par exemple, les aliments absorbés dépassent les besoins.

Si la différence est peu marquée, l'organisme pourra y remédier en utilisant les moyens qu'il a pour maintenir sa température constante. La circulation périphérique s'exagérera et avec elle la radiation cutanée. Si cette augmentation des dépenses ne suffit pas, l'organisme aura recours à la sudation ; et chaque gramme de sueur qui s'évaporera à sa surface lui enlèvera une demi-calorie environ. Mais, on doit le voir, ces moyens d'établir l'équilibre entre les aliments absorbés, et les dépenses de l'organisme sont en somme, assez limités ; et si l'exagération des aliments absorbés persiste, nous devrons le prévoir, des modifications véritablement pathologiques ne tarderont pas à se manifester.

Pour faciliter l'étude qui va suivre, je vais envisager séparément les cas où l'exagération porte sur les *hydrates de carbone*, sur les *corps gras* et les *azotés*, en supposant, dans ces cas, que seule une de ces catégories d'aliments est exagérée, les quantités des autres restant normales.

L'*exagération des hydrates de carbone* constitue le cas le plus simple. Deux cas peuvent se présenter : ou bien l'organisme suffit à transformer le glucose, au fur et à mesure qu'il arrive dans le torrent sanguin, et avant d'arriver au rein ; ou bien cette transformation ne s'accomplit pas d'une manière complète. Dans ce dernier cas, le glucose dialysant facilement à travers le filtre rénal, nous assisterons, au moins momentanément, à de la glycosurie. C'est ce qui a lieu très probablement pour les glycosuries qui suivent les repas. La quantité de glucose arrivant en trop grande quantité, l'organisme, même en le supposant normal, reste au-dessous de sa tâche ; et bien entendu toute diminution de la fonction de l'organe ne pourra qu'aggraver cette situation.

L'exagération des hydrates de carbone, les autres aliments restant en quantité normale, pourra donc donner de la glycosurie dans deux cas, soit

avec des organes normaux, soit avec des organes en état de fonction insuffisant.

Pour les cas où les organes peuvent encore transformer le glucose en glycogène, les phénomènes vont changer. Le foie, recevant plus de glucose qu'il n'en dépense, sera rapidement saturé ; et, dès lors, l'organisme devra mettre en œuvre un autre procédé de régulation de ses fonctions : le glucose en excès sera transformé en corps gras et mis en réserve.

De même, en effet, que l'acide butyrique peut former du lactose, le glucose peut donner lieu à de l'acide butyrique, ce qui est expliqué par la formule suivante :

$$\underset{\text{Glucose.}}{C^6H^{12}O^6} + 2\,O = \underset{\text{Acide butyrique.}}{C^4H^3O^2} + 2CO^2 + 2H^2O.$$

Ainsi du glucose, en se dédoublant et en s'oxydant, donne lieu à de l'acide butyrique, à de l'acide carbonique et à de l'eau ; et, tandis que le premier est mis en réserve par l'organisme, les deux autres sont éliminés par la voie pulmonaire et la voie cutanée. Mais cette réaction chimique n'est pas la seule qui explique la formation des corps gras par le glucose. A. Gautier donne également la suivante :

$$\underset{\text{Glucose.}}{14(C^6H^{12}O^6)} = \underset{\text{Tristéarine.}}{C^{57}H^{110}O^6} + 24CO^2 + 26H^2O + \underset{\text{Acides gras.}}{C^2H^4O^2 + CH^2O^2}.$$

Ainsi, dans cette hypothèse, 14 molécules de glucose donnent lieu :

1° A une molécule de tristéarine, corps excessivement riche en carbone et en hydrogène, et qui est mis en réserve ;

2° A une grande quantité d'acide carbonique et d'eau dont l'organisme peut se débarrasser tout de suite, sans donner lieu à aucune production nouvelle de calorique.

3° A des acides gras, acétique $C^2H^4O^2$ et formique $CH^2O^2$, qui peuvent eux-mêmes soit se transformer en acide carbonique et en eau ($C^2H^4O^2 + 4O = 2CO^2 + 2H^2O$ et $CH^2O^2 + O = CO^2 + H^2O$), soit entrer dans d'autres combinaisons.

Quant à la démonstration pratique de la transformation des hydrates de carbone en corps gras, l'élevage de nos oiseaux de basse-cour l'a faite depuis longtemps. Et, de plus, des preuves tout à fait scientifiques sont venues la confirmer. Chassiswky a montré que 75 à 80 0/0 de la graisse des oies engraissées provient des hydrates de carbone ; et, avant lui, Persoz et Boussingault avaient établi que l'oie et le porc, sous l'influence d'une alimentation riche en hydrates de carbone, mettent en réserve une quantité de corps gras supérieure à celle contenue dans leurs aliments.

Ainsi, d'une part, les faits expérimentaux et la pratique de tous les jours prouvent que l'exagération des hydrates de carbone conduit à la for-

mation et à la mise en réserve des corps gras, et, par conséquent, à l'embonpoint d'abord et ensuite à l'obésité ; et, d'autre part, cette transformation est expliquée scientifiquement.

Dans le deuxième cas que nous avons supposé, tandis que les hydrates de carbone et les azotés restent en quantités normales, les *corps gras sont augmentés*. Or, de nouveau, la pratique des éleveurs et l'expérimentation nous prouvent que, dans ces conditions, ces corps sont mis en réserve, mais cette fois en nature et presque sans modification.

Que ces corps gras, en effet, proviennent du règne animal ou du règne végétal, ils sont rendus assimilables par les mêmes procédés et mis indistinctement en réserve, s'ils ne sont pas dépensés physiologiquement.

La pratique des éleveurs, je le répète, est des plus probantes à cet égard.

Voici les trois rations qui correspondent aux trois périodes d'engraissement pour un bœuf du poids initial de 500 kilogrammes (1).

| PÉRIODES | EAU | MATIÈRES azotées | MATIÈRES grasses | HYDRATES de carbone | LIGNAX cellulose | MATIÈRES minérales | RELATION nutritive |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Première . . . . . | 28.204 | 1.349 | 370 | 9.712 | 6.103 | 1.012 | 1/7,5 |
| Deuxième. . . . . | 27.732 | 2.027 | 587 | 8.121 | 3.141 | 1.141 | 1/4,3 |
| Troisième. . . . . | 23.445 | 2.353 | 609 | 7.504 | 3.018 | 1.071 | 1/3,6 |

Comme on le voit, si les azotés sont augmentés, les corps gras le sont aussi d'une manière très marquée ; ils passent de 370 grammes à 587 grammes et arrivent à 609 grammes, soit une augmentation de plus d'un tiers.

Du reste, des faits ayant toute la rigueur scientifique confirment cette pratique.

Je rappelle d'abord l'expérience faite sur cette chienne dont le lait contenait 42 grammes de beurre pendant qu'elle recevait son alimentation ordinaire et qui en contint 59 grammes, quand elle fut nourrie avec des corps gras.

Enfin, de nombreux expérimentateurs, tels que Magendie, A. Wurtz et Colin, ainsi que Radziejervski ont pu engraisser des animaux avec des corps gras. Mais, de plus, ils ont constaté, que l'organisme animal ramenait ces corps à la constitution de ceux qui lui sont propres. C'est ainsi

(1) Communication manuscrite de M. Baillet, ancien directeur de l'École vétérinaire de Toulouse.

qu'ils ont pu employer du beurre, des tourteaux de ricin et d'huile de navette, sans trouver trace de ces corps. Toutefois, cette transformation a une limite ; et Lebedeff a pu retrouver dans le lait et même dans le tissu adipeux, les huiles de lin et d'olive dont il avait nourri ses animaux.

Ainsi donc, de nouveau, l'exagération des corps gras dans la ration conduit à la mise en réserve de ces corps, et par conséquent à l'embonpoint d'abord et plus tard à l'obésité.

Enfin, dans le dernier cas, ce sont les *azotés* seuls qui sont absorbés en trop grande quantité. Que deviennent ces peptones après avoir pénétré dans le liquide sanguin ou lymphatique ?

Pour ne pas dialyser, nous le savons, ces corps doivent être immédiatement déshydratés et ramenés à l'état de sérine. Si, pour une raison quelconque, cette déshydratation n'a pas lieu, si les albuminoïdes rendues dialysables par la digestion ne perdent pas cette propriété avant de passer dans les reins, au moins une partie les traversera ; et l'urine contiendra sinon des peptones, du moins une substance albuminoïde dans un état intermédiaire entre les peptones et les albumines de constitution.

Il s'agit là d'albumines hydratées, et ces cas rentrent dans ceux que j'ai groupés sous le nom d'*hydroalbuminuries*. C'est également parmi ces cas, que doivent rentrer beaucoup de ceux que l'on a réunis sous le nom d'albuminuries post-digestives, physiologiques ou transitoires, etc.

Dans ces cas, du reste, ce n'est pas seulement par le rein que s'éliminent ces produits albuminoïdes. Ils le font également par une exagération des divers mucus, catarrhe bronchique, coryza chronique, catarrhe vésical, entérite muco-membraneuse, flueurs blanches, écoulements urétraux et enfin une grande variété de dermatoses humides.

D'autre part, nous avons déjà vu, en étudiant la ration de l'engraissement du bœuf toute l'importance que prennent les *azotés* dans cet engraissement. Pour ce bœuf, du poids initial de 500 kilogrammes, leur quantité s'élève de 1.349 grammes à 2.027 et enfin à 2.353 grammes, c'est-à-dire une augmentation presque du double.

Cette pratique des éleveurs, du reste, est justifiée par des expériences suivies avec toute la rigueur scientifique.

J'ai déjà mentionné l'heureuse influence qu'a l'augmentation des *azotés* dans la production du beurre chez la chienne qui nourrit. En outre, Tscherinoff a pu engraisser des poulets en ne leur donnant que des albuminoïdes épuisés de graisse par l'éther ; et enfin Pettenkoffer et Voit ont montré qu'en laissant la même quantité d'hydrate de carbone on peut faire augmenter considérablement la graisse fixée, en augmentant les albuminoïdes.

Aïnsi, la transformation des albuminoïdes en matières grasses, non

seulement est démontrée ; mais les faits que je viens de citer, et surtout ceux relatifs à l'engraissement, ne laissent aucun doute sur ce point que ce sont les albuminoïdes en excès qui favorisent le plus la formation et la mise en réserve de ces corps.

Quant à leur mode de formation, j'ai déjà donné la formule qui les explique à propos de la formation du glucose par les *azotés*. D'après la formule, de A. Gautier, l'hydratation de l'albumine donne lieu à la formation de la tripalmitine, de l'urée, de l'acide lactique, de l'acide carbonique et du soufre.

Enfin, je viens de le rappeler, l'exagération des albuminoïdes peut donner lieu à la formation de l'acide lactique, qui, lui-même, en se quadruplant passe à l'état de lactose que l'organisme transforme finalement en glucose.

Ainsi, l'exagération des albuminoïdes, les autres aliments restant normaux, peut donner lieu, soit à des hydro-albuminuries, soit à la réserve des corps gras, sert à la formation du glucose. Or, dans ce dernier cas, les hydrates de carbone étant déjà fournis à l'organisme en quantité suffisante, il est évident que cette substance étant en excès ne sera pas brûlée qu'elle restera dans le sang ; et que, comme elle dialyse, elle passera à travers le filtre renal : la glycosurie sera constituée.

Je tiens à faire remarquer que dans le cas où les albuminoïdes se dédoublent pour donner lieu soit à des corps gras soit à du glucose, il y a toujours formation d'urée et le plus souvent aussi formation d'acide urique en excès.

Enfin, il est important de signaler que d'une manière très générale, l'exagération des azotés conduit à l'augmentation de la plupart des tissus dont ils constituent la partie la plus importante. Le tissu musculaire, après le sang, est un de ceux qui subissent cette influence de la manière la plus marquée. En nourrissant comparativement des lapins avec du fromage et d'autres avec de l'herbe, j'ai vu les hématies s'élever à 6.600.000 tandis que ces derniers n'en avaient que 5.000.000.

Le sang était manifestement plus riche en couleur, et il en était de même des muscles. Ceux-ci, y compris le cœur, étaient beaucoup plus développés. Il serait enfin possible qu'il en fût de même de certains autres éléments anatomiques et entre autres des éléments glandulaires. J'ai constaté, en effet, une augmentation notable du volume du foie.

Les cas dans lesquels les *hydrates de carbone* et les *aliments gras* sont en même temps en excès, ne prêtent à aucune considération particulière. Les phénomènes que j'ai exposés pour chacun d'eux, ne feront que s'exagérer. Il pourra y avoir de la glycosurie passagère, ou formation exagérée et mise en réserve des corps gras.

Il y a également peu de modifications quand les *trois catégories d'aliments* sont augmentées en même temps.

Mais ici une autre question se présente. Si ces trois aliments sont tous en excès, quels sont ceux qui sont dépensés de préférence ? et quelles sont les modifications que, de préférence également, subissent les autres ?

Sans que l'on puisse être trop affirmatif, on peut considérer comme probable que, sauf peut-être pour la gélatine, que l'organisme utilise volontiers pour faire du calorique, ce sont les hydrates de carbone qui sont dépensés de préférence. Il semble que l'organisme ne s'adresse aux corps gras que lorsque les hydrates de carbone sont insuffisants pour assurer la calorification à eux seuls ; et parmi eux, je pense qu'il faut placer l'alcool, quand il est pris à dose modérée.

Puis viennent les corps gras. Ceux-ci, si les hydrates de carbone sont suffisants, sont mis presque en totalité en réserve. Dans le cas contraire, ils sont dépensés avant les azotés.

Quant à ces derniers, il faut distinguer ceux qui résultent de l'usure du protoplasma de ceux qui sont introduits par l'alimentation. Les premiers, qui ont déjà subi un commencement d'hydratation, sont probablement plus facilement dépensés ; mais les autres ne le sont que tardivement et probablement aussi, au moins en partie, seulement après les corps gras. De plus, le calorique nécessaire à l'organisme pouvant être fourni par les hydrates de carbone et les corps gras, leur désassimilation, soit leur minéralisation, se fait lentement et donne lieu à une proportion beaucoup plus grande de produits de combustion incomplète et notamment de l'acide urique.

Enfin, je considère comme probable que ces produits de combustion incomplète jouent un rôle important dans les modifications que subissent le tissu conjonctif et ses dérivés dans les maladies de surnutrition, que j'identifie avec les maladies arthritiques, modifications dont la principale est la sclérose.

## V

### OBÉSITÉ ET DIABÈTE CONSIDÉRÉS COMME DES PROCÉDÉS DE RÉGULATION THERMIQUE

Dans ce qui précède, nous avons vu successivement que, lorsque l'excès d'aliments est peu considérable, l'organisme peut, grâce aux moyens dont il dispose pour régulariser sa température, éviter les inconvénients que cette exagération peut présenter ; et ensuite que, lorsque l'exagération des aliments est poussée plus loin, l'organisme peut encore éviter les inconvénients qui en résultent en transformant passagèrement une partie de ces

aliments en hydroalbumines et glucose qu'il élimine et en corps gras qu'il met en réserve. Jusqu'à présent même, c'est ce dernier moyen qui a été principalement utilisé. Cet excès d'aliments nous a conduit ainsi à la pléthore sanguine, à l'exagération des divers tissus, notamment des musculaires et à l'obésité. Mais ce procédé lui-même, si puissant qu'il puisse être, finit par devenir insuffisant. Dès lors, la mise en réserve des corps gras ayant donné tout ce que l'organisme peut lui demander, celui-ci se voit condamné à s'adresser à un autre procédé.

Les hydrates de carbone, après avoir été transformés en glucose, s'ils ne peuvent être ramenés à l'état de glycogène ou y rester, s'éliminent comme glucose, ou passent à l'état de corps gras. Ceux-ci, nous l'avons vu également, peuvent aussi être transformés en glucose ; et ce dernier, étant en quantité trop considérable pour être dépensé, reste à l'état de glucose et se trouve éliminé comme tel. Enfin les azotés sont également dédoublés en glucose qui forcément s'élimine comme précédemment, ou bien se transforment en corps gras, qui, à leur tour, les réserves de ces corps ne pouvant être dépassées, vont de nouveau se transformer en glucose qui s'éliminera.

De sorte, qu'on le remarque, que les limites de la mise en réserve des corps gras étant atteintes, les trois catégories d'aliments, soit directement, soit indirectement, sont conduites à la formation de glucose dont l'organisme se débarrasse en le laissant dialyser à travers le filtre rénal.

Grâce à ce stratagème, l'organisme peut se débarrasser de l'excès des trois catégories d'aliments : les *hydrates de carbone* sont éliminés directement à l'état de glucose ou, après leur transformation en corps gras, à l'état de glucose, d'acide carbonique et d'eau ; les *corps gras* s'éliminent également à l'état de glucose, d'acide carbonique et d'eau ; et quant aux *azotés*, l'organisme s'en débarrasse à l'état d'hydroalbumines, de mucus, de glucose, d'acide carbonique, d'eau, d'urée, d'acide urique et autres produits azotés de combustion incomplète. En somme, grâce à ce dédoublement des divers aliments en substances dialysables, celles-ci s'éliminent par les reins, les muqueuses ; et, leurs autres produits s'éliminant par les voies cutanée et respiratoire, l'organisme se débarrasse des aliments en excès ; il évite ainsi les inconvénients qui peuvent résulter de cet excès. Mais, dès lors, le diabète est constitué ; il a succédé à l'obésité qui, cliniquement, en effet, semble toujours le devancer.

Ainsi, en résumé, cette étude pathogénique du diabète faite en nous basant sur les données physiologiques les moins discutables, nous conduit à le considérer, ainsi que l'obésité, non comme une maladie, mais au contraire comme un stratagème mis en œuvre par l'organisme pour éviter l'excès des aliments de diverses catégories. La mise en réserve de ces aliments sous forme de glycogène et de corps gras constitue un premier

moyen, et leur transformation en substances dialysables, hydroalbumine, glucose, urée, en constitue un second, qui comprend le diabète, l'hydroalbuminurie, et les exagérations de toutes les sécrétions que j'ai réunies sous le nom de *mucorrhées*.

Faisons un pas de plus dans cette voie ; rappelons-nous l'exagération de l'acide urique, lorsque les albuminoïdes brûlent lentement et d'une manière incomplète, et nous nous expliquerons une autre période de ces affections dites de *nutrition :* la précipitation de l'acide urique dans les tissus les moins irrigués, les moins riches en vaisseaux et les plus éloignées du centre, dans le cartilage de l'articulation tarso-métatarsienne. C'est la *goutte* qui apparaît. Déjà, du reste, la formation de cet acide urique en excès avait pu nous expliquer une série de troubles qui constituent le cortège habituel de cette affection, tels que la gravelle, les coliques néphrétiques, les calculs, etc.

## VI

### CAUSE GÉNÉRALE QUI PRÉSIDE AUX MODIFICATIONS SUBIES PAR LES ALIMENTS ASSIMILÉS EN EXCÈS

Mais, dira-t-on, sous quelle influence l'organisme dédouble-t-il ces azotés en urée et en glucose? sous quelle influence transforme-t-il les corps gras ? Qu'est-ce qui règle ces transformations ? Comment enfin est fixée la limite de la mise en réserve des corps gras ?

Il me paraît indiscutable que tous les faits que je viens d'exposer, dédoublement des divers aliments en corps gras et transformation de ceux-ci en glucose, sont réglés par des lois physico-chimiques, et que leur application participe de la régularité et de l'immuabilité de ces lois. Quant à leur sens précis, nous devons reconnaître qu'il nous échappe encore. Cependant, il me semble que déjà A. Gautier nous a placé sur la voie qui doit nous le faire connaître, en considérant ces faits comme sous la dépendance de l'hydratation, qui, elle-même, pour les matières organiques est la conséquence de la vie anaérobie.

« Nous pensons, dit A. Gautier, que dans beaucoup de cellules des phénomènes d'hydratation presque identiques précèdent toute oxydation. Si on considère, en effet, que tout ou presque tout l'azote est excrété à l'état d'urée ; que les matières grasses se produisent nécessairement aux dépens de ces albuminoïdes dans toute cellule en état de régression vitale, imparfaitement irriguée par le sang ; qu'à côté d'elles apparaissent toujours les hydrates de carbone ; que l'acide carbonique lui-même est un produit de la destruction bactérienne, à l'abri de l'air, des substances albuminoïdes ; que le soufre de ces dernières passe à l'état de soufre libre ou d'hydrogène

sulfuré avant d'être brûlé dans l'économie et rejeté sous forme d'acide sulfurique conjugué, on sera, sans doute, frappé de l'équation suivante qui résume et explique par une simple hydratation la formation des substances fondamentales qui dérivent du premier stade de la désassimilation des albuminoïdes. » Et M. Gautier donne la formule que j'ai déjà reproduite.

Ainsi donc ce qui domine l'apparition de l'hydratation, c'est la vie anaérobie ou du moins la vie insuffisamment aérobie. Or, cela étant, ne peut-on pas admettre que cette insuffisance de l'oxygène est créée par le fait seul de l'exagération des substances organiques et surtout des albuminoïdes, dans l'organisme? L'arrivée de l'oxygène dans celui-ci a forcément une limite ; et la quantité introduite par la surface pulmonaire, très suffisante tant que la quantité des aliments est normale, ne l'est plus quand ceux-ci sont exagérés. Albuminoïdes et corps gras, pour se maintenir dans leur état de constitution normale, ont besoin d'une quantité donnée d'oxygène ; et quand celui-ci leur fait défaut, les uns et les autres subissent des hydratations successives qui les transforment en hydrates de carbone, avant de les dédoubler définitivement en eau et en acide carbonique. N'est-ce pas ce que nous voyons, sous l'influence de l'inhumation, dans la transformation des muscles en gras de cadavre?

Nous arrivons donc à cette hypothèse, que la transformation des albuminoïdes en corps gras et en hydrates de carbone, et celles des corps gras dans ces dernières substances, dépend de leur oxygénation insuffisante, et que cette dernière dépend à son tour de l'exagération des substances organiques absorbées.

Le moment où commencent ces hydratations dépendrait donc de deux conditions : 1° de l'exagération plus ou moins grande des substances organiques assimilées ; 2° de la quantité plus ou moins grande d'oxygène que peut recevoir l'organisme ; et, on conçoit que chacune de ces deux conditions, par ses variations, puisse devancer ou retarder le moment qui verra commencer l'hydratation. Avec une oxygénation largement assurée, il faudra une plus grande quantité de matières organiques ; et, au contraire, une quantité beaucoup moindre de ces matières suffira, si l'oxygénation elle-même, pour une raison quelconque, est ralentie.

Telle me paraît être, dans ses grandes lignes et dans sa conception la plus simple, la pathogénie de l'obésité et du diabète. Mais, évidemment, ce n'est là qu'une évolution schématique ; et, dans le domaine clinique, il faut s'attendre à lui voir perdre de sa régularité. Toutefois, à la condition de la connaître et de la chercher, je pense qu'on pourra la retrouver. Il faudra se souvenir que chacune des conditions dont elle dépend, quantité de substances assimilées, dépenses de l'organisme et oxygénation, peut varier ; et qu'en outre des conditions propres au sujet lui-même, cette évolution dépend aussi des ascendants.

L'obésité et surtout le diabète, en effet, relèvent autant de l'hérédité que des influences personnelles ; et cette hérédité peut se traduire par de nombreuses particularités parmi lesquelles je crois devoir signaler plus spécialement l'*état des fonctions digestives*, l'*adipogenèse* et l'*état du tissu conjonctif*.

Les prédisposés à l'obésité et au diabète, le plus souvent, ont reçu de leurs parents des *organes digestifs* excellents qui se perfectionnent encore à la table de ces derniers par un exercice régulier. On ne peut devenir obèse et diabétique, en effet, qu'à la condition d'avoir des organes digestifs résistants.

Sous le nom d'*adipogenèse*, je désigne l'ensemble des phénomènes qui commençant à l'assimilation des divers aliments gras et autres, les conduisant à la mise en réserve sous forme de corps gras dans la cellule adipeuse. Or, il est incontestable que chacune des opérations nécessaires à l'accomplissement de cette mise en réserve se fait plus facilement chez certaines personnes que chez certaines autres ; et aussi que l'hérédité joue un rôle considérable dans le développement des conditions organiques dont dépendent ces opérations. L'excès des aliments assimilés sur ceux qui sont nécessaires à l'organisme est toujours indispensable ; mais cet excès existant, les divers organismes opèrent différemment pour ne pas le brûler, et cela, je le répète, suivant certaines conditions organiques natives.

Enfin les prédisposés à l'obésité, et surtout au diabète, ont reçu héréditairement un *tissu conjonctif* ayant de la tendance aux développements anormaux, atrophiques, hypertrophiques, néoplasiques, et surtout à la sclérose ; de sorte que, d'une part, les échanges sont facilement diminués par l'artériosclérose, et que, d'autre part, les éléments nobles, nerveux et épithéliaux, sont souvent mis par son développement anormal, en état d'insuffisance fonctionnelle.

## VII

### RÉSUMÉ ET CONCLUSION

*Résumé.* — De tout ce qui précède j'arrive aux conclusions suivantes :

1° Le sucre urinaire et les corps gras mis en réserve ne peuvent provenir que des substances organiques de nos aliments : mais toutes ces substances peuvent les fournir ;

2° Dans les conditions d'une alimentation réglée sur les dépenses de l'organisme, en albuminoïdes et en calories, le glucose est dépensé au fur et à mesure de sa formation ; et il est même probable que son passage de

l'état de glycogène à celui de glucose ne se fait qu'au fur et à mesure des besoins des oxydations ;

3° Lorsque les aliments absorbés dépassent de peu les quantités nécessaires à l'organisme, celui-ci peut maintenir l'équilibre des dépenses et des apports, en exagérant les dépenses de la radiation cutanée, soit en augmentant la circulation périphérique soit en mettant en œuvre la fonction sudoripare ;

4° Mais, lorsque ces moyens sont insuffisants, l'organisme a recours à d'autres procédés qui nous sont démontrés expérimentalement et expliqués chimiquement. Ce sont ces procédés qui font l'objet de cette étude ;

5° Si, les azotés et les corps gras restant dans les proportions normales, les *hydrates de carbone* seuls sont augmentés, ou bien ils ne sont pas déshydratés pour être transformés en glycogène et restant à l'état de sucre dialysable, ils passent à travers le filtre rénal, en donnant ainsi lieu à de la glycosurie ; ou bien, si le glucose a été déshydraté et que la réserve ne glycogène ne puisse plus être augmentée, il est tranformé en corps gras et mis en réserve. C'est l'obésité qui commence ;

6° Si ce sont les *corps gras* qui sont en excès, les autres aliments restant en proportions normales, ces corps gras sont modifiés dans le sens de ceux de l'organisme ; et ensuite une partie peut être éliminée sous forme de matière sébacée dont la sécrétion, dans ces conditions, s'exagère ; et l'autre partie, le plus souvent la plus grande, est mise en réserve pour constituer l'obésité ;

Mais, de plus, lorsque la limite de l'adiposité est atteinte, et cette limite varie avec chaque personne, les corps gras s'hydratent ; et cette hydratation les transforme en glucose qui dialyse à travers le filtre rénal. Le diabète se joint à l'obésité ;

7° Si ce sont les *azotés* qui soient seuls en excès, après qu'une certaine quantité s'est transformée en produits fixes, plasmas divers, fibres musculaires, etc., le reste s'hydrate ; et par des hydratations successives se transforme en corps gras, en hydrates de carbone, en urée, en acide carbonique, en eau et en soufre.

L'urée, l'acide carbonique et l'eau sont éliminés en nature par la voie urinaire, la voie cutanée ou la voie pulmonaire. Le soufre passe à l'état de sulfate et s'élimine à son tour. Les corps gras sont mis en réserve pour constituer l'obésité, à moins que, ainsi que je l'ai dit, les limites de l'adiposité étant atteintes, l'hydratation ne continue à les transformer en glucose qui dialyse. Enfin les hydrates de carbone peuvent, eux aussi, se transformer en corps gras, pour être mis en réserve ou en glucose pour être éliminés ;

8° Lorsque l'excès porte sur plusieurs catégories d'aliments, dans l'état actuel de la science, nous devons considérer comme probable que ce sont

les hydrates de carbone qui seront dépensés de préférence par l'organisme, les corps gras et les azotés ne l'étant que lorsque les hydrates de carbone l'auront été ; et enfin les corps gras le seront avant les azotés, ceux-ci l'étant dans les derniers.

Toutefois, il y a lieu de croire que ces préférences de la part de l'organisme ne sont pas exclusives, et que les divers aliments sont utilisés simultanément, mais dans les proportions que je viens d'indiquer ;

9° Les hydratations, faisant passer, d'une part, les hydrates de carbone et une partie des azotés à l'état de corps gras, et, d'autre part, les corps gras ainsi qu'une partie des azotés à l'état de glucose, sont réglées par l'insuffisance de l'oxygénation de l'organisme, et cette insuffisance de l'oxygénation l'est elle-même par l'exagération des aliments gras et azotés non utilisés.

Conclusions. — 1° *D'après ces idées, l'obésité et le diabète ne devraient plus être considérés comme des affections, mais seulement comme des moyens employés par l'organisme pour mettre en rapport ses dépenses avec les aliments assimilés.*

2° *Il en est ainsi au moins au début de ces deux processus, et jusqu'au moment où, probablement sous l'influence de l'action prolongée des produits intermédiaires de ces dédoublements, certains tissus auront été modifiés et auront subi des modifications durables.*

3° *Enfin ces deux autres conclusions se dégagent également de tout ce qui précède : la première que ces deux affections ne peuvent apparaître que sous l'influence de l'absorption d'une quantité d'aliments supérieure à celle que comporte les dépenses ; et la seconde, que, pour faire disparaître l'une et l'autre, tant qu'il n'y a pas altération des tissus, il doit suffire de bien doser l'alimentation.*

C'est, en effet, ce que m'a prouvé une expérience clinique qui date maintenant de près de quinze ans et c'est ce que je me propose de montrer dans un autre travail consacré au traitement.

# M. le Dr BOSCHE

à Brive.


## FRACTURE COMMINUTIVE DE LA FOSSE ORBITAIRE DROITE AVEC ABLATION SPONTANÉE DE L'ŒIL ET PERTE DE SUBSTANCE CÉRÉBRALE. — ABLATION D'UN FRAGMENT ENFONCÉ. — GUÉRISON. [617.529

*— Séance du 13 août —*

Observation. — Je fus appelé, le 16 mars dernier, auprès d'un homme de trente-six ans, ouvrier dans une scierie mécanique, lequel venait d'être relevé sans connaissance, perdant du sang par le nez et par la bouche. Une planche,



Fig. 1.

saisie à faux par la scie circulaire, avait fait bascule et était venue, violemment projetée, frapper à l'œil l'ouvrier en question.

J'arrivai sur les lieux de l'accident une heure environ après qu'il s'était produit. Le blessé était étendu sur un lit improvisé à la hâte. Son état est le suivant : il y a un certain degré de commotion, car le malade ne répond que très imparfaitement aux questions et n'a qu'une connaissance incomplète. Mais, d'autre part, il n'y a ni paralysie, ni résolution musculaire des membres; pas d'anesthésie.

L'œil droit est complètement vidé et enfoui sous des esquilles d'os et des lambeaux cutanés. La voûte orbitaire présente une dépression à son tiers moyen ; une partie du squelette a pénétré dans la substance cérébrale et celle-ci, dilacérée, apparaît à l'extérieur, présentant le volume d'une grosse noix.

La palpation du front est très douloureuse et provoque au niveau du tiers interne de la voûte orbitaire une crépitation très marquée, laissant croire à une fracture des os propres du nez. L'index, introduit prudemment dans la cavité orbitaire, révèle une fracture de ladite cavité de 3 centimètres au moins de profondeur. L'esquille, résultat de la fracture, est libre de toute adhérence et peut être enlevée sans aucune traction. Elle a la forme d'un coin allongé dont la base est formée par le rebord orbitaire. La violence du heurt l'a fait basculer et son axe est devenu presque perpendiculaire à celui de la voûte. La pression la plus légère du doigt sur cette esquille provoque une douleur extrêmement vive (compression de la dure-mère). J'ordonne une application de glace sur la tête et l'administration d'un lavement purgatif. Pansement boriqué. La journée se passe sans agitation marquée. T. V. = 37°,3.

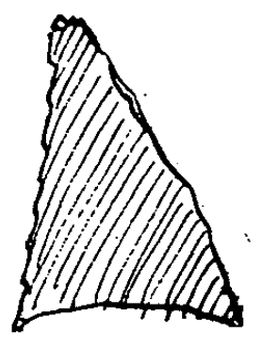


FIG. 2.

*17 mars.* — Dès le matin, après des lavages réitérés de la région avec une solution à 1/1000e d'oxycyanure de mercure, j'enlève l'esquille principale avec le doigt et, au moyen d'une pince, une série de petites esquilles enfoncées dans la pulpe cérébrale. Au moyen d'une curette, je recueille gros comme une grosse noix de pulpe cérébrale, réduite en une bouillie semi-fluide et, le plus légèrement possible, cherche à débarrasser la plaie de tous les moindres fragments osseux. Ceci fait, j'applique dans la cavité orbitaire une compresse de gaze boriquée imbibée d'eau boriquée à 2 0/0, puis une série de compresses phéniquées à 1/500e ; une lame de taffetas gommé et une bande complètent le pansement. Inutile de dire qu'au préalable, je régularisai et rapprochai par deux points de suture les lambeaux cutanés.

La température vespérale et de 37°,5.

*30 mars.* — Je recommandai de maintenir jour et nuit un sac de glace sur le front, de laisser le malade dans le plus grand calme et une demi-obscurité, de l'alimenter avec du lait, des œufs et des bouillies, de ne lui donner ni vin, ni café, de lui administrer tous les soirs un lavement glycériné, puis un second petit lavement tous les deux soirs avec 1gr,50 d'hydrate de chloral. — La température, prise régulièrement le soir, ne s'est jamais élevée au-dessus de 37°,5.

Je revis le blessé le 30 mars et lui renouvelai le pansement, lequel je fis à sec cette fois-ci.

*5 avril.* — Le pansement est définitivement enlevé. Seule une lame de coton hydrophile et une bande de toile légère protègent la plaie.

Aujourd'hui, 3 août, le blessé est en parfait état de santé et son état cérébral est absolument satisfaisant.

Le cas nous a paru digne d'intérêt et, avec Chipault, nous nous appuierons sur cet exemple pour conseiller d'intervenir d'emblée, dans les fractures du crâne comminutives ou déprimées, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas d'accidents cérébraux localisés.

# M. le Dr E. PUJOL

Médecin consultant à Ussat-les-Bains.


## GUÉRISON PAR LE TRAITEMENT THERMAL D'USSAT DU GOITRE EXOPHTALMIQUE.

[616.4:615.79]

*— Séance du 13 août —*

J'ai l'honneur d'attirer votre attention sur un résultat positif, constant, produit par le traitement hydro-minéral d'Ussat : la guérison du goître exophtalmique.

De partis pris, afin de ne pas lasser votre bienveillance, je n'examinerai pas l'action depuis longtemps proclamée et reconnue de nos eaux sur les autres maladies nerveuses, et aussi sur les maladies de la femme, depuis la puberté jusques et y compris la ménopause.

Je ne citerai que pour mémoire les différentes causes, dont on a fait dépendre la maladie de Basedow : l'anémie, la compression des nerfs et vaisseaux du cou, les maladies de cœur, les altérations du sympathique cervical, les lésions bulbaires, l'hyperthyroïdation de l'organisme, etc. Ce n'est pas ici le moment de se livrer à une discussion pathogénique.

Il me sera permis de rappeler qu'un très grand nombre de médicaments ont été vainement essayés dans le traitement de cette affection. Le traitement chirurgical lui-même est impuissant, puisque, après les diverses interventions qui ont été pratiquées, il s'est toujours produit un retour de quelques-uns des phénomènes morbides qui caractérisent le syndrôme qui nous occupe.

Il y a quatre années, huit observations de guérison de la maladie de Basedow par les eaux d'Ussat ont été publiées, guérison qui s'est maintenue depuis.

L'observation d'un neuvième cas m'engage à vous faire cette communication, parce que cette observation est pour ainsi dire, capitale, autant par l'ancienneté de la maladie que par la notoriété des maîtres qui ont contribué à la soigner.

Voici cette observation :

« Mlle X..., vingt-six ans, sans antécédents héréditaires ou personnels bien chargés vient l'an dernier à Ussat (1901), pour y accompagner une parente qui devait y faire un traitement. Son facies attira mon attention et il ne fut pas difficile de diagnostiquer le goître exophtalmique. Rien n'y manquait.

» La maladie avait débuté dix ans auparavant, à la suite d'un surmenage cérébral. Depuis lors, cette jeune fille avait suivi les conseils de

maîtres distingués, tels que Raymond, Pitres, Grasset et Rémond (de Metz). Elle avait été soumise à divers traitements : thyroïdine, antipyrine, valérianates, etc. Rien n'avait pu lui donner le moindre soulagement. Une intervention chirurgicale lui fut même conseillée.

» Sceptique, désabusée, M^lle X... voulut bien suivre le traitement hydriatique qui lui fut indiqué. Deux saisons thermales furent faites dans le courant de l'année qui amenèrent la disparition graduelle de tous les symptômes. Le pouls descendit de 120 à 80, l'exophtalmie s'effaça ainsi que le goître, et M^lle X..., pour qui toutes les occupations manuelles demeuraient interdites, put même se livrer à la broderie. Revue en 1902, la seule constatation faite chez la malade, c'est que la guérison s'était maintenue. »

Le corps médical aura donc désormais à sa disposition une précieuse ressource, dans les eaux d'Ussat, pour guérire le goître exophtalmique.

Cette affirmation faite dans une publication sur Ussat en 1899, a été reproduite dans le rapport déjà déposé à l'Académie de Médecine en 1901, par M. Gauchery délégué comme stagiaire des eaux minérales de l'Ariège, pour la même année.

J'ai l'honneur de vous donner confirmation de ce qui a été déjà dit ou fait, en vous donnant lecture d'une observation nouvelle.

Ussat guérit la maladie de Basedow.

Et, à l'avenir, pourra être considéré comme coupable le médecin qui, pour des raisons que je n'ai pas à examiner ici, ne fera pas bénéficier ses malades des ressources qui lui sont indiquées.

Car même en admettant que le traitement chirurgical et le traitement balnéaire aboutissent tous les deux à des résultats identiques, il est difficile de concevoir une malade qui refusera l'emploi de celui-ci pour n'avoir recours qu'à celui-là.

---

M. ROHR

Vétérinaire-Major au 17^e régiment d'artillerie.

## UN CAS D'ARTÉRIO-SCLÉROSE CHEZ LE CHEVAL [616.13:619.1]

*— Séance du 13 août —*

*Observation.* — Le 23 octobre, le cheval *Concours*, âgé de quinze ans, nous est présenté dans l'après-midi sous le coup de violentes coliques : face crispée, injection des conjonctives, artère tendue ; il frappe violemment le sol, marche la tête basse, les membrés à demi-fléchis ; il s'accroupit parfois sur les jarrets après

une torsion brusque de l'arrière-main puis se redresse pour se laisser ensuite tomber. Ces symptômes alarmants ont de courtes rémission pendant lesquelles l'animal est abattu et d'une indifférence absolue à tout ce qui l'entoure.

La mort survient vers deux heures du matin.

*Antécédents.* — *Concours* est arrivé au corps en février 1888. Il fut traité pour coliques en 1893, en février et en décembre 1895, en août 1896 et enfin en octobre 1899. Les symptômes augmentaient de gravité à chaque atteinte.

Ce cheval, bien qu'ayant un très bon appétit, a toujours été dans un état juste, restant malgré cela très vigoureux et très énergique. C'était la monture ordinaire d'un trompette et n'a été classé cheval de trait que depuis un an; dans ce nouveau service, on le considérait comme très bon, tirant même avec trop d'ardeur.

Depuis sa sortie de la remonte, on avait remarqué une raideur générale plus accentuée dans la région des reins, ce qui lui donnait dans la batterie la renommée d'un mauvais cheval de manège se tournant tout d'une pièce.

*Autopsie.* — *Cavité abdominale.* — Contient dix litres d'un liquide jaunâtre, strié de sang, tenant en suspension des matières alimentaires. L'intestin grêle n'a rien d'anormal. Le gros côlon au niveau de la courbure pelvienne est déchiré suivant une direction circulaire et perpendiculaire à l'axe du canal de l'intestin; les bords sont échymosés, dilacérés, et les tuniques intestinales inégalement rétractées.

Le gros côlon et le cœcum présentent des altérations congestives et hémorragiques accentuées et étendues. Ces foyers hémorragiques sont très prononcés au niveau de l'insertion du mésentère; les veines mésentériques sont fortement engorgées; les parois de l'intestin sont épaissies, friables, brunâtres; la muqueuse a une coloration rouge foncé presque uniforme.

Ces viscères, dans un état de réplétion exagérée, renferment une quantité considérable d'aliments. Les ganglions lymphatiques sont en général assez volumineux.

*L'estomac*, très distendu par les matières alimentaires, est adhérent au diaphragme par sa partie antérieure sur une étendue de 15 centimètres. Vide, son poids est de $3^{kg},500$, dépassant ainsi de beaucoup le poids moyen ($1^{kg},900$). Les parois sont épaissies, particulièrement sur la face antérieure.

On constate que la muqueuse est le siège de plusieurs ulcérations petites et de deux tumeurs ulcérées, dont une très étendue, 20 centimètres sur 3 centimètres, située sur la paroi antérieure de l'organe, dans le-cul-de sac gauche, sur la crête qui sépare les deux sacs, la coloration est d'un rouge verdâtre. La plus petite, de 5 centimètres sur 2 centimètres, est située sur la petite courbure au-dessous du cardia.

Les bords de ces ulcérations sont indurés, festonnés et taillés à pic; la muqueuse n'existe plus.

Les tissus sous-jacents, ainsi que ceux du pourtour, sur 4 à 5 centimètres, sont indurés; la paroi stomacale en ces points mesure 3 à 4 centimètres d'épaisseur.

Une coupe de ces tumeurs montre que l'infiltration néoplasique affecte la séreuse et la musculeuse; celle-ci présente un épaississement de ses trois couches dans la proportion exacte de leur développement normal.

Ces lésions constituent un véritable cancer de l'estomac à début déjà bien ancien.

*Foie.* — Le foie est plus petit, anémié et offre une résistance plus grande sous l'action de l'instrument tranchant. La séreuse, la capsule de Glisson et les cloisons lamelleuses de cette dernière qui pénètrent entre les granulations hépatiques sont épaissies.

Leur coloration est brun-muscade avec de grandes traînées d'un jaune clair.

*Reins.* — Les reins sont petits, le droit est manifestement atrophié. Le rein gauche pèse 560 grammes et le droit 525, les deux tiers de son poids normal. Ce dernier est contracté et résistant ; la capsule se détache difficilement de la substance corticale; le tissu crie sous l'instrument tranchant; la substance corticale est blanche, légèrement jaunâtre. Le tissu du rein gauche semble normal, bien que son poids soit également diminué.

*Aorte abdominale.* — Ce vaisseau est le siège d'un anévrisme fusiforme de 24 centimètres de long sur 22 centimètres de pourtour dans son milieu.

La dilatation débute au niveau du point où l'aorte traverse les piliers du diaphragme englobant le tronc cœliaque, la grande mésentérique et les artères rénales.

Ouverte dans le sens de la longueur, elle donne assez l'impression de la trachée en tant que diamètre et dureté des parois calcifiées de l'anévrisme. Cette crétification est complète sur une longueur de 12 centimètres vers le milieu de la dilatation aortique située un peu avant de la naissance de la grande mésentérique; le bord inférieur cependant laisse passer le ciseau sans trop de résistance. L'épaisseur est variable, elle est en moyenne de 4 millimètres vers le milieu pour diminuer progressivement vers les extrémités. Dans certains points, le calcaire forme à l'intérieur des saillies ou plaques de la dimension d'une pièce de 0 fr. 50 et moins. Il n'y a plus aucune trace de tissu élastique. Dans l'intervalle de ces plaques, et là où la lésion chronique est moins accentuée, on aperçoit des végétations assez volumineuses et résistantes, sortes de filaments dont l'extrémité libre flotte librement.

*Artère grande mésentérique.* — Dès son origine, ce vaisseau est le siège d'un anévrisme sacciforme de la grosseur d'une mandarine. On distingue trois sacs qui correspondent aux trois faisceaux. La paroi est épaissie, imprégnée de calcaire, disséminé en plaques ou en tramées. L'endartère très aminci a disparu dans certain point, laissant à nu ces calcifications qui se détachent facilement. L'un des sacs, au point d'émergence du faisceau droit, est tapissé par une sorte de calcul (*thrombus actif*) représentant assez le volume et la configuration d'une moitié de noix cassée par son milieu, à concavité vers l'intérieur et à convexité tenant à la paroi du sac. Ce calcul a une partie allongée en pointe encastrée profondément dans la paroi du vaisseau.

*Cavité thoracique.* — Le cœur droit légèrement hypertrophié montre des lésions d'endocardite. Les valvules sont tuméfiées, épaisses, rugueuses, à coloration d'un jaune grisâtre, présentant sur leur bord libre des granulations molles d'un gris rougeâtre.

On trouve des végétations sur l'endocarde du ventricule et des trainées chagrinées, épaissies, grisâtres, sur le septum.

*Poumons.* — On perçoit dans l'épaisseur du tissu pulmonaire des nodules très disséminés, peu nombreux et non groupés, de la grosseur d'un grain de chénevis ou d'un petit pois, mais non plus petit. Ces nodules constitués au sein du parenchyme pulmonaire sont très durs, ne s'écartent pas et ont absolument l'aspect du tubercule fibreux des anciens auteurs; ils sont homogènes dans toute leur épaisseur, lisses sur la coupe, sans ramollissement central et d'un blanc grisâtre.

En raison de la présence de ces tubercules, nous avons aussitôt examiné avec la plus grande attention la trachée, les cavités nasales, les cornets, les sinus, etc., nous n'avons rien trouvé qui puisse se rapprocher des lésions morveuses. Le tissu pulmonaire envoyé au laboratoire bactériologique de Laon n'a de même donné aucun résultat à ce point de vue spécial.

*Examen microscopique.* — La transformation athéromateuse de la partie anévrismée de *l'aorte* et de la *grande mésentérique* est entière et se remarque à ses différents stades. Vers le centre, où les lésions sont anciennes, le tissu conjonctif interstitiel est calcifié; dans d'autres points, ce sont des ulcérations athéromateuses irrégulières et à bords effacés. Dans les parties non calcifiées, en particulier vers les extrémités de l'anévrisme fusiforme, on aperçoit la formation de plaques athéromateuses. Ce sont des plaques boursouflées, confluentes, le plus souvent de dimensions variables; elles sont jaunâtres et dessinent un relief accusé sur l'endartère épaissie. En sectionnant une de ces plaques, on trouve au centre un bloc jaunâtre, plus opaque et plus sec, tout au moins là où nous les avons examinées; le reste de la plaque est formé d'un tissu conjonctif scléreux en dégénérescence granulo-graisseuse; dans d'autres points ce n'est qu'un épaississement scléreux presque vitreux par hyperplasie inflammatoire (formations conjonctives avec proliférations cellulaires).

Les coupes du *foie* nous montrent tous les caractères d'une cirrhose périlobulaire. Les lobules hépatiques ont diminué de volume et sont séparés les uns des autres par une couche épaisse de tissu conjonctif nouveau, quelques bandes fibreuses se sont glissées entre les cellules hépatiques de la périphérie des lobules.

Les coupes du *tissu pulmonaire*, préparées au point de vue bactériologique par la méthode Ziehe-Meelsen, ne montrent aucun bacille. Elles ont cependant l'aspect du poumon tuberculeux avec ses lésions de sclérose: cellules géantes, ovoïdes, un peu déformées renfermant des cellules secondaires, tissu conjonctif interlobulaire infiltré de tissu embryonnaire, parois alvéolaire épaissies par des cellules rondes et des fibrilles conjonctives.

*Pathogénie.* — La lésion primordiale est incontestablement l'endartérite de la grande mésentérique avec ses conséquences : l'anévrisme, le trombus actif et son incrustation calcaire au point de former un véritable calcul. La transformation athéromateuse des parois de l'aorte a dû suivre de très près, si toutefois elle n'a pas évolué par concomitance.

Nous n'avons pas remarqué la présence de sclérostomes. Mais, de ce que la plupart des auteurs attribuent au strongylus armatus l'irritation première de l'endartère, nous admettrons comme assez probable cette cause.

Le début de l'affection est bien ancien puisque le premier cas de colique

date du commencement de 1893 et que, depuis sa sortie de la remonte, ce cheval laissait à désirer comme entretien et était signalé comme ayant une certaine raideur.

L'anévrisme volumineux et les lésions considérables des parois de l'aorte, englobant le tronc cœliaque, la grande mésentérique et les artères rénales, ont certainement déterminé des troubles circulatoires (thromboses) suffisants pour expliquer les néoformations des parois stomacales et les scléroses diverses du foie, du rein droit, etc.

Ces états pathologiques ont eu pour résultante une exagération de la tension artérielle et, comme conséquence admissible, une répercussion sur le cœur et le poumon.

Quant aux complications du dernier accès de colique, congestion, paralysie et rupture intestinale, l'arrêt dans une ramification vasculaire d'un fragment détaché du trombus actif en est la cause efficiente.

Telle est, croyons-nous, la genèse de cette artério-sclérose et de sa généralisation.

---

M. E. M. ROHR

Vétérinaire-Major au 17e régiment d'artillerie.

## LIPOME PÉDICULÉ DU MÉSENTÈRE [616.993:619.1]

*— Séance du 13 août —*

Observation. — Le cheval *Colisée* qui nous a fourni cette observation est âgé de quinze ans, de robe foncée, représentant le beau type de trait léger d'artillerie ; de plus, énergique et n'ayant jamais été traité pour coliques pendant son séjour au régiment.

Le 18 juin, il nous est amené dans la matinée avec des symptômes assez violents de coliques : facies crispé, sueurs, membres à demi fléchis, frappant le sol et cherchant à se rouler ; ces symptômes s'amendent après quelques heures pour reprendre ensuite par périodes assez courtes, mais avec des manifestations moins violentes. Les symptômes particuliers qui nous frappent et nous laissent supposer une obstruction intestinale sont les mouvements d'encensoir de la tête, la position en sphinx que le malade prend assez souvent et la tendance à rester sur le dos lorsqu'il se roule ; la défécation est rare.

Le traitement classique est alors appliqué : saignées, breuvages calmants, frictions, injections de pilocarpine, lavements, sinapisme, etc. ; la mort survient dans la nuit.

*Autopsie.* — Dès l'ouverture de la cavité abdominale, une petite quantité de liquide sanguinolent s'écoule. On remarque tout d'abord une forte congestion de l'intestin grêle au niveau du jéjunum, certaines parties sont gangrénées et sans résistance. En dégageant cette masse intestinale, on constate immédiatement les causes de ces lésions. Une anse intestinale accompagnée de son épiploon est enroulée autour du pédicule d'un lipome et enserrée, ainsi qu'une deuxième anse, entre le jéjunum et cette tumeur.

Les autres viscères abdominaux sont sains; il en est de même des différents organes.

Cette tumeur est un lipome de la grosseur d'un œuf d'autruche. Le pédicule mesure 10 centimètres de long et prend naissance dans l'épiploon, un peu au-dessus de son insertion sur la petite courbure (courbure supérieure du jéjunum). Débarrassé de la portion de l'intestin qui l'entoure et examiné avec soin, nous constatons que ce pédicule n'est autre que le mésentère très épaissi et étiré en forme d'entonnoir; un crayon entre facilement de toute sa longueur et n'est arrêté qu'à environ 1 centimètre de la base de la tumeur. Ce pédicule est rougeâtre d'aspect, ses vaisseaux sont ceux du mésentère qui se continuent et s'épanouissent sur la base du lipome. La tumeur est composée de deux parties lui donnant un aspect assez comparable au gland du chêne et à sa cupule. Elle mesure 13 centimètres sur 9, son poids est de 460 grammes.

La cupule assez résistante, à coloration d'un brun rougeâtre, dépasse légèrement la tumeur en surface. La coupe en est assez ferme, à coloration grisâtre. Elle est parsemée d'îlots irréguliers, de pelotons adipeux plus nombreux et plus volumineux vers le centre où ils se confondent avec la masse entièrement graisseuse qui lui fait suite sans qu'on puisse observer de transition brusque.

La partie qui correspond au gland de chêne débarrassé de sa cupule est presque sphéroïdale; sa surface est à coloration jaune marbrée de rouge. Incisée, on constate dans son milieu une graisse liquide réfringente; aucune délimitation n'existe entre les grandes vésicules graisseuses de la paroi et cette graisse liquide du centre. La partie extérieure est un revêtement fibreux et mince se détachant facilement.

Le microscope laisse apercevoir un tissu conjonctif assez abondant et à trame plus épaisse vers la base; ce réseau devient rare dans les autres points, où il n'est plus représenté que par de large mailles séparées par de fines cloisons; le tout est rempli exclusivement de cellules graisseuses.

*Pathogénie.* — Deux points importants sont à envisager: la formation du lipome, de son pédicule et l'enroulement de l'intestin ou volvulus.

Cette tumeur a bien son origine dans le mésentère et à la face adhérente du péritoine, puisque son enveloppe est de même nature que ce dernier.

En augmentant de poids, elle a entraîné et étiré le mésentère, qui constitue ainsi la paroi de cette sorte d'entonnoir ou pédicule.

En ce qui concerne le volvulus, on remarquera que l'anse intestinale est enroulée autour du pédicule et non le pédicule autour de l'anse. Une deuxième anse et la première sont emprisonnées entre le pédicule et la portion du jéjunum sur le mésentère de laquelle la tumeur a pris naissance.

Bien que de formation relativement ancienne, ce lipome ne semble pas

avoir été la cause directe de douleurs abdominales, ce cheval n'ayant jamais été antérieurement atteint de coliques.

Il n'en résulte pas moins qu'elles augmentent beaucoup les chances de complications ; dans le cas de *Colisée*, le volvulus a dû se former aisément à la faveur de ce lipome, pendant les quelques moments désordonnés du début des coliques.

---

M. J. BERGONIÉ
Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

## DE L'ÉLECTRODIAGNOSTIC SUR LE NERF MIS A NU CHEZ L'HOMME [615.84]

*— Séance du 8 août —*

Les cas dans lesquels on a recherché l'état de l'excitabilité du nerf mis à nu chez l'homme dans le but d'établir le diagnostic ou le pronostic sont fort rares. J'ai publié avec de Fleury (1) un cas de paralysie radiale grave dans lequel ces recherches avaient été faites, recherches qui avaient amené à conclure que l'intervention chirurgicale ne donnerait aucun résultat, pronostic vérifié depuis plus d'un an après l'intervention. Ce cas m'a semblé encourageant, puisque, d'une part, il avait confirmé les recherches d'électrodiagnostic faites sur le malade par la méthode ordinaire, en dehors de toute intervention chirurgicale, et, d'autre part, parce qu'il pouvait y avoir là un moyen, tiré de l'observation clinique, d'établir à nouveau les relations entre l'état anatomique du nerf et les réactions électriques.

La technique de semblables recherches est si simple qu'on a sous la main, dans tous les hôpitaux, les instruments nécessaires. Il suffit d'un appareil faradique quelconque; celui que l'on trouve habituellement dans toutes les salles d'opération convient parfaitement. Quant à l'excitateur, il suffirait, à la rigueur, d'avoir deux fils d'argent aseptiques, avec lesquels on prolongerait les rhéophores venant de la bobine. Mais il vaut mieux avoir un excitateur bipolaire semblable à celui qui sert pour l'électrolyse des

(1) J. BERGONIÉ et G. DE FLEURY, *Paralysie radiale grave par contusion légère ; Électrodiagnostic sur le nerf à nu et sous chloroforme ; Pronostic défavorable vérifié* (*Archiv. d'électr. méd.*, janvier 1901, p. 38).

angiomes. Sur cet excitateur bipolaire on peut emmancher deux aiguilles de platine ou même deux épingles ordinaires, convenablement aseptisées, soit par flambage, soit par tout autre moyen. On place ces épingles sur l'excitateur de manière que la tête des épingles et non leurs pointes soient les électrodes ; on se met ainsi à l'abri de toute blessure du nerf à exciter. D'ailleurs, le porte-aiguilles permet d'écarter plus ou moins les deux épingles l'une de l'autre et d'augmenter ainsi ou de diminuer la longueur du nerf parcouru par le courant.

Pour graduer l'excitation, il faut et il suffit d'essayer, au moyen de deux épingles autres que celles que l'on emploiera plus tard, d'essayer, dis-je, le pouvoir excitateur du courant sur la langue. Une bonne contraction de la langue indique un courant largement suffisant pour donner une excitation efficace sur le nerf sain, mis à nu.

Lorsqu'on portera l'excitateur dans les plaies faites par le chirurgien, il sera indispensable d'éponger l'organe à exciter et de faire l'hémostase aussi complètement que possible. Lorsque le nerf baigne dans le sang, les dérivations s'établissent par ce liquide autour de l'organe à exciter, et celui-ci peut n'être qu'insuffisamment atteint par l'excitation. Il faudra même, si c'est possible, comme dans tous les cas que j'ai observés, soulever le tronc nerveux de manière à le détacher des tissus environnants sur une faible partie de sa longueur, et c'est sur cette partie que sera portée l'excitation.

Lorsque l'excitation est efficace, on voit se produire une contraction énergique des muscles innervés par le nerf excité. Quelquefois ces muscles peuvent être à découvert, au moins en partie, dans la plaie chirurgicale, et alors l'épreuve n'a pas besoin d'être répétée un grand nombre de fois. Lorsque les muscles innervés sont situés sur une partie non découverte par la plaie chirurgicale, l'observation de la contraction est presque aussi facile. Dans tous les cas, il ne peut y avoir erreur du fait de la diffusion du courant, puisque les deux électrodes sont à quelques millimètres l'une de l'autre. On est donc bien sûr que si le muscle se contracte, c'est parce que le nerf moteur qui lui correspond a conservé son excitabilité.

La valeur de cette méthode de diagnostic nous paraît telle qu'elle permet de contrôler la méthode ordinaire et que souvent elle peut donner des résultats certains, lorsque la méthode ordinaire n'en donne pas ou n'en donne que de très incertains. Il arrive, en effet, souvent, que certains nerfs, à cause de la musculature du malade à examiner ou à cause de son adiposite, il arrive, dis-je, que certains nerfs sont fort difficiles à exciter par la méthode percutanée : le radial est de ceux-là. Nous savons que, quelquefois, chez des personnes parfaitement saines, il est impossible d'exciter le radial au bras, au niveau de la gouttière de torsion, à cause de la contraction du triceps qui, chassant l'électrode, l'empêche d'être portée direc-

tement sur le tronc nerveux. Lorsque des tissus cicatriciels se sont formés, soit après de grands traumatismes, soit après des brûlures profondes et étendues, la difficulté est quelquefois plus grande encore. Je ne parle pas ici des cas où l'œdème a envahi la région sur laquelle doit porter l'électrodiagnostic ; dans ce cas, les difficultés sont souvent insurmontables,

Mais, même si on peut atteindre le tronc nerveux, sur lequel doit porter l'électrodiagnostic, il n'est pas toujours facile de dire si oui ou non il a perdu entièrement toute trace d'excitabilité. Les tissus voisins, dans la méthode percutanée, peuvent, en effet, dériver la plus grande partie du courant, et l'on ne sait jamais au juste s'il en arrive assez sur le nerf pour mettre en évidence les dernières traces de son excitabilité. Or, ce point serait fort intéressant à connaître au point de vue du pronostic et aussi de l'intervention à conseiller.

L'électrodiagnostic fait sur le nerf à nu dans la plaie opératoire permet au médecin électricien de résoudre facilement cette question : le nerf est-il encore excitable ou non ? Il est bien rare, d'ailleurs, que le pronostic porté ne se vérifie pas entièrement. Dans l'observation publiée il y a dix-huit mois, le pronostic est encore exact ; dans les deux observations résumées qui suivent, bien que plus récentes, il en est encore de même.

Obs. I. — *Section du nerf cubital au bras. Pronostic défavorable porté d'après les réactions électriques. Opération. Mise à nu du nerf. Inexcitabilité du bout périphérique dans la plaie. Examen microscopique et suites confirment le diagnostic défavorable porté.*

Marie L..., dix-sept ans, blanchisseuse, adressée au service d'électricité médicale le 25 février 1902, avec le diagnostic de : « section du nerf cubital ».

Pas d'antécédents héréditaires.

En novembre dernier, s'est fait au bras gauche une blessure, en faisant passer un objet au-dessus d'un mur garni de tessons de bouteilles.

La plaie a guéri rapidement, mais la malade remarqua bientôt qu'elle ne distinguait plus avec sa main le chaud du froid, qu'elle était insensible aux piqûres, et que son avant-bras et sa main maigrissaient.

Entre dans le service de M. le Professeur Demons. La cicatrice siège à 4 centimètres au-dessus de l'épitrochlée ; la région interne de l'avant-bras, les muscles de l'éminence hypothénar, les interosseux et les lombricaux sont très atrophiés. Les mouvements d'extension sont incomplets. Anesthésie complète des régions innervées par le cubital.

*Réactions électriques* prises à travers la peau dans les conditions ordinaires. Excitabilité faradique perdue pour les muscles innervés par le cubital au-dessous du pli du coude. Le cubital lui-même est inexcitable au-dessous de l'épitrochlée, comme au-dessus de la plaie.

On porta un pronostic défavorable et comme diagnostic : dégénérescence du bout périphérique.

Opération faite le 12 mars 1902.

*Recherche de l'excitabilité du nerf mis à nu.* — Par une incision de quatre

travers de doigt, on met le nerf à nu. On constate que les deux bouts du nerf sont encore réunis, formant à ce niveau un épais bourrelet. Section du bourrelet. Le nerf étant soulevé, avec aiguille bipolaire aseptique on excite les deux bouts. Le bout périphérique ne répond pas, le bout central répond même à une faible excitation. Section du nerf; résection de 1 centimètre du côté périphérique. Nouvelles excitations, résultat négatif. Pronostic défavorable porté.

Les deux bouts sont affrontés et suturés.

L'examen histologique du fragment réséqué ne révèle plus aucun tube nerveux intact.

*Examen de la malade le 18 mars.* Mêmes réactions électriques qu'avant l'opération. Griffe cubitale décrite par Duchenne, Mêmes altérations de la sensibilité à la main; elle reparaît au-dessus du poignet.

La malade sort de l'hôpital.

*16 avril 1902.* — Mêmes réactions électriques. Amélioration fonctionnelle légère. La sensibilité est dans le même état que le 18 mars.

*6 juin 1902.* — Le cubital, dans la gouttière de l'épitrochlée, est inexcitable; les muscles cubitaux, dont on recherche les réactions à l'aide d'électrodes localisantes, sont inexcitables tant au courant faradique que galvanique.

Le pronostic défavorable porté se confirme de jour en jour.

*Juillet.* — Mêmes réactions.

Obs. II. — *Contusion du radial et fracture de l'humérus. Pronostic défavorable porté d'après les réactions électriques. Deux interventions chirurgicales. Inexcitabilité du bout périphérique dane la plaie. Incurabilité confirmée jusqu'à aujourd'hui.*

Marcel A..., vingt-six ans, cultivateur, adressé au service d'électricité médicale de M. le Professeur Bergonié, le 17 janvier 1902.

Cet homme a eu le bras gauche fracturé dans une machine à botteler le foin. La fracture a eu lieu, d'après les renseignements donnés, par traction et flexion. Presque de suite, sensation d'engourdissement, et la main devient pendante, les doigts étant en flexion. Un appareil de contention fut appliqué, et bientôt il entre à l'hopital, sur les conseils de son médecin.

Dans le service de chirurgie, où il se présente tout d'abord, on constate la paralysie des extenseurs des doigts et de la main, et l'on conclut à une lésion du nerf radial.

L'*examen électrique* donne une inexcitabilité complète du radial et fait porter un pronostic défavorable.

*Intervention chirugicale le 10 janvier.* — Au siège de la fracture, on met le nerf à nu, il est collé à l'os, non rompu, mais aplati comme s'il était rompu dans sa gaine, sous l'influence de la traction opérée lors de la fracture. On referme la plaie. Appareil de Hennequin.

Bientôt, l'impotence fonctionnelle continuant, et de l'anesthésie dans toute la région innervée par le radial étant venue la compliquer, le malade est renvoyé à la clinique électrothérapique.

*Examen électrique du 17 janvier.* — Atrophie assez marquée des muscles de la région antéro-externe de l'avant-bras, de ceux de l'éminence thénar, et aussi un peu des interosseux et des lombricaux. Dans toutes ces régions, la sensibilité persiste au contact, mais est abolie à la piqûre.

Les muscles intéressés ont une consistance molle, et la force musculaire est très diminuée à gauche.

La préhension des objets est difficile.

*Courants faradiques.* — L'excitabilité faradique est abolie pour tous les muscles innervés par le radial, sauf le long extenseur du pouce, qui est encore un peu excitable.

Le triceps est excitable.

Le radial dans la gouttière de torsion est inexcitable.

*Courants galvaniques.* — Secousse traînante pour les mêmes muscles, sans hyperexcitabilité. Equivalence polaire plutôt qu'inversion.

On conclut à la section physiologique du nerf.

Cependant, on institue un traitement électrique. Courants galvaniques rythmés, 20 mA. pendant une demi-heure.

Ce traitement est suivi pendant deux mois sans aucune amélioration. Devant cet insuccès, nouvelle intervention chirurgicale, pratiquée le 25 *mars*.

*Deuxième intervention. Excitation du nerf à nu.* — Le nerf est de nouveau mis à nu par une incision parallèle à celle de la précédente intervention. Avec l'excitateur bipolaire aseptique, on recherche son excitabilité. Conservée pour le bout central au-dessus de la cicatrice, elle est abolie pour le bout périphérique. On porte un pronostic défavorable.

La résection de la partie du nerf devenue fibreuse n'est pas tentée, car on n'aurait pas de quoi réunir les deux tronçons.

*Examen du 14 avril.* — Pas d'amélioration fonctionnelle.

Les réactions électriques n'ont pas varié.

Abolition d'excitabilité faradique pour le long supinateur, les radiaux et les extenseurs des doigts et de la main.

Inversion de la formule avec lenteur de la secousse à l'excitabilité galvanique.

Un nouveau traitement électrique institué n'amène aucune amélioration. Le malade, que nous avons examiné fréquemment au cours du traitement, est dans le même état. Il a quitté décidément l'hôpital au début du mois de mai, sans espérance de guérison.

Ces deux observations, comme celle déjà publiée, montrent, pour le premier cas aussi bien que pour le second, que l'électrodiagnostic par la méthode percutanée a été confirmé de tous points par l'électrodiagnostic sur le nerf à nu et par l'incurabilité qui a suivi. Dans le premier cas nous voyons, en outre, que l'examen microscopique confirme ce que l'on savait déjà sur la valeur de l'inexcitabilité faradique, ou réaction de Duchenne. En effet, l'examen histologique a révélé qu'il n'y avait plus aucun tube nerveux intact dans ce bout périphérique, qui avait perdu toute excitabilité.

Enfin, au point de vue du pronostic, ces deux cas montrent combien il faut peu compter sur les résultats d'un traitement électrique, même fait soigneusement et avec persévérance. A ce point de vue, l'inexcitabilité trouvée sur le nerf à nu est d'un pronostic beaucoup plus sombre que l'inexcitabilité trouvée par la méthode ordinaire percutanée.

Les conclusions de ce travail seront donc les suivantes :

1° Il est facile de rechercher l'état de l'excitabilité faradique du nerf mis à nu dans les interventions opératoires ;

2° Cette recherche donne les indications les plus précieuses pour le diagnostic et le pronostic ;

3° L'inexcitabilité constatée ainsi sur le nerf est d'un pronostic très sombre.

---

M. le Dr Stéphane LEDUC

Professeur à l'École de Médecine de Nantes.

## ACTION DES COURANTS CONTINUS SUR LES TISSUS SCLÉREUX ET CICATRICIELS

[537.31:615.84]

*— Séance du 8 août —*

Nous avons déjà publié antérieurement des observations montrant l'efficacité des courants continus pour empêcher, après les traumatismes et les inflammations, la formation des tissus scléreux et cicatriciels, et favoriser le retour à l'état normal (Action thérapeutique des courants continus, *Gazette médicale de Nantes*, *1893 ;* Traitement électrique d'une arthrite éberthienne, *Archives d'électricité médicale*). Depuis cette époque, notre expérience n'a fait que fortifier nos conclusions d'alors ; nous avons reconnu cependant que, par suite de la méconnaissance de cette action thérapeutique des courants continus, on rencontre un grand nombre d'infirmités, d'incapacités de travail entraînant le paiement de grosses indemnités, qu'il eût été facile de faire disparaître complètement par l'emploi des courants continus. C'est ce qui nous décide à revenir sur cette question, et à publier quelques observations montrant l'efficacité du traitement électrique dans ces cas.

Obs. I. — Un jeune homme de vingt ans, en arrivant au régiment, est pris d'un phlegmon de la main droite pour lequel on l'opère ; il se forme dans la main des tissus cicatriciels immobilisant presque complètement l'index et le médius. Ce jeune homme est pendant neuf mois, à l'hôpital de sa garnison, soumis à des traitements divers, iodure, faradisation, massage, mouvements forcés très douloureux, pratiqués à l'état de veille et sous le chloroforme; l'échec est complet, il est impossible de mobiliser les tendons fléchisseurs; le jeune homme, réformé, rentre dans sa famille.

Nous appliquons dans la main une cathode de coton hydrophile imprégnée d'une solution faible de chlorure de sodium ; une grande anode indifférente est placée sur l'épigastre ; nous faisons passer pendant un quart d'heure un courant de 15 à 20 mA. ; dès la première séance, on constate une certaine mobilité des tendons, et, après *trois séances*, faites à trois jours d'intervalle, la mobilité est si parfaite, le rétablissement des fonctions de la main si complet, que le malade juge inutile de continuer le traitement.

Obs. II. — Un jeune capitaine a été traité depuis dix-huit mois, par M. le Professeur Heurtaux pour une arthrite fongueuse du poignet droit, par des injections d'éther iodoformé ; tout le dos du poignet et de la main est recouvert de tissus cicatriciels et durs, immobilisant complètement le poignet et les doigts, auxquels les efforts pour fermer la main n'impriment aucun mouvement. Le malade est depuis longtemps considéré par M. Heurtaux comme guéri de la tuberculose ; le massage du dos de la main n'a produit aucune amélioration ; huit séances de courants continus, 20 mA., cathode sur le dos de la main, amènent, après un mois, le rétablissement complet avec une mobilité parfaite des doigts.

Obs. III. — Un jeune homme avait subi sur l'index droit une opération dont nous ignorons la nature exacte ; depuis six semaines la cicatrisation était complète et cependant le doigt restait complètement ankylosé. M. le Professeur Heurtaux nous l'adressa, et, après *trois séances d'électrisation* d'un quart d'heure, faites pendant trois jours consécutifs, avec la cathode sur le doigt et un courant de 8 mA., la mobilité est revenue parfaite.

Obs. IV. — Un ouvrier, dix-huit mois avant sa présentation, s'était donné un coup de hache sur la partie médiane du dos des doigts de la main gauche ; après la cicatrisation, les tendons des extenseurs, fixés dans le tissu de cicatrice, rendaient impossible la flexion des doigts volontaire ou forcée ; après six séances d'un quart d'heure de courants continus, 15 mA., cathode sur les doigts, le malade pouvait fermer la main, qui recouvrait ainsi ses fonctions.

Obs. V. — Une jeune maîtresse de piano s'était, avec le pétrole d'une lampe, brûlé la main droite et le bras droit jusqu'au coude ; les cicatrices, très étendues, lui rendaient impossible l'exercice de sa profession ; depuis un an, son état n'avait fait aucun progrès ; huit séances de courants continus avec la cathode sur les cicatrices assouplissent celles-ci suffisamment pour permettre à cette jeune femme de reprendre son enseignement avec la même facilité et la même perfection que par le passé.

Obs. VI. — Une jeune dame, à la suite d'un accouchement, eut des poussées de phlébite qui s'étendirent successivement aux quatre membres ; elle fut maintenue dans une immobilité complète dans laquelle les membres s'ankylosèrent ; elle était ainsi depuis neuf mois lorsque nous fûmes appelé à lui donner nos soins. Les quatre membres étaient le siège d'un œdème très marqué ; toutes les articulations, y compris celles des doigts, étaient ankylosées et la moindre tentative pour les mobiliser causait de vives douleurs et arrachait des cris. Nous procédâmes à l'électrisation méthodique de toutes les articulations ; l'anode indifférente étant placée sur l'épigastre, la cathode successivement sur chaque articulation, nous faisions passer pendant dix minutes un courant dont l'intensité

se réglait d'après la tolérance de la malade ; les séances étaient quotidiennes ; nous nous abstenions d'ailleurs d'imprimer aux articulations des mouvements douloureux. Après une semaine, la malade pouvait déjà porter ses aliments à la bouche ; les progrès aux membres inférieurs furent plus lents, mais, après deux mois de traitement, l'œdème avait entièrement disparu, les articulations recouvré toute leur mobilité, et la malade était revenue à une santé aussi parfaite qu'avant son accouchement.

Il est inutile de multiplier ces exemples, qui démontrent suffisamment la supériorité des courants continus sur tous les autres moyens pour s'opposer aux formations scléreuses, ou cicatricielles. Ainsi que nous l'avons indiqué en 1893, le courant continu n'est efficace que lorsque la cause morbide a cessé d'agir ; les tissus infectés, arthrites tuberculeuses, etc., manifestent un certain degré d'intolérance pour les courants appliqués de la sorte. L'efficacité du traitement est d'autant plus grande, d'autant plus rapide, que la densité du courant est plus forte dans les tissus malades, et c'est pour cette raison que le traitement agit beaucoup mieux sur les extrémités, aux mains, aux poignets, aux pieds, aux genoux, où les courants pénètrent facilement les tissus malades superficiellent situés, qu'à la hanche, par exemple, où des masses musculaires, conductrices importantes, s'opposent à la pénétration du courant.

Nous savons aujourd'hui, d'une façon certaine, que les courants continus provoquent sur tout leur trajet dans l'organisme un double courant des ions ; l'hydrogène, les métaux et les radicaux métalliques descendent le courant ; l'hydroxyle OH, les radicaux acides remontent le courant ; c'est sans doute à la provocation de ces mouvements qu'est due l'action thérapeutique, la restauration de la nutrition et le retour à l'état normal. Avec les électrodes formées par une solution faible de chlorure de sodium, nous avons trouvé l'action étudiée dans ce travail notablement plus marquée sous la cathode, où le corps reçoit les ions chlore de l'électrode, à laquelle il n'abandonne ses cathions que sous l'anode.

M. H. BORDIER

Agrégé à la Faculté de Médecine de Lyon

ET

M. A. LECOMTE

Médecin stagiaire au Val-de-Grâce

---

## EFFETS MORTELS DE L'APPLICATION DIRECTE DES COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE SUR LES ANIMAUX

[558.56:615.84]

---

*— Séance du 13 août —*

On sait que les courants de haute fréquence peuvent être appliqués sur l'homme ou sur les animaux de trois manières différentes :

1° Par autoconduction ;

2° Par condensation ;

3° Directement.

Pour les applications directes, on relie l'animal en expérience, à l'aide de deux fils terminés par des rhéophores convenables, aux extrémités du solénoïde à gros fil de l'appareil de d'Arsonval.

Dans ces conditions, l'homme n'éprouve aucune sensation : on peut mettre dans le circuit des lampes à incandescence qui s'illuminent ; d'Arsonval a pu placer ainsi six lampes de 125 volts et 0,8 ampère en tension avec deux sujets ; les lampes s'allumaient sans que les expérimentateurs ressentissent la moindre impression. La quantité d'énergie traversant le circuit était de 900 volts $\times$ 0,8 ampère, soit 720 watts, suffisante pour foudroyer un homme si elle avait traversé l'organisme sous forme de courant alternatif de faible fréquence.

Elihu Thomson a signalé aussi l'absence de sensations chez un homme soumis à un courant de 10.000 alternances par seconde malgré une force électromotrice de 100.000 à 200.000 volts.

On a déjà beaucoup discuté sur cette absence de sensations : quelques auteurs ont donné une explication facile en disant que ces courants de haute fréquence ne pénétraient pas dans l'organisme, mais s'écoulaient par la surface du corps ; d'où l'absence de sensation !

Les expériences que nous allons rapporter et les résultats obtenus viennent donner un démenti formel à cette catégorie d'observateurs et

confirmer, au contraire, entièrement les idées émises par d'Arsonval sur le mécanisme d'action de ces courants.

Nos expériences ont porté sur les animaux suivants : lapin, cobaye, rat. Jusqu'à présent, on n'avait pas essayé, que nous sachions, d'étudier *l'action directe* des courants de haute fréquence sur les animaux ; c'est ce qui donne à nos recherches un certain intérêt.

Pour mesurer l'intensité du courant qui traverse le circuit provenant des extrémités du solénoïde à gros fil et dans lequel se trouvait chacun de nos animaux, nous nous sommes servis du *galvanomètre thermique* de d'Arsonval : cet appareil mesure l'intensité efficace des courants qui le traversent, même quand ces courants ont une fréquence énorme.

Le principe de ce galvanomètre est le suivant : on a choisi un fil de diamètre très petit et de grande résistance spécifique ; sous l'influence des effets thermiques des courants, ce fil se dilate et c'est sa dilatation qui sert de mesure à l'intensité cherchée.

Au lieu de mesurer directement l'allongement du fil, ce qui serait très délicate puisque avec un fil de 15 centimètres l'allongement n'est que de $0^{mm},27$ pour une élévation de température de 100 degrés, on a utilisé le procédé signalé par d'Arsonval et qui consiste à mesurer la *flèche* obtenue en tirant par son milieu le fil fixé à ses deux extrémités. Le déplacement du point médian du fil est transmis à une aiguille qui se déplace sur un cadran gradué depuis zéro jusqu'à 500 milliampères.

Nous avons commencé par étudier l'action directe des hautes fréquences sur le lapin. Pour faire cette application directe, nous avons tout d'abord employé deux colliers d'acier munis d'une borne à laquelle venait se fixer chacun des deux fils servant à relier les extrémités du solénoïde à gros fil à l'animal. Sept spires de ce solénoïde étaient prises chaque fois dans nos expériences. Un des colliers était placé autour du cou du lapin, l'autre enserrait l'animal au niveau de l'abdomen en avant des os iliaques. Le galvanomètre thermique de d'Arsonval-Gaiffe était mis en tension dans le circuit avec l'animal.

Voici le résultat de notre première expérience : Les connexions étant établies comme il vient d'être dit, on fait passer le courant pendant *une minute* ; l'intensité est de 400 milliampères, le lapin accuse par des cris qu'il ressent vivement l'action du courant. On enlève alors les colliers et on s'aperçoit que l'animal présente une paralysie du train postérieur.

Le contact entre les colliers et la peau étant défectueux, on comprend que les étincelles qui jaillissaient dans ces conditions étaient la cause de la douleur ressentie par le lapin ; mais ce qui est moins compréhensible c'est que cet animal fut trouvé mort douze jours après cette expérience.

Pour savoir s'il y avait là une pure coïncidence et si la mort était le

résultat de l'application directe du courant de haute fréquence, nous avons recommencé l'expérience en plaçant le corps de l'un de nous dans le circuit : celui-ci était alors constitué par :

1° Le galvanomètre thermique ;

2° Le lapin et ses deux colliers ;

3° Le corps d'un homme dont les mains bien humectées d'eau chaude tenaient deux poignées cylindriques.

Le courant est lancé dans l'appareil ; l'intensité marquée par le galvanomètre est de 300 milliampères. Au bout de trois minutes on arrête le courant. Le sujet n'a accusé absolument aucune sensation, tandis que le lapin s'est violemment débattu (on l'avait solidement attaché).

En défaisant l'animal, on constate encore une paraplégie intéressant le train postérieur et quatorze jours après cette expérience, il mourait, comme le premier.

En présence de ces résultats, nous avons cherché à voir ce que donnerait l'application directe, en établissant un contact meilleur entre les rhéophores et l'animal dont les poils étaient une grande gêne pour l'application parfaite des électrodes : pour cela, nous avons fabriqué deux électrodes destinées à être placées l'une dans le rectum, l'autre dans la bouche; l'électrode rectale était formée d'une tige métallique terminée par un renflement olivaire ; l'électrode buccale par une tige enroulée en spirale que l'on passait entre les deux mâchoires du lapin, à la façon d'un mors de cheval.

Le lapin était immobilisé sur un appareil à contention, afin de l'empêcher de défaire les deux électrodes. On avait ainsi un contact entre des parties métalliques et des muqueuses, aussi bon, par conséquent, sinon meilleur, que celui qui existe entre les mains mouillées d'un expérimentateur et des poignées cylindriques.

Nous avons relié les électrodes buccale et rectale aux extrémités du solénoïde à gros fil constitué toujours par sept spires, en intercalant le galvanomètre thermique ; mais dans ces conditions, l'intensité est supérieure à 500 mA, l'aiguille dépasse la graduation dès que le courant est lancé. Nous avons donc dû suspendre immédiatement le courant, pour sortir l'appareil de mesure du circuit..

On établit alors le courant et nous constatons que le lapin qui fait quelques efforts pour se dégager, devient immobile après 30 secondes. Nous notons les phénomènes suivants :

Après 2 minutes, la respiration s'accélère : 44 inspirations à la minute.

Après 5 minutes, 68 respirations à la minute ; le lapin paraît cependant très bien supporter le courant ; aucune secousse dans les membres.

Après 7 minutes, 125 respirations par minute.

De 8 à 10 minutes, le lapin fait de temps en temps des efforts pour se dégager.

Après 10 minutes, la respiration s'accélère encore. Il n'est plus possible de compter les mouvements respiratoires.

Après 12 minutes, le lapin fait quelques efforts pour se dégager, mais beaucoup moins violents que précédemment.

Après 13 minutes et demie, quelques secousses dans les membres postérieurs et dans la mâchoire inférieure. La tête se porte en extension, tous les muscles sont contractés. Tétanisation générale; l'amplitude des mouvements respiratoires diminue.

Après 15 minutes, la respiration s'arrête, les battements du cœur ne sont plus perceptibles. Pupilles dilatées.

Après 16 minutes, l'animal est toujours immobile, rigide.

Après 17 minutes, interruption du courant pendant 2 minutes : aucun changement dans l'état de l'animal.

Après 19 minutes on lance le courant : aucune réaction du lapin.

Après 20 minutes, interruption du courant. Le lapin est mort; la rigidité cadavérique a succédé sans transition à la contracture généralisée.

Comme on le voit, l'animal avait cessé de vivre 15 minutes environ après le passage du courant. C'est là un résultat qui, tout en étant très surprenant, vient confirmer les faits constatés dans les deux premières expériences et qui montre que si l'application directe des courants de haute fréquence n'est même pas sentie par l'homme, il n'en est pas du tout de même du lapin. Nous chercherons tout à l'heure à expliquer le mécanisme de la mort dans ces conditions, mais nous ferons remarquer dès maintenant que ce résultat cadre mal avec l'opinion des auteurs qui prétendent que ces courants ne pénètrent pas dans l'organisme. On aurait bien de la peine à comprendre l'issue fatale constatée si ces courants ne faisaient que s'écouler par la surface du corps des animaux!

Les constatations précédentes ayant été faites sur le lapin, nous nous sommes demandé si les effets mortels des courants de haute fréquence ne seraient pas encore plus rapidement obtenus sur des animaux de plus petite taille que le lapin, tels que le cobaye et le rat. Nous nous sommes encore servis des deux mêmes électrodes buccale et rectale disposées comme pour le lapin.

Voici les résultats constatés :

COBAYE MALE

Dès le passage du courant, l'animal se débat. Contracture des muscles spinaux. La tête est portée en extension.

Après 2 minutes, la respiration s'accélère. Tous les muscles sont contracturés.

Après 5 minutes, secousses rythmiques dans les muscles de la nuque, environ 50 par minute.

Après 7 minutes, cobaye immobile, respiration arrêtée, plus de battements cardiaques.

Après 8 minutes, interruption du courant, rigidité cadavérique.

A l'autopsie : Congestion des deux poumons. Oreillettes gonflées de sang noir mais fluide.

RAT BLANC DE 155 GRAMMES

Électrode buccale et électrode rectale. — Contracture dès le passage du courant. Cinq secondes, puis interruption.

On fait de nouveau passer le courant vingt secondes. État de mort apparente; battements du cœur encore perceptibles.

Courant pendant vingt secondes : Aussitôt après la cessation du courant le cœur bat encore faiblement. On perçoit encore mieux cinq ou six pulsations, puis le cœur s'arrête. La rigidité cadavérique a succédé à la contracture généralisée.

Comme nous nous y attendions, les effets mortels ont été beaucoup rapides avec le cobaye et surtout le rat qu'avec le lapin.

Sur tous ces animaux, il s'est produit sous l'influence des courants de haute fréquence, une accélération des mouvements respiratoires en même temps qu'une diminution de leur amplitude, puis l'arrêt de la respiration. Chaque fois, on a aussi constaté que les battements du cœur cessaient après l'arrêt des mouvements de la respiration.

On ne peut s'empêcher de rapprocher les phénomènes observés pendant ces expériences, de ceux qui se produisent quand on excite le nerf pneumogastrique par son bout central : au début, avec une intensité faible, on observe l'accélération des mouvements respiratoires ; après une excitation plus forte ou longue, on obtient l'arrêt de la respiration, en expiration.

L'effet de l'excitation du pneumogastrique est de couper le mouvement inspiratoire à quelque moment de son excursion que ce soit; le thorax revient passivement à son état de repos en expiration comme si l'irritation du vague développait dans les centres nerveux respiratoires un phénomène d'inhibition.

Ces phénomènes d'inhibition dont d'Arsonval avait invoqué déjà la production pour expliquer l'absence d'excitation des nerfs sensitifs par les courants, nous les retrouvons là encore pour expliquer l'arrêt de la respiration et consécutivement du cœur, chez les animaux soumis à ces mêmes courants de haute fréquence.

Après la noté que nous avons communiquée à l'Académie des Sciences pour faire connaître ces effets mortels des courants de haute fréquence, on a invoqué, pour en donner une explication, les irrégularités de l'interrupteur employé et les à-coups des décharges ! Pour savoir ce qu'il y avait de fondé dans une telle opinion, nous avons relié à l'une des extrémités du solénoïde, le bouton métallique du myographe de Marey placé sur le point moteur du muscle biceps de l'homme, pendant que l'autre rhéophore était tenu à la main.

Puis nous avons lancé le courant dans l'appareil de haute fréquence en employant l'interrupteur de Wehnelt, puis celui de Ducretet. Le style du tambour inscripteur communiquant au myographe a tracé *(fig. 1)* une ligne absolument droite sans la plus petite inflexion, ce qui prouve que le muscle n'a pas reçu d'excitation et que par suite, la régularité des interruptions était parfaite. Pour nous assurer que ce dispositif décelait bien

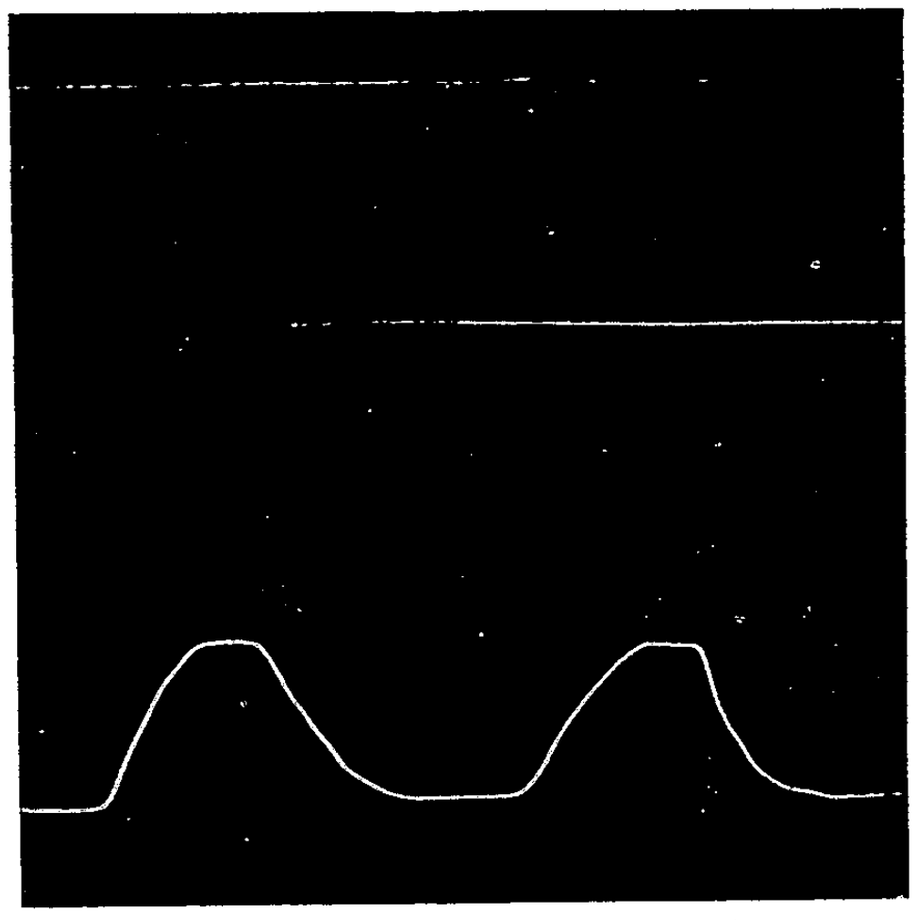



FIG. 1.

l'excitation du muscle, nous avons relié les électrodes à une bobine de Ruhmkorff en plaçant un métronome interrupteur : le graphique obtenu montre la contraction très nette du muscle, avec un courant très faible. L'absence d'ondulations de la ligne tracée par le myographe, lors de l'application des courants de haute fréquence, nous autorise par conséquent à conclure que nos expériences sur les animaux ont été très bien conduites et que l'on ne peut dire que la mort est due à des à-coups brusques produits par un mauvais fonctionnement de l'interrupteur employé.

# M. le Dr FOVEAU DE COURMELLES

Lauréat de l'Académie de Médecine.


## LA PHOTOTHÉRAPIE : MODES D'ACTION. — RADIATEURS DIVERS. — ACTIONS COMPLÉMENTAIRES. — OBSERVATIONS MÉDICALES ET PHOTOGRAVURES COMPARATIVES

[537.832.2:615.84]

*— Séance du 13 août —*

La lumière a une action physiologique très nette sur la sensibilité normale ou anormale, sur l'évolution des fièvres éruptives qu'elle rend plus rapide et plus bénigne : la variole, la rougeole, la scarlatine ne suppurent ou ne desquament pas (Finsen, Schoull, La Chatinière, Foveau de Courmelles); ce sont alors les radiations rouges qui agissent, comme encore l'emploi de pommades rouges ou d'étoffes rouges enveloppant des membres ulcérés (Winternitz).

La lumière est donc un puissant agent d'investigation et de thérapeutique, en même temps qu'un chapitre de physique physiologique. Combien complexes ces actions des radiations lumineuses si variées elles-mêmes, en dehors des phénomènes visibles, du violet, de l'indigo, du bleu, du vert, du jaune, de l'orangé, du rouge, des actions thermiques de l'invisible infra-rouge, du chimisme si puissant du non moins invisible — pour l'œil, s'entend — ultra-violet... Toute une thérapeutique s'est basée sur ces effets multiples. Quand, avec J. Luys, en 1886-87, nous étudiions à l'hôpital de la Charité l'effet sédatif du violet sur les hypnotisés et réconfortant du rouge; quand, en 1890, je signalai les mêmes actions sur certains nerveux éveillés *(l'hypnotisme);* quand, en 1891, j'en proposai l'application, dans les chambres de malades, au moins, sous le nom de *chromothérapie*, on a souri... Et aujourd'hui, ces idées sont appliquées, banales et courantes (Donza, in *Revue de Thérapie physique* et Foveau de Courmelles, *Année électrique*, 1901). J'ai également, en février 1893, signalé l'action sédative des lampes à incandescence en neurologie, puis en 1898, l'action sur les lupus, des rayons X et des effluves de haute fréquence; en 1900, l'action sur les myélites de l'*héliothérapie* artificielle *(Académie de Médecine* et *Premier Congrès d'Électrologie et de Radiologie médicales)* et fin 1900, présenté à l'Institut de France, mon radiateur chimique.

Comment rayonne cette puissance lumineuse qui s'exerce d'abord par l'appareil optique humain et de là au cerveau, au reste de l'organisme?

Quel est le mécanisme de diffusion à travers le corps? Quoi qu'il en soit, il est réel, il existe et donne, s'il est possible, encore plus d'importance à l'appareil de la vision.

Allons-nous devoir même changer les théories physiques de l'œil? A ce propos, rappelons *la récente vision par le radium chez les aveugles*, de M. Javal, à l'Académie de Médecine : « Le radium, découvert par M. Curie, jouit de la propriété singulière d'émettre en permànence des rayons analogues aux rayons cathodiques et aux rayons de Rœntgen. M. Giesel a reconnu qu'un sel de radium, lumineux par lui-même, continue à produire une perception lumineuse quand, entre le radium et l'œil, on interpose un écran opaque, un écran métallique par exemple. La présence du radium se manifeste par une lueur qui semble remplir tout le champ visuel. La même lueur générale apparaît encore quand on pose contre la tempe un verre contenant quelques centigrammes de chlorure de radium. J'ai fait quelques expériences avec le radium chez les aveugles; elles ont permis de constater qu'ils perçoivent ou non la lumière émise par ce corps suivant l'état de leur rétine. Si elle est saine, ils ont une sensibilité lumineuse comparable à celle d'un voyant. »

Je signalerai en passant les dangers que pourraient présenter de telles expériences si elles se prolongeaient, car les radiations du radium sont chimiques, pénétrantes et destructives. Il ne faut donc faire — ce qui suffit en optique — que de très courtes expériences. (M. Becquerel, qui promenait dans une poche de gilet, enfermé dans une boîte métallique. un petit morceau de radium, a eu la peau brûlée profondément.) Ne sait-on pas aussi par des présentations de M. Hallopeau opposées aux beaux résultats de M. Danlos, que chez certains lupiques, le radium essayé a produit des troubles trophiques profonds et peu curables; comme les rayons X, souvent si puissants et si efficaces, le radium est aussi dangereux et aussi peu réglable; leur physiologie reste, après sept ans d'étude aussi inconnue qu'au premier jour : d'où le danger : ankylose articulaire des doigts, télangie, stasie, dermatites... pour les malades et les médecins que condamnent les tribunaux, dans l'emploi de ces agents. Rien de semblable n'arrive avec la lumière violette, facile à doser et graduer par l'ampérage, par suite de pénétration connue et à volonté profonde.

Mais à propos de la vision du radium par les aveugles, ou tout au moins de phénomènes anormaux, plus anormaux que ceux de M. Javal — et je les lui rappelai à l'occasion de sa communication à l'Académie de Médecine — je puis citer des expériences analogues antérieures, faites avec les rayons de Rœntgen. En effet, dès 1898 (communication du 21 mars 1898, à l'Institut de France, présentée par le professeur Marey), j'étudiai l'action des rayons X sur les aveugles. Je plaçai une ampoule de Crookes enveloppée de noir dans l'obscurité, et le bruit de l'appareil était toujours le même,

que l'on produisît ou non les rayons de Rœntgen, de façon à éviter les illusions d'optique que l'audition et l'attente de phénomènes eussent pu produire. Les deux cent-quarante pensionnaires de l'Institution des Jeunes Aveugles de Paris furent ainsi examinés : neuf à lésion périphérique perçurent une vague sensation de lumière et deux eurent une légère secousse. A l'état normal, nous ne percevons pas les rayons X, il nous faut un écran fluorescent ou une plaque sensible. La rétine des neuf voyants s'est donc comportée comme celle-ci. Ces expériences étaient faites pour répondre à Edison, qui prétendait que tous les aveugles, surtout à lésion centrale, allaient recouvrer la vue par les rayons X. Edison s'était trompé. Seuls, les aveugles à lésion périphérique, et encore en petit nombre, neuf sur deux cent quarante, ont une rétine sensible aux rayons X, et peut-être, ces rayons ou certaines radiations lumineuses plus faciles à produire, comme certains bruits sont employés avec succès chez certains sourds, ces rayons pourraient-ils être essayés.

On aurait pu aussi placer une plaque de plomb devant l'ampoule de Crookes, mais l'expérience eût été ainsi encore plus passible de critiques. On ne supprimait pas le champ électrique, ni les rayons secondaires formés sur les métaux par le choc des rayons X (Sagnac) et on eût pu avoir des phénomènes complexes sur l'organisme qui auraient fait croire à une vision inexistante. Il était donc plus simple de laisser subsister un bruit uniforme, tout en supprimant les rayons eux-mêmes. Déjà, en mon *Traité de Radiographie*, premier enseignement des rayons X, à la Faculté de Médecine de Paris, j'avais noté (1896-97) diverses expériences contradictoires sur la perméabilité de l'œil à ces rayons, et les résultats différents des observateurs devaient tenir aux intensités employées ou aux altérations *post mortem* ou produites par des projectiles en les humeurs des organes de la vision. On conçoit donc qu'il existe des rayons invisibles, sauf peut-être à certains sensitifs spéciaux rares ? — pour l'œil normal l'extrême ultra-violet par exemple d'U à V du spectre, mais agissant, agissant soit avec des propriétés dissemblables de l'ensemble du spectre chimique (U à V) ou n'ayant qu'une partie des propriétés de ces raies ? D'après le Dr S. Le Bon, l'air, même en couche de quelques centimètres, les absorberait facilement.

La lumière, mouvement épars et matérialisé en l'espace, comme les autres forces physiques, ne devient lumière qu'en l'appareil optique des êtres vivants, comme les ondes sonores ne réagissent, elles, que sur l'oreille... C'est, en somme, le cerveau qui reçoit et perçoit la sensation, qui est heurté par cette force ou cette matière (théorie de l'émission de Newton, rendue d'actualité par les rayons X), et qui peut donner des indications fausses ou normales, selon qu'il est sain ou altéré, hyperesthésié ou annihilé en une région déterminée. Le choc sur l'œil, qui n'a

rien du fluide lumineux, ne donne-t-il pas la sensation de « trente-six chandelles ! » d'un phosphène désagréable que peut encore produire le courant voltaïque ou faradique ? Certains vertiges (Babinski) proviennent, sur un cerveau altéré, de l'action électrique et sont même des moyens de diagnostic; telles certaines radiations, comme déjà les rayons X pour les aveugles.

L'œil est encore altéré dans certaines affections spécifiques et provoque des sensations de vertiges.

Le docteur G. Barbenzi a signalé l'influence de l'appareil de Finsen, sur la spécificité, et mon radiateur timidement essayé, parce que tous les procédés curatifs avaient été épuisés, dans un cas de vertiges oculaires et de douleurs sourdes dans l'œil, a fait cesser les douleurs et produit l'amélioration de la vision. Cette action calmante, sédative de la lumière, est connue même pour les lampes à incandescence (1893) et la médecine nerveuse et mentale l'utilise; mais diriger la lumière chimique la plus sédative sur les territoires cérébraux excités — et la pénétration a bien lieu, je l'ai démontré — donnerait encore de meilleurs résultats. Cependant, si l'on réfléchit aux cas d'anesthésie produite par la lumière chimique et pouvant aller jusqu'à permettre sans douleur l'avulsion dentaire (Dr A.-V. Minine, de Saint-Pétersbourg, Drs Oudin et Cruet, de Paris), on ne doit plus s'étonner de cette action sédative. Pour ma part, j'ai toujours constaté l'insensibilité de la gencive et des dents après la compression, pour traitement lupique, de la lèvre sus-jacente; on peut heurter violemment les dents sans produire de douleur (*Société d'Odontologie*, 6 mai 1902); des dents mobiles se sont ainsi consolidées. Dans un cas de lupus de la joue gauche, chez une petite fille de sept ans atteinte de la coqueluche, la séance de rayons chimiques arrêtait absolument les quintes de toux, même pour un certain temps après la séance; il y a donc là une action antispasmodique.

D'autre part, la lumière est microbicide et transformatrice au premier chef, et son champ thérapeutique s'étend de plus en plus.

L'action bactéricide de la lumière est indéniable. L'irradiation solaire ou électrique a été faite avec succès par Buchner, Arloing, Nocard, Roux, Strauss, Duclaux, Gaillard, Roope, Geisler, Pausini, Downes, Blount, Chemielewski, Ianowski, Finsen, Foveau de Courmelles.

Tous ces phénomènes paraissent de nature électrolytique. Pour les rayons X et leurs brûlures, on l'a écrit, mais en se basant sur deux faits, ce qui est peu. Au point de vue des courants continus, l'Allemand Smirnon, opérant l'électrolyse dans un tube en U a constaté l'action bactéricide du pôle positif, et l'inocuité à l'inoculation des liquides diphtériques ainsi traités. En traitant photothérapiquement à distance des malades, et enfonçant des aiguilles en platine. j'ai pu, à diverses reprises, constater un faible courant au galvanomètre à miroir.

*
* *

Voilà pour la partie plutôt physiologique des actions lumineuses. Pénétrons maintenant dans le champ des applications curatives, bien qu'ayant déjà, en de précédents Congrès, adressé des travaux et des mémoires sur la photothérapie, ce qui me permet actuellement de n'apporter ici que mes derniers résultats, ajoutant que l'*Association française pour l'avancement des Sciences* a bien voulu subventionner, en 1902, mes recherches sur la lumière. Longtemps Finsen a été le seul détenteur d'une méthode photothérapique, dérivée des travaux de Thayer et Lahmann, puissante et efficace, quoique longue et dispendieuse, puisque exigeant 80 ampères, des infirmiers pour comprimer, un local spécial et très grand, des frais d'achat et de canalisation hydraulique et électrique considérables, des séances d'une heure et quart... Depuis mes communications à l'Institut de France, du 24 décembre 1900, avec M. Trouvé, sur la lampe à incandescence à charbon spécial et solution bleue, et seul, à l'Académie de Médecine de Belgique, du 29 décembre suivant, sur l'arc voltaïque (5 ampères, 10, 15, 30 ou 45 minutes au plus, le malade s'appliquant lui-même...) entre miroirs argentés avec quartz filtrants pour la transmission des rayons chimiques agissants, l'acétylène (*Annales de Médecine et de Chirurgie infantiles*, 15 février 1901 et *Année électrique*, 1900). bien des appareils sont survenus. La première simplification apparaissant (mars 1901), après mon radiateur, fut une lampe à arc voltaïque à l'air libre, sans miroirs et simplement pourvue d'une circulation d'eau froide et de quartz filtrants ; la consommation qui devait être de 10 à 15 ampères, fut de 20 à 25, et la lumière aveuglante de l'appareil est très pénible pour l'opérateur et l'infirmier.

L'incorporation de substances aux charbons de l'arc pour en augmenter la puissance est ancienne ; j'ai essayé, sans succès jusqu'ici, les substances fluorescentes, il y a peut-être lieu de produire certaines combinaisons chimiques de préférence à d'autres ; Kelsdsen a essayé, à Copenhague, les électrodes mercuriques. Depuis, Bang, élève de Finsen, qui fut ensuite imité en France, fit une lampe à électrodes de fer. Voici d'ailleurs des extraits de ses publications en la *Deutsche Wochenschrift* traduits par moi-même (septembre 1901 et février 1902) :

L'auteur fait connaître qu'il a réussi à construire une telle lampe en se servant comme électrodes de métaux ayant les propriétés spectrales voulues, le fer, par exemple, dont le spectre est bien connu pour être riche en ces rayons désirés ; et cela a été rendu possible en refroidissant les électrodes par l'eau, soit en les faisant creusés et les faisant traverser par un courant d'eau, soit en employant des lampes plus grandes et en les plaçant dans l'eau contenue dans un vase construit *ad hoc*. Par ce moyen simple, on obtient une lumière

ayant des propriétés inattendues. Tandis qu'avec des électrodes de charbon, la plus grande partie de la lumière vient des points incandescents des charbons, spécialement du cratère du charbon positif, l'arrangement en question donne un réel arc de lumière, de même que c'est presque exclusivement l'arc formé entre les électrodes qui émet des radiations. L'effet du refroidissement est aussi, non seulement de prévenir la fusion des électrodes, mais aussi de réduire beaucoup la formation du cratère ; l'énergie développée de ce fait passe dans l'arc, et ce sont des rayons de l'arc qui sont produits bien plutôt que des rayons des électrodes. Le pouvoir bactéricide de ces rayons est tel qu'il n'a jamais été réalisé jusqu'ici. Tandis que la lampe à arc ordinaire de 25 ampères et 55 volts, à une distance de 66 centimètres et dans les conditions les plus favorables, tue le *Staphylococcus pyogenes aureus* en quatre minutes et demie ; ce dernier est tué par la lampe décrite, avec des électrodes de fer, une même puissance de courant et dans les mêmes conditions, en un peu moins de quatre secondes, ce qui montre un pouvoir bactéricide de soixante fois celui de la lumière à arc habituelle. De semblables résultats sont montrés en ce qui concerne les effets irritants sur la peau de ces rayons froids. Une radiation de cinq minutes, à un mètre de distance de la lampe, est suffisante pour produire un érythème d'origine lumineuse, bien marqué et s'étendant sur le visage entier ; il dure plusieurs jours...

... Les avantages et les limites de ladite lumière, lorsqu'il s'agit au moins des électrodes en fer, sont indiqués par le fait qu'elle donne plus de rayons ultra-violets que de rayons visibles. En concordance avec le pouvoir bactéricide et irritant de la peau des rayons ultra-violets, une lampe en fer de 25 ampères tue le *Staphylococcus pyogenes aureus*, en culture superficielle, en à peu près autant de secondes que la lampe à arc en charbon emploie, sous les mêmes conditions, de minutes, et la lumière d'une semblable lampe en fer est capable de provoquer, en quelques minutes et à une distance d'un mètre, un érythème lumineux de la peau du visage.

Une autre particularité des rayons ultra-violets consiste en ce que ces rayons peuvent être facilement absorbés et qu'il n'y a que peu de substances, par exemple le quartz et l'eau, qui les laissent plus facilement passer. Rien qu'une plaque de verre de quelques millimètres d'épaisseur peut protéger assez longtemps la peau contre l'action de la lumière de fer. Les expériences de Strebel et Freund ont démontré que les rayons ultra-violets sont, plus facilement encore, absorbés par la peau. Les expériences spectrographiques de Freund, aussi bien le fait qu'ils produisent très facilement une inflammation de la peau, avec dilatation des cellules, établissent qu'ils pénètrent la peau jusqu'à une certaine profondeur. Mais la plus grande partie des rayons ultra-violets, et parmi eux, ceux qui sont les plus réfrangibles ne pénètrent dans la peau qu'à des fractions d'un millimètre. Peut-être faut-il même attribuer leur puissante action sur l'épiderme au fait que ces rayons y sont absorbés en si grand nombre et transformés en d'autres énergies. En ce qui concerne la lumière de fer à 25 ampères à travers une parcelle de peau, d'une épaisseur d'un millimètre, prise sur la poitrine d'un garçon d'environ douze ans, et placée entre deux plaques de quartz, cette lumière met approximativement trois fois autant de temps pour noircir le papier photographique au chlorure d'argent, que n'en mettrait une lampe à arc au charbon de 25 ampères. Mais, à mesure qu'on amincit la parcelle de peau, l'action de la lumière de fer se rapproche de celle de la lumière de charbon ; l'action des rayons provenant des deux genres de

foyers est à peu près égale lorsque la parcelle de peau (coupe microtomique de la peau gelée) a une épaisseur de 0,1 millimètre. La différence entre le pouvoir de pénétration est plus grande encore lorsque l'on compare la lumière concentrée provenant d'une lampe à arc au charbon, telle qu'elle est employée dans les appareils Finsen, et la lumière non concentrée d'une lampe à arc en fer, semblable à celle de la petite lampe à main construite par moi. En comparant les deux espèces de lumière quant à leur puissance, comme je l'ai fait dans ma première et provisoire communication, on peut induire en erreur, parce que la différence n'est pas seulement quantitative, mais qu'elle est également qualitative. Dans cette comparaison, il faut également tenir compte de ce que, quoique les séances avec les appareils de Finsen durent cinq quarts d'heure, leur réaction lumineuse complète apparaît déjà après un temps beaucoup plus court.

On est donc autorisé à croire que les deux sortes de lumière auront des indications absolument diverses. Tandis que l'emploi de ma lampe, d'après la méthode la plus simple et la moins coûteuse, produit une forte réaction cutanée et a un effet bactéricide superficiel, les appareils Finsen conservent leur suprématie entière à l'égard des maladies dont le siège est plus profond, telles que le lupus vulgaire, auquel cas la lumière de fer provenant d'un foyer aussi fort que l'est ma lampe à main de 8 ampères doit être déconseillée.

Bang, certainement plus compétent que ses imitateurs, délimite clairement les applications de sa lampe à électrodes de fer ; d'ailleurs, la lampe employée à l'hôpital Saint-Louis, cette année, supprimait l'eau, mais consommait énormément : 25 à 30 ampères ; il y a évidemment économie considérable à se servir d'eau et ne consommer, comme moi, que 5 ampères ; l'appareil, en outre, aveugle l'opérateur comme le système précédemment cité.

D'autre part, à l'exposition annuelle de la *Société française de Physique* où figuraient les divers systèmes, on put constater que deux d'entre eux étaient une simple lampe à projection, mais contre laquelle il est impossible au malade de s'appuyer, dans les cas où la compression est nécessaire, étant donné qu'ils se fixent au plafond et oscillent dans tous les sens ; ces appareils ne sont d'ailleurs pas entrés dans la pratique. Il en a été de même du condensateur-renforçateur des effluves statiques ou de l'ampoule négative du tube de Gissler du docteur S. Leduc, riches en rayons chimiques et cependant impuissants sur les malades. (Dr Le Bayon, Prof. Ch. Colombo.)

Les appareils russe et autrichien des docteurs Minine et Kayser sont des plus simples, mais le dernier surtout exige des lampes spéciales que nous ne trouvons pas en France ; je crois, en raison de mes expériences personnelles, l'arc supérieur, le verre bleu ordinaire presque aussi aphotogénique que le rouge.

Je puis donc, comme Finsen, mon appareil en étant directement dérivé et ayant été d'ailleurs la première simplification après des années de

recherches de tous, déclarer que j'ai obtenu jusqu'ici les meilleurs résultats ; j'en donnerai les preuves les plus éclatantes par des citations autorisées et par les photogravures jointes à cette communication.

Mon radiateur chimique — je le rappelle sommairement — se compose exclusivement de charbons formant l'arc et arrivant au foyer d'un miroir parabolique avec concentrateur tronconique, ou mieux, ce qui diminue de beaucoup le parcours des rayons lumineux, d'un miroir concave réfléchissant la lumière, en avant des quartz filtrants et entre lesquels, comme tout autour de l'appareil, circule de l'eau froide. Des trous d'air laissent échapper les gaz de la combustion et nulle lumière ne frappe désagréablement l'œil de l'opérateur. Le regretté ingénieur Gustave Trouvé, qui avait imaginé d'utiliser, comme Archimède, le foyer du miroir parabolique pour éclairer ses fontaines lumineuses et qui voulait n'appliquer ainsi que la chaleur à l'arthritisme, se décida avec peine (voir *Année électrique,* 1901, p. 374) — ne trouvant que peu nombreux les lupiques comparés aux rhumatisants et névralgiques — à construire les premiers appareils à incandescence, depuis encore très heureusement modifiés par moi, pour un meilleur rendement de l'arc et un facile maniement des plus commodes, modèle Noé. L'appareil, non breveté d'ailleurs, est dans le domaine public, des plus faciles à manier et appliquer. 5 ampères, sous 110 volts — ce voltage, qui est celui des secteurs d'éclairage, n'a nul avantage économique à être diminué par des résistances et, au contraire, il est très utile à l'efficacité curative — sont très suffisants pour agir et produire des phlyctènes, ce qui n'est pas toujours indispensable, ainsi qu'on l'enseignait avant moi, et que j'ai démontré le contraire. Je crois même que, s'il y a urgence, soit que le malade ne puisse faire qu'un séjour limité à l'hôpital ou chez le praticien, la phlyctène est un obstacle, car pour moi elle forme une sorte de vernis isolant empêchant ensuite la pénétration profonde des rayons. Il me paraît également démontré que, pour les lupus érythémateux, si résistants, on augmenterait leur perméabilité à la lumière chimique en scarifiant avant l'application des rayons violets.

J'ai pu, des malades de province étant soignés à l'hôpital Saint-Louis, et bien entendu désireux d'y rester le moins possible, les faire soigner au « Grand Finsen », à 70 ou 80 ampères, au premier appareil survenu après le mien à 20 à 25 ampères, et à mon radiateur à 5 ou 8 ampères et cependant produire avec ce dernier, sur le même malade, une phlyctène plus intense, ce qui prouve évidemment une chose, la plus parfaite utilisation de la lumière.

La compression n'est pas non plus indispensable, et le démontrent les cures de tuberculose pulmonaire que je communiquai à l'Académie de Médecine de Belgique, le 26 octobre 1901, à l'Institut de France, à l'Aca-

démie de Médecine de Paris, à la Société de Biologie, les 11, 12 et 16 novembre 1901, et confirmés par le docteur G. Kayser, de Vienne (Autriche), en février 1902, avec ses lampes à verre bleu spécial, sans préjudice des lupus intra-nasaux, intra-auriculaires, voire méningés, traités par moi sans compression.

L'arc se gradue par les rhéostats en dérivation appropriés, par la grosseur des charbons et leur éloignement. Il est bon d'avoir un petit arc et des charbons rapprochés; sans même regarder par l'œilleton bleu ad hoc qui permet de voir l'écartement, l'ampèremètre dûment consulté, l'absence de tout bruit, chant, sifflement de l'arc, renseignent sur cet éloignement des charbons. Le positif s'usant plus vite, on peut le prendre d'un millimètre de diamètre supérieur au charbon négatif.

C'est l'arc voltaïque qui est le moyen le plus puissant d'action, car c'est la source lumineuse la plus chargée en rayons chimiques, ainsi que je l'ai démontré en des communications antérieures : *Des énergies photo-chimiques comparées de diverses sources lumineuses électriques* (Académie des Sciences, 21 juillet 1902), et : *De quelques moyens de comparaison d'intensité de la lumière chimique* (Section de Physique du Congrès de Montauban de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, août 1902).

***

Selon les régions organiques à traiter, on emploie des accessoires différents; on agit sur le nez avec un spéculum nasi; dans le vagin, sur le col utérin ulcéré ou cancéreux, avec un spéculum de Fergusson; dans la bouche avec une sorte de bâillon ou un compresseur tubulaire que j'ai également imaginé comme le radiateur entier dont il dérive ou encore à distance.

Comme dans tous les champs des applications curatives du chimisme lumineux, malade et opérateur doivent être patients; on a parfois des résultats curatifs rapides, mais ils sont plutôt lents à obtenir et il ne faut pas se décourager trop tôt.

Au cours de nos recherches, nous avons constaté comme l'avait fait le Dr A. V. Minine, de Saint-Pétersbourg, avec la lumière bleue, que notre radiateur donne l'insensibilité cutanée et dentaire momentanée, et cette anesthésie s'obtient en quelques minutes.

Quel est le mode d'action et de pénétration de la lumière? Quelle est dans cette zone active du spectre solaire — également actif comme l'on sait — ou des lumières blanches qui s'en rapprochent, la partie la plus thérapeutique, dans cette étendue qui va de F à U, c'est-à-dire du bleu à l'ultra-violet en passant par l'indigo et le violet? Tous ces rayons

sont-ils efficaces et également efficaces; quoi qu'il en soit, ils sont microbicides par excellence, et toutes les affections bactériennes buccales se trouveront très bien de son emploi. Tous les observateurs sont d'ailleurs d'accord sur l'action soluble de la lumière, et tous les bactériologistes ont, nous l'avons dit, noté la disparition du pouvoir virulent et la mort rapide des bacilles sous l'action des rayons violets et ultra-violets. Mais ce pouvoir microbicide est-il le seul phénomène biologique de la lumière? La lumière paraissait encore révulsive, agir directement par irritation substitutive quand la brûlure était déclarée nécessaire, mais puisque cette phlyctène est souvent inutile, il faut chercher ailleurs !... Je crois plutôt qu'il se passe des actions chimiques, électrolytiques, profondes, avec phénomène de champ électrique influençant à distance. Les rayons X, les courants de haute fréquence qui produisent aussi, quoique plus difficilement, et parfois avec danger, des cures de lupus, des phlyctènes, des dermatites, et qui émettent d'abondantes effluves obscures, violettes et ultra-violettes et ont aussi des actions anesthésiques, semblent plus encore, agir par voie d'électrolyse, ici plus profonde. De même que la lumière blanche présente, comme on sait, des couleurs complémentaires, il peut, il doit vraisemblablement se passer des actions chimiques complémentaires, selon l'emploi de telle ou telle radiation lumineuse. Ainsi la rougeole se trouve diminuée dans sa durée et ses symptômes par l'action de la lumière rouge, par des rideaux d'andrinople rouge dans la chambre du malade; c'est là une sorte d'homœopathie, de traitement par les semblables, puisque ce rouge qui agit sur cette fièvre éruptive comme sur les autres, variole et scarlatine, pour en diminuer l'évolution et les symptômes, agit en réalité en rubéolisant aussi les tissus malades! D'autre part, la rougeole prépare merveilleusement à toutes les tuberculoses, lesquelles se trouvent bien, curativement, de la lumière complémentaire du rouge, le violet. A tour de rôle, une maladie, la tuberculose, quasi complémentaire de la rougeole, tellement elle la suit souvent, sera traitée par le violet, après le rouge, son complémentaire, curatif en la maladie précurseur. Ces phénomènes, en apparence plus complexes qu'ils ne sont en réalité, nous permettent de comprendre le mécanisme de l'infection tuberculeuse post-rubéolique et qui, ainsi que je l'ai souvent constaté, commence souvent par la bouche et très peu de temps après la rougeole. Il faut donc, en passant, signaler, après cette affection, l'examen des dents, des sinus, des maxillaires de la bouche et de ses muqueuses, de toutes les cavités naturelles, des oreilles, de l'orbite, des os du nez ou de la base du crâne, ethmoïde et sphénoïde, au point de produire des accidents méningés, et de prévenir une infection commençante, soit avec les moyens ordinaires, soit avec la lumière chimique. Avec celle-ci, pour agir dans les fosses nasales et ne pas toucher le cer-

veau, il est prudent de tamponner le haut desdites fosses avec un peu de ouate pour la durée de la séance, ici faite entièrement à distance.

Les phénomènes morbides ne pourraient-ils être complémentaires, puisque se succédant, parfois presque fatalement, et ainsi indiquer d'avance des agents thérapeutiques complémentaires ?

Pour moi, voici ce qui se passe, au moins pour la rougeole, et les faits me paraissent corroborer cette théorie. Cette fièvre éruptive rubéolise, *rougit* les tissus, et par suite les rend imperméables aux autres radiations lumineuses, notamment les violettes si microbicides : les bacilles tuberculeux introduits par une voie quelconque, l'air, les poussières..., qui seraient détruits et n'évolueraient pas si la lumière agissait, peuvent, au contraire, évoluer grâce aux tissus imperméabilisés de rouge ; comme une étoffe rouge ne laisse passer que le rouge, l'organisme rubéolisé, surtout en la bouche, souvent le siège éruptif, ne laisse plus passer de rayons lumineux bactéricides, et la lésion s'étend, et le mal progresse, atteint ensuite les tissus extérieurs. Avant moi et j'y insiste, car maints auteurs enseignent encore le contraire, la compression étant proclamée indispensable, le traitement des cavités était impossible, mais aujourd'hui que l'action à distance est reconnue efficace et puissante, que maints auteurs allemands ont confirmé les faits personnels qui le démontraient (Dr Ch. Colombo, *Revue de Thérapie Physique*, Rome, 1er août 1902); j'ose dire que maints abcès profonds peuvent être arrêtés en leur évolution sans opération, que maintes affections post-rubéoliques, grippales, infectieuses ou suppuratives, ressortissent à la médecine générale, à la chirurgie, voire à l'art dentaire, tant par leur mécanisme que par leur évolution, et qu'elles peuvent et doivent bénéficier de la puissance curative de la lumière chimique. Grâce aux moyens simples que j'ai imaginés et vulgarisés on y recourra désormais, tout au moins, lorsque les moyens habituels, plus rapides, seront impuissants. Il est bon également de faire connaître aux intéressés, aux parents notamment — la rougeole étant surtout une maladie de l'enfance, — la nécessité de faire examiner la bouche des enfants qui viennent d'être atteints.

L'étiologie du lupus ou de la tuberculose pulmonaire par la rougeole est indéniable, et l'a démontré une fois de plus l'observation que j'envoyai à l'Académie royale de Médecine de Belgique, dès le 26 octobre 1901, avec photographie de ses lupus, cutané, osseux et muqueux, et que j'ai complété par la vue — cette malade ayant été présentée, vu leur complexité morbide atteignant tout le corps ou la bouche, à la *Société d'Odontologie*, par moi, le 6 mai 1902, et à la *Société de Dermatologie*, auparavant — ou ici, de photographies de guérisons quant à sa tuberculose osseuse d'un bras, sa tuberculose cutanée, lupique, très étendue de l'autre bras et la même sous le menton; la face est en très bonne voie, et la gorge et

le nez sont guéris; chez cette malade, les manifestations avaient débuté aussitôt après la rougeole, par l'épiglotte, ainsi que le constata, il y a treize ans, le docteur Vacher, d'Orléans. Quant à sa tuberculose pulmonaire, il y a six ans — quand elle avait commencé — par le docteur Chéreau, de Verdes (Loir-et-Cher), et longtemps cantonnée au sommet gauche avec souffle et expiration dure et prolongée, elle a cédé, en septembre 1901, après cinq applications de mon radiateur chimique. Dans les cent soixante-sept malades soignés depuis deux ans par cet appareil à l'hôpital Saint-Louis, tous améliorés, nous avons encore rencontré trois cas de lupus survenus très peu de temps après la rougeole, cependant, sans que dans ces cas, existassent des manifestations buccales de ces affections; mais un très grand nombre avait eu la rougeole plus ou moins longtemps avant leur constatation des lupus externes, ils se souvenaient bien vaguement d'avoir eu des troubles dans le nez ou dans la gorge, mais sans y avoir prêté la moindre attention, ils avaient cru à du froid, à du rhumatisme, ou à toute autre cause accidentelle; certains même avaient des sinusites qu'on avait cru d'origine dentaire. C'est qu'en effet, les malades sont plus ou moins bien observés, plus ou moins suivis, et l'étiologie reste souvent à l'état de problème. Cependant le cas très net que je signale, bien qu'isolé — n'est-il pas souvent nécessaire d'appeler l'attention d'autres observateurs sur un point déterminé pour l'élucider? — complété des autres affirmations plus vagues de divers malades, ne milite-t-il pas, comme je le disais plus haut, pour l'examen buccal et nasal des malades après la rougeole. Cette affection considérée comme bénigne, s'affirme au contraire comme très grave, très diathésique, à convalescence apparente plutôt courte, mais à convalescence réelle très longue et exigeant une surveillance attentive de tous les organes beaucoup plus aptes à se tuberculiser. La bouche, et très probablement aussi les autres cavités naturelles, ont alors plus besoin que jamais d'une antisepsie rigoureuse, et l'attention des médecins et des familles doit se porter sur l'infection rubéolique et post-rubéolique, que les théories photothérapiques permettent d'expliquer, et qui, mieux est, de traiter efficacement (*Académie royale de Médecine de Belgique*, 28 juin 1902). Les rayons solaires ou l'exposition du malade convalescent au soleil, si la saison s'y prête, et comme cela se fait d'instinct en maintes maladies, sont indiqués en pareille circonstance. Cela explique que, contrairement à l'opinion de Finsen et conformément aux faits, les lupus vulgaires sont très rares dans les pays chauds; pour les lupus érythémateux, on les y rencontre plus souvent, ainsi que j'ai pu le constater, depuis plusieurs années, dans les comptes rendus de la Société de Médecine et de Chirurgie de Rio-de-Janeiro, qui m'a délégué, comme membre correspondant, aux Congrès d'électrologie et de radiologie de Paris et de Berne (1900 et 1902).

*
* *

OBSERVATIONS MÉDICALES

Nous allons donner, résumés, divers cas de malades guéris, et recueillis à Saint-Louis, non par nous, mais par les élèves de la salle Cazenave; nous pourrions en publier un plus grand nombre mais nous avons jugé inutile de nous répéter, car le processus de la cure se ressemble. Une malade a été guérie en quatre séances. L'acné cède. La syphilis aurait été améliorée par G. Barbensi, j'ai obtenu un succès dans un cas de vertiges oculaires et auriculaires et de céphalées de cette origine. Les dermatoses, les nævi, les plaies et ulcères, les épithéliomas, les cancers, comme les tuberculoses cutanées, n'y résistent pas ou s'améliorent. Les tuberculoses osseuses et pulmonaires guérissent ou rétrocèdent, comme je l'ai démontré; enfin le champ des applications s'étend de plus en plus. L'anesthésie dentaire, névralgique... est aussi un fait accompli. J'ai traité en quinze mois, cent soixante-sept malades, tous ont été améliorés; malheureusement, non secondé à l'hôpital, l'électricité m'étant souvent supprimée, je n'ai pu avoir les résultats que j'étais en droit d'attendre de mon appareil, et ce sont les malades qui en souffraient, et venaient souvent inutilement; mais les administrations sont presque toutes ainsi! J'ai pu poursuivre chez moi, et avec le plus grand succès, le traitement de quelques malades intéressants, et la rapidité des résultats et la qualité de ceux-ci étaient bien supérieure à ceux de l'hôpital, ce qui ne serait là, cependant, qu'une question d'organisation bien facile à résoudre.

Les photographies sont nécessaires, non seulement pour suivre les résultats, mais encore très souvent pour déceler des points insoupçonnés que l'on prend — si l'on n'en a l'habitude — pour des taches photographiques, et qui, en réalité, sont de petits germes lupiques, profonds, cachés sous l'épiderme.

### I. — Chéloïdes.

Mlle J. C..., dix-neuf ans, chéloïdes sous l'oreille et sous le menton. A été jusqu'ici scarifiée huit ans, dont six dans le service, salle Cazenave, et deux dans un autre service, également à l'hôpital Saint-Louis.

Le 25 juin 1901, on commence le traitement photothérapique avec le Foveau-Trouvé, modèle à concentrateur tronconique.

Les 25 et 26 juin, les 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 17 juillet, on fait des séances de dix minutes, sans aucun phénomène; le 17, une légère brûlure par manque de compression.

Les 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30 et 31 juillet, 1er, 2 et 3 août, on continue les séances de dix minutes, soit en tout trente-six séances de dix

minutes, avec, entremêlées, cinq séances variant de dix à vingt minutes de durée; sous le menton, on fait dix séances.

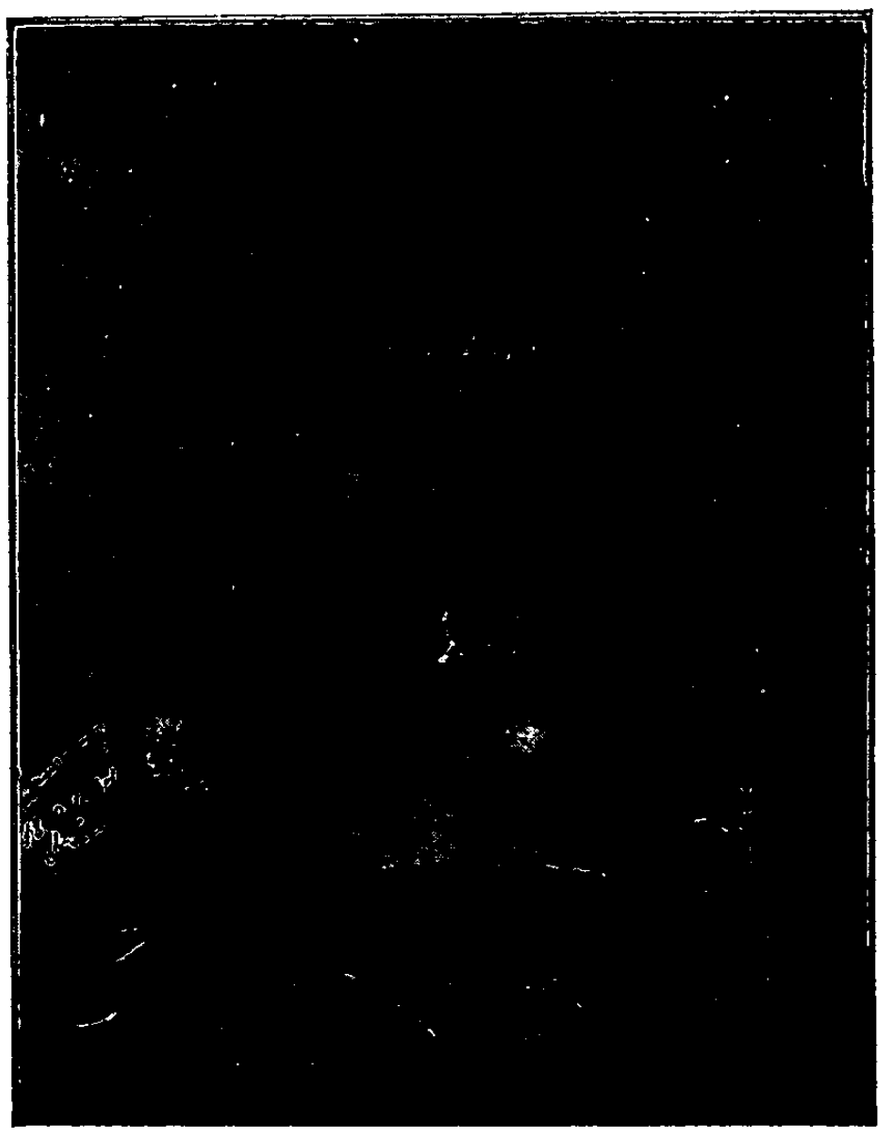


FIG. 1. — Lupus et fistule tuberculeuse du cou (Avant le traitement).

A la vingt-septième séance (quinze minutes), on constate un peu d'énervement, un peu plus à la vingt-huitième (vingt minutes); à la douzième on a une syncope; à la treizième on interrompt devant l'énervement à la douzième minute, puis devant l'insistance de la malade dont l'état s'améliore rapidement, dont la chéloïde du menton, très large, très dure, se ramollit, pâlit, on passe outre la syncope; on la ranime par la flagellation du visage tout en continuant la séance.

Les trente-sixième, trente-septième et trente-huitième séances sont de dix minutes sans malaise; aux dernières séances, la syncope a lieu entre la huitième et la neuvième minute.

Les tissus se cicatrisent et se régénèrent.

## II. — GLANDES.

J. K..., douze ans, grosse glande sur le côté gauche et médian du cou, le long de la branche mastoïdienne du sterno-cleïdo mastoïdien, avec autre glande à la joue, un peu au-dessous de l'oreille, vers la parotide gauche, vient chez moi le 3 janvier 1901. A essayé depuis quatre ans les pommades résolutives, l'huile de foie de morue et les iodures à l'intérieur.

Je prends le Foveau-Trouvé à lampe à incandescence spéciale (5 ampères), à solution bleue cupro-ammoniacale; l'application d'un quart d'heure est bien

supportée. De même les suivantes, tous les deux jours. Au bout de vingt-cinq séances, dont quelques-unes doubles, les glandes ont disparu.

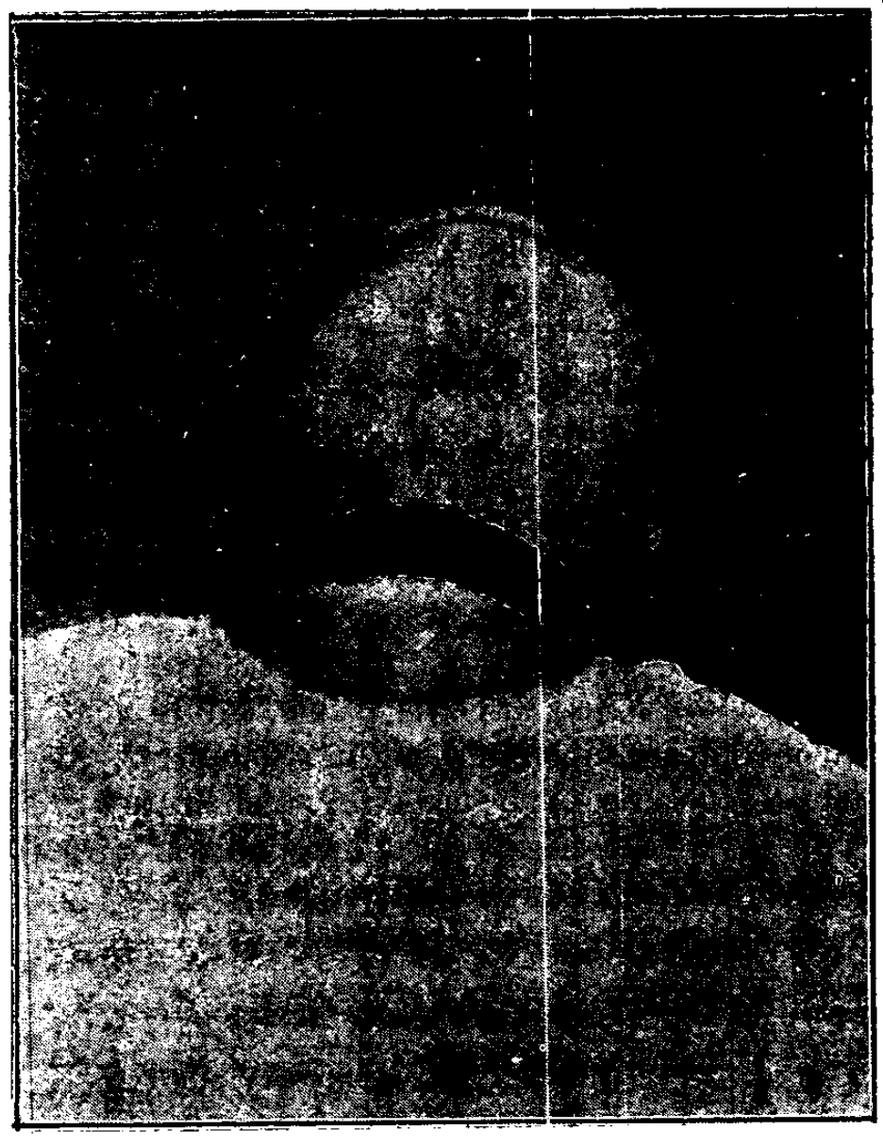


FIG. 2. — Lupus et fistule tuberculeuse du cou (Après le traitement).

### III. — ULCÉRATIONS TUBERCULEUSES.

P. M..., cinquante et un ans, tuberculeux ganglionnaire. Nodules tuberculeux à la jambe gauche dont un ulcéré. Trois séances du Foveau-Trouvé à concentrateur tronconique, espacées d'une semaine ; les trois nodules isolés cèdent. La plaie se cicatrise (fin août 1901). Les applications ont lieu au centre des nodules, à cause de la dissémination, de l'action à distance. On peut ainsi agir sur plusieurs ganglions, en plaçant le compresseur de l'appareil au milieu d'eux.

### IV. — LUPUS ÉRYTHÉMATEUX.

X..., ancien infirmier de l'hôpital d'A..., vingt-trois ans, entre à Saint-Louis pour soigner son lupus érythémateux qui a résisté à toutes les médications.

Le 2 juillet 1901, séance : 15 minutes, un peu d'œdème ; le 4, deuxième séance : 10 minutes, réaction faible ; les 5, 6, 8, 9 et 10, même durée de 10 minutes ; la réaction est très forte à chacune de ces séances ; le 12, la réaction est plus forte, il y a même une légère brûlure par manque de compression.

Le 15 juillet, simplement 7 minutes, avec augmentation du voltage et diminution de l'ampérage.

Les 16, 17, 19, 20, 22 et 23 juillet, les séances continuent avec des variations du potentiel de 80 à 95 volts, et en allant inversement comme intensité de 12 à 8 ampères et la réaction s'accentue. (Ce fait est intéressant à noter, car il permet encore d'économiser de l'énergie électrique ; les secteurs allant à 110 volts, on est obligé de diminuer le voltage par le rhéostat qui absorbe l'excès. Le courant laisse toujours au secteur passer 110 volts : il y a donc intérêt à utiliser, médicalement, le plus possible, ou tout, de ces 110 volts et surtout de diminuer l ampérage).

Du 24 au 29, repos, une application ayant eu lieu à la tempe et le malade s'étant plaint de fortes douleurs dans la tête. Ce phénomène ne s'est. d'ailleurs jamais reproduit, ni pour ce malade, ni pour le grand nombre d'autres soumis au traitement.

Les 1er, 2, 3, 4 août, on traite la grande tache de la joue (10 ampères et 25 volts), 7 minutes les trois premières séances et 15 minutes la quatrième ; on a une très forte réaction chaque fois.

La figure est rouge comme un homard ; on reprend, le 16, quand elle est devenue blanche, avec 7 minutes, 8 ampères et 95 volts.

Les 21, 24, 27 août, 2, 3, 4 septembre, on fait des séances de 7 à 10 minutes et, par excès de précautions, sur des petits points, sur le bout du nez, la joue droite, le coin de la paupière supérieure gauche (8 ampères, 95 volts).

Le malade part presque guéri le 5 septembre. Mais il part trop tôt, trouvons-nous, ne nous fiant pas à l'aspect superficiel excellent. Il revient en décembre avec quelques points que l'on guérit définitivement.

### V. — Lupus vulgaire.

R. B..., vingt-deux ans, salle Cazenave, fille d'alcooliques, dont le père mort, et la mère gastralgique ; lupus de la face, datant de douze ans, survenu à la suite de rougeole. L'épiglotte a été d'abord le siège du lupus, alors bien constaté par le médecin traitant ; les lésions ont ensuite gagné le visage, de petits boutons d'abord, puis des ulcérations ; un vésicatoire à l'un des bras y a amené un lupus, l'autre bras a eu de la tuberculose osseuse déjà grattée deux fois et présentant encore un trou et une fistule.

En juin 1901, séances les 26, 27, 28 ; en juillet, les 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 19, on fait des séances de 10 à 15 minutes, 90 volts, 8 à 12 ampères sans réaction externe, ni douleur ; le 20 juillet, celle-ci est de 58 minutes comme expérience, car d'autres malades d'une salle voisine se plaignaient, chaque fois, d'étourdissements, de vertiges, au bout de 30 minutes, souvent moins, lorsqu'ils étaient soumis à un Finsen simplifié plus complexe et postérieur au Foveau-Trouvé ; ce dernier est admirablement supporté. Les séances se continuent en août, septembre, octobre, novembre et décembre 1901, de janvier à mai 1902. Toute la moitié centrale du visage est envahie. On sent au toucher de nombreux nodules tuberculeux. On agit sur une surface de deux à trois centimètres carrés à chaque séance. Une fistule tuberculeuse située au menton *(fig. 1 et 2)* est desséchée et tarie en trois séances ; une autre au bras rétrocède de même. La peau tuméfiée, nodulaire du visage, devient lisse peu à peu et souvent une simple application suffit pour la guérison de la région traitée. De la tuberculose osseuse du bras *(fig. 3 et 4)*, un léger souffle au sommet du poumon gauche, disparaissent de même. Je joins les photographies comparatives du menton et des bras ; quant à la tuberculose pulmonaire, j'ai une lettre du

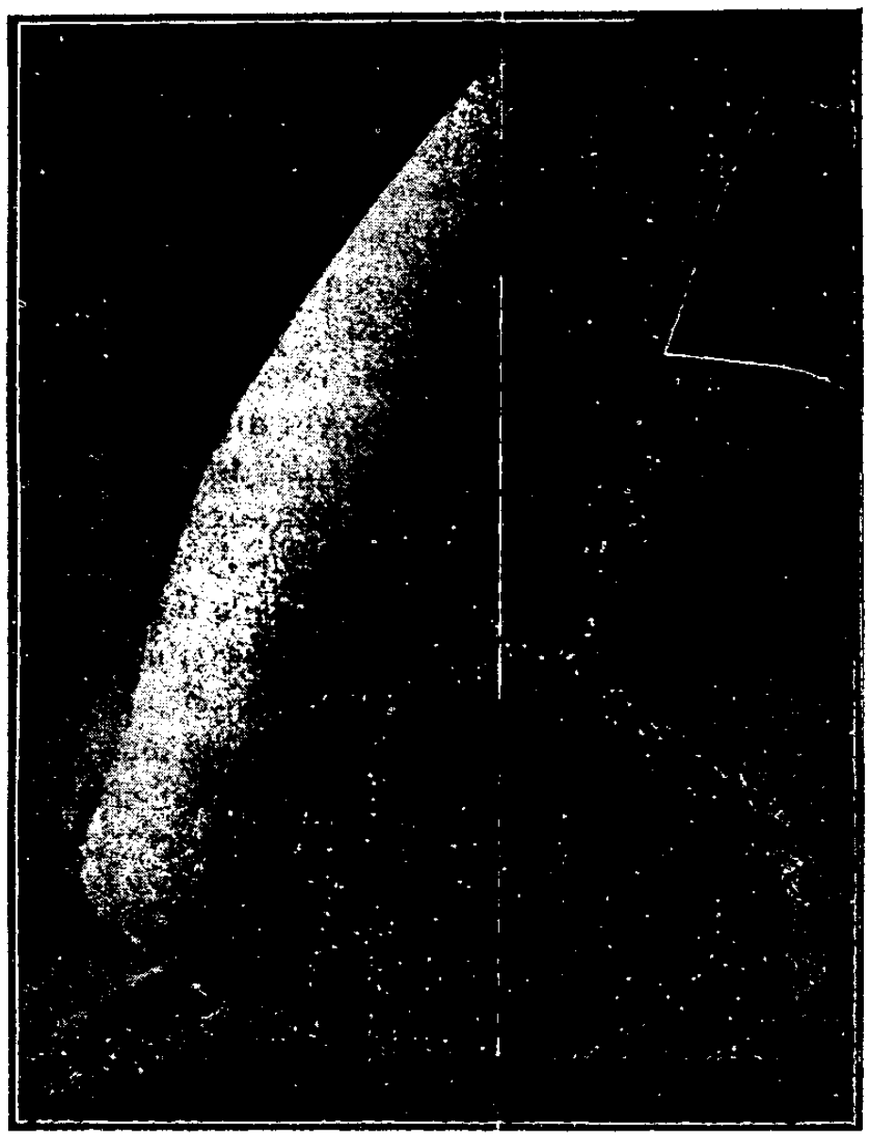


FIG. 3. — Tuberculose osseuse (Avant le traitement).



FIG. 4. — Tuberculose osseuse guérie.

médecin traitant adressée à la malade et constatant à la fois sa lésion ancienne du sommet gauche et sa guérison actuelle.

L'appareil employé fut d'abord le Foveau-Trouvé à concentrateur, puis le modèle à miroir concave interne; ce dernier donne à volonté des phlyctènes selon l'intensité utilisée, 8 à 12 ampères. On a pu, sur le même sujet, produire ou non ces réactions superficielles et suivre le processus curatif : il semble que la manifestation extérieure est non seulement inutile, mais encore nuisible à l'action profonde.

Mon radiateur, modèle Noé, appliqué dès février 1902, et d'un maniement plus commode, a donné les mêmes résultats curatifs et à volonté les mêmes phlyctènes, avec ou sans compression, et avec des intensités de 5 à 8 ampères, 10 au maximum et exceptionnellement 5, et parfois moins suffisant souvent à une réaction intense. Certaines séances nasales furent suivies de vertiges, dus à la pénétration cérébrale des rayons chimiques, vu la faiblesse et le peu d'épaisseur ordinaire des os de la base du crâne, ici certainement accentués; un tamponnement préalable évite ces accidents.

L'augmentation du poids de cette malade, comme de tous les patients soumis à mon radiateur, est très nette. L'action sur la nutrition générale est incontestable (*Société de Biologie*, 16 novembre 1901, et brochure *Comment on se défend des tuberculoses cutanées*, janvier 1902).

— Une autre malade analogue, sans antécédents, à face prise *(fig. 5 et 6)*, est guérie en huit mois de séances quotidiennes.

### VI. — Lupus éléphantiasique.

Mme M..., quarante-deux ans, salle Emery, lit nº 5, antécédents héréditaires : rien ; père et mère vivants. Antécédents personnels : six ans, typhoïde à la suite de laquelle il lui reste un bouton entre les deux sourcils, qui n'a jamais disparu.

Ne tousse pas, grippe infectieuse en 1900 et 1901. En 1874, coup d'ongle au sourcil, s'envenime, soigné par caustique, mais s'aggrave et enfle sans cesse. Va à Montpellier en 1875 ; le docteur Courty lui fait des pointes de feu et la guérit complètement.

Se marie en 1878, a une fille en 1879, le bouton signalé plus haut s'augmente pendant la grossesse, elle l'écorche systématiquement et depuis cette lésion gagne sans cesse.

Soignée par l'huile de cade et divers médicaments qui l'aggravent, elle a une nouvelle fille en 1880, une autre en 1881, et plusieurs fausses couches. Enfin une fille en 1889; la première et la dernière vont bien, les deux autres sont mortes.

Le lupus gagne sans cesse; se fait soigner par pointes de feu intermittentes, c'est-à-dire séances suivies sans continuité; lupus s'aggravant ou diminuant de temps à autre. Diverses pommades sont essayées dont quelques-unes très douloureuses, cependant que son nez qui était très gros s'est amélioré par ces traitements.

Vient à Saint-Louis (?...), vue par le docteur Vidal, puis par le docteur Hallopeau ; pointes de feu et scarifications.

A été soignée en ville par l'appareil à feu visible, simple arc devant le compresseur de quartz décrit plus haut ; 70 séances n'ont donné qu'un résultat très insignifiant.

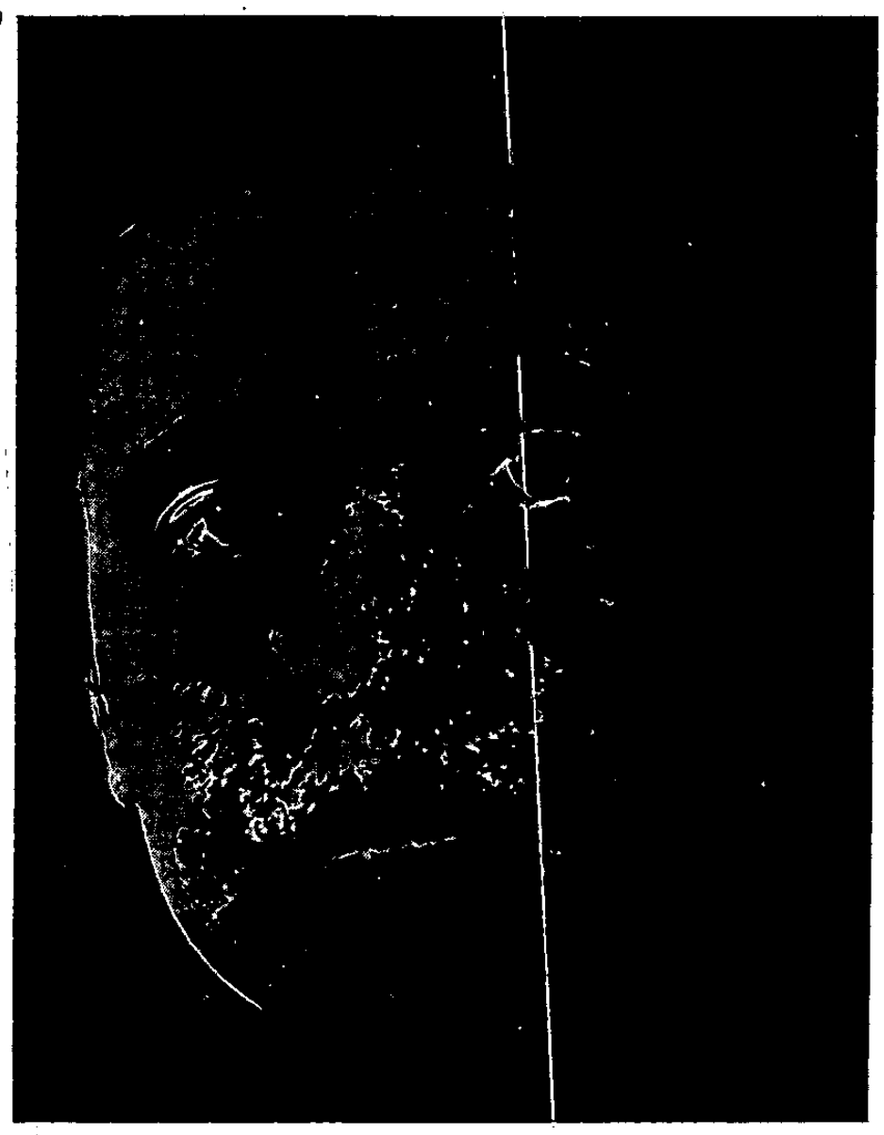


FIG. 5. — Lupus vulgaire (Avant le traitement).



FIG. 6. — Lupus vulgaire guéri.

Le 2 décembre vient ici au Foveau. État actuel : toute la figure est prise, moins l'oreille droite; le front va beaucoup mieux depuis ses séances de photothérapie, la lèvre supérieure très infiltrée est à vif; l'inférieure est à peu près guérie; l'oreille gauche et le menton ne sont pris que depuis deux ans.

On a soupçonné aussi la spécificité, et fait à la malade des injections de calomel qui ont paru lui réussir en la pâlissant un peu et momentanément. Étant donnés la séance de 58 minutes de l'observation V et ses résultats, nous faisons de longues séances, parfois plusieurs par jour qui sont toutes très bien tolérées. Du 2 décembre 1901 au 25 avril 1902, cent trente et une séances sont ainsi faites un peu partout sur la face; laissant presque sans soins le front traité ailleurs, le contraste est bientôt frappant avec cette région devenue un peu plus blanche que le voisinage et qui maintenant est presque seule rouge. L'amélioration est énorme lors de la présentation du 1er mai et il est constaté que cette malade, un an avant, « avait alors une oblitération si complète des lymphatiques que chaque application de Finsen était suivie de la tuméfaction énorme du visage. Toute thérapeutique eût été impossible. Elle doit être considérée comme un magnifique résultat de la photothérapie ».

... Nous n'insisterons pas sur ces résultats assez éloquents par eux-mêmes, et *les seuls* qui furent présentés à la Société Française de Dermatologie et de Syphiligraphie, le 1er mai 1902, et cependant la photothérapie y était à l'ordre du jour, et tous les appareils *ad hoc* existent à l'hôpital Saint-Louis, siège de la Société, et où furent soignés, par ces appareils, maints malades. Mon radiateur a donc pour lui l'épreuve du temps, seule capitale en l'espèce, et la priorité de l'invention. Mais ce qui importe le plus au point de vue thérapeutique, et pour nous, convaincu par nos études sur la lumière qui remontent à seize ans et, après dix ans d'études et de traitements continus à l'hôpital Saint-Louis, ayant essayé l'électrolyse et la bi-électrolyse, les rayons X, les courants de haute fréquence, et vu essayer tous les autres procédés, scarification, autoplastie... c'est la lumière l'agent le plus actif, et de préférence, l'arc voltaïque. Nous avons précisé à plusieurs reprises notre *modus faciendi* et notre conception d'une parfaite, complète, peu coûteuse et facile utilisation de l'arc en notre radiateur non breveté, et nous sommes assuré que nos heureux résultats se multiplieront de plus en plus pour le plus grand bien des malades.

# M. Émile MER

Inspecteur des Forêts, à Nancy.


## L'ENSILAGE DE L'HERBE DE PRAIRIE [633.4]

*— Seance du 8 août —*

En 1885, époque à laquelle j'ai commencé à ensiler de l'herbe de prairie, dans mon exploitation de Longemer (Vosges), on croyait pouvoir, sans inconvénient, exécuter ce travail, même par la pluie. Cette faculté était même regardée comme un des plus précieux avantages du procédé, en ce qu'elle permettait de ne faire subir à la récolte aucune interruption. Aussi n'hésitai-je pas, dans mes premiers essais, à poursuivre l'ensilage par une pluie battante. Grande fut ma déception, quand le silo fut mis en consommation. Le produit obtenu exhalait une odeur nauséabonde qui se communiquait au lait, à la crème et même au beurre. Mes vaches laitières n'acceptaient ce fourrage qu'avec répugnance. Plusieurs d'entre elles, ayant été pesées, on constata que leur poids avait diminué, au bout de quelques mois de ce régime et bien que ce fourrage ne fût entré qu'en faible proportion dans les rations. Quelques-unes même tombèrent malades. Je constatai par la suite que l'ensilage de la jeune herbe, de celle de seconde coupe, par exemple, surtout quand elle est trempée de rosée, produit parfois le même effet. Tous ces faits ont été exposés en détail dans diverses publications (1).

Recherchant la cause d'un aussi défectueux résultat, je finis par reconnaître, à la suite d'essais poursuivis pendant plusieurs années, que la mauvaise qualité du produit doit être attribuée à l'excès d'humidité que renferme le fourrage, au moment où on l'ensile. Aussi, pendant quelque temps, avais-je pris le parti de n'ensiler l'herbe qu'après lui avoir fait subir une légère dessiccation. C'était tomber dans l'excès opposé. Le fourrage était alors facilement envahi par les moisissures, parce que, se tassant mal, il donnait trop accès à l'air. Je fus ainsi amené à reconnaître que c'est l'herbe fraîche, ni mouillée, ni fanée, ni trop jeune, ni trop mûre, qui convient le mieux pour l'ensilage. Suivant qu'elle renferme moins de 70 0/0 d'eau, ou une quantité comprise entre 70 et 80 0/0, ou enfin une

(1) *Journal de l'Agriculture*, 1886, 1888, 1889. — *Bulletin de la Société des Agriculteurs de France*, sesssion générale 1891.

proportion supérieure à 80 0/0, on obtient des produits différant entre eux par l'odeur, l'aspect, la température de la masse, la composition chimique, enfin l'effet produit sur les animaux ; ce qui indique que, suivant sa teneur en eau, l'herbe ensilée est le siège de fermentations différentes. J'ai été amené ainsi à distinguer trois sortes d'ensilages :

L'un, que j'appelle ensilage de première sorte, résulte de l'enfouissement d'herbe peu aqueuse (moins de 70 0/0), soit parce qu'elle est constituée principalement par des graminées parvenues à complète maturité et auxquelles ne sont associées que pas ou peu de plantes à feuilles largement limbées et par suite tendres. Ce fourrage est brun foncé, exhale une odeur aromatique assez agréable et très accentuée. C'est celui qui est le plus apprécié par le bétail. Mais il présente l'inconvénient de moisir assez facilement dans toutes les parties où l'air a accès et où la masse se refroidit. Aussi le déchet est-il assez considérable à la partie supérieure et contre les murs jusqu'à une assez grande profondeur (30 à 40 centimètres). De plus, au cours de la consommation, il moisit au bout de quelques jours sur la surface verticale de section. Ces moisissures s'infiltrent peu à peu entre les strates, à mesure que le refroidissement se propage. Cet inconvénient, auquel on peut remédier, dans une certaine mesure, en dressant des bottes de paille contre la surface de section, pendant la période de temps qui s'écoule entre deux coupes, afin de ralentir à la fois l'accès de l'air et la perte de chaleur, serait très sérieux dans une petite exploitation, parce que les tailles, ne pouvant être rafraîchies qu'à intervalles assez longs, les moisissures auraient le temps de pénétrer à une assez grande profondeur, d'où il résulterait que le fourrage distribué au bétail serait presque toujours moisi. L'ensilage de première sorte est le siège d'une température très élevée (60 à 70 degrés), indice d'une active fermentation, laquelle entraîne une certaine perte de substance. Cette perte semble compensée par la coction que subit le fourrage, coction qui a pour effet d'en augmenter la digestibilité. (V. Joulie et Cottu. *Bull. Soc. des Agric. de France*, 1884, 1885).

L'ensilage de deuxième sorte, obtenu à l'aide d'herbe renfermant de 70 à 80 0/0 d'eau, est brun clair, exhale une odeur produisant l'impression d'acidité, ce qui n'entraîne pas la conséquence que ce fourrage soit plus acide que le précédent (1). On l'obtient, en ensilant de l'herbe. non encore parvenue à maturité et renfermant une assez grande proportion de plantes à feuilles amplement limbées, plantes généralement acaules et plus aqueuses que les graminées dont les pédoncules et les épis sont généralement assez secs et coriaces. D'une manière générale, cet ensilage provient

(1) Des recherches seraient à faire à ce sujet.

Je viens de procéder à ces recherches. Il en résulte que l'acidité volatile et fixe est bien plus grande dans les ensilages riches en eau. — Voir *Bulletin de la Soc. des Agriculteurs de France,* Session générale, 1903 : *Relations entre la teneur en eau et en acides volatiles des fourrages ensilés,* p. 297 et suivantes. *(Note ajoutée pendant l'impression).*

d'herbes fraîchement coupées, n'ayant pas reçu la pluie, et n'ayant pas subi un commencement de fanage. La température de la masse ensilée reste notablement plus basse que dans le cas de l'ensilage de première sorte. La fermentation qui s'y produit est non seulement différente, mais paraît être moins active. La déperdition de matière doit donc y être moindre, l'assimilabilité étant toutefois accrue, dans une certaine mesure, par suite de la légère coction que subit l'herbe. Le bétail accepte moins volontiers cet ensilage que le précédent ; il s'y fait cependant assez rapidement, sans qu'il résulte d'inconvénients au point de vue de l'engraissement et de la production laitière. L'ensilage de deuxième sorte présente le grand avantage de se moins détériorer à la partie supérieure de la masse et contre les murs, d'entraîner par suite moins de déchet et surtout de ne pas moisir sur la surface de taille. Je me suis assuré que cette surface peut rester exposée à l'air pendant dix ou quinze jours sans moisir. C'est là un avantage précieux pour les petites exploitations. Pour tous les motifs qui viennent d'être énumérés, c'est cette sorte d'ensilage qu'on doit chercher à réaliser le plus souvent.

L'ensilage de troisième sorte est vert-olive passant parfois au vert noirâtre. Il exhale une odeur infecte d'acide butyrique et aussi d'acide propionique, d'après des recherches encore inédites. Il est obtenu quand l'herbe renferme plus de 80 0/0 d'eau, soit parce qu'elle a été coupée trop jeune ou qu'elle renferme une grande proportion de plantes à larges limbes, n'ayant pas ou presque pas de tiges,telles les plantes munies de rhizomes, ou surtout parce qu'elle est chargée d'eau pluviale. La quantité d'eau ainsi incorporée au fourrage est énorme, surtout dans les régions montagneuses où les chutes de pluie sont si abondantes. Ce produit n'est accepté qu'avec la plus grande répugnance par les vaches laitières. Il est nécessaire, pour cela, de le dissimuler en le mélangeant à du foin ou à de l'herbe fraîche par strates successives et encore à la condition de n'en donner qu'en petite quantité. L'odeur nauséabonde qu'il exhale s'attache aux vêtements, pour peu qu'on le manie, et y adhère avec persistance. Elle se communique au lait, à la crème et parfois même au beurre. En principe, la production de cet ensilage doit être évitée. Mais, au cours du remplissage qui dure souvent deux à trois semaines, le temps peut varier et l'on est amené parfois à enfouir de l'herbe un peu mouillée ou inversement ayant subi un commencement de fanage. Aussi, dans un silo, rencontre-t-on le plus souvent les trois sortes de produits. Il n'en résulte pas grand dommage, quand les ensilages de première et de troisième sorte ne s'y trouvent qu'en faible proportion (1).

(1) Voir, pour plus de détails, *Journal de l'Agriculture*, 1897.
Quand une pluie survient, il n'est pas indispensable de suspendre la coupe. Les andains doivent être laissés en place. Si, au bout de deux ou trois jours, le temps se remet, il suffit d'en laisser

L'opinion qu'on peut ensiler en temps de pluie était si répandue et si ancrée dans les esprits qu'à l'époque où j'ai fait connaître les résultats de mes expériences j'ai rencontré beaucoup de contradicteurs. Bien que, par la suite, on m'ait écrit de divers côtés qu'on avait fini par reconnaître le bien fondé de mes observations, je ne sais si je suis parvenu à convaincre tous les ensileurs des inconvénients de cette pratique. Il est vrai que ces ensileurs sont généralement de grands propriétaires, ayant de vastes silos qu'ils mettent plusieurs semaines à remplir. Ils habitent pour la plupart des pays de plaine où les pluies sont beaucoup moins abondantes que dans les régions montagneuses et surtout que dans les Hautes-Vosges. Leurs prairies sont peuplées principalement de graminées et renferment peu de ces plantes très aqueuses, à feuillage développé, qui entrent pour une notable partie dans la composition des herbages de montagne. Pour ces divers motifs, les inconvénients que présente l'ensilage par les temps pluvieux sont moins appréciables qu'ils ne le seraient dans les conditions où je me trouve placé. « Qu'importe, m'écrivait l'un d'eux, que de temps à autre l'herbe soit ensilée par la pluie. Mes silos sont si vastes, que cette faible quantité se trouve perdue dans la masse. » Aussi n'avait-on même pas remarqué que l'ensilage d'herbe mouillée donne naissance à un produit différent, à tous égards, de l'ensilage d'herbe fraîche. Mais l'on comprend que, pour la petite culture, il n'en serait plus de même, surtout dans les localités où le soleil, même au mois de juillet, reste souvent deux et trois semaines sans se montrer et où les chutes de pluie sont parfois discontinues pendant plusieurs jours de suite. Un petit silo d'une cinquantaine de mètres cubes qui serait rempli d'herbe mouillée ne fournirait qu'un produit détestable.

Si, dans les grandes exploitations de plaine, les inconvénients de l'ensilage d'herbe mouillée ont passé inaperçus, il convient de l'attribuer aussi à une insuffisance d'observation, car l'ensilage de troisième sorte, butyrique ou propionique, s'y produit également. Je connais plusieurs cultivateurs qui ont renoncé à l'ensilage, précisément parce que, ayant enfoui de l'herbe par la pluie, ils avaient obtenu des produits défectueux. Mais, ainsi que cela se présente trop souvent, quand un agriculteur éprouve un échec, il se garde bien de le faire connaître, par insouciance, timidité, par crainte d'être taxé de maladresse, ou répugnance à heurter une opinion admise. Cette disposition d'esprit est bien fâcheuse et enraye beaucoup les progrès de la pratique, car le public n'est alors informé que des cas de succès.

Un cultivateur des environs de Nancy avait, en 1886, ensilé par la pluie

ressuyer et même faner légèrement la surface, puis de les retourner sens dessus dessous. La partie inférieure se ressuie à son tour. On enlève ensuite le tout, bien que les andains soient encore un peu mouillés à l'intérieur. Dans ce cas et par suite de la faible dessiccation qui se poursuit pendant les manœuvres de chargement, de transport et d'enfouissement, l'humidité de la masse reste inférieure à 80 0/0.

de la luzerne fraîchement coupée. Le produit obtenu était si infect qu'en ayant apporté un échantillon à l'une des séances de la Société centrale d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle, le Président dut prier de porter immédiatement hors de la salle cet échantillon qui, malgré ses faibles dimensions, suffisait à l'empester. Le cultivateur avait désiré savoir pour quel motif, il n'avait pas réussi, bien que s'étant conformé à toutes les règles prescrites. Naturellement on ne put le lui faire connaître. Il essaya de faire consommer ce produit par ses vaches pour en tirer parti ; mais malgré la précaution qu'il eut de ne le distribuer qu'en faible quantité, leur lait s'en ressentit et comme il le vendait en ville, ses clients se plaignirent. Il le donna alors à ses moutons qui, au bout de quelques jours, le refusèrent. Il dut alors le jeter au fumier.

Un grand ensileur bien connu que n'avait pas convaincu mon dernier mémoire sur l'influence prépondérante exercée par la teneur en eau de l'herbe ensilée, m'adressa au mois de janvier 1898, un échantillon provenant, me disait-il, d'une herbe ensilée par une pluie battante, afin de me prouver qu'il n'en résultait pas les inconvénients signalés par moi. Ce fourrage, bien qu'il fût composé presque uniquement de graminées, exhalait à l'arrivée, une odeur telle que les employés de l'octroi de Nancy crurent devoir ouvrir la caisse qui le renfermait. Le camionneur qui me l'apporta me déclara, un peu plus tard, que ses vêtements ainsi que tous les objets qui se trouvaient dans sa voiture, étaient restés imprégnés de cette odeur infecte pendant plusieurs jours. L'échantillon ne fut pas plus d'un quart d'heure chez moi que je dus m'en débarrasser, pour éviter les plaintes de mes voisins. Je m'empressai de porter ces faits à la connaissance de la personne qui m'avait fait cet envoi. Elle me déclara en être fort surprise. Je l'engageai alors à adresser un autre échantillon à la station agronomique de Nancy. Ce dernier arriva dans les mêmes conditions que le premier. Le directeur de la Station fut obligé de le confiner, pendant toute la durée de l'analyse, dans le coin le plus éloigné de la cour, pour ne pas empester l'établissement. C'est au cours de cette analyse qu'on reconnut que l'odeur était due en partie à la présence de l'acide propionique bien plus abondant, dans le fourrage, que l'acide butyrique (1). Il est à remarquer qu'elle s'accentue avec le temps. Elle est bien plus prononcée dans un silo qu'on ouvre, au bout de trois ou quatre mois, que dans un silo récemment rempli.

Si la pratique de l'ensilage a pris aussi peu d'extension à ma connaissance, car elle ne me paraît guère appliquée dans la moyenne et surtout la petite culture, ce n'est pas seulement parce qu'il y a eu beaucoup d'insuc-

(1) Dans 6,17 0/0 d'acides volatils de matière sèche, il en entrait 4,84 0/0 d'acide propionique. Mais dans d'autres analyses, ce dernier acide fut trouvé en moindre proportion. C'est généralement l'acide butyrique qui domine.

cès à la suite de l'ensilage d'herbe mouillée qu'on avait malencontreusement préconisé, mais encore parce que beaucoup de personnes, reculant devant les frais de construction de silos, ont cru pouvoir s'en passer et ensiler, comme l'on disait, *en plein air*. Cette pratique, qu'on a prônée, il y a une vingtaine d'années, est cependant des moins recommandables, par suite de la difficulté de travail et de l'énorme déchet qui se produit sur les faces exposées à l'air. Aux environs de Nancy, un certain nombre d'essais ont été tentés, vers 1880, par plusieurs membres de la Société Centrale d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle. A la suite d'insuccès, il sont depuis longtemps abandonnés. En recommandant l'ensilage sans silos, comme on l'a fait à cette époque, dans l'espoir que les cultivateurs appliqueraient plus facilement un procédé ne nécessitant aucune dépense de construction, on a été au rebours du but qu'on se proposait d'atteindre. Ce n'est pas le seul exemple, en agriculture, des résultats défectueux dûs à l'application de mesures recommandées avec les meilleures intentions, mais insuffisamment étudiées.

Au reste il faut convenir que l'ensilage est loin de présenter tous les avantages qu'on lui avait attribués dans le premier moment d'enthousiasme. Il a d'abord perdu beaucoup de son intérêt, pour les petites exploitations, du jour où il a été reconnu qu'on ne peut ensiler avec succès par la pluie. En outre il faut tenir compte des frais assez considérables, qu'impose, dans beaucoup de situations, le transport d'herbe fraîche. S'ils sont peu élevés, quand les prairies se trouvent à proximité des bâtiments de ferme, il n'en est plus de même lorsqu'elles en sont distantes de deux à trois kilomètres. La manutention est moindre, à la vérité, que dans la fenaison, mais elle est loin d'être négligeable, car pour que l'opération se fasse dans de bonnes conditions, il est nécessaire que l'herbe soit répandue avec soin dans le silo. Puis il y a les frais de compression : placement à deux reprises des traverses et des pierres, si l'on ne veut pas perdre trop d'espace. Enfin les déchets de la surface et contre les murs doivent aussi entrer en ligne de compte. On arrive à les diminuer en répandant sur les masses ensilées des herbes de peu de valeur ; c'est ce que je fais en récoltant des plantes aquatiques (Carex, joncs, phragmites) qui croissent sur les bords du lac de Longemer, pour former le *chapeau* du silo. Mais outre que la récolte de ces plantes ne laisse pas que d'être assez onéreuse, tout le monde n'en a pas à sa disposition et la perte d'une dizaine de centimètres de fourrage à l'état comprimé, doit entrer en balance.

Et cependant, malgré tous les inconvénients que je viens d'énumérer pour faire la part des choses, il est juste de reconnaître que l'ensilage, dans bien des situations tout au moins, est une pratique des plus utiles, dont l'application rendrait de réels services dans les régions de grande

ılture herbagère où le ciel est souvent brumeux et le temps incertain. 'est surtout pour les regains que son emploi est indiqué, l'herbe de seconde ɔupe étant plus difficile à sécher, non seulement parce qu'elle est plus queuse, mais encore parce qu'en automne, les jours sont plus courts et soleil moins vif.

Les petits silos entraînent plus de déchet que les grands, mais ils ffrent l'avantage de pouvoir mener de front l'ensilage et le fanage. Quand n silo est en cours de remplissage et que, le beau temps étant revenu, n désire en profiter pour sécher l'herbe et se consacrer entièrement à ce avail, il suffit d'ajouter, tous les deux jours, une provision d'herbe repré-ntant une épaisseur de 10 à 15 centimètres de fourrage comprimé. il fallait au contraire entretenir un grand silo, il serait nécessaire d'en-ɔuir, de deux en deux jours, beaucoup plus d'herbe, ce qui occasionnerait ne notable perte de temps, dans un moment où tous les bras sont récla-és par la fenaison, sans compter qu'on serait amené ainsi à ensiler une ande quantité d'herbe qui pourrait être facilement séchée. Les silos ne trouveraient donc pas réservés uniquement pour les jours où la fenaison t impossible. Enfin il est prudent de conserver vides quelques silos, en ıe des regains, ce qui ne pourrait se faire si l'on n'avait qu'un seul and silo. En 1896 et 1897, années où le mois de septembre a été très uvieux, j'ai pu, grâce à l'ensilage, et en profitant des éclaircies pendant squelles il ne pleuvait pas, le ciel restant cependant couvert, rentrer us mes regains en assez bon état, tandis que beaucoup de cultivateurs rrains n'ont pu sécher les leurs ou ne les ont récoltés que fort ariés.

J'ai quatre silos accouplés, cimentés et abrités sous un hangar. Ils sont mplètement enterrés et quand le tassement s'est produit et que les erres de compression affleurent au niveau du couronnement des murs, ı appuie sur ceux-ci des madriers sur lesquels on place les voitures de xploitation. Le hangar sert ainsi de remise pendant la plus grande partie l'année.

Chacun de ces silos a 7 mètres de long, 3 mètres de large et $2^m,75$ de ofondeur. Cette dernière dimension est insuffisante et j'espère pouvoir ugmenter de 1 mètre. Le sol étant sableux, le fond n'est pas bétonné. cube de chaque silo est donc d'une soixantaine de mètres cubes. Trois ces silos sont remplis avec de l'herbe de première coupe, le quatrième ınt réservé pour les regains. Le premier des trois, rempli du 25 juin au juillet, est mis en consommation dès le commencement d'août et se ɔuve vide vers le 10 septembre. On le remplit alors de regain. L'herbe seconde coupe, étant plus courte, plus fine, plus tendre, se tasse mieux e celle de première coupe et entraîne moins de déchet. Chacun de ces ɔs reçoit 20.000 kilogrammes d'herbe et comme l'un d'eux est rempli

deux fois par an, c'est donc 100.000 kilogrammes d'herbe que j'ensile chaque année.

L'ensilage, pour être réussi, demande beaucoup de soin et de prudence. Aussi je crois utile de décrire sommairement les diverses précautions que j'ai été amené à adopter, à la suite d'une expérience de dix-sept ans.

1° Je n'ensile que de l'herbe fraîchement coupée ou si elle a été fauchée la veille par la pluie, j'attends qu'elle soit ressuyée, en évitant de lui laisser subir un commencement de fanage. J'ai bien soin de ne pas ensiler de l'herbe versée ou de l'herbe, qui, après avoir été un peu fanée, se trouve mouillée ;

2° L'herbe apportée par des voitures devant le hangar est projetée, à l'aide de fourches, dans le silo au fond duquel se trouvent deux hommes chargés de la bien répartir par couches horizontales. Quand le contenu d'une voiture a été ainsi distribué, les hommes piétinent l'herbe, principalement sur les bords et dans les contours cintrés, en marchant lentement et faisant porter le poids du corps sur une jambe ;

3° Si l'ensilage est interrompu par le retour du beau temps, je fais répandre dans le silo deux voitures d'herbe tous les deux jours. Ce délai ne peut être dépassé car les moisissures commencent à envahir la surface le troisième jour et si on n'ajoutait une nouvelle couche que tous les trois jours, on aurait des strates moisies. Cette précaution est donc indispensable et je ne saurais trop y insister, parce que les insuccès sont souvent dus à son inobservation ;

4° Il est préférable de remplir le silo lentement, afin que le tassement s'effectue peu à peu, par suite des progrès de la fermentation. On parvient ainsi à enfouir bien plus de fourrage. Je mets généralement huit à dix jours à remplir un silo. L'herbe est entassée jusqu'à une hauteur de 40 à 50 centimètres au-dessus du couronnement des murs, puis on la charge de vieilles traverses de chemin de fer qui conviennent parfaitement pour cet usage et d'une couche de blocs de granit. Le fourrage subit ainsi une première compression ; le niveau supérieur s'abaisse à 50 centimètres au-dessous du sol. Deux jours après, pas plus tard, toujours pour éviter l'apparition des moisissures, on enlève pierres et traverses et, dans l'espace ainsi obtenu, on enfouit encore un certain nombre de voitures d'herbe, puis comme je l'ai dit, on surmonte le tout d'un chargement d'herbes de qualité inférieure destinées à être sacrifiées. C'est la couverture. On procède ensuite à la compression définitive ;

5° Trois semaines après le remplissage du premier de mes silos, je le mets en consommation, afin de ne pas suspendre l'alimentation en jeune herbage ; ce qu'en l'absence de fourrages artificiels, qui ne peuvent être produits dans les Hautes-Vosges, il me serait impossible d'éviter, l'herbe sur pied étant devenue trop dure et le regain n'ayant pas encore suffisam-

ment poussé. Je ne donne jamais de l'ensilage uniquement. Toujours j'y ajoute un peu d'herbe de seconde coupe. jusqu'en octobre. Passé ce mois, l'ensilage est mélangé à du foin. Ce mélange se fait à la grange par stratifications alternatives.

De cette façon j'obtiens de l'ensilage de deuxième sorte, brun clair, réfractaire à l'envahissement des moisissures ; ce qui est dû soit à la présence d'une faible quantité d'acides butyrique et propionique, car cet ensilage exhale un peu l'odeur particulière à ces acides, soit à sa teneur assez forte en eau, soit plutôt à ces deux causes réunies. Ce qui conduirait à le penser, c'est que, au cours du remplissage la surface se couvre de quelques moisissures lorsqu'on reste plus de deux jours sans ajouter de nouvelle herbe, parce que cette surface a perdu une partie de son eau. Et d'autre part, quand on conserve un fragment de cet ensilage dans une caisse fermée, les moisissures n'y apparaissent pas. C'est seulement après une exposition à l'air assez prolongée, quand la plus grande partie des acides volatils et de l'eau s'est évaporée que les moisissures commencent à se développer.

La présence de cette faible quantité d'acides butyrique et propionique n'a pas d'inconvénients pour une exploitation, comme la mienne, dans laquelle on convertit tout le lait en beurre et en fromage, parce que l'odeur peu accentuée de l'ensilage de deuxième sorte ne se communique pas à ces produits. Mais il n'en est pas de même pour le lait, qui, suivant les jours, exhale une certaine odeur, assez vague, mais dont l'origine est reconnaissable. Le goût lui-même en est affecté! Aussi la pratique de l'ensilage ne saurait-elle convenir aux personnes qui vendent leur lait en nature, ou du moins doivent-elles chercher à n'obtenir que de l'ensilage de première sorte qui, lui, n'influence le lait en aucune façon.

---

M. COUILLARD

à Montauban.

---

## LES PRINCIPAUX OBSTACLES AUX PROGRÈS DE L'AGRICULTURE FRANÇAISE

---

[630:944]

*— Séance du 9 août —*

Science ou art, industrie ou commerce, l'agriculture, en France, est devenue de plus en plus difficile. La crise agricole est un fait que chacun reconnaît et dont la cause la plus apparente est la concurrence entre pro-

ducteurs. Ne pouvant supprimer cette cause, comment pouvons-nous l'atténuer et quelles sont les principales difficultés qui peuvent entraver nos efforts ? — Nous nous proposons de résumer et de classer ces obstacles sous les deux chefs suivants :

1° L'agriculture française manque de patrons capables ;

2° L'agriculture française gaspille ses forces.

## I. — L'Agriculture française manque de patrons capables.

Pour ne pas donner à notre sujet un trop grand développement, nous nous contenterons d'énumérer d'abord les principales difficultés que rencontrent les patrons agricoles dans leurs fonctions sociales, puis, nous demandant d'où ils viennent et comment ils sont préparés, il nous sera possible de conclure et de dire s'ils sont en mesure de remplir ces fonctions.

L'une des premières préoccupations de l'agriculteur est le choix des cultures ou des productions, d'après la nature du sol, l'exposition, le climat, les moyens de communication et de transports, les débouchés, la clientèle, et enfin, les ressources que lui offre la main-d'œuvre dont il peut disposer. Il doit faire preuve de sagacité, flairer l'avenir, prévoir les intempéries, les accidents météorologiques qui détruisent les récoltes ou les surproductions qui les déprécient.

Par quels moyens atteindre le maximum de bénéfice net à l'hectare ? Dans quelle mesure, basée sur les prix de revient et les prix de vente, faut-il rendre la culture intensive ? Les blés peuvent diminuer et les bestiaux enchérir, ou l'inverse se produire. Comment conserver assez de liberté dans ses mouvements pour suivre plus facilement les fluctuations du marché, se retourner suivant les circonstances ou les nécessités du moment ?

S'agit-il de la production du bétail ? Il faut savoir, sur le marché, pronostiquer avec de grandes probabilités, la transformation que subira l'animal que l'on veut acheter, d'après sa forme, son aspect, sa constitution apparente, etc. A l'étable, il faut savoir lui préparer sa nourriture, et, d'après son état de maigreur ou d'engraissement, décider son mode d'alimentation. Ces soins exigent de la régularité, de l'économie, et la disette d'un jour ne peut être compensée par la prodigalité du lendemain. Acheter, élever ou engraisser une paire de bœufs est plus difficile qu'ensemencer ou cultiver un hectare de blé. Si les bénéfices peuvent être plus considérables, les risques à courir sont aussi plus grands.

Si nous nous livrons à la culture de la vigne, savons-nous, avec précision, quelle répercussion la taille et les soins que nous lui donnons ont sur la quantité et la qualité des vins et des raisins de table ? Nous savons

prévenir les maladies cryptogamiques, mais nos connaissances sur la vinification, les levures, les ferments, et les fermentations sont encore fort bornées. Nous ne serons des vignerons accomplis que lorsque nous serons parfaitement éclairés sur toutes ces questions.

Le patron agricole, même dans ce petit atelier qu'est une ferme de 15 à 20 hectares, doit recourir aux bras étrangers. Il doit donc posséder les qualités qu'exige le maniement des hommes, s'il ne veut pas voir ses connaissances techniques les mieux établies complètement paralysées par les forces naturelles mises au service de la négligence du personnel. La bonne volonté des ouvriers constitue l'une des parties essentielles du capital d'exploitation.

D'un autre côté, pendant que l'ouvrier le plus consciencieux n'a qu'à songer à la bonne exécution de son travail, son patron doit saisir l'enchaînement de tous les travaux, présents et à venir, et en calculer le rendement probable. La prévoyance est l'une des principales qualités du patronage.

Nous avons cité les principales difficultés que rencontrent les patrons agricoles. Voyons maintenant comment ils se recrutent et quelle préparation ils apportent à l'accomplissement de leur tâche.

En France, la plupart des propriétaires ruraux abandonnent la gérance de leurs terres à des fermiers, des métayers ou des maîtres-valets. Ils ne prennent aucune part à la culture et se contentent d'en être les commanditaires. Ils tiennent à résider dans les villes, où ils consomment, dans une existence souvent gênée, les maigres revenus de leurs propriétés mal tenues. Les exigences de la vie urbaine ne leur permettent guère, d'ailleurs, de réserver une partie de leurs ressources pour réparer ou perfectionner cette machine productive qu'est la terre. Se contenter de recevoir les fermages ou de régler les comptes des métayers, c'est renoncer à patronner le travail des champs.

Nous examinerons successivement les exploitations par fermiers, par maîtres-valets et par métayers.

L'exploitation par fermiers peut donner de bons résultats s'ils ont du savoir et de l'expérience, de la fortune ou de fortes avances, et, enfin, si la durée des baux est assez longue, quinze à vingt ans, par exemple. C'est dans ces conditions que les fermiers de la Normandie et des provinces du nord de la France, partagent avec les propriétaires-cultivateurs, l'honneur de marcher à la tête de l'agriculture progressive.

Dans le Sud-Ouest, les fermes ne se distinguent pas des bordes ou métairies dont nous parlerons plus loin. N'ayant que de faibles ressources, un capital d'exploitation insuffisant, les fermiers ne peuvent supporter les épreuves d'une année mauvaise ou simplement médiocre. Ils redeviennent bordiers, le caractère aigri et n'ayant rien appris de ce qu'enseigne une culture prospère.

Des baux d'une courte durée, six ou neuf ans, ne peuvent favoriser le progrès agricole qu'autant que bailleur et preneur s'entendent pour régler, d'une façon équitable, la plus-value acquise par le sol en fin de bail. Si non, le fermier laisse la terre épuisée et mal préparée pour un nouvel affermage. Ce règlement de compte exige des parties contractantes des qualités qui se rencontrent rarement.

L'exploitation par maître-valet est très répandue dans le Sud-Ouest. Lorsque le propriétaire réside près de la ferme, sa situation peut être assimilée à celle du propriétaire-cultivateur. S'il n'y séjourne que quelques heures par semaine, ce qui est le cas le plus fréquent, il peut, sans doute, mieux favoriser la culture que par un abandon complet, mais, si son concours est intéressé, à quel point son efficacité peut-elle être réelle?

Le propriétaire décide les achats et les ventes, mais ses absences trop fréquentes et trop prolongées l'obligent à remettre à son maître-valet, non-seulement l'exécution, mais la direction presque entière du travail. Il a même un avantage réel à choisir les cultures, à diriger son entreprise agricole dans le sens des goûts et des aptitudes de son ouvrier. Ce genre de patronage est donc, dans les conditions où il s'exerce, notoirement insuffisant, et ne peut donner que des résultats médiocres.

Il est possible pourtant de l'améliorer en faisant participer le maître-valet, d'après un taux fixé d'avance, aux bénéfices nets de l'année. Il s'efforcera alors d'accroître les profits, sachant qu'il en aura sa part, et de réduire ou de supprimer certaines dépenses qui diminueraient ses propres recettes.

Il nous reste à examiner un troisième genre d'exploitation, celui où les tenanciers sont des métayers appelé bordiers dans le Midi et le Sud-Ouest.

Le métayer peut avoir moins de ressources que le fermier, à tenure égale, car les risques qu'il court sont moindres puisqu'il les partage avec le propriétaire. Lorsque celui-ci comprend ses devoirs de patron, il avance au sol des engrais, au cheptel des bestiaux de choix, au capital d'exploitation des machines et des outils perfectionnés. Dans tout ce qui est essai, expérimentation ou nouveauté, il prend à sa charge les dépenses qui pourraient ne pas être rémunératrices. Dans ces conditions, le métayer se prête loyalement à la marche vers le progrès.

Cette collaboration constante du patron et de l'ouvrier agricoles engendre une confiance mutuelle, et ce genre d'entreprise est peut-être celui qui se prête le mieux à cette association fructueuse du capital et du travail, de la science et de la pratique. Le propriétaire, qui a pu s'instruire, s'informer, s'éclairer, a des connaissances plus étendues, l'esprit plus alerte et plus libre. Il saisit mieux les rapports des choses. De son côté, l'ouvrier a une conscience plus nette, plus précise des difficultés d'exécution, et peut prévenir certaines déceptions.

Mais le métayage tel que nous le concevons, réclame de la part du propriétaire des connaissances très variées, très étendues, et il doit pouvoir unir la pratique à la théorie s'il veut conserver tout son ascendant sur ceux qui savent mettre la main à la pâte. De son côté, le métayer doit être assez intelligent, avoir une formation personnelle assez élevée pour comprendre les raisons de tous ses travaux et ne pas être un simple manœuvre. Là où existe une confiance mutuelle, secondée par des capacités appropriées, ce genre d'exploitation donne d'excellents résultats, comme il arrive dans certaines régions du nord-ouest de la France.

Pourquoi n'en est-il pas ainsi dans le sud et le sud-ouest? A cette situation correspondent des causes que l'histoire nous fournirait peut-être, mais cette recherche nous entraînerait trop loin et nous nous contenterons d'indiquer celles que l'observation présente révèle à notre attention.

Ici, le bordier est presque toujours dénué de ressources, et ses relations avec son propriétaire manquent, le plus souvent, de confiance et de cordialité. Il réclame ouvertement ou sourdement l'indépendance du fermier, sans en accepter les charges, et le propriétaire n'est guère pour lui qu'un bailleur de fonds à sa discrétion, qui ne peut lui refuser son crédit.

En cas de bénéfices, pas de difficultés, le bordier prend sa part; mais s'il y a perte, ou si un bœuf ou deux viennent à mourir, le propriétaire doit renouveler ses avances, car on ne peut s'en passer dans une région où le bœuf est le principal moteur agricole. Il est facile de deviner avec quel soin le bordier gère une terre qu'il va peut-être quitter insolvable.

Est-il donc maintenant téméraire d'affirmer que, dans la grande majorité des cas, les patrons agricoles ne sont pas en mesure de remplir convenablement la tâche qui leur incombe? Devons-nous continuer à nous montrer surpris de l'état de crise que subit en ce moment l'agriculture française?

Mais où le propriétaire, le patron agricole, apprendra-t-il tout ce que sa fonction exige? « Vous voulez faire de vos fils des agriculteurs? Envoyez-les dans une école d'agriculture », conseille-t-on aux familles aisées. « Vous voulez en faire des commerçants? Envoyez-les dans une école de commerce ».

Nous avons, en effet, en France, des écoles pour tous les métiers. Mais les professeurs des écoles d'agriculture, des écoles de commerce, qui sont certainement des savants, ne sont ni des agriculteurs, ni des commerçants. Dans ces écoles, les élèves acquerront des connaissances techniques fort utiles, nécessaires même, mais une exploitation agricole, une maison de commerce, une entreprise industrielle quelconque, exigent, en outre, des connaissances pratiques, de la prévoyance, de la sagacité, des aptitudes

très variées, et, surtout, beaucoup d'initiative. De plus, une école ne peut enseigner à ses élèves le maniement des hommes, et, sans cette qualité, ce don supérieur, les plus belles théories, les dissertations les plus savantes ne serviront à rien.

## II. — L'AGRICULTURE FRANÇAISE GASPILLE SES FORCES (1).

Supposons que tous les patrons agricoles de notre pays soient capables ou le soient devenus, et demandons-nous quel usage ils doivent faire de leur capacité. Dans quel sens, d'après quels principes doivent-ils la diriger ? C'est là l'objet de cette seconde partie de notre sujet.

Pour nous, la méthode nouvelle qui s'impose à nos agriculteurs peut se résumer ainsi : *L'agriculture française doit imiter l'industrie moderne dans son évolution économique.*

Actuellement, et dans la grande généralité des cas, le cultivateur se propose de récolter tout ce qui lui est nécessaire pour sa propre subsistance. Il produit du blé pour sa nourriture, du vin ou du cidre pour sa boisson, du lait, du beurre ou du fromage pour sa consommation, des bœufs ou des chevaux pour force motrice. Dans le même ordre d'idées, que ne fabrique-t-il lui-même ses vêtements, ses chaussures, ses meubles, ses machines, ses outils, etc. ? Il serait alors réduit au régime des populations pastorales qui habitent les déserts et se suffisent à elles-mêmes.

Sans doute, il ne va pas jusque-là. Mais il persiste à varier ses productions autant qu'il le peut, et c'est cette possibilité de l'exécution qui le dispense de tout calcul et lui dissimule sa perte. Il s'attache, sans aucun souci des prix de revient, à une espèce de culture ménagère. à une culture aussi intégrale que possible, alors que le vigneron, le fabricant de machines ou d'outils, concentrent leurs efforts sur une production spéciale. Le prix de ce qu'on pourrait acheter, mais qu'on n'achète pas, est, à ses yeux, le premier bénéfice réalisé; la terre seule est un placement sûr.

Il ne tient compte, le plus souvent, ni de la nature du sol, ni du climat, ni même de certains avantages particuliers, tels que le voisinage d'une ville, d'un chemin de fer, par exemple. Par le fait de son système, il se trouve souvent amené à des cultures faites à contre sens : du blé sur des coteaux arides et rocailleux et de la vigne dans des bas-fonds où elle donne des vins parfois abondants, mais toujours médiocres.

Dans d'autres circonstances, les cultures se contrarient : au même moment, il faudrait sulfater la vigne menacée par les maladies cryptogamiques, couper la luzerne en fleurs qui va durcir et donner un fourrage médiocre, faucher la moisson que les intempéries peuvent détériorer.

(1) Pour cette seconde partie, nous nous sommes inspiré des articles de M. A. Dauprat, publiés dans la *Science sociale*, années 1900 et 1901.

La méthode nouvelle consiste à produire pour vendre et non pour consommer ou utiliser directement. C'est la division du travail appliquée à l'agriculture comme elle l'est à l'industrie moderne. Une bonne terre n'est pas celle qui est propre à telle culture plutôt qu'à telle autre, mais bien celle qui donne, année moyenne, les plus gros bénéfices nets.

La culture intégrale est nécessairement de la petite culture, car une culture est petite par ses procédés et non parce qu'elle s'exerce sur une faible étendue de terre : on peut faire de la petite culture sur 50 hectares et de la grande sur 25 hectares.

Les frais de main-d'œuvre sont relativement élevés. Si, en effet, on partage un hectare en dix parcelles de cultures différentes, exigeant des soins à des époques distinctes, il est évident que les dépenses de toutes sortes seront plus fortes que si l'hectare tout entier est consacré à une culture unique. En dispersant le temps et les travaux, cette culture ne pourra donner des produits de choix. Elle ne pourra donc lutter avec la culture commerciale, qui est plus favorisée sous le double rapport du bon marché et de la qualité des produits. Bientôt la concurrence deviendra impossible, et les agriculteurs qui, résistant à cette évolution ou ne la comprenant pas, continueront de s'attarder dans la culture intégrale, seront écrasés par l'agriculture transformée, spécialisée. D'ailleurs, celle-ci, obligée de perfectionner ses procédés et ses produits, est favorable, à la fois, au progrès et au consommateur.

En thèse générale, il est économique de substituer les machines et la force des animaux aux outils et à l'effort musculaire de l'homme. Or, cette transformation sera d'autant plus facile qu'il s'agira de grande et non de petite culture.

Le travailleur lui-même se trouvera soulagé, tout en faisant plus et mieux. La capacité de l'ouvrier agricole dépendra moins de ses forces physiques que de ses facultés intellectuelles et morales. Les durs travaux des champs seront moins appréhendés, et, par ce moyen détourné, peut-être favorisera-t-on le repeuplement des campagnes, surtout si les vrais patrons de l'agriculture, les propriétaires ruraux, en reprennent eux-mêmes le chemin.

Cette nouvelle méthode exige plus de prévoyance que l'ancienne. Ne sait-on pas que, généralement, les industriels et les commerçants sont armés de plus de perspicacité, de sagacité et d'initiative que les agriculteurs ?

La concentration des efforts agricoles, que nous préconisons, serait facilitée si les propriétaires ruraux, par des échanges, pouvaient agglomérer leurs parcelles. Il serait de la plus grande utilité de réduire, à cet effet, par des réformes législatives, les frais de mutation.

M. le Dr B. BORIES

à Montauban.

## NOTE SUR UN NOUVEAU CÉPAGE BLANC CULTIVABLE DANS LA RÉGION DU SUD-OUEST

[634.63]

*— Séance du 11 août —*

La note que j'ai l'honneur de soumettre au Congrès a pour but de faire connaître une variété de raisin blanc que je cultive depuis près de dix ans dans mon vignoble de raisins de table, aux environs de Montauban, et qui me paraît appelée, quand elle sera connue, à un grand avenir.

Il s'agit du Foster's White Sedling.

Ce raisin est communément cultivé dans les serres de Jersey, de Belgique, de Roubaix et dans celles de M. Salomon, à Thomery. C'est en visitant les forceries de ce dernier, et émerveillé de la beauté des grappes et du goût exquis des grains, que je fis l'acquisition d'un certain nombre de boutures. Je cultive ce cépage depuis près de dix ans en pleine terre, au milieu d'autres variétés de raisins de table ; j'en ai donné des boutures un peu de tous les côtés, et j'ai l'expérience suffisante pour formuler sur son compte une opinion précise et documentée.

Comme raisin de table, le Foster n'a point répondu à ce que j'en attendais ; cultivé sous verre, attentivement ciselé, le Foster devient un raisin merveilleux, à grain gros, juteux, sucré, d'un beau jaune ambré, qui peut supporter la comparaison avec les plus belles grappes de chasselas ; mais en pleine terre, je lui ai trouvé un grave défaut, qui, à lui seul, l'empêchera, je crois, de devenir un raisin de table cultivé dans les exploitations où le ciselage n'est pas de pratique courante, ce défaut, dis-je, c'est d'avoir la grappe trop serrée. Jusqu'ici, ce n'est qu'exceptionnellement que j'ai pu le faire utiliser pour les expéditions en choisissant les grappes les mieux faites ; mais à coup sûr, un ciselage bien fait en temps opportun, en donnant une grappe suffisamment lâche, ferait disparaître cet inconvénient et lui rendrait toutes ses qualités de raisin de table.

Mais le ciselage est une opération coûteuse, méticuleuse, et qui ne pourra jamais être que d'une pratique exceptionnelle. Je ne crois donc pas à l'avenir du Foster comme raisin de table dans notre région.

Mais ce défaut vient s'ajouter encore à ses autres qualités, si on emploie le Foster comme raisin de cuve. A ce titre, je n'en connais aucun qui puisse lui être comparé.

D'une fertilité extraordinaire, il ne connaît ni la coulure ni le millerandage ; sa production est régulière, et, en dix ans, il n'a pas fait défaut une seule fois. Conduit dans mon vignoble, à la taille de Rayat, sa production varie de 8 à 10 kilogrammes de raisin par pied et peut dépasser de beaucoup ce chiffre. Certaines grappes dépassent 1 kilogramme ; j'en ai vu aller jusqu'à 1.500 grammes. J'ai remarqué que, conduit à la Guyot, il donne une production extrêmement abondante, mais les grappes mûrissent moins bien et le jus est beaucoup moins sucré. C'est lui faire perdre sa plus belle qualité, car le cépage est très riche en sucre ; je l'ai pesé à plusieurs reprises, avec mon ami M. Delbreil, et le mustimètre nous a donné 12° et même 14°.

Un autre caractère de ce raisin, c'est d'avoir une pellicule extrêmement mince, et dès que celle-ci est rompue, de se transformer en jus, de telle sorte que si on presse un gros raisin dans ses mains, il ne reste plus au bout de quelques instants qu'une petite poignée de pellicules et de raffles. Je ne connais aucun autre raisin qui, à poids égal, donne pareille quantité de jus.

Avec cela, le grain est fortement attaché au pédicelle, bien qu'il lui arrive parfois de se crever plutôt que de se laisser détacher. Cette particularité contredit l'opinion de MM. Alexandre Tacussel et Zachorewicz, qui, dans un article du journal *le Progrès agricole et viticole* consacré au Foster, lui attribuent une peau épaisse. Je ne saurais expliquer autrement cette différence d'appréciation qu'en supposant que sous le climat où ces messieurs ont fait leurs observations, la peau prend une épaisseur anormale.

Vinifié seul, le Foster nous a donné un vin fin, délicat, très clair et très brillant, pesant de 11 à 13°.

Il ne m'a pas paru moins exposé que ses voisins aux maladies cryptogamiques, mais il se défend admirablement contre toutes avec de bons sulfatages et soufrages faits en temps opportun. Il a résisté mieux que tous les autres à la pourriture pendant les deux terribles périodes d'automne que nous avons traversées.

Quant à la reprise au greffage, elle ne laisse rien à désirer ; mais je crois que les riparia-rupestris sont ses meilleurs porte-greffes. Pour avoir de beaux fruits, des grains bien dorés, un jus riche, il faut les placer à une exposition bien ensoleillée. Car le Foster n'est pas un raisin de plaine ; dans ces conditions, sa maturité est, de la première période, après celle du chasselas.

En résumé, ce cépage nous paraît réaliser toutes les qualités requises pour un excellent raisin de cuve : et je n'en connais personnellement aucun qui puisse lui être comparé.

# M. L.-F.-J. GARDÈS

Ancien élève de l'École nationale supérieure des Mines, Notaire honoraire à Montauban.


## DES CULTURES MÉLANGÉES [633.2]

*— Séance du 13 août —*

La modeste communication que je désire faire est sans proportion avec le titre un peu général que je lui donne, dans l'espoir d'attirer l'attention des agronomes et de pousser leurs études dans une voie qui, pour n'être pas nouvelle, n'en est pas moins scientifiquement inexplorée, du moins à ma connaissance.

Par cultures mélangées j'entends celles simultanées de plusieurs céréales sur la même terre, faites en semant un mélange de graines ; la récolte qui en résulte est évidemment constituée aussi d'un mélange de grains qu'on utilise en les triant ou sans les trier. Dans ce dernier genre, il faut citer le méteil, obtenu en semant ensemble le blé et le seigle mélangés par parties égales.

Nos paysans, toujours embourbés dans leurs pratiques routinières, moissonnent le blé trop mûr, en sorte que la récolte est inférieure en poids et en qualité à celle qu'on obtiendrait en moissonnant quelques jours plus tôt. On sait, en effet, que l'épi et la tige qui le porte se dessèchent progressivement et qu'il se produit, dans les quelques jours précédant la maturité, et au détriment de la récolte, un écoulement de matières dans le sol par une sorte de rétrogradation.

D'autre part, dans nos régions, l'avoine étant mûre huit jours avant le blé, si on en retarde la moisson, les grains tombent et la récolte est en grande partie perdue ; par suite, si le même champ était ensemencé à la fois en blé et avoine partout mêlés, pour sauver l'avoine, il faudrait couper le blé huit jours avant l'époque où on le trouve mûr.

Partant de ce raisonnement bien simple, j'ai semé un mélange composé de cinq sixièmes de blé et un sixième d'avoine, et j'ai pu obtenir ainsi de faire moissonner le blé quelques jours plus tôt.

Trois ans de suite j'ai procédé de même et si je ne puis donner des résultats précis de mon expérience, je puis du moins affirmer ce qui suit :

1° Mon blé n'a jamais versé et les mauvaises herbes ont en grande partie disparu ;

2° La paille du blé était plus haute que chez mes voisins ou que précédemment chez moi ;

3° La paille d'avoine aussi haute que celle du blé était par suite bien plus longue que celle des avoines semées seules dans les terres voisines de même qualité ;

4° Le rendement de la gerbe a été supérieur à celui des années précédentes ou à celui obtenu par mes voisins avec des ensemencements purs de tous mélanges ;

5° J'ai eu autant d'hectolitres de blé que les années précédentes et ce blé pesait 80 kilogrammes par hectolitre au lieu du poids de 76 à 78 kilogrammes que je n'avais jamais dépassé ;

6° J'ai eu en plus 12 hectolitres d'avoine par hectolitre de cette céréale mélangée au blé et cette avoine pesait plus de 50 kilogrammes par hectolitre, alors que, semée seule, elle n'atteint jamais ce poids dans mes terres.

Voilà donc une pratique présentant de très grands avantages et je ne lui connais pas de sérieux inconvénients :

Les pailles sont mêlées, il est vrai, mais elles n'en font pas moins une excellente litière et les animaux en sont aussi friands que de quelque paille que ce soit. Il est vrai, aussi, que grains de blé et d'avoine mêlés ne peuvent être séparés que par le trieur, mais la légère dépense que cette manipulation nécessite me paraît compensée par ce fait que le blé et l'avoine passés au trieur ont une valeur marchande supérieure à celle des grains plus ou moins propres qu'on obtient d'habitude.

La moisson précoce a pu être pour quelque chose dans l'augmentation du poids du blé, en empêchant la descente dans le sol de matières constitutives des pailles et des grains ; mais comment expliquer que la production d'avoine ait été très bonne et ait favorisé celle du blé ?

Je ne saurais le faire, mais je me permettrai cependant de hasarder une explication qui, de ma part, est presque une simple hypothèse :

L'avoine est la moins exigeante des céréales au point de vue de la richesse du sol, mais il faut bien qu'elle puise cependant dans ce sol les éléments nécessaires à sa constitution, et comme il n'y a pas eu de fumure supplémentaire, c'est le sol seul qui a été mis à plus forte contribution. Or, 40 hectolitres de blé (correspondant en moyenne à 6.000 kilogrammes de paille, 850 de balles et 3.200 de grains), enlèvent au sol, d'après les analyses de G. Ville, Boussingault ou Wolf, 36 kilogrammes de potasse ; 38 hectolitres d'avoine (correspondant en moyenne à 6.000 kilogrammes de paille, 1.000 de balles et 1.900 de grains), enlèvent au sol $70^{kg},99$ de potasse, soit près du double. Et cependant l'avoine vient dans des terres où le blé ne peut réussir. Comment se procure-t-elle cet excès de potasse qui lui est nécessaire ? Sans doute par une aptitude supérieure à celle du blé à décomposer les sels de potasse contenus dans le sol. Si mes terres

contiennent du feldspath, ce que j'ignore, ce silicate double d'alumine et de potasse, combiné avec l'eau, se décompose en argile et en trisilicate insoluble de potasse qui, sous l'influence combinée de l'eau et de certaines plantes, peut devenir plus ou moins soluble, plus, je suppose, sous l'influence de l'avoine, moins sous celle du blé.

Les racines innombrables de ces deux céréales entremêlées à toutes les profondeurs, travaillent chacune de son côté, pour le profit commun ; le blé notamment doit puiser dans les sels de potasse rendus solubles par l'avoine un aliment qu'il ne pourrait se procurer seul en aussi grande abondance, et l'avoine, de son côté, bénéficie de telle autre aptitude possible du blé, puisque je n'ai jamais eu d'avoine aussi belle, aussi lourde.

Depuis que les travaux scientifiques tendent à expliquer la raison de chaque chose, on reconnaît qu'il ne faut pas *a priori* repousser toutes les règles de la routine, car à chaque instant on découvre le motif scientifique qui leur a servi de fondement, à l'insu bien entendu des cultivateurs. On a beaucoup critiqué, notamment la culture du méteil, en disant qu'il suffit de mêler dans le grenier le blé et le seigle pour avoir du méteil et que ce n'est point la peine d'en faire une récolte spéciale. L'expérience que j'ai faite sur le blé et l'avoine me porte à croire que les résultats obtenus par le méteil ne sont point si négligeables qu'on veut bien le dire et que sans doute la présence du seigle favorise la production du blé et réciproquement. Si j'en crois M. Grandeau (épuisement du sol par les récoltes), le rendement moyen d'un hectare de blé est de $15^{hl},42$, celui d'un hectare de seigle de $13^{hl},83$, soit $29^{hl},25$ pour deux hectares, tandis que deux hectares ensemencés en blé et seigle, par parties égales produisent $32^{hl},64$ de méteil. Ces chiffres favorisent ma thèse, mais je dois ajouter qu'ils ne m'inspirent pas une confiance absolue, car les statistiques agricoles sont faites au moyen d'éléments individuellement erronés et il faudrait une dose assez grande de bonne volonté pour admettre la compensation exacte de toutes ces erreurs.

Je n'affirme donc que les résultats constatés par moi et j'exprime, en terminant, le vœu que ma communication puisse donner le désir à de plus compétents que moi de généraliser et de varier les essais, de remonter aux causes et de faire ainsi d'une expérience d'aveugle une règle raisonnée, sûre et facilement applicable, permettant d'obtenir des produits plus beaux et plus abondants, sans augmentation de frais et sans surcroît de travail.

M. F. BŒUF

Professeur à l'École coloniale d'agriculture de Tunis.

# OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES SUR UNE MALADIE DES CÉRÉALES RÉCEMMENT SIGNALÉE EN TUNISIE

[632.4:961.1]

*— Séance du 13 août —*

## I. — Historique.

Depuis longtemps les agriculteurs tunisiens ont constaté l'importance capitale des pluies de printemps (mars et avril) sur le développement des céréales. Lorsqu'il survient à cette époque une période de sécheresse, parfois aggravée par un peu de siroco, les cultures sont anéanties en quelques jours, mêmes celles qui donnaient jusqu'alors les plus belles espérances.

Généralement, les cultivateurs, européens ou indigènes, attribuent uniquement aux conditions climatériques défavorables, la réduction ou la perte totale de leurs récoltes. Les observations faites depuis quatre ans sur le domaine de l'École coloniale d'agriculture permettent au contraire de penser qu'une maladie cryptogamique est la cause la plus importante des dommages, malheureusement si fréquents, qu'ont à supporter les récoltes de céréales.

L'année 1899 donna, dans les terres de l'École, une récolte peu abondante d'environ 13 quintaux d'orge à l'Ha ; elle était fort irrégulière et certains champs n'arrivèrent pas à former leurs épis.

En 1900, les rendements de céréales furent excellents (plus de 32 quintaux pour l'orge) et d'une régularité parfaite, déconcertante même pour les conclusions à tirer de l'emploi des engrais.

L'année 1901 s'annonça d'abord comme devant donner une récolte exceptionnellement bonne. Jusque vers le milieu de mars, les cultures de céréales firent l'admiration des visiteurs ; au moment de l'épiage, la végétation subit un arrêt brusque et 8 jours après la récolte pouvait être considérée comme perdue ; l'avoine et le blé séchèrent complètement sur pied, sans sortir plus du tiers ou du quart de leurs épis. L'orge fournit une récolte extrêmement irrégulière, d'un rendement moyen dérisoire de 9 quintaux à l'Ha. Toute la région de Tunis fut également fort éprouvée.

La soudaineté de l'apparition du mal, et surtout son développement par taches nettement limitées, ne permettaient pas de l'attribuer à la température, momentanément chaude, il est vrai, mais dont la moyenne mensuelle était très voisine de la température normale. Il suffit alors d'arracher quelques pieds de blé, d'orge ou d'avoine, pour constater que les racines étaient recouvertes d'un feutrage blanc, qu'elles étaient desséchées et exhalaient une forte odeur de moisi. Ces indices firent entreprendre l'étude de la maladie ainsi constatée.

Au printemps de l'année 1902, les mêmes symptômes furent observés, à la fin de mars, mais les pluies d'avril arrêtèrent complètement les dégâts et les rendements atteignirent une bonne moyenne de 24 quintaux à l'hectare.

### II. — Caractères extérieurs et effets.

La maladie s'observe sur le blé, l'orge, l'avoine ; elle se manifeste par des altérations très visibles des feuilles, des épis, des racines, du port général de la plante.

1° *Feuilles.* — Le premier caractère apparent de la maladie intéresse les feuilles ; peu avant l'épiage, les feuilles supérieures se dessèchent à leur extrémité, comme si elles avaient subi l'atteinte de la gelée, et leur pointe devient couleur feuille morte. Les feuilles qui entourent l'épi, encore caché, se roulent par leurs bords en un cornet très effilé, érigé ; le champ prend alors un aspect tout à fait caractéristique : on dirait que les plantes se fanent sous l'influence de la sécheresse.

Les feuilles de la base se dessèchent ensuite complètement et retombent sur le sol, la récolte paraît s'éclaircir, la terre devient visible entre les tiges dépouillées.

2° *Épis.* — Si l'affection est très grave, les inflorescences ne sortent pas dans leur gaine de feuilles, les épis de blé et d'orge, lorsqu'ils parviennent à se dégager, sont courts ; beaucoup d'entre eux restent accrochés à la graine par leurs barbes (1) et comme l'axe s'allonge encore quelque peu, ils se recroquevillent, se déforment, et sont plus ou moins atrophiés. Beaucoup de fleurs avortent, les grains qui se forment sont petits, mal nourris. Les panicules de l'avoine ne sortent ordinairement que leur partie supérieure, sans étaler leurs ramifications.

3° *Racines.* — Les plantes s'arrachent facilement ; leurs racines paraissent desséchées, elles sont couvertes d'un duvet blanchâtre qui forme parfois une sorte de feutrage ou de fausses membranes. Les racines répandent une forte odeur de moisi. Lorsqu'on exerce une traction en faisant glisser une racine entre deux doigts, l'écorce se détache en une gaine, laissant à nu le cylindre central. Cette décortication se produit par suite de la destruction de tout le tissu cortical interne de la racine. Si quelques pluies viennent soutenir la vigueur de la plante, il se forme, au collet, un grand nombre de nouvelles racines.

4° *Chaumes.* — Après la moisson, il est facile de remarquer que la base des tiges, sur une longueur de 2 à 3 entre-nœuds est brun noirâtre parfois irrégulièrement et seulement par places. Si le temps est un peu humide, on observe assez facilement, sur les nœuds inférieurs, des efflorescences

(1) On cultive en Tunisie des blés durs à épis barbus.

rose pâle. Enfin, si la période qui suit la moisson est pluvieuse, comme cela eut lieu en 1901, les chaumes, ainsi que la paille récoltée, se recouvrent d'une poussière noire qui rend la paillle impropre à l'alimentation des animaux.

5° *Port général de la plante.* — Dès l'apparition des premiers symptômes sur les feuilles, les plantes cessent de croître, les tiges se courbent à leur base en se relevant par leur extrémité ; la récolte diminue de hauteur, ce qui en rend l'aspect plus lamentable encore. Cette verse particulière se fait dans tous les sens, et rend la moisson fort difficile.

6° *Effets généraux.* — Suivant la gravité de la maladie, la récolte est plus ou moins compromise, ou même complètement perdue. En 1901, la perte sur l'orge put être évaluée à près des trois quarts de la récolte, et l'avoine et le blé ne fournirent pas d'épis. Une légère pluie suffit, vers la fin d'avril, à provoquer dans l'avoine une abondante repousse de nouvelles tiges, qui en deux ou trois semaines formèrent leurs inflorescences, bel exemple de migration des principes nutritifs vers la base des tiges, quand la maturation normale n'a pas lieu, faute de fructification. Le tout, mélange de paille sèche et de pousses vertes, fut utilisé comme fourrage.

## III. — Caractères botaniques.

La détermination botanique des champignons observés sur les céréales malades a été faite à la fois à la Station de pathologie végétale de Paris et à l'École coloniale d'agriculture de Tunis. Je suis heureux d'exprimer toute ma gratitude à M. le Dr Delacroix qui a bien voulu examiner les échantillons que je lui ai fait parvenir et auquel revient la détermination du champignon qui cause la part la plus importante des dégâts.

Un grand nombre d'espèces fongiques ont été constatées sur les céréales malades :

1° *Erysiphe graminis.* — Dans le courant de février, au moment où l'orge cache le sol, ses feuilles inférieures sont fréquemment couvertes de la poussière grisâtre de l'Erysiphe graminis. L'invasion est parfois assez intense pour que l'on observe un jaunissement général des plantes ; mais cet affaiblissement n'est que passager, les nouvelles feuilles restent indemnes et la plante reprend bientôt toute sa vigueur. Sur les feuilles desséchées de la base, on observe alors de nombreux points noirs qui sont les périthèces du champignon.

2° *Puccinia rubigo-vera.* — Peu après le tallage, les céréales, et surtout l'orge, sont envahies depuis plusieurs années par la rouille tachetée (Pucci-

nia rubigo-vera) bien reconnaissable à la forme arrondie de ses pustules, à ses urédospores sphériques, à ses téleutospores courtement pédonculées et comme écrasées sous la cuticule. Les pustules couleur rouille, puis les taches noires qui leur succèdent étaient si nombreuses cette année sur l'orge de certains champs que la récolte fut considérablement diminuée. Les borraginées, qui servent d'hôtes à ce champignon pour l'achèvement de son cycle biologique sont d'ailleurs très abondantes parmi les plantes adventices de nos champs et il y a lieu de les détruire, au moins par le fauchage, dans les terres laissées en jachère près des sols cultivés en céréales.

3° *Puccinia graminis*. — La rouille linéaire a été constatée en grande abondance cette année sur les gaines des feuilles d'une avoine tardive ; il suffisait de parcourir quelques mètres dans les champs pour être complètement couvert de poussière rougeâtre. La récolte ne parut pas souffrir de cette invasion. L'absence complète de Berbéris et de Mahonia permet de penser que la maladie se conserve et se propage, par sa forme uredo, sur les graminées vivaces, dont la végétation est d'ailleurs continue dans nos régions sans hiver.

4° *Septoria tritici*. — Ce parasite, qui a été signalé comme ayant parfois produit des dégâts notables en Italie, se trouve assez fréquemment sur les feuilles de la base des plantes malades. On observe à leur face inférieure des taches formées d'une poussière noirâtre. Ces grains de poussière, examinés au microscope, se désagrègent dans le liquide de la préparation et mettent en liberté de nombreux bâtonnets, très semblables à des bacilles et qui sont les spores du champignon.

Bien que les quatre parasites énumérés ci-dessus soient fréquents sur les céréales, il est difficile de leur attribuer des dommages bien sérieux. Leur action épuisante peut sans doute, dans quelques cas d'invasion très intense, réduire le rendement de la récolte ; elle favorise peut-être aussi l'envahissement de la céréale par deux autres parasites beaucoup plus dangereux.

5° *Sphæroderma damnosum*. — Ce champignon a été signalé et étudié sur le blé de Sardaigne en 1895, par MM. Saccardo et Berlèse. Il causa, dans l'île, des dommages considérables sur les récoltes de céréales. C'est sans doute à son action que se rapportent tous les caractères extérieurs signalés au paragraphe II de cette note. Ses deux formes de reproduction ont d'ailleurs pu être observées sur les céréales malades de Tunisie.

Entre la tige et la gaine des feuilles, au milieu d'un feutrage aranéeux, on trouve de petits corps bruns, qui sont les périthèces ascosporés du

Sphæroderma. Leur enveloppe est épaisse, pulpeuse ou finement cellulaire, d'un jaune doré. Il est difficile de distinguer l'organisation du contenu, mais on trouve assez fréquemment, dans les préparations faites avec la poussière noire qui recouvre les feuilles sèches, des spores de couleur olive dont la membrane bien visible présente deux épaississements diamétralement opposés ce qui donne aux spores la forme d'un citron.

La forme conidienne de reproduction est beaucoup plus facile à trouver. Sur les chaumes restés après la moisson, on observe, au niveau des nœuds inférieurs, des efflorescences d'un rose pâle; elles sont constituées par des conidies fusiformes, légèrement recourbées en croissant, divisées par deux à cinq cloisons transversales.

Il faut probablement attribuer à ce champignon le principal rôle dans l'œuvre de dévastation des cultures. Il est possible cependant, lorsque la période de maturation des céréales est humide, que l'action néfaste du Sphæroderma soit encore accentuée par le développement intense du Cladosporium herbarum.

6° *Cladosporium herbarum.* — La paille des céréales malades se recouvre à mesure qu'elle se dessèche, d'une poussière noire d'autant plus abondante que l'humidité est plus grande. En 1901, la paille d'orge fut tellement altérée qu'elle ne put être employée à la nourriture des animaux. Cette poussière est constituée par les organes de reproduction du Cladosporium herbarum : arbuscules ramifiés porteurs de conidies, spores en massue avec cloisonnement muriforme. Il est possible que ce champignon, ordinairement saprophyte, devienne parasite sur des plantes déjà épuisées par d'autres hôtes et aggrave encore les dégâts commis par ces derniers.

## IV. — DÉVELOPPEMENT

1° *Apparition et extension de la maladie.* — L'affection qui sévit sur les céréales apparaît par taches qui s'étendent très rapidement et finissent par occuper toute la surface du champ. L'extension du mal est véritablement foudroyante quand la température se maintient élevée. Si une cause quelconque arrête la propagation du fléau, les taches sont nettement limitées; la récolte indemne continuant à croître, sa hauteur atteint parfois le double de la hauteur des plantes malades voisines. Cette délimitation bien tranchée était frappante dans les cultures d'orge de l'École en 1901.

2° *Influence de la nature de la céréale.* — Le blé, puis l'avoine ont le plus souffert de l'invasion de cette maladie; l'orge est toujours arrivée, jusqu'à présent, à former au moins une partie de ses épis.

3° *Influence du travail du scl.* — L'ameublement du sol paraît très favorable au développement de la maladie. La bordure des champs, le long des chemins, constitue toujours une bande indemne, large de 15 à 20 centimètres qui reste verte et vigoureuse alors que tout le reste est desséché. Il a été facile de constater que les carrés de la Station agronomique, travaillés à la main avec beaucoup de soin, étaient toujours les premiers et les plus gravement atteints. Cette année même, la maladie a enlevé près du tiers de la récolte sur cette partie de la Ferme, alors que les dégâts ont été insignifiants sur les terres de grande culture, beaucoup moins bien travaillées.

4° *Influence de l'humidité et de la chaleur.* — Le tableau suivant donne, pour les mois de février, mars et avril, des années 1899, 1900, 1901 et 1902 la pluie tombée et la température moyenne en même temps que la température normale de cette époque calculée sur la période décennale 1885-1895 :

| Années et Mois | | PLUIES — Nombre de jours | PLUIES — Hauteur | Température moyenne | Température normale | État de la récolte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1899 | Février | 10 | 24mm,76 | 13°,3 | 10°,7 | Mauvaise récolte, irrégulière. |
| | Mars | 13 | 42mm,34 | 14°,2 | 13°,5 | |
| | Avril | 7 | 18mm,12 | 16°,7 | 15°,5 | |
| 1900 | Février | 6 | 20mm | 13°,5 | 10°,7 | Très bonne récolte, très régulière. |
| | Mars | 8 | 48mm,35 | 12° | 13°,5 | |
| | Avril | 7 | 49mm,71 | 14°,7 | 15°,5 | |
| 1901 | Février | 11 | 39mm,70 | 10°,1 | 10°,7 | Très mauvaise récolte, maladie intense. |
| | Mars | 6 | 21mm | 14° | 13°,5 | |
| | Avril | 5 | 24mm | 17°,8 | 15°,5 | |
| 1902 | Février | 13 | 105mm,7 (1) | 12°,5 | 10°,7 | Bonne récolte. |
| | Mars | 5 | 31mm | 12°,8 | 13°,5 | |
| | Avril | 11 | 67mm,2 (2) | 16°,7 | 15°,5 | |

L'examen de ce tableau montre que les mauvaises récoltes coïncident avec les années dont le mois d'avril est sec et chaud. L'année 1901, absolument désastreuse au point de vue de la récolte des céréales, s'est signalée par la sécheresse des mois d'avril et mars. En 1902, il a été très sensible que les pluies d'avril ont enrayé l'extension de la maladie qui avait fait son apparition à la fin mars. Il est à remarquer aussi que les mauvaises années sont celles dont les mois de mars et avril ont une température

(1) Une pluie de 66 m/m 2, le 22 février.
(2) Une pluie de 35 millimètres, le 17 avril.

moyenne élevée. Les deux bonnes années présentent au contraire un mois de mars très frais.

La période critique pour les céréales est celle de l'épiage, généralement comprise entre le 5 et 20 avril pour les environs de Tunis. La comparaison de la pluie tombée du 15 mars au 20 avril pendant les quatre dernières années montre l'influence heureuse de l'humidité :

| | Nombre de jours | Hauteur |
|---|---|---|
| 1899 : Pluie tombée du 15 mars au 20 avril | 13 | 35mm,275 |
| 1900 : — — | 13 | 84mm,060 |
| 1901 : — — | 8 | 25mm,010 |
| 1902 : — — | 10 | 74mm,100 |

Ces chiffres sont assez éloquents pour se passer de commentaires, les rendements de la récolte leur sont presque proportionnels et le développement de la maladie suit une marche absolument inverse.

## V. — CONCLUSIONS

La meilleure conclusion serait d'indiquer un traitement propre à prévenir ou à combattre le mal. Le conseil de brûler les chaumes et d'attendre plusieurs années avant de reprendre la culture des céréales sur un sol infesté ne recommande qu'un moyen peu économique, peut-être même inefficace.

Il est bien difficile de séparer actuellement l'influence de l'humidité et de la chaleur sur la végétation de la plante de l'action des mêmes agents sur le développement de la maladie. De nouvelles observations sont nécessaires à ce sujet et pourront être utilement complétées par des expériences directes. Celles-ci sont d'ailleurs indispensables pour déterminer la part qui revient à chacun des parasites signalés dans les dégâts que subissent les céréales : elles permettront peut-être aussi d'aboutir, sinon à de véritables traitements, au moins à des moyens de défense propres à limiter autant que possible un mal qui est parfois très grave et auquel on ne connaît actuellement aucun remède pratique.

M. J. DEMORLAINE

Inspecteur adjoint des eaux et forêts, à Abbeville.

## ÉTUDE SUR LA PÉNÉTRABILITÉ DES ARBRES FORESTIERS PAR LES PROJECTILES DES ARMES A FEU

[582 : 623.4]

— *Séance du 13 août* —

Le service des eaux et forêts a été chargé, en 1901, d'étudier sur les champs de tir, établis dans les forêts de l'État, les dégâts de toute nature causés aux peuplements et aux arbres forestiers par les projectiles des armes à feu.

Nous avons été appelé à tenter des recherches de ce genre dans la forêt domaniale de Compiègne, au champ de tir des Beaux-Monts, exclusivement réservé à des tirs au fusil et au revolver. Cette étude a donné lieu à quelques remarques intéressantes que nous croyons pouvoir résumer ainsi.

Nous ferons tout d'abord observer que le plus grand nombre d'arbres atteints se trouve dans la partie la plus voisine des cibles, constatation presque évidente par elle-même. Mais cependant la répartition des arbres perforés par les balles ne se fait pas également à droite et à gauche de la capitale du champ de tir. Les peuplements, situés à droite, seraient beaucoup moins endommagés que ceux placés à gauche. De l'étude particulière que nous avons faite au champ de tir de Compiègne, il résulterait que la surface de la zone atteinte du côté droit est sensiblement le tiers de la même zone du côté gauche. La raison de ce fait est assez facile à expliquer : c'est une conséquence naturelle, selon nous, de la position ordinaire du tireur, dont l'arme, appuyée généralement contre l'épaule droite, a toujours une tendance à dévier vers la gauche. Cette constatation, qui mériterait d'être vérifiée sur d'autres champs de tir pour être transformée en loi générale, ne doit s'appliquer évidemment qu'aux tirs au fusil.

Il en est une autre beaucoup plus intéressante au point de vue plus spécial que nous étudions. Nous avons constaté des perforations de projectiles au delà de la butte du champ de tir, sur des arbres de la zone dangereuse. C'est là une preuve que, même pendant leur chute, dans la partie descendante ou parabolique de la trajectoire, les projectiles ont encore une force suffisante, variable évidemment avec la distance, pour perforer les arbres rencontrés.

Enfin, en raison de l'époque (1848) à laquelle l'avenue des Beaux-Monts dans la forêt de Compiègne, a été utilisée comme champ de tir, il nous a été possible de constater les degrés de pénétration des divers projectiles utilisés depuis un demi-siècle par les armes de guerre (Chassepot, fusil Gras, fusil Lebel modèle 1886, revolver modèle 1873, revolver modèle 1892) et le degré de gravité des blessures, causées aux arbres étudiés, par ces projectiles de diverses natures.

Pour l'intelligence et la clarté de cette étude, nous croyons devoir classer les résultats de nos recherches de la façon suivante :

I. — *Au point de vue de la pénétrabilité des diverses essences forestières par les projectiles des différentes armes de guerre.* — Ce côté de la question, plutôt du ressort de l'officier d'artillerie que du forestier, mériterait d'être étudié, si la chose n'a déjà été faite d'une façon complète, en se fixant d'avance, pour chaque nature d'arme, les distances de tir. Il y aurait donc lieu de procéder à des expériences directes, qui seraient du plus haut intérêt, non seulement en vue de l'emploi des bois comme matériaux de fortification ou de défense, mais encore pour la guerre sous bois, plus intéressante que jamais, depuis que l'invention des poudres sans fumée a augmenté l'importance du rôle tactique des forêts sur le champ de bataille.

II. — *Au point de vue des dégâts causés aux arbres eux-mêmes.* — C'est là le côté véritablement forestier de notre étude. La question, pour être traitée complètement, mérite d'être envisagée à un double point de vue. On doit se demander d'abord :

1° *Les blessures produites sont-elles guérissables?* — Il suffit de procéder à un véritable travail de dissection botanique sur des sujets convenablement choisis, pour répondre très nettement et en toute connaissance de cause à la question posée.

Mais au point de vue purement forestier, il est également nécessaire de rechercher et d'évaluer sur les arbres atteints :

2° *La dépréciation commerciale.* — Cette dépréciation, variable avec les circonstances de temps et de milieu, est plus difficile à déterminer. Elle peut cependant être résumée sous une forme assez générale pour servir de base, en temps de paix, aux évaluations des dommages causés aux forêts par les champs de tir qui s'y trouvent installés, et peut-être, en temps de guerre, aux bois qui pourraient servir de points de défense sur le champ de bataille.

Envisagées à ces divers points de vue, les constatations faites sur le terrain peuvent se résumer de la façon suivante :

I. — *Pénétrabilité des arbres forestiers par les projectiles des armes à feu.* — Des considérations qui précèdent, il résulte que pour trouver les sujets les plus endommagés et par suite les plus intéressants à étudier, il nous a semblé indispensable de les prendre, lorsque nous avons pu le faire, à gauche de l'axe du champ de tir et aussi voisins que possible de la ligne des cibles. En conséquence, nos recherches ont porté sur les arbres suivants :

| ESSENCES | DIAMÈTRE A 1m,30 DU SOL | EMPLACEMENT | DISTANCE DES CIBLES |
|---|---|---|---|
| Chêne | 0m,40 | A droite de l'axe du champ de tir. | 100 mètres en avant des cibles. |
| Chêne | 0m,50 | A gauche de l'axe du champ de tir, sur la butte. | 350 mètres en arrière des cibles. |
| Hêtre | 0m,35 | A gauche de l'axe du champ de tir. / A droite de l'axe du champ de tir. | 250 mètres en arrière des cibles. |
| Frêne | 0m,40 | A droite de l'axe du champ de tir. | 80 mètres en avant des cibles. |
| Charme | 0m,35 | A droite de l'axe du champ de tir. | 100 mètres en avant des cibles. |
| Bouleau | 0m,15 | A gauche de l'axe, à mi-côte de la butte. | 200 mètres en arrière des cibles. |

Les tirs aux Beaux-Monts se font le plus ordinairement depuis 100 mètres jusqu'à 1.000 mètres. Or, nous avons pu constater sur le premier chêne (40 centimètres de diamètre), que certaines balles avaient percé l'arbre de part en part, mais que d'autres étaient restées dans le corps de l'arbre, la photographie ($A_1$, *fig. 1*)) en montre des exemples, ce qui s'explique facilement en raison de la position même du sujet étudié. Sur le chêne, planté au haut de la butte, les balles n'ont pénétré qu'à une profondeur de 20 à 25 centimètres ; sur le hêtre placé dans des conditions analogues, les balles ne se rencontrent pas au delà d'une profondeur moyenne de 12 à 15 centimètres ; sur le charme, dans la même situation que le premier chêne étudié, à une profondeur de 5 à 8 centimètres ; le frêne avait été traversé de part en part et aucune balle n'a été retrouvée à l'intérieur, ce qui ten-

drait à prouver que le bois de cette essence offre une résistance à la pénétration beaucoup moins grande que le chêne placé dans les mêmes conditions, tel que nous l'a prouvé le sujet étudié plus haut; enfin, dans le

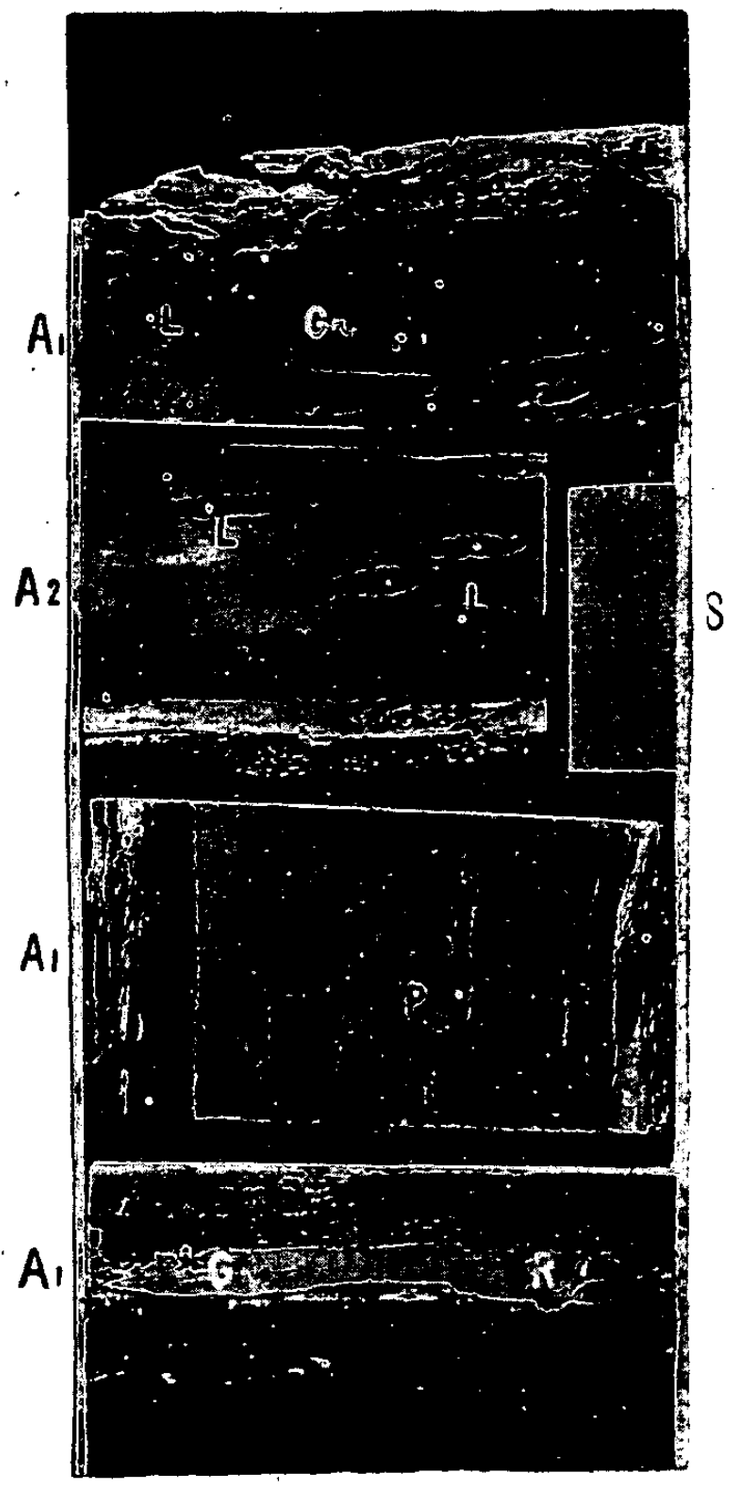



FIG. 1.

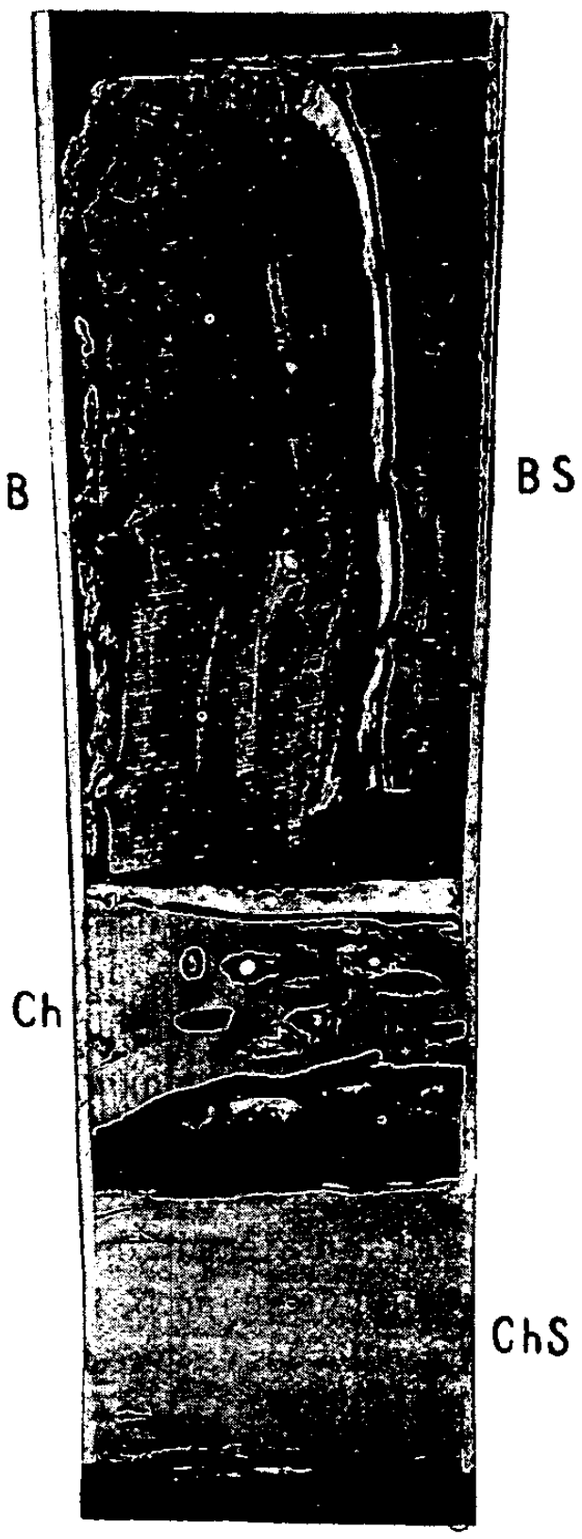



FIG. 2.

bouleau, nous n'avons rencontré de balles qu'à une profondeur de 10 à 12 centimètres.

En résumé, lorsque les conditions sont sensiblement les mêmes, le chêne, essence dure, semble offrir une résistance à la pénétration moins grande que le hêtre et le bouleau, essences tendres. Une des raisons en est peut-être, outre la nature même du bois, le caractère lisse de l'écorce sur laquelle, surtout lorsqu'elle est humide, la balle du fusil modèle 1886, entourée d'une enveloppe de métal (maillechort), glisse plus facilement et

ne pénètre pas normalement (1). Par contre, le frêne est beaucoup plus facilement pénétré par les balles que le chêne lui-même et surtout que le charme.

Enfin, nous remarquerons que les balles du fusil Gras ou du revolver modèle 1873, en plomb, sans enveloppe extérieure, paraissent avoir une pénétration moins grande que la balle du fusil modèle 1886, ce qui semble s'expliquer par la nature et la forme même des balles anciennes.

Nous n'insisterons pas davantage sur les causes de ces phénomènes qui sont à peine du ressort du forestier. Pour en tirer des conclusions sérieuses et précises, il aurait fallu faire des expériences directes, connaissant d'avance les distances des tirs pour les pénétrations constatées.

II. — Quant aux blessures mêmes, causées aux arbres atteints par les projectiles, notre étude a porté sur les deux points suivants :

1° *Les blessures produites sont-elles guérissables?* — Sur ce point, nos recherches nous permettent d'être très affirmatif, et on peut répondre immédiatement par la négative. Les photographies annexées à ce travail permettent, en effet, de constater que, quelle que soit la nature de la balle (fusil modèle 1886, fusil Gras ou autre, revolver), la balle qui reste dans le corps de l'arbre, provoque immédiatement autour d'elle une décomposition du bois sain qui le déprécie considérablement et qui semble devoir s'accentuer à mesure que l'arbre avance en âge.

Les tares ainsi produites paraissent plus graves dans le frêne, le bouleau, le charme, que dans le chêne et le hêtre; le frêne étudié nous a permis de constater qu'alors même que la balle ne restait pas dans le corps de l'arbre et le traversait de part en part, le bois subissait néanmoins une altération notable (*fig. 3*, $F_2$).

Pour toutes les essences étudiées, nous avons placé dans chaque photographie ci-jointe, un exemple de partie saine prise dans l'arbre même atteint par les projectiles ; la comparaison des deux spécimens, mis à côté l'un de l'autre, est assez frappante pour éviter de s'étendre davantage sur des explications plus nombreuses.

A côté des dégâts causés intérieurement aux arbres par les balles, il n'est pas inutile de constater les dommages sérieux produits sur l'écorce, notamment sur les essences à écorces rugueuses (chêne $A_1$).

Ces écorces, déchiquetées par les projectiles, favorisent la pourriture de l'aubier, l'introduction des parasites de toute nature, comme en général tous les coups et les blessures produits aux arbres. De plus, elles dépré-

(1) Il y a peut-être de ce fait également une autre raison, ce serait l'enchevêtrement plus facile dans les bois mous des fibres ligneuses déchirées, dont le lascis vient s'opposer au passage des projectiles.

cient à première vue considérablement l'arbre lorsqu'il est livré au commerce.

2° *Dépréciation commerciale.* — Cette dépréciation est facile à comprendre. On conçoit aisément que le commerce, lorsqu'il se trouve en présence

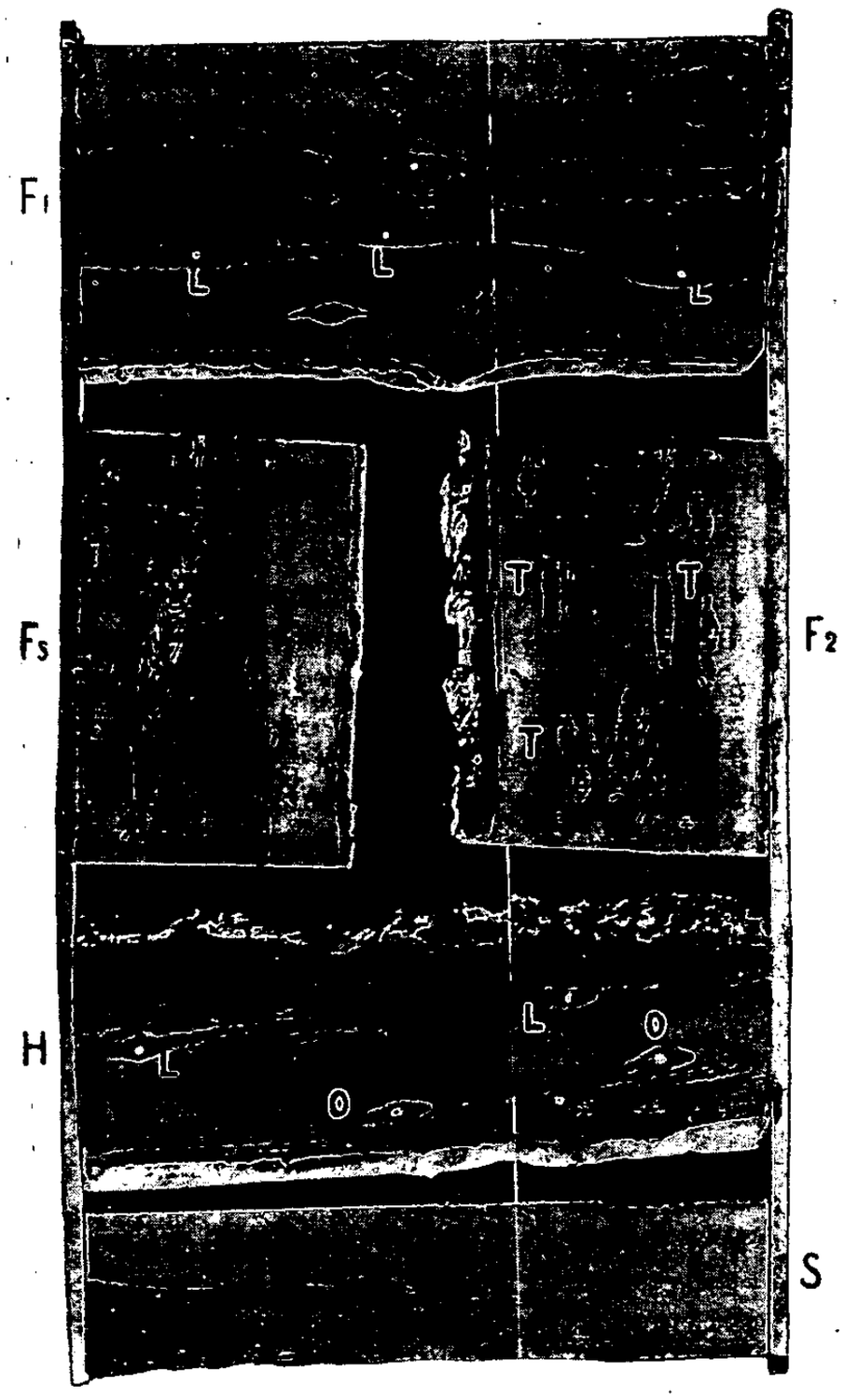



FIG. 3.

d'arbres perforés de trous nombreux, depuis le pied jusqu'à la cime (15 à 20 mètres) à l'écorce déchiquetée et couverte de tares multiples, ne peut offrir des prix rémunérateurs d'arbres aussi mutilés, alors même que leur rendement serait presque égal à celui d'arbres sains. Ce n'est malheureusement pas le cas des arbres en bordure du champ de tir que nous venons d'étudier. Sans doute, nous avons choisi les spécimens de chaque essence les plus attaqués ; néanmoins, il résulte des renseignements que nous avons pris auprès des principaux représentants du commerce local de Compiègne,

qu'au lieu d'utiliser totalement la partie propre à l'industrie des arbres attaqués, on est obligé de les transformer partiellement en bois de chauffage, et la proportion de bois déclassé est d'environ la moitié. Cette dépréciation est donc d'autant plus sensible que l'essence a plus de valeur, plus grande par conséquent sur les bois tels que le chêne, frêne, que sur le hêtre et les bois tendres, charme, bouleau. Elle est également d'autant plus sensible que l'essence vendue présente des dimensions plus grandes. De plus, cette dépréciation augmente à mesure que l'arbre attaqué reste davantage sur place et exposé de nouveau aux projectiles. Il arrive même un moment où la dépréciation est totale, c'est-à-dire que, quel que soit le diamètre de l'arbre, il n'est plus estimé que comme bois propre au chauffage, alors qu'autrefois il contenait encore une certaine proportion d'industrie. Si donc on ne devait conserver les arbres atteints comme abri pour le reste du peuplement, il y aurait intérêt à les exploiter dès qu'ils commencent à être endommagés. Enfin, nous devons ajouter que les frais généraux restant les mêmes (on devrait plutôt dire qu'ils sont augmentés par suite de la gêne causée à l'exploitation par la présence de balles dans les arbres débités), la valeur du mètre cube d'industrie dans les arbres endommagés par les projectiles est moins grande que dans les arbres sains. Quoi qu'il en soit, la conclusion de cette étude peut se résumer dans cette formule, peut être un peu trop théorique, mais cependant suffisamment exacte.

*La dépréciation commerciale des arbres atteints par les projectiles d'un champ de tir est d'environ la moitié de la valeur de l'arbre propre à l'industrie à l'âge d'exploitabilité ordinaire ; les tares des blessures causées par les balles ne guérissant jamais, mais s'accentuent au contraire avec le temps.*

---

M. le Comte de CHARENCEY

à Paris.

---

## DE QUELQUES NOMS DE BOISSONS EN LANGUE BASQUE [491.69]

---

*— Séance du 8 août —*

I. — Larramendi traduit l'Espagnol *Vino* en Basque par les termes suivants : *Ardaua*, *ardoa*, *arnoa*, *Matsa*, *Noa*. Salaberry y ajoute un synonyme dialectal Basque Navarrais *Anoa* et M. Van Lys signale le Biscayen *Ardao*.

Laissons de côté *Matsa*, visiblement identique au *Mahaxa* de Salaberry et

dont le sens propre paraît bien être celui de « raisin ». Ce n'est que par extension qu'on est passé de là à la valeur de « vin ». Ajoutons que *Mahaxa* contient, à son tour, le même redoublement dialectal interne que nous constatons, par exemple, dans *Ahal* ou *Al*, « Pouvoir », *Ahari* ou *Ari*, « mouton ». Reconnaissons-y, sans hésiter, l'Espagnol *Baya*, « Baie, fruit sauvage », du latin *bacca*, mais avec la finale assimilative *x* ou *ts*, comme, par exemple, dans *Gardox*, « Bogue de la châtaigne », litt. « ce qui est semblable à un chardon, ce qui pique à la manière du chardon ». — *Onex*, « Trouver bon », de *On* « Bon », etc., etc. Pour le *B* initial, devenant *m* en Basque, voyez d'ailleurs *Mainho*, « Bain » de l'Espagnol *baño*. — *Marra*, « Barre ». — *Maripulis*, de l'Espagnol *Barfol*, Pagne, vêtement que l'on vend aux nègres.

Restent donc les autres formes qui toutes doivent posséder une origine commune. Nous ne parlerons pas, bien entendu, de *Noa*, qui ne constitue qu'une abréviation obtenue par chute de la syllabe initale comme dans *Olha*, « Cabane », de *Etchola*, « petite maison», voyez *Etche*, « domus ». Il s'agit maintenant de savoir quelle est, parmi les autres, celle que nous tiendrons pour primitive.

Nous avions d'abord pensé que ce pouvait bien être *Ano*, *anoa*; le *r* de *Arnoa*, *ardoa* jouant parfois le rôle d'une lettre purement paragogique, comme, par exemple, dans *grabela* « Gabelle » — *Trupillo*, « petite excroissance », de l'Espagnol *Tupillo* « petite bosse » ; cf. *Tupa*, « Bosse ». Alors, un rapprochement avec le latin *Vinum ;* l'Espagnol *Vino* semblerait la chose du monde la plus naturelle. Le *v* ou *b* initial (le Basque confond les deux sons), serait tombé comme il l'a fait dans *Irabarkhi*, « Villebrequin » — *Okhilo*, « Pic vert ». litt. « Boquillon », etc. Toutefois, ce qui nous a empêché de persister dans cette façon de voir, c'est l'on ne citerait guère d'exemples en Basque d'un *i* initial devenant purement et simplement un *a*. D'ailleurs, la forme *Ano* elle-même peut passer pour assez anormale. Elle n'est en usage que dans une région fort restreinte.

Faudra-t-il donc se décider pour *Arnoa* ou pour *Ardoa*, car la forme *Ardaua* ne constitue visiblement qu'une sorte de doublet de la précédente? En effet, le *o* est, en Basque, sujet à devenir *au* ; cf. *Belhaun*, « genou », litt. « Pelé » de l'Espagnol *Pelon* « Chauve, qui a les cheveux courts » — *Yaun* « Seigneur », qui n'est que l'Espagnol *Don*, avec *d* initial devenant *y* comme dans *Deinhu* ou *Yeinhu*, « Adresse » — *Iraul*, « tourner la terre avec la charrue » cf. Espagnol *Rollar*, « Rouler, tourner ».

Si nous considérons *Arno* comme archaïque, un rapprochement semblerait peut-être assez tentant avec l'Assyrien *Karanu* « vin », signalé par M. Halévy. Le *k* ou *c* dur initial serait tombé ainsi qu'il arrive parfois ; exemple : *Obi*, « Tombe, fosse » du vieux Béarnais *Cobe*, « Caverne » — *Agotak*, « Cagots » — *Uli*, « Mouche, moucheron », du latin *Culex*. Quant

à la chute de la voyelle médiale, elle n'est pas rare en Basque ; cf. *Gerla*, « Guerre », de l'Espagnol *Guerilla* — *Autrea*, « Raisonner, plaider » de l'Espagnol *Otorgar*, « disposer, arranger, autoriser », pris lui-même à une forme Basse-Latine *Auctoricare*. Mais quelle apparence que les Phéniciens aient été porter en Ibérie un terme Assyrien inconnu au Chananéen ? On ne saurait guère faire valoir ici l'exemple fourni par le terme *Pulqué* désignant aujourd'hui, au Mexique, le vin d'agave. C'est un terme d'origine Araucanienne que les Castillans ont porté à la Nouvelle Espagne. Il s'y est si bien implanté qu'il a fini par remplacer totalement son synonyme Nahuatl *Octli*. Cette importation s'explique par le fait que la domination de l'Espagne s'étendait à la fois au Chili et dans la vallée d'Anahuac. Les mots indigènes se trouvaient donc sujets à voyager d'une province à l'autre d'un même empire, mais il est bien clair que jamais les Phéniciens n'ont dominé sur les rives du Tigre et de l'Euphrate.

Il nous semble donc plus naturel de tenir pour la priorité de la forme *Ardo*. Le *d* sera plus tard devenu *n* dans *Arno* comme il l'a fait dans *Burni*, « fer », d'un primitif *Burdin*.

Nous avions, par suite, été tentés de voir dans le nom basque du vin un dérivé du Latin *Ardens* ; Espagnol *Ardiente ;* Béarnais *Ardent*. Le vin aurait donc été la boisson qui réchauffe, le breuvage ardent. Toutefois, la transformation de la syllabe *ent* en *o* semble assez difficile à admettre. D'ailleurs, la comparaison avec *Fardillo*, « Moût », litt. « petit fardeau », nous oblige à reconnaître dans le mot Euskarien un augmentatif de l'Espagnol *farda*, « fardeau, charge », mais avec chute du *f* initial comme dans *Ikhel*, « Bœuf à l'engrais », litt. « Celui qui est attaché au piquet » ; cf. Béarnais *fic*, « piquet ». *Arno* sera donc litt. de la boisson qui pèse à ceux qui en prennent trop, la liqueur enivrante par excellence.

Ajoutons, du reste, qu'originairement *Ardo*, *ardoa*, semble avoir été le terme désignant toute boisson fermentée. C'est le sens qu'il a conservé en Labourd. Dans le dialecte de ce pays, par exemple, *Ardo buztinoa* ou *bustinoa*, de *bustino*, *buztino* « pur, sans mélange », s'emploie couramment comme synonyme de « gros cidre », ce qu'en patois normand, on appelle du » sans eau ».

II. — L'eau-de-vie porte en langue Euskarienne différents noms : citons d'abord le Bas-Navarrais *Augardienta*, corruption de l'Espagnol *Aguardiente* ou *Aguariente* ; m. s. litt. « Eau ardente » pour *Agua ardiente*. C'est un peu l'équivalent de la locution « Eau de feu » par laquelle les sauvages du Canada désignaient cette boisson. Avec la mutation normale de cette diphthongue *au* en *ai*, ce terme devient *Aiguardenta* en Soutetin.

Larramendi nous offre, comme synonymes d'eau-de-vie en Guipus-

coan, les formes *Urireki, a*, litt. « Aqua urens » de *Ur*, « Eau » et *Izeki*, « brûler », dans lequel nous croyons reconnaître l'Espagnol *Sequio*, « aride, brûlé, sec », mais avec un *i* prosthétique comme dans *Ichil*, « Silere » — *Ichtil*, « Stillare » et *Usutu, a*, de *Ur*, « Aqua », *Su*, « Ignis » et *Tu*, désinence de participe passé, litt. « Eau devenue *comme du* feu ». Le même auteur cite encore *Ukartu*, litt. « Eau enflammée », de *Ur*, avec chute du *r* final et de *Kartu, Gartu*, « Enflammé » : voir *Gar, ra, Khar, ra, Kar, ra*, « flamme », ainsi que *Urezioa* qui ne paraît être qu'une forme contractée et altérée d'*Urizeki, a*.

III. — Le Basque se montre aussi assez riche en termes désignant le vinaigre. Citons d'abord le Guipuscoan *Arlacha*, dont l'étymologie offre quelques obscurités. Faut-il y voir simplement l'adjectif *Garlacha*, « Acide », mais avec chute du *g* initial, comme dans *Alfer, ra*, « Paresseux », de l'Espagnol *Galfarro*, « Fainéant, vagabond » — *Abar, ra*, « Bois à brûler », du Béarnais, *Gabarre*, « gros ajonc, propre à faire du feu », etc. Dans ce cas, *Arlacha* signifierait simplement « l'acide par excellence, ce qui est acide ».

Préférera-t-on tenir ce mot pour composé d'une abréviation de *Arno*, « Vin » et de l'adjectif *Lacha*, qui, lui aussi, signifie « Acide » et doit sans doute être rapproché de notre mot « Rêche » ? Le *l* initial représenterait un *r* plus ancien comme dans *Leizar, ra*, frêne à rapprocher du Béarnais *Réchou*, m. s. cf. Latin *fraximus*. Ces deux hypothèses semblent l'une et l'autre assez soutenables ; au lecteur à choisir entre elles.

On trouve encore dans Larramendi *Vinagre* qui n'est que le mot Espagnol pur et simple. mais s'altère en *Miñagre* dans le dialecte Souletin. (Pour le *v* initial devenant *m*, cf. plus haut.)

Le Bas-Navarrais possède un autre terme pour le vinaigre, à savoir *Ozpin*. La syllabe finale n'est autre que le *Vino* de l'Espagnol, *Bii* du Béarnais. Quant à la partie initiale *Oz*, nous y verrions plutôt le Grec Ὀξύς, « Acide », que le Latin *Acidus*, la transformation du *a* initial en *o* étant difficile à admettre. D'ailleurs, l'on rencontre déjà des composés de Ὀξύς même dans notre langue du moyen âge, d'où les Basques ont pu le recevoir.

IV. — Le cidre est *Sagarnoa* en Labourdin et Bas-Navarrais, *Sagardoa* en Guipuscoan, litt. « Vin de pomme » ; cf. *Sagarra*, « Pomme » et *Arno, ardo*, « Vin ».

Le mot *Sagarra* mérite de figurer dans la liste de ceux que le Basque a pris à des langues éloignées. Il est difficile de ne pas le rapprocher du Tchérkesse *Chaga*, « Fruit » ; de même que *Suge*, « Serpent » de l'Esthonien (dialecte de Dorpat), *Siug* m. s. et *Sagu*, « souris », du Géorgien

*Thagwi*. N'oublions pas que les Basques ont, de tout temps, été de grands navigateurs. Rien d'étonnant à ce qu'ils aient, et peut-être à des époques relativement récentes, introduit dans leur vocabulaire, certains termes d'origine étrangère. N'avons-nous pas souvent fait de même en Français. Est-ce que notre mot « dogue » n'est pas l'Anglais *dog*, « chien », et *Hase*, désignant la femelle du lièvre, constitue-t-il autre chose que le mot Allemand désignant ce rongeur ?

V. — L'hydromel, ou *Ezti-ura*, litt. « Eau de miel », de *Ezti*, « Miel », s'explique assez de lui-même pour que nous n'ayons pas à en parler plus longuement.

VI. — Dans *Olioa*, « Huile », nous reconnaissons sans peine, le Béarnais *Oli*, m. s. ; le Latin *Oleum* ; l'Espagnol *Oleos*, « les Saintes Huiles ».

VII. — *Esne*, « Lait », présente certaines difficultés à l'étymologiste. Nous avions d'abord cru y retrouver le vieux Français *Aisne* qui, désignant d'abord une mesure contenant une certaine quantité de grappes, a fini par devenir synonyme de rafle de raisin. Il faudrait admettre dabord le passage de l'idée de contenance à celle de liquide contenu, comme quand nous disons d'un grand buveur, qu'il aime la bouteille, et ensuite supposer que l'on a pu oublier la valeur spéciale d'*Aisne* et s'en servir pour désigner au besoin tout vase renfermant un liquide quelconque, du lait aussi bien que du vin. Plus tard, on en serait venu à en faire un synonyme de Lait.

Ces déductions, ont, il faut bien le reconnaître, un caractère véritablement trop hypothétique et nous pensons qu'il convient de chercher ailleurs l'origine du mot Basque.

N'aurait-on pas lieu de le tenir pour pris au vieux Gaulois ? Précisément, nous rencontrons en Irlandais un vocable assez rarement employé pour « Lait », à savoir *Asnik* (1) que le dictionnaire gaëlique d'Armstrong signale en Écossais, sous la forme *Aisnig*. Il est vrai que le mot ne se rencontre aujourd'hui que dans les dialectes du groupe Gadhélique, non dans ceux du groupe dit Kimrique, auquel paraît bien avoir appartenu l'ancien Gaulois. Cela ne prouve nullement qu'il n'y ait pas existé autrefois. Combien de termes de la vieille langue de la Gaule qui, par exemple, ne nous sont plus conservés qu'en Irlandais !

On pourrait, à la vérité, objecter que ces termes *asnik*, *aisnig*, n'offrent point d'affinités appréciables avec leurs correspondants dans les autres dialectes Indo-Européens. Faudrait-il donc les ranger au nombre des vocables que la race celtique aurait empruntés aux aborigène de l'Europe Occidentale. La question pourra sembler embarrassante et nous laisserons

(1) Edward LHUYD : *Archaeologia Britannica*, art. *Lac*, vol I (Oxford).

à des celtisants de profession, le soin de la trancher. En tout cas, si les substantifs en question sont de provenance indigène, on conviendra qu'il n'est guère possible d'en établir la généalogie.

VIII. — Le substantif *Ur,a; hur,a*, « Eau », n'a certainement rien à faire avec le Bas-Breton *Dour*, m. s. qui vient d'une forme celtique *dubron*. Ce fait que le *d* initial est sujet à tomber en Basque, cf. *Ichkurduka*, « En discorde, en contestation » — *Orkhatz*, « Chevreuil » du Grec δορκάς n'aurait, dans le cas présent, aucune importance.

Suivant toute apparence, le *r* de *Ura* est purement euphonique, comme il l'est, par exemple, dans *Gizona-r-en*, « Hominis » pour *Gizona-en*, de *Gizon*, « Homo ». Cela nous explique son remplacement par un *g* également euphonique dans certains composés, cf. par exemple : *Ugotcho*, « Brochet », litt. « Loup d'eau » ; de Otcho,a, « Lupus » — *Ugatza*, « Mamelon », litt. « Moyeu, pointe humide », de Atz,a, « Pointe, moyeu ». Resterait donc comme forme radicale *u* dans lequel nous serions fort tentés de voir une altération de *Itz*, *intz* ou *Ihïntz*, « Rosée » mais dont le sens primordial a dû être celui d' « Eau » en général. Cf. *Ixaso*, *Itchaso*, « Mer », litt. « Grande eau », de ce vocable *Itz* avec la finale augmentative *So*. C'est ainsi que les Aïnos de l'Ile de Yesso appellent l'océan *Rébé* qui, dans leur langue, a juste le même sens, de *Be*, « Aqua » et *Re*, « Magnus ». La mutation du *i* en *u*, constaté ici, se présente parfois en Basque, par exemple dans *Eskudancha* ou *Eskidancha*, « Esquinancie ». Enfin. ces formes, *Itz* ou *Intz* avec *n* médial intercalé ainsi que dans *Lango*, « Lac » ; *Alargo*, « Tel » pour *Halako* semblent bien pour un primitif *Bitsa*, *pitsa* ou *bicha* qui, en dialecte Guipuscoan, signifient « Écume », mais pourrait avoir eu antérieurement la valeur propre de « Eau, liquide ». Il y aurait chute de la labiale initiale ainsi que dans *Irabarki*, *Okhilo* ; voir n° 1er. On signalera, à ce propos, un rapprochement purement fortuit à coup sûr, des mots Basques en question avec l'Allemand *Wasser* et le Suomi et Esthonien *Wessi*, « Eau » — Magyar *Viz*.

Nous considérerons donc jusqu'à plus ample informé les termes *Hura*, « Eau » ; *Itz*, « Rosée » ; *Pitsa*, « Écume », comme indigènes et, par suite, ne se prêtant guère aux recherches des étymologistes,

En tout cas, ne peut-on pas être tenté de retrouver ce même radical *u* pour un *i* antérieur dans Ibai,a, « Ruisseau, cours d'eau ». La forme primordiale devait être *Ibaki*, de même que celle de *Izai*, « peuplier » était *Izaki* ou *Itzaki*, litt. « Celui de la rosée, l'arbre exposé à la rosée » de *Itza* déjà vu, et de la finale partitive *ki*. Le *b* médial serait purement euphonique comme, par exemple, dans *Nabusi*, « Maître », doublet de *Nausi*.

Si l'on ne se refuse pas à admettre l'existence de ces lois phonétiques

du Basque actuel dès une époque reculée, explication nous serait par là même fournie du nom ancien de l'Èbre, à savoir *Iberus*. Nous ne songerions pas, bien entendu, à y voir, comme l'ont fait quelques Basquisants outrés, un composé de *Ibai*, « Cours d'eau » et de *Bero*, « Chaud », litt. « La rivière chaude, brûlante ». On ne devine guère quelle raison d'être indiquer à une telle dénomination.

D'autre part, jugera-t-on trop téméraire de voir dans le nom de ce fleuve *Ibai*, « Rivière, cours d'eau », joint à la désinence adverbiale *ro*. Ce terme *Ibairo* se rendrait donc assez littéralement par « Ce qui a vraiment l'aspect d'un cours d'eau, le grand cours d'eau, la rivière par excellence ». N'est-ce pas par une métaphore analogue que les populations de race Algique appelaient le *Missïssipi* « la grande rivière », de *Sipi* « rivière », que les premiers aïeux de la race Indo-Européenne ont connu le Volga sous le nom de *Rha*, *id est*, « Le fleuve » ? Au reste, ne nous dissimulons pas ce que ces données offrent d'hypothétique. Nous ne prétendrons pas les imposer au lecteur.

IX. — L'on ne croit pas avoir à s'occuper de certains noms de liqueurs visiblement empruntés au Français ou à l'Espagnol à une époque toute récente, tels que *Kuraçao,a*, « Curaçao » — *Aniseta*, « Anisette », etc. Ils ne peuvent être cités que comme une preuve de l'infiltration chaque jour plus considérable des mots étrangers dans le vieux lexique Euskarien.

X. — N'oublions pas, enfin, en terminant, le nom de la bière ou plutôt de la cervoise qui est en Basque *Gararnoa*, litt. « Vin » ou « liqueur d'orge », abréviation pour *Garagararnoa*, de *Garagarra*, « Hordeum » et *Arnoa*.

---

M. le Dr Marcel BAUDOUIN

Chargé de missions archéologiques en Vendée.

## LES COTES DE VENDÉE, DES SABLES-D'OLONNE A BOURGNEUF DE LA PÉRIODE NÉOLITHIQUE AU MOYEN AGE [551.36:44.61]

*— Seance du 8 août —*

Nous ne parlerons, dans cette note, que de la partie du rivage vendéen qui s'étend des Sables-d'Olonne à la baie de Bourgneuf, ou plutôt à la rivière du Falleron, séparant au nord le département de la Vendée de celui de la Loire-Inférieure ; et nous laisserons de côté toute la côte qui

va des Sables à la Charente-Inférieure, c'est-à-dire tout ce qui a trait au *Golfe du Poitou*, car cette autre étude nous entraînerait trop loin *(fig. 1)*.

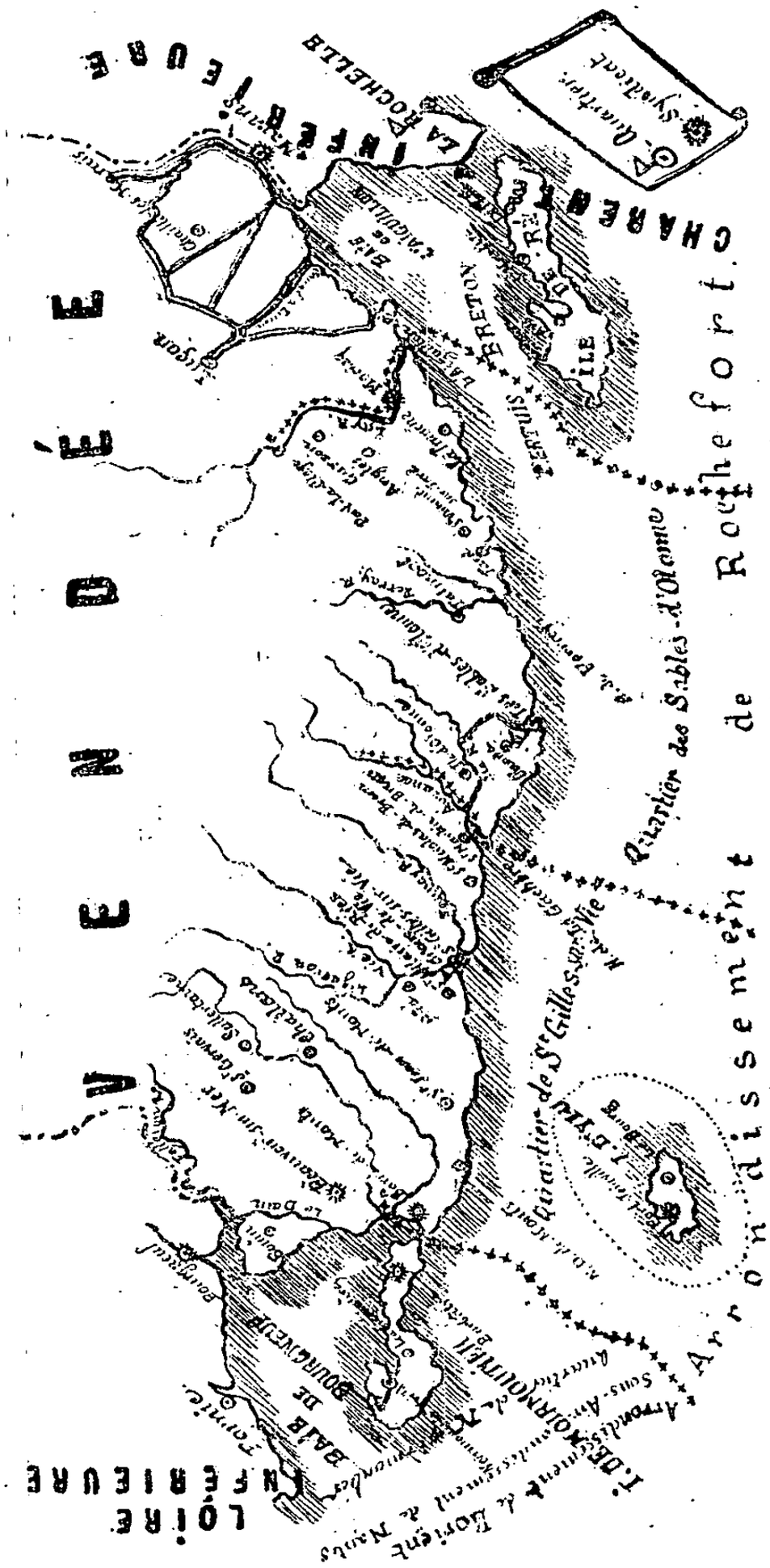



Fig. 1. — Côte de la Vendée maritime à l'époque actuelle.

Nous ne nous occuperons donc que de cette baie où l'on doit rechercher les vestiges du fameux *Portus Secor*, port gallo-romain, dont la situation précise est demeurée jusqu'ici inconnue, malgré toutes les recherches qui

ont été faites à ce sujet, et qu'on nous a chargé d'étudier à nouveau, en 1901-1902, aux lumières de la géologie et de l'archéologie préhistorique.

Nos recherches s'adresseront, évidemment, non seulement au rivage tel qu'il est de nos jours, mais surtout aux *îles*, qui le bordent actuellement, et à celles qui y existaient jadis (soit qu'elles aient disparu sous les flots, soit qu'elles soient de nos jours soudées au continent). Ce qui nous obligera à dire un mot des deux *Marais vendéens*, peu étudiés jusqu'ici, qui se trouvent, d'une part, au nord des Sables, d'autre part, dans le pays de Mont. C'est ce qu'on appelle, là-bas, le *Marais du Havre de la Gâchère* et le *Marais Breton* ou *Marais de Mont*.

## I. — Période préhistorique.

### I. — Époque néolithique.

Nous nous bornerons aujourd'hui à prendre les rivages vendéens à la *période néolithique* des âges préhistoriques, sans remonter plus haut à l'aide de la géologie, car notre but est surtout de démontrer ici quels services la science préhistorique et protohistorique peut rendre à la *Géographie historique* proprement dite.

Si, pour l'instant, nous ne parlons pas du *paléolithique*, c'est parce que les documents de cet ordre manquent encore dans ces contrées peu explorées par les préhistoriens, et parce que les hommes de cet âge très ancien n'ont laissé que de très faibles vestiges de leur passage, surtout en ces régions maritimes (1).

Il en est tout autrement, cela fort heureusement, pour la période de la pierre polie et des dolmens ; et nous allons voir comment, en ce pays si riche en restes de cette époque, ces monuments peuvent nous renseigner sur l'*état des rivages* au moment de leur construction.

A. — *Iles et îlots modernes*. — Commençons par les îles et les îlots sous-marins, qui bordent la côte où nous trouvons des vestiges des temps néolithiques.

1° *Rochebonne*. — Le premier îlot à citer est Rochebonne, récif situé à l'ouest des Sables-d'Olonne, en plein Océan. On s'étonnera de nous le voir mentionner ici, puisqu'il s'agit d'une *roche sous-marine*, qui ne découvre jamais, et dont le plus haut sommet est encore à 4 mètres au-dessous du

(1) Nous n'avons trouvé, au cours de notre mission de 1901, que de rares stations paléolithiques sur cette côte.
Voir : Baudouin (M.) et G. Lacouloumère : *Le microlithe et la station moustérienne du Moulin Casse à Saint-Martin-de-Brem* (Sous presse.)

niveau de la mer. Mais, si nous tenons à rappeler son existence dans cette description, c'est qu'une de ses parties porte précisément le nom de *Pierre-Levée*, et, que cette dénomination est certainement le vestige de l'existence d'un monument mégalithique disparu avec le sol qui le portait, comme nous avons essayé de le démontrer, dans un travail spécial (1), avec toute la précision possible.

Si cette hypothèse est exacte, nous devons en conclure que Rochebonne est forcément le débris d'un ancien promontoire des côtes de Vendée, comme l'ont signalé de nombreux géographes (É. Reclus, etc.), et d'éminents ingénieurs hydrographes de la marine (Bouquet de la Grye, etc.), et que *ce promontoire existait, bien entendu, encore à l'époque des mégalithes* : ce que personne n'avait dit jusqu'à présent. Rochebonne était « terre » pour les néolithiques.

Par suite, il devait être relié au continent par les terrains qui forment aujourd'hui les *îlots des Barges*, à l'ouest de la côte des Sables, et se continuer avec l'ancienne *île de la Chaume*, qui, à l'époque romaine, était isolée, et où nous avons découvert, en 1901, un *mégalithe disparu sous les dunes* de la côte (2). C'était donc une *presqu'île très importante encore à l'époque des néolithiques* (3).

2° *Ile d'Yeu.* — Dans les mêmes temps, l'île d'Yeu était aussi certainement réunie au continent. Divers ordres de faits anciens et plusieurs constatations actuelles le démontrent de façon formelle.

*a)* Les ingénieurs modernes qui ont étudié la question sont, en effet d'avis que sa séparation du continent est indiscutablement postérieure à cette époque (A. Dou croit qu'elle remonte à 600 ans avant Jésus-Christ). Ils se basent, pour affirmer ce fait géologique, sur le phénomène de *subsidence* des côtes de Vendée, qu'ils ont évalué avec précision (4).

*b)* Les noms, d'origine *celtique*, qui abondent dans l'île, montrent qu'elle a été peuplée en même temps que la Bretagne, et en particulier le Morbihan (5). S'ils s'y sont conservés plus longtemps intacts que sur les rivages vendéens, c'est que ces derniers ont subi très vite l'influence de la conquête romaine, tandis que l'île d'Yeu n'a pour ainsi dire pas eu à

(1) BAUDOUIN (Marcel) : *Le récif sous-marin de Rochebonne au point de vue préhistorique.* (En préparation.)

(2) M. BAUDOUIN et G. LACOULOUMÈRE : *Le menhir de la Couche-Verte de la forêt d'Olonne (Ann. de la Soc d'Émul. de la Vendée,* La Roche-sur-Yon, 1901. Tiré à part, in-8°, 1902, 8 fig., 40 pages.

(3) Elle n'a dû disparaître qu'à la fin de l'époque romaine, puisqu'il est probable qu'il faut placer là le *Promuntorium Pictonum* des anciens géographes, puisque le mot *Pierre Levée* vient lui-même du latin !

(4) Dès 1755, l'abbé Joussemet n'hésitait pas, d'ailleurs, à écrire, précédant de quatre-vingts ans Savary : « Il y en a même qui croient que les îles de Noirmoutier, d'Yeu, etc., ont été séparées de la terre ferme..! »

(5) Savary a dit que deux peuples différents avaient occupé l'île ; et il parle d'une conquête faite par les *Bretons*. Il aurait trouvé dans une vieille procédure des indications relatives à l'occupation de l'île par les Bretons (?). D'après Richard, cette hypothèse n'aurait aucun fondement.

bénéficier de l'invasion latine, par suite de son isolement, plus ou moins grand, sans doute (1) dès ce moment.

Richard n'admet la séparation de l'île d'Yeu qu'à une époque *géologique* extrêmement reculée : ce en quoi il paraît avoir tort. La séparation est, au contraire, relativement récente.

Mais c'est M. Savary, chef de bataillon du génie, qui paraît avoir le premier indiqué, en 1837 *(Histoire de l'île d'Yeu)*, que cette île faisait autrefois partie du continent. Il a même utilisé les mégalithes pour essayer de donner à cette théorie une preuve valable. Mais, s'il a vu juste au point de vue géologique et géographique, son explication est basée sur des données préhistoriques absolument inexactes. (Pour cet auteur, en effet, les mégalithes sont des *phares !)*. A noter toutefois qu'il a bien indiqué l'*orientation* des menhirs et leur *situation sur l'ancienne ligne de côtes*. M. Richard *(L'île d'Yeu d'autrefois et l'île d'Yeu d'aujourd'hui*, 1883) a donc eu tort de dire que la direction des mégalithes n'apporte aucun éclaircissement dans la question de l'ancienne configuration des côtes ; c'est le contraire qui est la vérité, comme nous ne cessons de le répéter, pour la Vendée.

Cette remarque tend à prouver que l'île a été peuplée avant sa séparation du continent, car, si les Romains ont eu des difficultés à s'établir dans l'île, les mêmes entraves auraient dû se présenter pour les anciens Celtes, et l'île serait restée à peu près inhabitée : ce qui ne paraît pas avoir été.

*c)* Quant aux *monuments mégalithiques*, encore nombreux dans l'île, ils prouvent *par leur abondance* que jadis ce point a été très habité (Richard). Par suite, il ne pouvait pas être alors une île, analogue à l'île d'Yeu actuelle, île aujourd'hui si petite ! Il devait s'agir là d'un *rivage*, tout à fait comparable à celui du Bernard (Vendée), ou même du Morbihan.

La nature pétrographique des blocs qui constituent les dolmens n'a pas encore été étudiée avec assez de soin pour qu'on puisse dire que quelques-uns d'entre eux proviennent de régions actuellement submergées ou isolées ; mais cela n'aurait rien d'extraordinaire. Nous poursuivrons ces recherches dans toutes les îles du littoral.

Si donc notre hypothèse est vraie, à cette époque l'île d'Yeu était réunie à l'*île de Mont* (et par suite probablement aussi à *Noirmoutier)* et à l'*île de Riez*, du côté de Sion.

3° *Noirmoutier*. — Dans un autre mémoire (2), nous avons prouvé qu'à l'époque néolithique l'île de Noirmoutier n'existait pas, en tant qu'île

(1) Il est probable pourtant que les Romains ont occupé certaines parties de l'île d'Yeu (Richard) ; mais cela n'est pas absolument certain, tandis qu'à Noirmoutier ils ont laissé des vestiges indiscutables (sans doute parce que cette île faisait encore partie du continent), comme nous le montrerons plus loin.

(2) M. BAUDOUIN et G. LACOULOUMÈRE. — *L'Allée couverte de Pierre-Folle* (Commequiers). [Sous presse.]

séparée du continent. Son extrémité inférieure se continuait avec le cap de Beauvoir, qu'elle prolongeait au nord-ouest *(fig. 2)*.

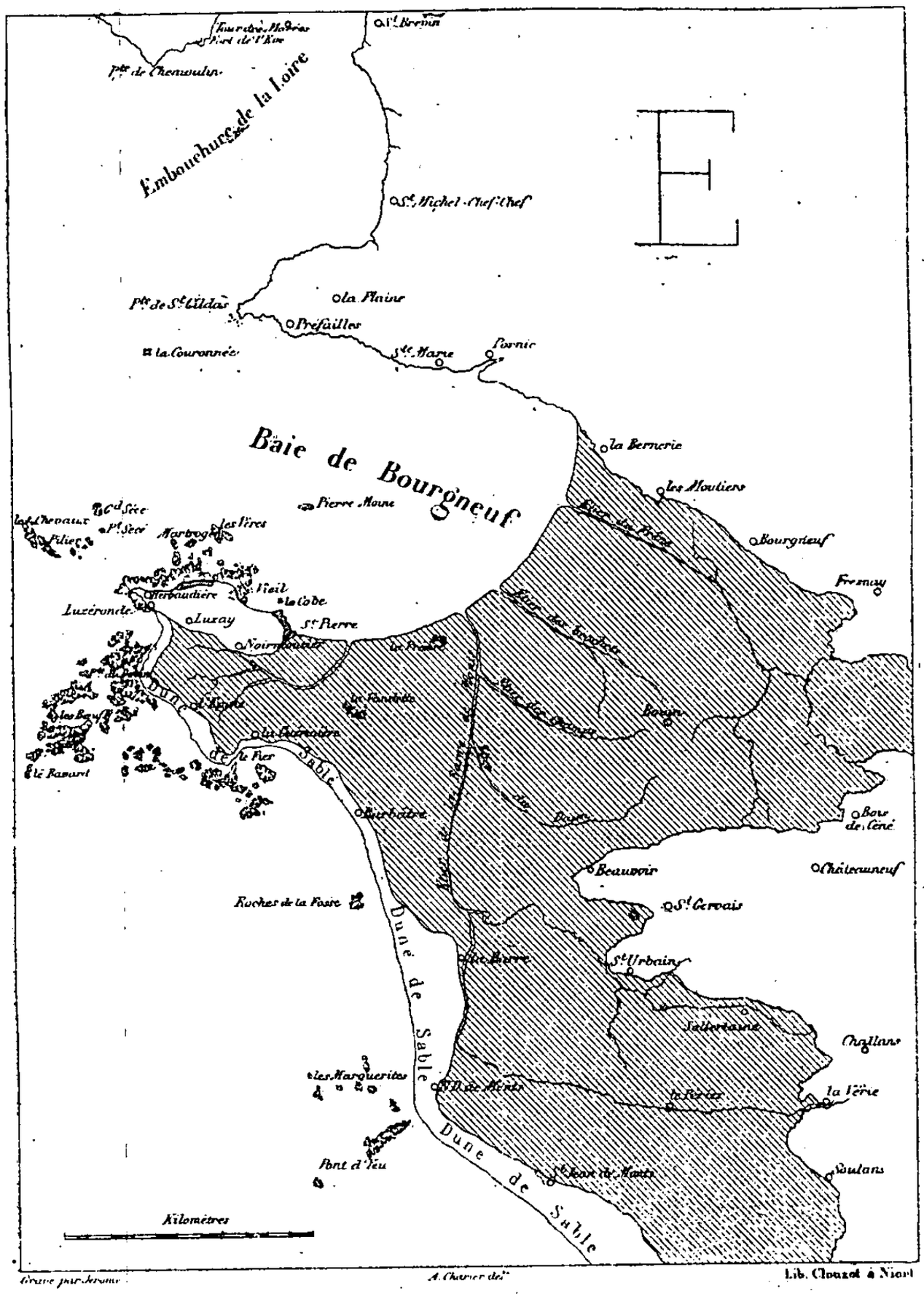



FIG. 2. — L'Ile de Noirmoutier, alors qu'elle était soudée au continent.
(Figure, d'ailleurs inexacte pour l'Est et le côté de l'Ile d'Yeu, empruntée à Charier-Fillon.)

Notre démonstration, on le sait, se base : 1° sur l'existence de *mégalithes submergés* dans la baie de Bourgneuf, d'une part ; 2° et, d'autre part, sur l'étude pétrographique de certains dolmens et grands menhirs et d'une allée couverte, situés dans la mer et sur le sol vendéen, et édifiés

avec des matériaux qui ne peuvent provenir que du bois de la Chaize, à Noirmoutier.

Il est probable, d'ailleurs, qu'à cette époque, cette péninsule était beaucoup plus large et s'étendait à la fois du côté de la baie de Bourgneuf vers la Loire (1) et dans l'Océan, ainsi que l'a signalé M. Charrier-Fillon par l'étude du fond des mers actuelles aux environs de l'île. Il est à supposer aussi qu'elle communiquait alors au sud avec l'ancienne *île de Mont ;* mais ce dernier point n'est pas certain encore.

4° *Ile de Bouin.* — Cette île était-elle déjà formée à l'époque de la pierre polie? Cela n'est nullement démontré ; mais c'est peu probable. En tout cas, si îlot il y avait déjà, il devait être *très petit* : ce qui explique pourquoi on n'y a trouvé aucun vestige mégalithique, à l'opposé de ce qui se passe dans les autres îles précédemment mentionnées (2).

B. — *Rivages néolithiques.* — S'il en est ainsi, les rivages de Vendée, à l'époque de la pierre polie et de la construction des mégalithes, devaient être tout différents de ce qu'ils sont de nos jours.

Du côté des Sables-d'Olonne, il y avait une longue presqu'île, plus ou moins effilée, soudée à la terre au niveau de l'île de la Chaume, qui donnera plus tard, à l'époque romaine, le *Promuntorium Pictonum*, puis, par subsidence, le *Cap de l'Aiguille* (nom bien choisi), et les îlots de Rochebonne et des Barges, à l'époque actuelle. Cette presqu'île était évidemment assez large à sa base, et il devait y avoir des mégalithes entre la « Pierre Levée » de Rochebonne et le « menhir de la Conche-Verte » de la forêt d'Olonne!

Immédiatement, au nord, commençait une vaste baie, limitée à l'est par les hauteurs du Château d'Olonne (haches polies, fossé des Sarrasins, mégalithes), d'Olonne (menhirs), de Vairé et de Saint-Martin-de-Brem (mégalithes, haches polies) avec quelques îlots. La côte se continuait ainsi jusqu'à Saint-Gilles (os gravé) par Bretignolles (dolmen), le Jaunay (Polissoir de la Brelaudière, *nobis*) (3), etc.

Au nord de l'embouchure de la Vie, nouveau golfe profond, celui du pays de Mont, avec la petite *île de Riez*, peut-être réunie à l'île d'Yeu, probablement bordée à l'est par les coteaux de Commequiers (allée couverte de Pierre-Folle), de Soullans (menhir de la Vérie, hache polie), de Beauvoir, de la Pierre-Levée de Sallertaine, etc.

(1) Joussemet, dès 1755, a écrit qu'une rangée d'îlots, placés autrefois entre Noirmoutier et la Loire, a disparu. La tradition raconte qu'une de ces îles était couverte d'une forêt de chênes.

(2) D'autres îles de la région, en raison de leur petitesse, sont dans le même cas : îlots de Sallertaine, du Périer, de Riez, etc., etc. Elles n'ont pas dû être habitées à ce moment.

(3) Baudouin (Marcel) : *La Pierre à entailles ou Polissoir de la Brelaudière (Bull. et Mém. de la Soc. d'Anthrop. de Paris* 1902).

Au nord, cette baie était limitée par un puissant massif formant Noirmoutier, l'île de Mont (et l'île d'Yeu, probablement), réuni au continent par le cap de Beauvoir, et formant une large presqu'île avancée, très découpée et couverte de mégalithes (dolmens de Noirmoutier et de l'île d'Yeu), qui s'effondra plus tard par subsidence *(Pont-d'Yeu)*.

Entre cette presqu'île et le *Promuntorium Pictonum*, autrement dit l'île d'Yeu et Rochebonne, il y avait, par suite, un *immense golfe* parsemé d'îlots dans le pays de Mont et la baie d'Olonne. Et c'est là certainement que, plus tard, à l'époque romaine, dut se trouver le *Portus Secor* tant cherché.

## II. — Age des métaux.

A l'époque de la civilisation phénicienne (1), qui correspond presque pour nous, dans l'ouest de la France, à l'âge du cuivre et du bronze, quelle était alors la conformation générale de la côte ?

Cela est impossible à dire aujourd'hui, car nous manquons totalement de données à ce sujet.

*a)* Ce que nous savons toutefois, c'est que certainement les *navigateurs phéniciens* ont fréquenté ces rivages. De nombreuses preuves le démontrent, surtout pour la Bretagne (2).

Peut-être sont-ils venus en ces contrées dès la fin de la période néolithique? Cela est très possible. Peut-être ont-ils reparu au début de l'époque romaine (du VIIe au Ier siècle av. J.-C.)? Cela est fort probable. Mais nous n'avons aucun renseignement précis (3) sur les rivages de cette ancienne époque protohistorique.

*b)* D'ailleurs, jusqu'à présent, *on n'a pas trouvé le moindre objet métallique préhistorique dans les îles de la côte* (4). Or, ce sont les trouvailles faites en ces points qui seules peuvent nous renseigner sur les modifications survenues au littoral.

*c)* Par contre, récemment, au cours de notre dernière mission, nous

(1) Il existe, près de Croix-de-Vie, un village maritime appelé *Sion*, qui a porté le nom latin de *Sidunis* ou *Sidunum*. Il n'y aurait rien d'étonnant à ce que ce mot soit d'origine phénicienne, car Sion (*tsiôn*) signifie « colline aride », dénomination qui s'applique très bien à cette partie du rivage vendéen. — A Croix-de-Vie, la « *Jarrie* » [qui fut habitée par les Romains] n'a pas probablement pour racine le mot arabe *djarrat* (jarre) (l'arabe est voisin de l'hébreu); mais un nom propre d'homme, *Canaffe*, fréquent dans la contrée, ressemble singulièrement à *Kanaph* (oiseau, aile, protection, en phénicien); il est vrai que ce mot peut être aussi d'origine celtique.

(2) Récemment on a extrait de la Loire, au milieu du pont de Nantes, des objets *phéniciens*(?) (Georges Ferronnière, *Soc. Acad. de Nantes*, 1902), au milieu d'ossements d'aurochs (préhistorique) et d'objets gaulois.

(3) Nous savons qu'une médaille ou monnaie *égyptienne* a été trouvée aux environs de la gare des Sables-d'Olonne (collection P. du Bois-Chevalier). Mais, certainement, il s'agit là d'une importation très moderne.

(4) On n'a pas encore trouvé le moindre objet de *bronze*, ni à l'île d'Yeu, ni à Noirmoutier, ni dans l'île Vertime, même en fouillant les dolmens et les allées couvertes. On pourrait interpréter ce fait, en disant qu'à l'âge du bronze ces contrées ne furent pas habitées ; mais un fait négatif n'a jamais eu la valeur d'une observation positive.

avons pu démontrer, en 1901, qu'il existait, sur la côte vendéenne dont nous nous occupons, des stations de l'âge du bronze. Dès 1755, Joussemet a vu des haches de bronze (il dit : « coins de *cuivre*, qui ont un *anneau* sur le côté ») tirées par un berger d'un rocher du village de Sion. [A noter le mot *cuivre !*] Citons ensuite, pour Sallertaine, une épée de bronze (*cuivre jaune*, d'après Joussemet) trouvée dans un fossé ; pour *Commequiers*, les objets trouvés lors des fouilles de l'allée couverte de Pierre-Folle, 1901. *nobis*) ; pour Saint-Nicolas-de-Brem (haches citées par l'abbé Joussemet dès 1755) ; pour Saint-Mathurin (14 haches de la collection de M. P. de Bois-Chevalier) ; pour le Château d'Olonne (3 haches et un fragment, dans la même collection) ; pour Olonne (une hache dans la même collection) ; pour Sainte-Avangour, les haches du Musée de la Roche-sur-Yon, et., etc. Et il est probable qu'on fera d'autres découvertes de ce genre (1).

La plupart de ces haches sont du type *morgien* et par conséquent remontent environ au x^e^ siècle avant notre ère. Elles montrent que les hommes de l'âge du bronze vivaient très rapprochés de la côte.

## II. — Période protohistorique.

### I. — Époque gallo-romaine (1^er^ s. av. J.-C. — vi^e^ s.)

A l'époque gallo-romaine, postérieure de nombreux siècles à l'âge de la pierre polie, les rivages vendéens avaient déjà notablement changé ; mais ils n'étaient certainement point ce qu'ils sont aujourd'hui. Et, en réalité, à ce moment encore, ils ressemblaient bien plus aux côtes de la période néolithique qu'à celles de notre temps. Nous espérons que les quelques réflexions qui vont suivre le démontreront d'une façon indiscutable.

A. — Iles. — 1° *Rochebonne*. — Il est probable qu'à l'époque romaine, ou plutôt au premier siècle avant l'ère chrétienne, la presqu'île de Rochebonne existait encore, mais très effilée et rongée par les flots. Aussi, pour nous, y voyons-nous le célèbre *Promuntorium Pictonum* des auteurs, car sa situation correspond tout à fait aux données fournies par les géographes anciens.

Nous devons par suite en conclure que le *Portus Secor* devait alors se trouver au nord, c'est-à-dire entre cette presqu'île et la pointe de l'île d'Yeu, et environ au niveau du Havre de la Gâchère, que l'île d'Yeu ait été ou non séparée du continent à cette époque.

(1) Nous répétons que nous ne voulons pas parler dans ce travail du rivage sud de la Vendée, où on a trouvé de nombreuses stations du bronze (travaux de l'abbé F. Baudry, de B. Fillon, Brochet, O. de Rochebrune, G. de Fontaines, Lièvre, Frère René, etc.).

D'autres faits plaident en faveur de cette opinion. En effet, à la fin du moyen âge, Talmond (*Talus mundi*, bout du monde) n'était peut-être que la capitale d'une partie du fameux *Promuntorium Pictonum*, situé au sud du *Portus Secor*. De plus, Orbestier (*Orbis terminus*, la fin du monde), est encore dans la même région, qu'on considérait alors évidemment comme le Finistère vendéen. Le rapprochement de ces trois dénominations nous paraît très suggestif.

Les restes du *Promuntorium Pictonum* supposé portent aujourd'hui le nom de *Cap-de-l'Aiguille*, mot également d'origine latine. Or, au nord-est de ce cap, nous avons le bourg de l'Aiguillon-sur-Vie (*supra viam*, sur la voie romaine), et, au sud-est, le port de l'Aiguillon-sur-Mer. Ce rapprochement nous paraît encore très suggestif.

Un argument, qui a réellement une grande importance, c'est la tradition, basée sur des observations qui paraissent être exactes. Or des pêcheurs, qui fréquentent Rochebonne pour y placer des casiers à homards, en particulier des Sablais, y auraient trouvé jadis, soit en draguant, soit autrement, des *débris de construction* (1). Mais il y a très longtemps que cette constatation aurait été faite.

Il ne s'agit plus ici, bien entendu, de vestiges néolithiques ; et, si ces débris ont réellement existé, ils ne peuvent avoir trait qu'à des *restes gallo-romains*, puisque, dès le début du moyen âge, Rochebonne était sous l'eau !

Une carte, tracée en 1462 pour la géographie de Ptolémée, place le Promontoire des Pictons, d'après E. Bourloton (2), sur le parallèle de Poitiers, c'est-à-dire aux Sables-d'Olonne même. Elle plaide donc en faveur de notre hypothèse.

Également d'après M. Bourloton, Dom Martin fixe, de son côté, le *Promuntorium Pictonum* aux Sables-d'Olonne ; et d'Anville (3) (*note de la Gaule*, p. 589), dit Dufour, prétend que le *Portus secor* correspond à l'ancienne Olonne, qui existait alors au fond de la baie. C'est tout à fait notre opinion, sauf que la région d'Olonne n'est pour nous que le fond d'une vaste baie, bien plus étendue du côté de l'Océan et constituant dans sa totalité le fameux port romain !

2° *Ile Vertime.* — Dans un autre mémoire (4), nous avons démontré qu'à l'époque romaine, il y avait indiscutablement sur les côtes de Vendée, au nord des Sables-d'Olonne, une île, appelée l'*Ile Vertime* ou *Ile de la Chaume*,

(1) Cette donnée m'a été fournie par mon ami Aimé Baud, pilote, patron du canot de sauvetage de Croix-de-Vie, l'un des pêcheurs de sardines les plus intelligents et les plus instruits de mon pays natal.

(2) E. BOURLOTON : *Le Portus secor et les fouilles de la Gachère.* — *Revue du Bas-Poitou*, Fontenay-le-Comte, 1901, p. 163, 166 et 168.

(3) Il faut rapprocher des affirmations de d'Anville celle d'un géographe peu connu, l'abbé Grenet (1779), citant l'ingénieur hydrographe Robert Bonne.

(4) BAUDOUIN (M.) et G. LACOULOUMÈRE : *Le Menhir de la Conche Verte.* Loc. cit., 1902.

et un îlot, celui de l'*Hisla ad Marchas* ou *Ile d'Olonne*. Nous n'y revenons pas. Bornons-nous à ajouter que l'île de la Chaume, peut-être coupée en deux parties au niveau de Sauveterre (Vertime et Chaume), était certainement en relations étroites à cette époque avec les *îlots des Barges* et les terres, aujourd'hui sous-marines, qui les reliaient avec le cap de Rochebonne. Depuis, la mer a isolé ces parties, submergé par subsidence les terres les plus basses, et accumulé sur l'île Vertime des *dunes* qui n'étaient pas connues au début de l'ère chrétienne, et ont recouvert en particulier, depuis l'époque romaine, le mégalithe de la Conche Verte, retrouvé par nous en 1901 *(fig. 3)*.

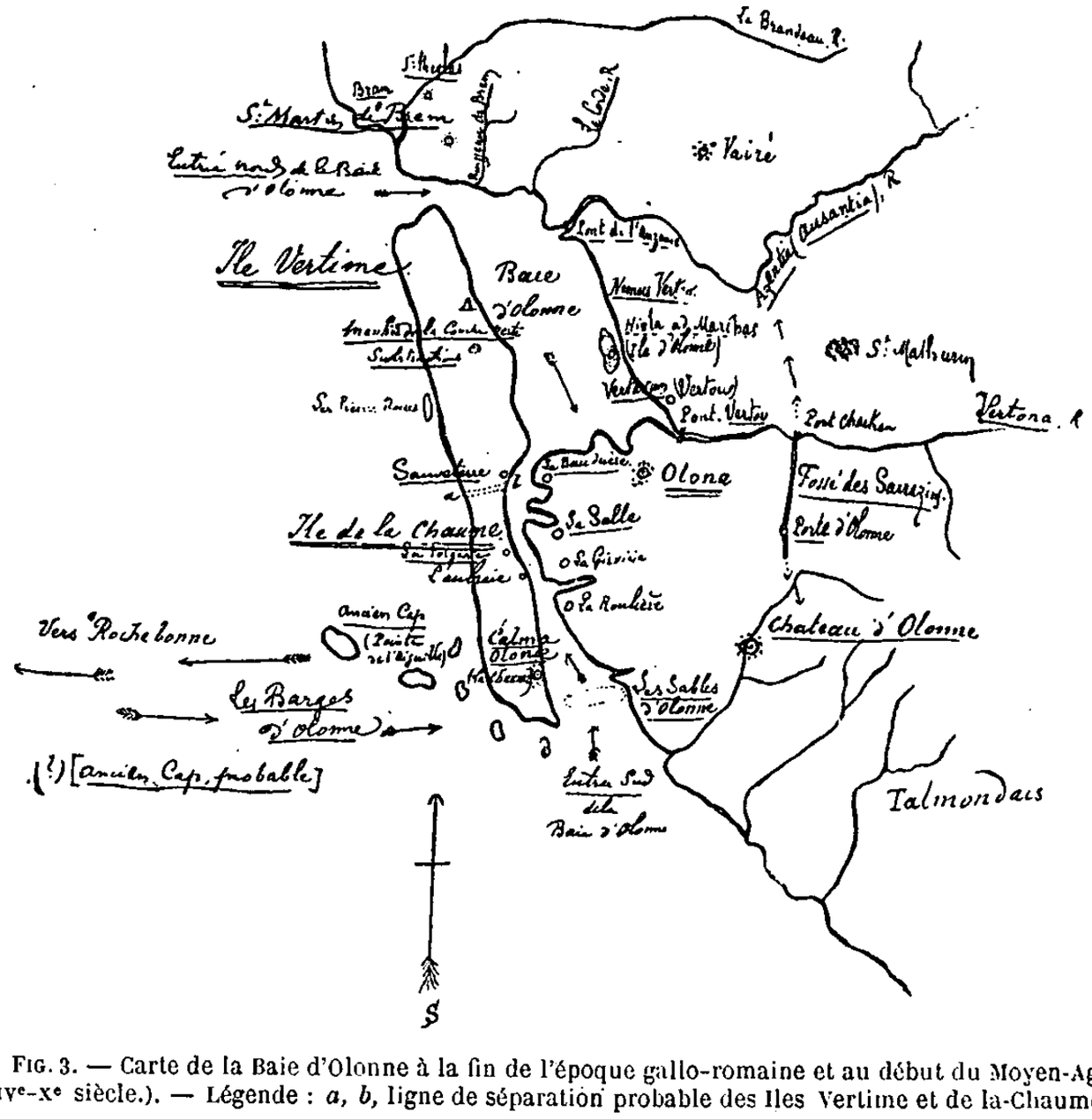



Fig. 3. — Carte de la Baie d'Olonne à la fin de l'époque gallo-romaine et au début du Moyen-Age (IVe-Xe siècle.). — Légende : *a, b,* ligne de séparation probable des Iles Vertime et de la-Chaume.

Un fait, très important, est démontré aujourd'hui, à savoir que la région d'Olonne, et la rive du Marais de la Gâchère, était un centre très considérable à la fin du IIIe siècle et au commencement du IVe siècle, comme il l'avait été à l'époque néolithique *(Fossé des Sarrasins)*. A Vertou (ou Vertaw), sur l'*ancien rivage* (en face l'île d'Olonne), il y avait, en effet, une ville, d'une certaine population (*Vertavum*), que vint convertir le saint Martin, qui désormais est connu sous le nom de saint Martin de Vertou, et qui donna plus tard son nom à une commune qui se créa au nord de la

baie d'Olonne (Saint-Martin-de-Brem). A noter encore l'arrivée dans cette région d'un autre saint, saint Vivent ou Vivence, qui s'y réfugia, après avoir quitté Belesbat (Herbadilla. en Herbauges), près Saint-Vincent-sur-Jard, autre centre notable, après le cataclysme maritime (et d'un affaissement du sol) qui survint à cette époque et entraîna la disparition dans les flots de l'Océan de cette ville célèbre par ses débauches et par conséquent très civilisée (1).

3° *Ile d'Yeu.* — L'Ile d'Yeu était-elle déjà formée au début de l'époque gallo-romaine, c'est-à-dire au moment où la flotte de Jules César vint sur les côtes de Vendée.

Oui, d'après M. A. Dou (2), qui a calculé que l'isolement devait correspondre environ à 500 ans avant J.-C.

Oui encore, d'après M. E. Desjardins (3), qui cependant n'a pas pu trouver un seul texte latin corroborant cette idée et mentionnant de façon expresse l'existence de cette île avant l'ère chrétienne (4).

Or, Strabon (5), géographe grec, qui vécut au Ier siècle av. J.-C., qui a parlé de ce pays d'après la relation de l'ancien voyageur Posidonius (133-49 av. J.-C.), ne mentionne pas du tout l'île d'Yeu (6). Il indique seulement à l'embouchure de la Loire l'existence *d'une île*; mais il ne précise pas de laquelle il s'agit (7).

Il est vrai qu'il cite un port du nom de *Portus duorum corvorum*, et qu'il existe à l'île d'Yeu un lieu-dit appelé *Pointe des Corbeaux.*

Comme la légende des Corbeaux est racontée par le géographe grec, est encore populaire à l'Ile d'Yeu (Savary, de Sainte-Hermine, Joussemet), il est fort possible qu'il y ait identité entre ces deux localités (8). Mais cela

(1) Vers la fin du IIIe siècle, en effet, la mer a envahi les côtes sud de la Vendée, probablement à la suite d'un affaissement du sol. Ce qui le démontre, c'est la légende de Belesbat, ville détruite par les flots à cette époque. C'est aussi la fuite de saint Vivence vers le nord, c'est à dire vers le centre le plus important de la région (*Olonna*) ; il vint se réfugier à Vertaw, (Vertavum), à l'embouchure de l'Auzance, près d'Olonne, où saint Martin avait élevé un monastère dès le IIIe siècle. C'est sans doute à cette époque que se forma l'île Vertime, si elle n'existait pas déjà. Et c'est peut-être aussi à cette époque que Noirmoutier se sépara du Continent, et non pas lors de l'inondation de Bouin (VIe siècle). Ce qu'on peut dire, c'est que, du IIIe au VIe siècle, le littoral de la Vendée s'est notablement affaissé, et que depuis, s'il se relève, ce n'est que dans certaines régions.

(2) A. Dou : *Étude sur le régime du littoral Vendéen. Ouverture du Havre de la Gâchère. — Revue des Sciences Naturelles de l'Ouest,* 1894, Paris, p. 1, 36 fig. — Tiré à part, in-8°.

(3) E. Desjardins : *Géogr. Hist. et Admin. de la Gaule Romaine.* Paris, Hachette et Cie, 1876, 2 vol.

(4) L'absence d'objets de l'âge du bronze à l'île d'Yeu corrobore l'opinion de ces auteurs ; mais c'est un fait négatif.

(5) Strabon : Livre IV, t. II, p. 72, de l'édition de 1809 (Traduction).

(6) D'après une note de cette édition, citée ci-dessus, il s'agirait de l'île de Bouin (*Bouna seu Bounonensis Vicaria*) ; et ce serait la seule localité *vendéenne* qui aurait été mentionnée par un auteur de l'antiquité. Mais cela n'est pas prouvé. — M. Simonneau (*Journal de Luçon,* 1872, 16 oct.) se trompe donc en avançant que Strabon a parlé d'une île appelé *Ogia* (Richard).

(7) Il peut en réalité très bien s'agir d'une île disparue aujourd'hui, comme l'a signalé Joussemet dès 1775.

(8) Le texte de Strabon débute ainsi : « Artemidore raconte que, *sur la côte baignée* par l'Océan, il existe un port nommé le Port des deux corbeaux... (Voir Richard). — Or, ces mots : » sur la côte » semble plutôt en rapport avec un *rivage* qu'avec une île. Mais, évidemment, ils ne sont pas assez précis pour être probants.

ne prouverait absolument rien en faveur de l'existence de l'*île* à l'époque du voyage de Posidonius (Ier siècle av. J.-C.). Cela démontrerait seulement qu'il y avait en ce point un port important, qui était peut-être situé sur les *rivages* mêmes de la Vendée (1). Par suite, cela tendrait plutôt à prouver que l'Ile d'Yeu n'était sans doute pas encore isolée du continent, d'une façon complète (2) ?

Pour nous, nous serons, en conséquence, bien moins affirmatif que M. E. Desjardins et A. Dou, car il pourrait très bien se faire que la séparation de l'île soit plus récente et même postérieure à l'arrivée de César.

Ce qui tendrait à le prouver, ce sont les légendes locales, qui certainement reposent sur un fond de vérité et paraissent postérieures, non seulement au christianisme, mais même à l'arrivée des premiers apôtres dans cette région, et en particulier à saint Martin de Vertou, qui vécut à l'Ile d'Olonne aux IIIe et IVe siècles.

Nous voulons surtout parler de la légende célèbre du Pont d'Yeu, racontée un peu partout (3).

Comme la version d'origine varie à peine, nous ne craignons pas d'en conclure qu'elle a pour base un fait géologique observé vers cette époque, c'est-à-dire vers le IIIe ou le IVe siècle : ce qui signifie pour nous que la fin du phénomène de séparation de l'île a dû se produire quelques siècles après l'arrivée de Jules César, peut-être même au moment où la fameuse cité de Belesbat (golfe du Poitou) a été détruite par les flots de l'Océan (4).

Il résulterait de là qu'au moment où existait le *Portus Secor*, c'est-à-dire 50 ans avant Jésus-Christ, l'île d'Yeu était encore unie au continent, soit par une isthme, soit par une série d'îlots, dont le Pont d'Yeu est le vestige actuel (5), au même titre que les îlots des environs des Sables

(1) Walkenaer a certainement tort de placer ce port à Nantes.

(2) Weddel, le savant lichénologue, qui a fait sur les lichens de l'Ile d'Yeu un si remarquable travail, attribue au nom de l'île une origine *celtique* (1875). — Cette île serait-elle donc préromaine ?

Le mot celtique d'origine serait *Oya* (De la Fontenelle de Vaudoré, 1837, ou plutôt *Oga* (Baudry). — En sanscrit, *Og* signifie en effet *Jeune* ; or, comme le celtique est dérivé du sanscrit, *Oga* a pu très bien en celtique signifier aussi *Jeune*. — Cette appellation de « Jeune », pour une île qui venait de se former (car on continuait certainement à parler le celtique en ces régions à l'arrivée des Romains, nous paraît excellemment justifiée ; et il est étonnant que les auteurs qui ont écrit sur l'Ile d'Yeu n'aient pas déjà fait ce rapprochement de la linguistique et de la géologie. — *Oga* a fait *Oia* en latin dès le VIIe siècle ; *Oys* plus tard en français. Il faut dire qu'en phénicien le mot *île* se dit *ai* !

(3) BAUDRY : *Ann. de la Soc. d'Emul. de la Vendée*, 1re série, t. X, p. 244.

(4) On a trouvé des restes gallo-romains à l'Ile d'Yeu [MÉDAILLES de Trajan, Adrien et autres empereurs, trouvés, vers 1753, aux Viels (Joussemet) ; l'Abbé de Tressay a signalé la découverte de *tuiles à rebord* auprès du Bourg (Richard) ; Joussemet croit d'autre part que le Chatelier, le Camp, et le Château Gaillard ont été occupés à l'époque romaine ; toutefois on n'y a trouvé encore aucun vestige caractéristique. — Mais ces découvertes prouvent seulement que cette région était habitée à cette époque (Piet), et non pas qu'elle était déjà une *île*.

(5) Une carte de 1679 mentionne ces mots : *Pont de Saint-Martin*, au niveau de la pointe rocheuse qui de l'île de Mont s'avance vers l'île d'Yeu, et cette pointe rocheuse est représentée par une sorte de *jetée artificielle*, ressemblant à un brise-lames.

Cela prouve, d'abord, qu'à cette époque le géographe, auteur de la carte, s'est conformé à la

sont les restes du groupe d'îles qui, à ce moment ou un peu avant, réunissaient Rochebonne au continent.

Si l'on suppose toujours que Rochebonne représentait alors le *Promuntorium Pictonum*, on conçoit que le *Portus Secor* ait pu exister sous forme d'une vaste baie, étendue de l'île d'Yeu à ce récif aujourd'hui sous-marin, s'enfonçant jusqu'au fond du Havre de la Gâchère actuel et du Marais de Mont, et parsemée d'îles plus ou moins grandes (Riez, île Vertime, etc.).

4° *Iles du golfe de Mont.* — Citons seulement les principales.

a) *Ile de Riez.* — En 1901, à Croix-de-Vie, sur la falaise nord, à l'entrée de la Vie, nous avons découvert des tuiles à rebords, c'est-à-dire des débris de constructions romaines La Garric, (en face des rochers de Bois-Vinet).

Ce point fait partie de l'ancienne île de Riez, comme Saint-Ambroise à Notre-Dame de Riez, où Delidon a découvert des tuiles analogues, à côté de tombeaux d'époque douteuse. Au bourg même de Riez, dès 1755, Joussemet a signalé une amphore. — Sion était le *Sidunis* ou *Sidunum* des Romains ; mais la partie habitée à cette époque a probablement disparu dans les flots.

b) *Ile de Mont.* — Il faut noter que, dans l'île de Mont, recouverte par de puissantes dunes postérieures à cette époque, on a découvert beaucoup de monnaies gallo-romaines (Joussemet 1755). Cela est très important, car l'île de Mont était probablement réunie à l'île d'Yeu à ce moment. Ces monnaies étaient dans un pot de terre, à l'effigie de Gallus, Valérien, Postume, Sévère, Maximin de Thrace, Otacilla, Gordien, etc. Elles ont été trouvées à Clermont, *point élevé* voisin du bourg, et évidemment habité jadis.

c) *Ilot de Sallertaine.* — L'îlot de Sallertaine a été très certainement occupé à l'époque romaine. On a trouvé, en effet, tout le carrelage d'une villa à l'est du bourg actuel ; et, en 1901, nous avons vu nous-même en place de nombreuses briques, carreaux et tuiles à rebords, dans le jardinet d'un habitant de la localité, qui vend encore aujourd'hui ces débris de construction pour carreler les fours.

d) *Ilot du Perrier.* — D'après E. Gallet, on aurait découvert au Perrier des restes caractéristiques (1).

e) *Ilot de l'Ampan.* — *Ampenum* fut certainement un îlot à l'époque gallo-romaine et non une partie du continent. Il correspondait alors au *Portus Furcæ.* On y a trouvé des débris de constructions romaines : tuiles, briques doubles, etc. (Gallet).

légende et n'a pas du tout représenté la nature. Cette remarque montre, en outre, que la plupart des cartes de cette époque ont été faites *de chic*, d'après de simples souvenirs. Elles n'en sont pas moins fort intéressantes à étudier et à « déchiffrer », car, en les examinant avec soin, on tire toujours des « inexactitudes » qu'elles présentent des renseignements utiles.

(1) E. GALLET : *La ville et la commune de Beauvoir-sur-Mer*, Nantes, 1868.

5° *Noirmoutier*. — L'île de Noirmoutier, comme l'île de Ré, n'est nommée par aucun géographe romain, ainsi que l'a fait remarquer, avec beaucoup de raison, E. Desjardins (1).

Elle n'existait donc vraisemblablement pas encore, lors de l'expédition de César, quelques années avant l'ère chrétienne. Elle ne formait à l'époque romaine (2) qu'une péninsule, plus ou moins analogue encore à celle qui existait très certainement à l'époque néolithique, comme nous l'avons indiqué précédemment *(fig. 2)*.

Le point délicat à établir est la date de la séparation du continent, c'est-à-dire de la formation du Goulet de Fromentine et même du détroit de l'île de Mont.

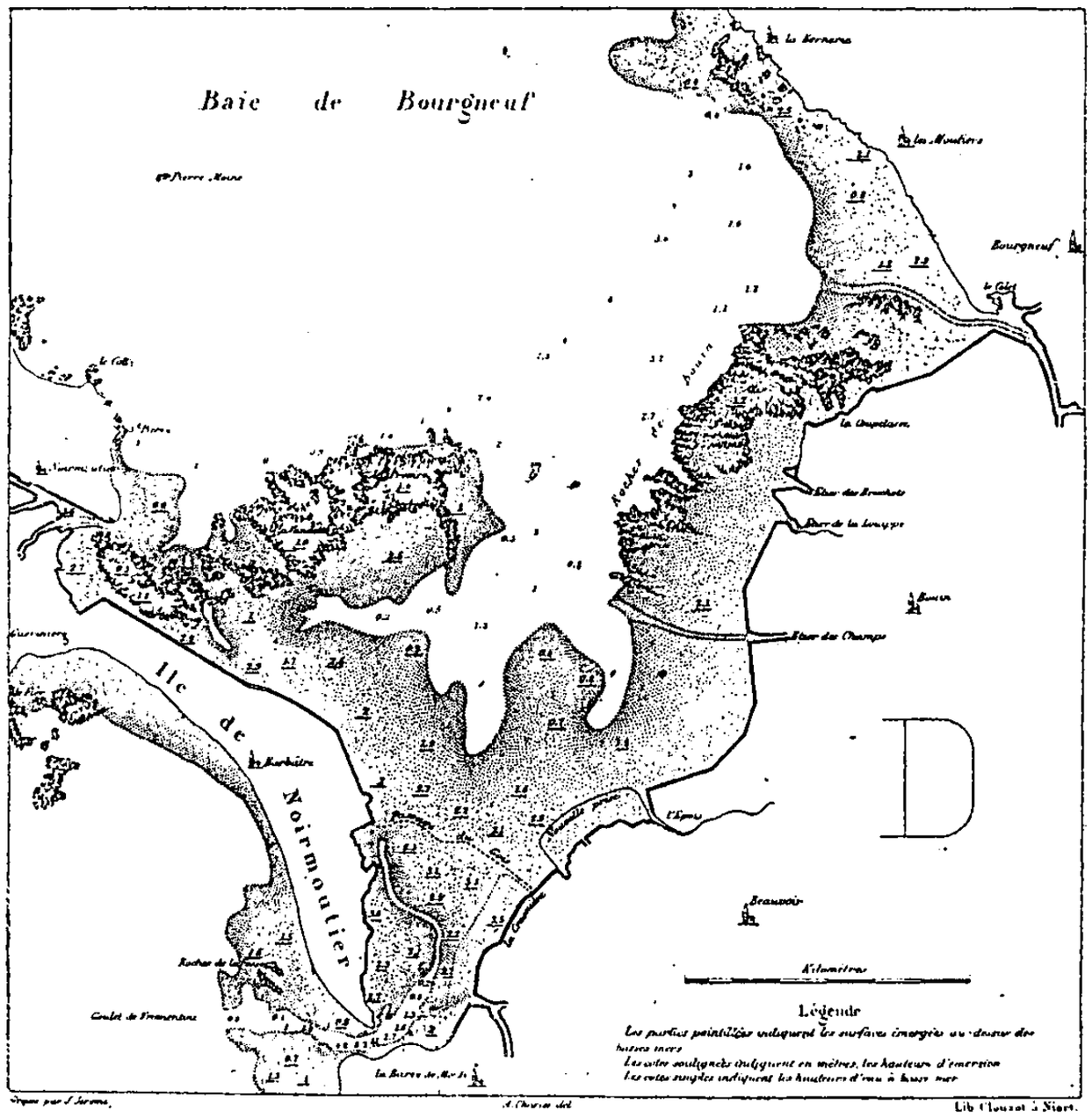



FIG. 4. — L'Ile de Noirmoutier à l'époque actuelle [D'après Charrier-Fillon]. Aspect du Gois.

Les documents *écrits*, les plus anciens que nous connaissions en ce qui concerne Noirmoutier, la signalent déjà comme une *île (fig. 4)* ; mais ils ne

(1) On a prétendu que Ptolémée aurait dit quelque part que Noirmoutier était rattachée au continent (A. Boutin) ; mais nous n'avons pas pu vérifier cette indication.

remontent pas à une époque très éloignée, et ne sont pas antérieurs à 680 (VIIe siècle).

Cela prouve de façon indiscutable que la formation de l'île a dû correspondre au moins aux premiers siècles de l'ère chrétienne. Mais il est aujourd'hui impossible de préciser davantage.

Les légendes qui se rattachent à l'Ile d'Yeu et Noirmoutier fournissent aussi des renseignements très curieux sur les phénomènes maritimes et géologiques de la contrée.

Or, d'après une de ces légendes, Saint Martin de Vertou serait allé (IIIe siècle) à Noirmoutier pour détruire les « autels » des païens, et, en revenant de cette région, aurait « rapporté » des pierres, qui constituent, à l'heure actuelle, des dolmens dans le sud du pays de Mont, au voisinage du Havre de la Gachère (1).

S'il en était ainsi, il faudrait admettre que la séparation de l'Ile serait postérieure à Saint Martin lui-même ! — Certes, il est bien évident que Saint-Martin, s'il est allé à Noirmoutier, n'en a rien rapporté de volumineux, surtout des blocs de mégalithe ! Aussi ne faut-il prendre dans cette légende que ce qu'elle peut donner : à savoir que Noirmoutier était probablement encore plus ou moins soudée au continent au IIIe siècle après J.-C. Le peuple n'est pas, en effet, assez naïf, — s'il a toujours cru à la divinité — pour admettre que l'on puisse passer un bras de mer dans de telles conditions !

Les grandes marées, qui ont été désastreuses sur les côtes de Vendée, sont surtout celles du IIIe siècle (Belesbat), de 541, de 587 (Bouin), de 603, etc. Il n'y aurait donc rien d'étonnant à ce que Noirmoutier ait été isolée seulement du IIIe au VIe siècle, et que le début de la séparation corresponde aux événements qui ont amené, au IIIe siècle, la destruction de la ville maritime gallo-romaine, Belesbat, dans le sud de la Vendée, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer.

6° *Ile de Bouin*. — Léon Dubreuil (2) est récemment revenu, après Piet Luneau et Gallet (3), sur ce que l'on sait de l'époque gallo-romaine dans l'Ile de Bouin ; mais on n'a que peu de documents certains sur ce point. Ce jeune chercheur a découvert, au port de la Roche, des *briques* carrées, qui se rapprochent beaucoup, à son dire, de la brique romaine. C'est une preuve plus convaincante que les fameuses légendes des Bacchantes et des Samnites ! D'ailleurs, avant lui, de Sourdeval avait mentionné

(1) L'occupation du territoire de Noirmoutier par les Gallo-Romains est certaine. En effet, Joussemet (1755), De la Pylaie (1832), et puis J. Piet (1864), Marionneau, etc., ont trouvé des substructions et des restes gallo-romains importants dans le bourg, au Vieil et même aux Bœufs (ce qui semble indiquer qu'à cette époque là presqu'île contenait les îles des Bœufs et s'étendait plus au nord-ouest) ! Joussemet mentionne une *médaille d'or* de Claude, et une « idole de Diane », trouvée au Vieil. Piet a fait des découvertes plus caractéristiques encore.

(2) Léon Dubreuil : *Notice sur le port de la Roche*. Paris, Institut de Bibliographie, in-18.

(3) Luneau et A. Gallet : *Documents sur l'Ile de Bouin* (Vendée). Nantes, Vincent Forest et E. Grimaud, 1874.

une trouvaille de briques romaines et de monnaies, dont quelques-unes étaient d'or, à la pointe septentrionale, à la Coupelace, où la légende place un temple dédié au soleil, vers l'an 300.

Strabon parle bien d'une *Insula Aurea* (île dorée), qui pourrait être Bouin (Dubreuil). Toutefois, cela n'est pas démontré ; et l'on n'est pas du tout certain que Bouin fût une île à cette époque. Étant donnée la situation actuelle de Coupelace, il est possible que le sol se soit affaissé notablement depuis la fin du IIIe siècle en cette région.

B. — Rivages anciens. — Des établissements gallo-romains ont été retrouvés, en dehors des îles dont nous venons de parler, sur tout l'ancien rivage.

Rien évidemment aux Sables d'Olonne, qui ne datent que du moyen âge. Mais il est probable que dans l'île de la Chaume on trouvera des vestiges de cette époque (car certains noms de lieux (1) sont caractéristiques), comme dans la partie de l'Ile Vertime (substructions de la Conche de la Chapelle, à explorer).

En ce qui concerne Olonne, la Bauduère et les villages voisins, on est certain de l'occupation de la région à l'époque romaine. Dès 1755, le curé Joussemet écrivait en effet : « Plusieurs points d'Olonne présentent des vestiges de constructions gallo-romaines... A la Salle d'Olonne, on a trouvé une statuette de pierre calcaire, de 1 mètre environ (Hephœstos ou Vulcain, B. Fillon) (2). ».

De plus, B. Fillon (3) a mentionné, entre autres, dans une note de l'article Le Veillon, paru dans *Poitou et Vendée*, une découverte de *monnaies romaines*, faite à Olonne, au commencement de 1856.

« Ce sont des bronzes de la famille Flavienne (Titus, Domitien), parmi lesquels il y avait une quantité de ces pièces du plus petit module, portant au revers les noms de Constantinople et de Rome. Ces dernières étaient, en général, d'un travail très barbare. Quelque-unes avait le monogramme du Christ. » Cette découverte prouve indiscutablement que les *Gallo-romains* occupèrent cette région.

A la pointe correspondant à l'entrée nord de la baie d'Olonne, nous avons découvert, au Dolmen de la Pierre Levée de Soubise, en 1901, une sépulture, qui nous paraît de la fin de l'époque gallo-romaine ; malheureusement, le mobilier manquait, ce qui nous a empêché de donner une date plus précise pour l'occupation de ce point (4).

(1) *La Forgerie, La Chaume* (Calma), mots d'origine latine (mais de basse latinité, toutefois).

(2) *La Salle* est, sinon un nom d'origine latine, du moins un lieu anciennement habité. (On trouve toujours des vestiges romains dans ces endroits).

(3) B. Fillon et O. de Rochebrune : *Poitou et Vendée*. (Cit. par l'abbé Boutin, p. 505).

(4) G. Lacouloumère et M. Baudouin : *Le Dolmen de la Pierre levée de Soubise. Bull. Soc. Anthr.*, Paris, 1903.

Au début de 1902, on a trouvé, non loin de là, à Bretignolles, des restes d'une construction gallo-romaine (signalés par M. Crochet, l'instituteur de Saint-Martin-de-Brem, et vérifiés par nous en juillet 1902).

De plus, on a indiqué, pour les environs, plusieurs *cachettes* comparables à celles que l'abbé F. Baudry a appelés des *puits funéraires*. Mentionnons ceux voisins du Brethomé, à Bretignolles; de la Corde et de la Salibaudière, à Saint-Martin-de-Brem, commune qui possède une pièce des Mille.

A Saint-Gilles-sur-Vie, M. Delidon, dès 1873, a mentionné (1) l'existence d'un port romain. En tout cas, on a trouvé, dans la contrée, une médaille romaine de Vespasien et divers poteries caractéristiques. A Romanguy, il y avait des tuiles à rebords sur les bords de la Vie.

Sur les anciens rivages du Golfe de Mont, qui était un golfe à cette époque, les débris gallo-romains abondent, du Fénouiller (tuiles de Romanguy), Soullans (monnaie de Quietus) (2), Challans (Pont-Hàbert (Cavoleau), Saint-Gervais, Saint-Urbain (Jousselin) (3), Beauvoir (4), etc. Ils sont surtout importants à Saint-Gervais et à Saint-Urbain, car cette région fut alors très peuplée.

## Conclusions

I. — Comme nous l'avons déjà signalé, cette étude a eu d'abord pour but principal de montrer comment les *données d'*archéologie préhistorique *peuvent nous fixer sur l'état des rivages avant la période historique proprement dite*. Et c'est pour cela que nous avons surtout insisté ici :

*a)* Sur les résultats fournis par l'examen des *monuments mégalithiques* de la fin de la période néolithique, qu'ils soient encore visibles, ou cachés sous les dunes, ou submergés au milieu de l'Océan, ou isolés dans des îles de petites dimensions jadis soudées au continent ;

*b)* Sur les trouvailles de *l'âge des métaux*, faites en ces contrées ;

*c)* Enfin, sur les vestiges des *constructions gallo-romaines et du début du moyen âge*.

Par suite de leur situation sur le bord de la mer, ces restes matériels prennent une importance spéciale et deviennent des guides très précieux pour la géographie historique proprement dite, quand on a soin de les étudier à ce point de vue spécial et un peu négligé jusqu'à ces temps derniers.

Cette méthode de recherches, qui va du plus ancien à l'ancien, au lieu

(1) E. Delidon : *Saint-Gilles-sur-Vie*, etc. La Roche-sur-Yon, 1873, in-8°.

(2) On a signalé des restes romains à la Cour (extrémité de la presqu'île du Soullandeau) ; mais c'est à vérifier. Ce point est voisin du village *Le Porteau*, petit port probable situé à l'ancienne embouchure du Ligneron dans le golfe de Mont. (Aujourd'hui cette rivière est dérivée dans la Vie).

(3) A la Salle et à la Martellerie, etc.

(4) Gallet. *Loc. cit.*, p. 29. — Au Corquillet, d'après M. de Sourdeval.

de procéder du moderne à l'antique en suivant les errements classiques, a, par suite, un indiscutable cachet de nouveauté. Et nous pensons qu'on peut généraliser son emploi pour la découverte des lieux maritimes historiques, dont on a perdu la trace, surtout dans les régions où les éléments préhistoriques, comme en Bretagne, dans le nord de l'Afrique, et même en Amérique, sont assez abondants.

Il est probable que sur le reste du pourtour du golfe, soit du côté de Commequiers (1) (ancienne embouchure de la Vie), soit du côté de Bois-de-Cené, et dans le voisinage des îles Chauvet et Boisseau, on trouvera, lors de recherches ultérieures, d'autres restes romains, qui permettront de connaître divers autres points également occupés à cette époque. Mais, dès aujourd'hui, la configuration de cette côte est suffisamment connue et l'ancien rivage gallo-romain correspondait certainement à la limite orientale du marais actuel.

II. — Notre travail démontre, en outre, ce qui suit :

1° De la période néolithique au début du moyen âge, c'est-à-dire d'environ 15.000 ans avant J.-C. environ à l'an 600 après J.-C., il est certain qu'il s'est produit, sur les côtes de Vendée, un *mouvement d'affaissement du sol*. Par suite, cette subsidence, comme disent les ingénieurs, est bien *préhistorique* et non géologique; par conséquent elle est contemporaine de l'existence de l'homme sur les côtes vendéennes. C'est elle, plutôt que la violence des courants marins et les efforts de la mer, qui a amené la *formation des îles* du nord-ouest de la Vendée, surtout à l'époque gallo-romaine, en se manifestant sur certains points avec plus d'intensité que sur d'autres. La ligne de plus grande subsidence semble avoir été dirigé du nord-ouest au sud-est et s'être produite parallèlement au *rivage actuel*, qu'elle a contribué à former, mais elle n'a pas été unique et de petites parallèles de faible longueur ont créé les *baies d'Olonne, de Mont et de Bourgneuf*, qui, à l'époque romaine, ont constitué des refuges très sûrs et probablement le fameux *Portus secor*, énigme demeurée insoluble pour les archéologues locaux !

2° Mais, depuis le début du moyen âge, et surtout le x$^{e}$ siècle, nous assistons, par endroits, à un phénomène inverse' qui se produit encore de nos jours, c'est-à-dire à un *exhaussement du sol* qui se développe, au lieu et place des anciennes lignes *secondaires* de subsidence, et qui est marqué principalement sur les lignes de formation plus récente.

C'est à ce fait, au moins autant qu'aux apports terrestres et maritimes, sous forme d'*alluvions modernes* (vases, etc) ou de dunes, qu'il faut attri-

(1) En 1901, nous avons trouvé des poteries et autres restes romains dans le voisinage d'Apremont.

buer la formation des Marais de la Gâchère et le Marais Breton ou du pays de Mont.

C'est par ces deux mécanismes, en effet, qu'ont disparu les anciennes baies d'Olonne et de Mont, à une époque relativement très récente, et que se sont soudées au continent les îles de Mont, de Riez, etc., dans le marais breton ; de Bouin, dans la baie de Bourgneuf ; les îles Vertime et de la Chaume, au nord des Sables d'Olonne. C'est par ce mécanisme que bientôt Noirmoutier sera également réuni au continent par le développement et l'extension du Gois, et que la baie de Bourgneuf se comblera, surtout si l'on vient en aide à la nature, en créant de nouveaux polders du côté de Bouin et de Barbatre, comme on vient de le faire avec tant de succès depuis cent ans en ces contrées.

3° Il y a donc là une sorte de balancement, une pseudo-oscillation du sol, pour cette partie de la Vendée ; et il serait difficile de trouver en France un coin de rivage où le phénomène a été plus marqué. On arrive à comprendre encore mieux ces changements, quand on poursuit leur étude dans le Golfe du Poitou, où ils sont bien mieux connus des géographes, mais n'ont pas encore pu être étudiés avec autant de précision qu'au nord-ouest de ce département.

---

M. J. THOULET

Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

---

## ATLAS BATHYMÉTRIQUE ET LITHOLOGIQUE DES COTES DE FRANCE

[312.561:46.44]

*— Séance du 8 août —*

Je viens de terminer une entreprise commencée il y a sept années, la confection et la publication des 22 feuilles grand-aigle d'un atlas bathymétrique et lithologique des côtes de France sur lesquelles sont indiqués, par des lignes isobathes, les profondeurs sous-marines de dix en dix mètres, par des teintes différentes, les fonds rocheux, le sable, le sable plus ou moins vaseux et la vase ; par des signes conventionnels de couleur, les pierres, les galets, le gros et le fin gravier, les coquilles vivantes, brisées et moulues, les madrépores et enfin les herbiers. Dressées au moyen des cartes hydrographiques de la Marine française, ces feuilles sont, pour le sol submergé, le pendant des cartes géologiques continentales. Postérieures

aux cartes de détail déjà publiées par diverses nations et en particulier par la Norvège, elles sont, je crois, les premières comprenant sans lacune l'ensemble des côtes d'une même contrée. Grâce à l'aide qui m'a été accordée sous forme de souscriptions ou de subventions par le Ministère de l'Instruction publique, celui de la Marine, l'Académie des Sciences, l'Association française pour l'Avancement des Sciences, ainsi que par un généreux donateur qui, à mon vif regret, tient à conserver l'anonyme, les quatre dernières feuilles ayant paru au mois de juin, l'œuvre est entièrement achevée.

En me livrant à ce travail, j'ai pensé établir un document indispensable aussi bien aux gens de science qu'aux praticiens, marins, ingénieurs — et en particulier ingénieurs chargés de la pose des télégraphes sous-marins — et pêcheurs. Je l'ai appuyé sur une classification générale et rigoureuse des différentes variétés de fonds dont, à diverses reprises, j'ai exposé les principes, que j'ai appliquée depuis plusieurs années à l'analyse de près de trois cents échantillons provenant de régions très dissemblables et dont je n'ai eu qu'à me louer, car je ne l'ai jamais trouvée en défaut. M. Renard, l'éminent professeur à l'Université de Gand, m'a fait le grand honneur de l'adopter pour la classification des fonds rapportés par l'expédition antarctique belge de la *Belgica*. Cependant, moins que personne, je ne me dissimule que mon travail n'est qu'une première ébauche; il le fallait faire, mais il faut le refaire. La confection d'une carte géologique continentale — et rien n'empêche de choisir pour exemple celle de la France, entreprise il y a plus d'un siècle par Monnier et non encore terminée — dépasse de beaucoup les forces et la durée de vie d'une seule personne, quel que soit son zèle. Elle ne peut être que le fruit lent à mûrir d'une longue suite d'années et de la longue suite d'efforts de nombreux travailleurs. Sans cesse perfectionnée et complétée, elle se rapproche continuellement d'une perfection qu'elle n'atteindra pour ainsi dire jamais. Il en est de même pour la carte lithologique d'une région aussi vaste que celle des côtes de France entre Dunkerque et la Bidassoa, dans la Manche et l'Océan Atlantique, entre le cap Creus et la frontière italienne en Méditerranée. Pour elle, les difficultés sont encore plus considérables et par conséquent les progrès moins rapides. Le terrain qu'elle représente est invisible sous les eaux ; on n'obtient une notion de sa forme et de sa nature qu'au prix d'innombrables sondages dont chacun ne garantit que le seul point qu'a frappé le plomb et d'où il a ramené un échantillon complet et suffisant pour être analysé. Nos hydrographes, malgré le temps qu'ils ont consacré et consacrent à l'examen des eaux voisines de nos côtes, malgré les milliers de navires qui sillonnent les parages déjà reconnus et auxquels il importe, pour leur propre sécurité, de contrôler les renseignements antérieurs, n'arrivent-ils pas à apprendre, dans les endroits particuliè-

rement fréquentés, dans les rades, dans les ports mêmes, l'existence de roches dangereuses qui avaient échappé à toutes les recherches, à toute la puissance des moyens d'investigation ?

L'atlas bathymétrique et lithologique des côtes de France est donc loin d'être un document parfait ; mais — et c'est pour cela que je l'ai exécuté, rien ne l'empêche de devenir aussi parfait que possible, toujours modifié et pourtant toujours le même. Conçu dans un esprit de généralisation et en vue d'une amélioration future continue, il permettra à n'importe quel observateur, opérant en n'importe quel point du vaste développement de nos rivages, ne fît-il qu'une seule observation, sondage ou analyse, de perfectionner ce que j'aurai fait. Deux observateurs, quelle que soit la distance les séparant, se compléteront l'un par l'autre et travailleront d'accord en dépit du temps et de l'espace. Petit à petit, grain de sable à grain de sable, l'édifice se construira ; pour humble qu'ait été chaque effort, aucun ne restera stérile à la condition qu'il ait été consciencieux et précis. Je ne prétends pas à d'autre mérite. Des centaines et des centaines d'échantillons devront encore être récoltés et analysés. Ceux qui sont passés entre mes mains sont, relativement, en nombre infime. Combien de fois m'est-il arrivé, compulsant deux documents, deux cartes relatives à la même localité, de les trouver en contradiction, surtout quant à la nature du fond ! N'ayant point d'échantillon, m'était-il possible de me faire une opinion ? Or une opinion, même douteuse, vaut mieux qu'aucune opinion, à la condition qu'on ne dissimulera pas son caractère douteux. Pouvais-je d'ailleurs laisser des blancs sur mes feuilles ? Jusqu'à preuve du contraire, j'ai admis que les cartes du Dépôt de la Marine étaient exactes. J'ai éprouvé quelque perplexité lorsque ces cartes elles-mêmes se contredisaient l'une l'autre. Dans ce cas, j'ai supposé que la carte la plus récente avait raison sur la plus ancienne et la carte à grande échelle sur celle à petite échelle. Tout m'obligeait à agir ainsi, car il fallait absolument prendre une détermination et j'avais pu, à diverses reprises, juger par moi-même de la haute science, de la précision et du dévouement apportés par les hydrographes à l'accomplissement de leur tâche. Je souhaite être corrigé ; j'appelle les contradictions ou plutôt les vérifications et les rectifications. Que chacun marque d'un point sur la carte la localité du sondage exécuté par lui, du fond analysé par lui, c'est à ce point seul que se réduira sa responsabilité. A mesure que les points se resserreront, la région prendra à simple vue son poids d'exactitude et l'on saura d'avance que partout où les points seront très espacés ou absents, il y a lieu de douter. La place ne manque pas où pourra s'exercer la bonne volonté des observateurs.

Le temps des grandes explorations océanographiques est passé ; la plupart des lois principales de l'océan sont connues, autant du moins que le comporte l'immense extension du terrain auquel elles s'appliquent. Il

importe maintenant de se livrer à des études détaillées sur des espaces aussi restreints qu'on le voudra, mais étudiés d'une façon complète. Dans cet ordre d'idées, que de recherches sont encore à accomplir dont chacune serait digne d'occuper le travail d'une existence de savant : lithologie, courants superficiels et profonds, distribution des températures, changements dans l'équilibre des couches d'eau supérieures sous l'influence antagoniste des variations diurnes, mensuelles et annuelles de la température et de l'évaporation, pour n'en citer que quelques-unes.

Il serait à désirer qu'on entreprît la confection de cartes bathymétriques et lithologiques à beaucoup plus grande échelle que les miennes, en se bornant à un golfe, une baie, un détroit, une rade ou aux environs immédiats d'une île. Les indications seraient ensuite reportées sur mes feuilles et lorsqu'une feuille aurait subi de trop grandes modifications, on ferait de celle-ci et sans s'inquiéter des autres, une édition nouvelle, de telle sorte que, l'atlas se maintenant sans cesse au complet, chaque feuille donnerait la somme de connaissances relatives à la région représentée, à la date de sa publication.

Bien des gens pourraient se charger de recueillir ces documents. Je ne parle pas des hydrographes dont, à vrai dire, c'est le métier, avec cette restriction que leurs soins sont surtout dirigés vers ce qui semble importer immédiatement à la navigation. J'emploie ce mot à dessein. Aujourd'hui, avec les préoccupations militaires qui jouent un rôle si capital dans notre système social, la précision dans la désignation des fonds, la connaissance des lois de la mer ne sauraient être trop parfaites alors qu'il s'agit de sortir des ports ou d'atterrir en temps de guerre, c'est-à-dire de nuit et tous les feux éteints, d'après les méthodes des commandants Trudelle et de Roujoux, de poser et aussi de détruire des câbles télégraphiques, de guider pour peu que ce soit la navigation des sous-marins, ces aveugles et en même temps paralytiques de la mer, notre enthousiasme à la dernière mode. Marins de la marine marchande, yachtsmen, officiers de la marine de guerre et, en particulier, commandants de torpilleurs naviguant presque continuellement par petits fonds, le long des côtes, sont tout désignés pour recueillir des observations. Il en serait de même des ingénieurs télégraphistes qui, en Angleterre, ont déjà rendu tant de services à l'océanographie. Ils profiteraient les premiers de leur œuvre surtout après qu'elle aurait été élaborée par d'autres collaborateurs, car en science aussi bien qu'en industrie, la division du travail est indispensable. Une parole grave a été prononcée récemment ; elle a fait du bruit dans le monde et elle le méritait. Pourtant elle était incomplète : ce n'est pas l'avenir d'un seul peuple qui est sur la mer, c'est celui de tous les peuples et la mer est de plus en plus destinée à faire vivre la terre. Qui donc prendra charge d'élaborer les documents récoltés, sinon les savants qui, en se livrant à ces

études, suivront cet irrésistible mouvement d'évolution des sciences qui montent toujours davantage vers la précision : sciences physiques et chimiques passant aux mathématiques et sciences naturelles passant aux sciences physiques et chimiques. La première, la minéralogie a achevé cette évolution. Science naturelle, il y a moins d'un demi-siècle, croyant avoir tout terminé aussitôt qu'elle avait, comme le disait un homme d'esprit, insulté une pauvre pierre d'un nom baroque, elle n'est plus maintenant que de la physique, de la chimie et de la mathématique et elle le sera plus encore dans quelques années alors qu'on se sera décidé à aborder cette tâche relativement aisée, grâce aux nouveaux procédés et instruments d'investigation, de faire la chimie de la silice qui est celle du règne inorganique comme a été faite la chimie du carbone qui est celle du règne organique. Au tour de la géologie à marcher en avant ; elle a d'ailleurs commencé avec les travaux de géologie synthétique et expérimentale inaugurés en France par Delesse, Charles Sainte-Claire-Deville, Élie de Beaumont et Daubrée. Forte de l'appui qui lui est prêté par l'analyse et la synthèse, la science de la terre cesse d'être un lourd catalogue, une monotone description et se transforme en une science vivante et précise. Par l'océanographie, la géologie stratigraphique devient science exacte. J'ai vu bien des échantillons sous-marins actuels, j'ai examiné bien des couches géologiques anciennes : entre les unes et les autres, je n'ai aperçu aucune différence essentielle. Océan d'aujourd'hui et océan d'il y a des milliers d'années travaillaient de même façon. Entre les hautes falaises d'Étretat, jadis immergées sous les flots de la mer crétacée et un fond de mer Méditerranée recueilli il y a un mois avec le tube sondeur Buchanan dans le golfe de Gênes, l'analyse mécanique, chimique, microscopique, ne laisse apercevoir que des différences secondaires, simples nuances d'autant plus intéressantes, il est vrai, qu'elles donnent la clé de détails du passé, de conditions devenues ainsi comparables aux conditions présentes, climat, régime des courants, économie générale de la température, caractère des continents environnants et le reste. Quel vaste horizon s'ouvrira lorsque les paléozoologistes, guidés par les découvertes relatives à la faune océanique, par une comparaison sagace des organismes marins anciens et actuels, par la connaissance des relations entre l'être vivant et le milieu au sein duquel il vit, continuant la méthode d'investigation inaugurée en Allemagne par Walther, seront en état de fixer, quelle que soit la situation présente d'une couche géologique, la profondeur de l'eau au fond de laquelle elle s'accumulait lentement au moment de sa formation ! Tel est le problème capital à résoudre par les naturalistes. Les conséquences en seront immenses au point de vue de la reconstitution des époques disparues. Je crains que la minéralogie ne soit impuissante, car la profondeur ne paraît jouer qu'un rôle très effacé dans la constitution des fonds marins actuels.

L'étude de la mer avec application immédiate des résultats obtenus à l'histoire de notre globe, outre son intérêt passionnant, aurait cet avantage d'apporter aux futurs docteurs en géologie des sujets de thèse facilement plus intéressants que beaucoup de ceux traités aujourd'hui. Ils feraient de la géologie vivante au lieu de géologie morte. Je tiens à mentionner ici que la voie que je préconise est ouverte à l'étranger, et j'ai déjà reçu communication de deux thèses de doctorat océanographiques, l'une anglaise et l'autre allemande. A Berlin vient d'être fondé un institut océanographique dont le premier fascicule publiait, en mars 1902, les mémoires rédigés par les membres de l'expédition sud-antarctique allemande et relatifs à la traversée du *Gauss* entre Kiel et le cap de Bonne-Espérance, c'est-à-dire du 11 août au 27 novembre 1901 !

Il y a dix-sept ans que je m'efforce par tous les moyens en mon pouvoir de faire aborder l'étude de l'océanographie par la France, le pays d'adoption du comte de Marsigli, la patrie d'Aimé, créateurs de cette science, la seule des grandes nations où les phénomènes de la mer soient non seulement non étudiés, mais dédaignés et quasi insoupçonnés. Un vieux proverbe, consolateur comme un proverbe, prétend qu'avec du temps et de la patience — beaucoup de patience — tout finit par arriver.

---

M. L. de SAUGY

Ingénieur, chargé de missions minières en Annam et au Tonkin.

## LA QUESTION MINIÈRE ET LES CHEMINS DE FER EN INDO-CHINE

[622:959,9]

— *Séance du 8 août* —

### I

L'influence heureuse que l'extension des exploitations minières d'un pays peut avoir sur son développement économique est, aujourd'hui, si reconnue que son évidence ne saurait échapper à personne ; mais nul ne saurait mettre en doute, d'autre part que, la question des gisements eux-mêmes restant hors de cause bien entendu, l'existence de voies de communications et de moyens de transports suffisants est la condition *sine qua non* de vitalité de toute entreprise de cette nature.

Les Anglais, nos voisins, qui sont, nous devons l'avouer, le premier peuple colonisateur du monde, comprennent si bien l'importance capitale de cette question, qu'avant même de songer à attirer dans un pays colons ou capitaux, ils commencent par faire des sacrifices pécuniaires considérables, à seule fin *d'ouvrir le pays*.

Dans la Péninsule malaise, par exemple, une des colonies les plus voisines des nôtres en Indo-Chine, et une de celles qui s'en rapprochent le plus par une foule de traits caractéristiques communs, vous pouvez suivre pendant des kilomètres et des kilomètres des routes merveilleuses ; au bout, vous ne trouvez que les équipes qui travaillent à son avancement à l'aide des machines routières les plus perfectionnées ; au delà, pas un village, pas une hutte, rien ; la forêt vierge, sombre, inhospitalière, sans fin.... Mais les machines avancent toujours, poursuivant leur œuvre sans merci, à travers la végétation inextricable des tropiques, et derrière elles, au fur et à mesure, les colons arrivent, tentés par les richesses minières du sol et par la facilité du transport, ils apportent avec eux des capitaux, des machines et, par dessus tout, cette faculté de travail opiniâtre qui caractérise le peuple anglais ; aussitôt, de part et d'autre de cette voie nouvelle, des concessions sont demandées, des chantiers s'ouvrent, et c'est ainsi que l'on voit la production minière d'un pays passer, de 1877 à 1900, soit en moins de vingt-trois ans, de quelques milliers à peine à 44.730 tonnes d'étain, représentant une valeur de plus de 140 millions de francs, environ les trois cinquièmes de la production mondiale de ce métal.

Mais, si de simples routes peuvent suffire aux exigences d'exploitations stannifères qui nécessitent un matériel très réduit et dont les produits ont une valeur intrinsèque considérable, il est loin d'en être de même dans le cas de la plupart des autres exploitations minières qui exigent un outillage considérable et dont les produits, incomparablement moins riches, supportent mal la lenteur et le prix élevé de transport à dos d'hommes ou par charrettes à bœufs.

D'autre part, si les transports par eau sont économiques dans des pays comme ceux d'Europe, où les rivières ont un cours régulier, où, par suite, des canaux sont faciles à établir, ils deviennent, au contraire, presque impraticables dans des régions comme l'Indo-Chine, où les pluies diluviennes de la mauvaise saison produisent des changements aussi brusques que variés dans le régime des eaux.

De plus, les rivières sont rarement accessibles aux chaloupes à vapeur ; elles décrivent des méandres sans nombre qui allongent indéfiniment la route, et leur cours est sans cesse coupé de rapides ou de hauts-fonds qui augmentent encore l'irrégularité et la lenteur des convois.

Il est donc absolument nécessaire, pour ouvrir le pays d'une façon réelle,

de procéder à la construction de voies ferrées, les seules qui soient susceptibles de satisfaire aux conditions de rapidité, de régularité et d'économie que réclament le transport des produits miniers.

Le point intéressant est, dès lors, d'examiner dans quelle mesure les richesses minérales ou présumées du sol indo-chinois peuvent servir à justifier, en ce qui les concerne, des dépenses aussi considérables que celles nécessitées par la construction des voies ferrées.

## II

La constitution géologique du sol Indo-Chinois a été souvent décrite dans ses traits généraux, les seuls réellement connus ; je ne pourrais donc que répéter ce qui a été déjà dit sans y rien ajouter d'utile au but que je me propose ici. Je ne cherche pas à faire l'étude scientifique des gisements et de leur géogénie, je ne m'attache, en ce moment qu'au côté pratique de la question : leur nombre, leur nature, leur étendue, leur valeur, de façon à dresser une sorte d'inventaire, de bilan des richesses minérales de l'Indo-Chine française.

Le premier jour qui ait été jeté sur cette question l'a été par la découverte, dans les archives du Ministère des Finances d'Annam, de cahiers en caractères chinois relatant la marche des affaires minières du royaume, de 1810 à 1850.

Ces documents, tombés entre nos mains lors de la prise de la citadelle de Hanoï, traduits en français depuis, et publiés pour la première fois vers 1880 dans le numéro 16 des *Excursions et reconnaissances de la Cochinchine française*, donnaient, en effet, toute une série de renseignements précieux sur les gisements exploités alors, leur nombre, leur nature, les dates de leur exploitation, le chiffre des redevances qu'elles payaient au roi, etc.

Ces indications s'étendent à : 34 mines d'or ; — 32 mines de fer ; — 20 mines de nitre ; — 14 mines d'argent ; — 9 mines de cuivre ; — 7 mines de zinc ; — 3 mines de plomb ; — 2 mines de soufre ; — 1 mine d'étain ; — 1 mine de mercure ; soit au total : 123 mines diverses.

Ce tableau, déjà éloquent, est cependant très incomplet.

Tout d'abord, il est à remarquer que les mines mentionnées sont presque toutes situées au Tonkin, deux ou trois seulement sont citées pour l'Annam ; or, dans un voyage à travers ce pays, j'ai relevé moi-même les traces d'une foule d'autres exploitations minières indigènes qui remontent sans aucun doute à la même époque, et qui sont complètement passées sous silence.

De plus, il est fait aucune mention, et pour cause, de toute une série d'autres mines qui existent cependant dans le pays ; mais de savantes études, dont la série a été commencée, en 1881, par MM. Fuchs et Saladin,

continuée par MM. Sarrau, Mallet, Leclère, Counillon, Monod, etc., des travaux ardus de prospection poursuivis par MM. Bavier-Chauffour, Beauverie, etc., sont heureusement venus combler cette lacune, en amenant la découverte de gisements importants de charbon, d'antimoine, de manganèse, etc., dont les premiers surtout constituent, à n'en pas douter, une source d'inépuisables richesses pour la colonie.

Je vais passer rapidement en revue ces différentes catégories de mines ; je ne dirai, toutefois, rien des mines de soufre et de salpêtre, pas plus que des mines de mercure, n'ayant pas eu l'occasion d'en visiter et n'ayant pu recueillir aucun renseignement à leur égard.

1° *Mines d'or*. — Des nombreuses mines d'or, superficiellement exploitées par les indigènes, une seule, jusqu'à ce jour, a pu être remise en exploitation : c'est celle de Bong-Miù, près Tourane, en Annam.

La réouverture des anciens travaux amena la mise au jour de filons importants. Un premier système de filons, orientés sud-ouest à nord-est, est constitué par plusieurs couches minéralisées dont l'épaisseur varie de 80 centimètres à 2 mètres. Ce sont des quartz aurifères imprégnés de pyrites de fer et de galène également aurifères. Un second système de filons croiseur des premiers est orienté nord-ouest à sud-est avec présence d'arsenic.

La Société concessionnaire, dite *Société des Mines de Bong-Miù*, a commencé l'exploitation des filons non arsenicaux en 1896.

Elle effectuera sur place le traitement des minerais par la cyanuration; les résultats obtenus paraissent satisfaisants, et l'on compte arriver à traiter bientôt de 18.000 à 20.000 tonnes par an.

La teneur moyenne du minerai est d'environ 14 grammes d'or à la tonne, avec une proportion double d'argent; les frais d'exploitation ne dépassent guère 15 francs par tonne de minerai traité. Les essais les moins favorables ont accusé un rendement supérieur à 55 0/0, mais différentes modifications apportées au traitement chimique du minerai, élèveront probablement le rendement à 80 0/0 en marche normale. En estimant l'or à 3 francs le gramme, le bénéfice passerait de 6 à 12 francs par tonne, ce qui est très suffisant, et le tonnage du minerai à abattre est estimé à plus de 745.000 tonnes.

Bong-Miù n'est, certes, pas un point isolé; on n'a fait qu'y reprendre une des nombreuses exploitations abandonnées par les anciens, dont j'ai parlé et qui sont disséminées dans toute l'étendue de la colonie. Beaucoup sans doute, pourraient être reprises d'une façon analogue, et si l'on voulait se borner à ne faire sur place que des concentrés riches, la diminution qui résulterait, de ce fait, dans les frais d'installation et dans les frais généraux d'exploitation, permettrait de tirer parti de gisements même moins importants.

Une Société française, la Société des Mines de Mo-Son, si je ne me trompe, procède en ce moment à des travaux d'étude en vue de la mise en exploitation de placers aurifères dans la région du mont Ba-vi, au nord de My-Duc, au Tonkin. On se trouve en présence de graviers aurifères en couches peu profondes, d'épaisseur et de teneur très variables; que les anciens ont déjà travaillées en plusieurs points. Rien n'a encore été tenté en vue de l'exploitation de sables aurifères.

2° *Mines d'argent et de plomb.* — Presque toutes sont constituées par d'importants gisements de galène argentifère. Peu étudiées encore jusqu'ici, il est probable cependant, que sitôt des moyens de transport créés à proximité, les travaux pourront être avantageusement repris, sinon en vue de l'extraction de l'argent, de plus en plus déprécié, tout au moins en vue de celle du plomb. Le prix de vente de ce métal est assez bas, il est vrai, mais en revanche les frais d'exploitation seraient peu coûteux et permettraient d'espérer un bénéfice suffisant. Les principaux gisements sont situés entre Vinh et Hanoï, en Annam, dans les provinces de Dong-Hoï et de Quang-Tri.

3° *Mines de cuivre.* — J'ai vu plusieurs gisements cuprifères en Indo-Chine. Un des plus importants est celui de Van-Say, sur la moyenne Rivière-Noire. Après avoir rouvert d'anciens travaux peu importants, abandonnés précipitamment par les indigènes au moment de la conquête, M. Beauverie a reconnu, par une série de tranchées, six filons de 80 centimètres à $1^{m},50$ d'épaisseur, orientés sud-sud-est à nord-nord-ouest; certains d'entre eux ont été suivis sur une étendue de 2 à 3 kilomètres.

Ils se présentent sous une forme tout à fait classique : à la surface, un chapeau de fer de 10 à 30 centimètres, une zone où l'on ne trouve que les minerais oxydés, enfin le filon proprement dit, constitué par toute la série des minerais sulfurés.

La gangue est constituée par des schistes plus ou moins ocreux, du quartz, parfois aurifère, de la chlorite et de la dolomie, qui aurait son emploi comme fondant.

La moyenne des analyses a donné comme résultats :

| | | |
|---|---|---|
| Minerai schisteux . . . . . | 18 à 31,5 0/0 | de cuivre |
| — quartzeux. . . . . | 12 à 27 | — |
| — dolomitique. . . . . | 5 à 7 | — |

Un simple triage sur le carreau de la mine permettrait l'enrichissement du minerai jusqu'à 20 ou 25 0/0 de teneur moyenne.

Malgré cette très grande richesse du minerai, les conditions économiques

actuelles de la région sont encore telles que l'exploitation du gisement présente de très grandes difficultés qui en retardent l'entreprise.

Près du poste annamite de Tù-Phap, au pied du mont Ba-Vi, une autre exploitation cuprifère fut assez florissante jadis, mais est aujourd'hui abandonnée.

Le gisement est constitué par des schistes imprégnés de phillipsite et de cuivre gris (en faible quantité); à un certain niveau correspond une zone spéciale d'enrichissement, dans laquelle le cuivre devait se trouver à l'état natif en quantité suffisante pour que les Chinois fussent obligés de travailler au burin afin de l'extraire en blocs.

Ces mêmes bancs de schistes s'étendent sur plus de 20 kilomètres, au bout desquels ils dominent d'anciennes exploitations d'alluvions aurifères.

D'autres exploitations cuprifères anciennes existent encore en Annam, dans les provinces de Than-Hoa et de Quang-Nam, ainsi que dans tout le bassin de la haute rivière Noire; mais aucun travail d'exploitation n'a encore été repris, faute surtout de voies de communication et de moyens de transport.

4° *Mines de fer.* — Les mines de fer sont très riches et très nombreuses et malgré tous les avantages que présenterait la métallurgie du fer en Indo-Chine, rien n'a encore été tenté d'une façon effective pour les mettre en exploitation. Certaines d'entre elles, cependant, se trouvent déjà dans des conditions favorables à l'exploitation; ces conditions s'amélioreront de jour en jour, à mesure que les bassins houillers de ces pays seront mieux connus et plus activement exploités. Ainsi qu'on le verra plus loin, on n'y connaît encore pratiquement que deux bassins houillers : celui de Hone-Gaye, au Tonkin, et celui de Nong-Son, en Annam, mais il en existe bien d'autres qui offriraient tout autant d'intérêt surtout à ce point de vue spécial. Ce serait, en commençant par l'Annam, celui de Vinh, d'abord, qui permettrait d'exploiter les mines de Nho-Lam et de Chù-Lé, où plus de quatre provinces se fournissent encore de fer; puis celui de Dong-Trieu, au Tonkin, où l'on pourrait amener très facilement, de la province de Thaï-Nguyen, par voie d'eau, des quantités très considérables de minerai très riche, provenant des gisements de Mô-Li-Nam, de Mô-Na-Kon, etc. (projet de la Société minière et métallurgique de l'Indo-Chine); et, en continuant de remonter plus au nord, en suivant le cours du fleuve Rouge, presque sur le passage du chemin de fer du Yun-Nan, les mines de houille et de fer qui ont été signalées par les récents travaux de MM. les ingénieurs Leclère et Monod.

De tous temps, les indigènes ont exploité les mines de fer en traitant le minerai à la méthode catalane. Pour certains gisements importants, ils étaient organisés en corporations et payaient au roi un impôt annuel de

30 à 50 câns, soit 18 à 31 kilogrammes (1 cân = 612gr,800) de fer en barre par homme valide inscrit, souvent même bien davantage,

Parfois la richesse du minerai est telle que son traitement peut se réduire à un simple travail de forge, ainsi que cela se pratique encore, par exemple, dans certains points des bords de la rivière de Hué.

5° *Mines d'étain.* — L'étain existe à l'état filonien et à l'état alluvionnaire dans le haut Tonkin et sur la frontière du Laos. La « Société des Étains de Hin-Boum » sur la frontière du haut Laos et la « Société minière du Haut-Tonkin » procèdent depuis quelques années à d'actives recherches dans cette voie, mais ni l'une ni l'autre n'en est encore arrivée actuellement à l'exploitation. Nous verrons d'ici peu ce qu'il est permis d'espérer de ce côté.

6° *Mines de zinc.* — Elles ont pendant longtemps alimenté toutes les sapèqueries du Tonkin et de l'Annam. Je n'ai pu en voir qu'une, près de Xa-Lung, dans la province de Thaï-Nguyen, elle est constituée par une sorte de gîte de pénétration dans le calcaire dévonien, au sein duquel on trouve le zinc à l'état de calamine, quelquefois à l'état natif, rarement à l'état de blende. C'est la seule des sept mines jadis exploitées dont on ait pu retrouver la trace jusqu'à ce jour. Étant donnée la valeur de ce métal aux yeux des indigènes dont il forme la base du système monétaire, il est extrêmement difficile d'obtenir un renseignement quelconque.

7° *Mines d'antimoine.* — Les premières mines d'antimoine ont été découvertes par M. Bavier-Chauffour en 1888, près de Cam-Pha, un peu au nord de Hone-Gaye. Le minerai est de la stibine, associée parfois à de la galène, toutes deux fréquemment argentifères. Les gisements semblent compris dans une zone très richement minéralisée de quartz et de grès quartzeux, à mica blanc et minéraux verdâtres. Cette zone s'étend sur une très grande largeur, depuis la région de Cam-Pha jusqu'à la frontière de Chine, parallèlement à la côte.

Sitôt connues et sitôt les premières recherches faites, on essaya d'exploiter certaines parties de ces gisements, mais à cette époque les conditions de travail, de main-d'œuvre, d'existence même, étaient extrêmement difficiles dans cette region et l'insécurité était complète. De plus, les gisements d'antimoine nécessitent des travaux de recherches importants afin d'attaquer les parties riches, seules intéressantes. La question fut un peu trop négligée; des déboires dans les premiers essais de traitement des minerais impressionnèrent défavorablement et une baisse considérable survenue en même temps sur le marché de l'antimoine, acheva de décourager tout le monde, et fit abandonner tout travail dès 1893.

8° *Mines de manganèse.* — La découverte de ces mines est due aux travaux de M. Beauverie, l'ingénieur-directeur de la Société minière et métallurgique de l'Indo-Chine.

Le gisement principal est situé près de Vinh, en Annam, tout au bord de la rivière, en un endroit où des bateaux calant plus d'un mètre peuvent accoster facilement.

Le minerai est de la pyrolusite, encaissée dans des grès grauwackes et des schistes dévoniens, qui semblent marquer la limite entre le terrain dévonien et le terrain carbonifère.

9° *Combustibles minéraux.* — Les gisements de combustibles minéraux en Indo-Chine forment de nombreux bassins houillers qui s'échelonnent, parallèlement à la côte, sur une très grande partie de son étendue. Les plus connus actuellement sont ceux de Hone-Gaye, exploités par la Société française des charbonnages du Tonkin et ceux de Nong-Son, exploités par la Société des Docks et des Houillères de Tourane, mais ils ne sont pas les seuls, et ils sont reliés l'un à l'autre par d'importants lambeaux de terrain carbonifère, au sein desquels des couches de charbon se révèlent par un grand nombre d'affleurements encore peu connus et mal étudiés. Les principaux sont ceux que l'on peut observer près de Phù-Ly (province de Ninh-Binh), prè de Vinh (province de Nhé-An), près de Len-Bàc (province de Quang-Binh); on en trouve encore au sud de Nong-Son, jusqu'à la hauteur de Qui-Nhone. En outre, les récents travaux de M. Leclère, principalement, nous ont donné des renseignements très précieux sur les gisements de houille qui se prolongent, par bassins étagés, depuis Hone-Gaye, jusqu'aux hauts plateaux du Yun-Nan.

Je ne m'attarderai pas ici sur la description des gisements et la valeur des charbons indo-chinois : si rapide qu'elle puisse être, cette étude, en vertu de l'intérêt pour ainsi dire capital qu'elle présente, m'entraînerait beaucoup au delà des limites du cadre qui m'a été tracé. Je rappellerai seulement ainsi que l'a dit M. Pelatan, que la vitalité des industries houillères est démontrée aujourd'hui d'une façon péremptoire par le succès incontesté des Charbonnages du Tonkin, dont les produits, de prime abord très discutés, trouvent maintenant, tant sur les marchés locaux que sur ceux de la côte d'Asie, des débouchés rémunérateurs. Ces marchés augmentent sans cesse d'importance, et, de tous les pays producteurs, l'Indo-Chine est certainement celui qui se trouve placé dans les conditions les meilleures.

De plus, — et c'est à M. Charpentier, l'auteur du *Traité de Géologie et de Minéralogie appliquée*, de la Bibliothèque des travaux publics, que je suis heureux de céder ici la parole, — l'utilisation des charbons du Tonkin et de l'Annam pour la métallurgie permettrait de mettre en valeur les importants gisements de fer que contient notre colonie, et l'Indo-Chine

pourrait être appelée, dans la suite, à approvisionner de fer et d'acier tous les pays d'Extrême-Orient, ce qui la ferait entrer dans une ère de prospérité incalculable, si la Chine persiste à ne pas faire profiter l'industrie des importantes richesses minières qu'elle renferme.

Pour être complet, je devrais encore parler de certains gisements de pierres précieuses que l'on cite parfois, et de toutes les carrières diverses, dont les plus importantes sont celles de calcaire, qui servent actuellement à fabriquer de la chaux sur une assez grande échelle ; mais il est grand temps de clore cette fastidieuse énumération.

Il est cependant encore un point sur lequel je désirerais attirer l'attention : ce sont les mines de pétrole.

Il existe depuis très longtemps une légende fort accréditée dans le pays, et qui semble avoir une certaine consistance, ce serait la présence de filtrations ou de source d'huile combustible minérale.

L'existence d'huiles minérales combustibles en Annam ou au Tonkin serait d'ailleurs assez en rapport avec la constitution géologique du sol, et serait d'autant moins étonnante que des gisements de pétrole ont été découverts et sont exploités dans tous les pays voisins.

La plupart des renseignements que j'avais pu obtenir semblaient converger vers un point assez précisé, appelé Thaï-Thou ou Thaï-Trou, situé dans la région montagneuse à l'ouest de la province de Ha-Tinh.

Malheureusement, il est extrêmement difficile d'avoir aucun renseignement un peu net, à ce sujet de la part des indigènes, soit qu'ils y mettent de la mauvaise volonté, soit parce qu'ils n'attachent pas à ce fait une importance suffisante pour en tenir compte et répéter les déclarations que d'autres, moins timorés ou plus intelligents, sont venus faire autrefois, sous la foi du serment à Vinh, à la résidence de la province de Nhé-An.

D'autre part, la saison des pluies et surtout le manque de tous moyens de recherche appropriés et de tout instrument de sondage m'ont empêché de pousser plus loin mes investigations.

## III

En résumé, donc, malgré des richesses considérables à l'état latent, a situation minière de l'Indo-Chine ne saurait être plus modeste qu'elle ne l'est puisque deux charbonnages (dont le plus important seul, Hone-Gay, accuse une production annuelle moyenne de 300 tonnes) et une mine d'or (à ses débuts), sont les seuls travaux d'exploitation qu'il soit possible de signaler ; tout les autres ne sont qu'en préparation.

Or toutes les causes qui ont retardé et retarderont encore la mise sur pied de ce genre d'entreprise peuvent se ramener à deux principales : la difficulté

de se procurer la main-d'œuvre, et surtout l'absence de moyens de communication et de transport suffisants. La création des chemins de fer est donc le progrès le plus essentiel qui ait été fait dans cette voie, puisque l'exécution de ce projet remplit en même temps un double but :

1° Ouvrir le pays ;

2° Faire disparaître la légende du manque de bras en Annam et au Tonkin.

La paternité du projet revient de droit à M. Rousseau, malheureusement, alors, des considérations budgétaires ne permirent pas à M. Doumer, ministre des Finances, de consentir l'avance de capitaux sollicitée par son prédécesseur au Gouvernement général de l'Indo-Chine. Mais depuis lors le développement économique de l'Indo-Chine a marché à grands pas et ce que M. Rousseau n'avait pu obtenir de M. Doumer il y a une dizaine d'années, M. Doumer l'a obtenu de lui seul en arrivant à mener à bonne fin le fameux emprunt indo-chinois de 200 millions.

Le projet, je le rappelle est celui-ci : établir un réseau ferré le long de la côte indo-chinoise qui pénétrera, au nord jusqu'à la frontière de Chine et au cœur même du Yun-Nan, et plus tard à l'ouest, dans les biefs supérieurs et moyens du Mé-Kong.

Déjà certains tronçons des voies ferrées sont livrés à l'exploitation.

| | kilomètres | |
|---|---|---|
| Ce sont ceux de : | | |
| Saïgon à Mytho | 74 | |
| Hanoï à la frontière du Kuang-Si | 164 | |
| Hanoï à Haïphong | 97 | |
| | | 335 |
| A la fin de l'année ce seront ceux de : | | |
| Hanoï à Vietri | 61 | |
| Hanoï à Ninh-Binh | 120 | |
| Vinh au Song-Mâ | 78 | |
| | | 259 |
| En 1904 celui de : | | |
| Ninh-Binh au Song-Mâ | 128 | 128 |
| En 1905 ceux de : | | |
| Vietri à Lao-Kaï | 223 | |
| Tourane à Hué | 104 | |
| | | 327 |
| Puis avant 1908 ceux de : | | |
| Saïgon à Than-Linh | 132 | |
| Mytho à Cantho | 93 | |
| Hué à Quang-Tri | 71 | |
| Than-Linh au Lang-Biang et au Binh-Dinh | 518 | |
| | | 814 |
| A ce moment-là, l'Indo-Chine aura donc | | 1.853 |

kilomètres de voies ferrées sur son propre territoire, indépendamment des 350 kilomètres de la ligne de pénétration au Yun-Nan, territoire chinois.

Pour achever entièrement le projet général, il ne restera plus qu'à ouvrir les voies de pénétration du Laos, et à compléter la réunion ininterrompue du nord au sud de l'Indo-Chine, par l'ouverture des tronçons de Vinh à Quang-Tri et de Tourane au Quang-Binh, non compris dans le projet autorisé par la loi d'emprunt de 200 millions votée en décembre 1898. — Ces parties de la ligne ont d'ailleurs un intérêt moins immédiat; les études en sont toutefois activement poursuivies, et il n'est pas douteux que sitôt leur utilité reconnue, les travaux ne soient de suite entrepris.

Quoiqu'il en soit, d'ici peu, des trains de jour en jour plus nombreux sillonneront le pays, traversant tour à tour des villes naissantes, des plaines fertiles, des régions minières jusque-là presque inexplorées, facilitant ainsi dans la plus large mesure les communications et les transports. Le contre-coup de ce progrès se fera de suite sentir sur la facilité de recruter la main-d'œuvre nécessaire. Sitôt les travaux de construction des lignes achevés, en effet, des millions de coolies, que nous avons tous pu voir occupés sur les chantiers, formeront alors des équipes complètes déjà tout habituées à notre méthode de travail. Tous ces coolies devenus disponibles auront forcément pris goût aux salaires relativement élevés (pour eux) que nous sommes obligés de leur donner; ils se seront créés des besoins nouveaux qu'ils ne pourront plus satisfaire sans eux; ils verront la nécessité de gagner encore, et accourront en foule à notre appel. Une longue habitude aura ainsi vaincu leur répugnance aux travaux de la terre et les idées superstitieuses qui les en éloignaient. Le recrutement de la main-d'œuvre sera aisé et le pays tout entier sera définitivement ouvert à une mise en exploitation régulière et complète.

C'est bien là, je crois, une des parties capitales de l'œuvre de M. Doumer, au cours de sa carrière de gouverneur général; mais l'Indo-Chine paraît se trouver actuellement dans cette période délicate où une impulsion nouvelle, judicieuse et énergique donnée à la marche des choses serait peut-être nécessaire pour permettre de recueillir le fruit des grands efforts déjà faits et assurer la réalisation complète des espérances fondées sur la plus riche de nos colonies.

Pour assurer son développement économique immédiat, et l'amener à un degré dont on conçoit déjà la haute importance, il serait nécessaire d'éviter, d'empêcher, que de nouveaux échecs, comme ceux qui se sont produits au début pour les mines d'antimoine et surtout pour les mines de charbon et dont je n'ai pu parler suffisamment, puissent se reproduire. Ce serait là le rejet à une période indéterminée, mais supérieure à une dizaine d'années au moins, si l'on en croit les enseignements du passé, de la reprise du mouvement qui vient de se dessiner en faveur des mines de l'Indo-Chine par la reconstitution de la Société des houillères de Tourane (1900), de celle des mines de Bong-Miù (1901), par la formation de la

Société des étains de Hin-Boum (1900), par le rachat de Ke-Bao (1901), par la création de la Société minière du Haut-Tonkin (1902), de la Société des mines de Mo-Son (1902), etc., et par les tentatives que fait actuellement la Société minière et métallurgique de l'Indo-Chine, pour mettre en valeur une mine de cuivre sur la rivière Noire et une mine d'étain dans la province de Cao-Bang.

La constitution d'un service d'études minières, avec documents et renseignements centralisés, serait très utile pour éviter, d'une part, les pertes de temps et d'argent considérables, inhérentes à la prospection première (ce naturellement pour les seuls gisements connus) d'autre part, pour empêcher l'engoûment irréfléchi de prospecteurs trop jeunes ou trop ardents dont le but principal serait de *flotter* vaille que vaille une société d'exploitation pour recueillir le plus vite possible le bénéfice de leurs découvertes ou de leurs études.

L'organisation de ce service permettrait de faire rentrer d'une façon plus efficace dans le domaine public les gisements inexploités, atténuerait les charges des périodes d'étude, et éviterait, en outre, le découragement en empêchant la mainmise sur toute une région.

Il y aurait également un grand avantage à ce qu'un laboratoire d'analyses soit rattaché directement à ce service : voilà pour le côté pratique de la question; le principal résultat au point de vue scientifique serait de hâter l'achèvement de la carte géologique de l'Indo-Chine à laquelle on travaille actuellement.

Peut-être une nouvelle réglementation minière, calquée davantage sur la législation minière en vigueur dans les colonies anglaises interviendrait-elle aussi favorablement pour, à la fois mieux réserver les droits de l'État que ne le fait le régime actuel, et accorder de nouvelles facilités aussi bien pour les recherches que pour l'exploitation.

Une étude complète de cette question s'imposerait, dont il est facile de prévoir d'ores et déjà les grandes lignes : — durée moindre des droits de recherches, obligation de préciser la nature de la substance, objet de ces recherches, et d'en envoyer des échantillons tirés du périmètre demandé, autorisation d'exploiter donnée pour un temps déterminé qui ne pourra faire place à la concession complète et définitive que si le contractant remplit les conditions qui lui sont imposées pendant le temps de cession provisoire, conditions relatives à un minimum de travail, évalué, par exemple, d'après le cubage des matériaux extraits, — déchéance du concessionnaire et retour au domaine public des concessions provisoires s'il n'a pas été satisfait à ces conditions.

Si le rendement financier du passé était suffisant pour verser annuellement plus d'une centaine de mille francs dans le trésor du roi d'Annam, ainsi que le démontre le document dont j'ai tant parlé, il est facile de

comprendre dans quelles mesures ce rendement s'accroîtrait si au lieu d'exploiter les mines de l'Indo-Chine suivant les procédés rudimentaires des indigènes, on les exploitait d'après nos méthodes perfectionnées d'aujourd'hui, et il n'est pas difficile de concevoir dès lors les avantages énormes que le pays tout entier en retirerait.

---

M. R. IMBERT

Ancien élève de l'École Polytechnique.

## UNE EXPLOITATION FORESTIÈRE MODERNE DANS LES PYRÉNÉES A SALAU-BONABÉ FRONTIÈRE ESPAGNOLE [622:959.9]

*— Séance du 9 août —*

Le voyageur que n'effraye pas une journée de marche à travers des sites magnifiques et sauvages, peut passer de France en Espagne en franchissant la chaîne des Pyrénées, à peu près en son milieu par le port ou col de Salau.

Après avoir de Saint-Girons, point terminus de la voie ferrée, suivi pendant 32 kilomètres la route qui remonte la vallée du Salat, ce voyageur atteint, au village de Salau, à 850 mètres d'altitude, les dernières maisons françaises.

Il est stupéfait alors de voir en pleine montagne, et parmi les humbles toits des chaumières, se dresser devant lui une vaste usine, pour la fabrication de la pâte à bois, avec ses bureaux, ses magasins, ses dépendances, surgie de terre en moins d'un an et prête à utiliser la houille blanche, cette force toujours docile et puissante, toujours fugitive et toujours renouvelée.

Exploiter sur le versant espagnol une forêt de plusieurs milliers d'hectares qu'on jugeait inexploitable; faire passer les arbres abattus à plus de 2.100 mètres d'altitude, pardessus les cimes des Pyrénées, à l'aide d'un câble aérien de près de 10 kilomètres de longueur, porté par des pylones implantés dans le roc et qui franchit précipices et ravins, surtout à des hauteurs vertigineuses avec des portées qui atteignent parfois près de 900 mètres; recevoir les arbres ainsi transportés jusqu'à l'entrée de l'usine et les transformer en bois de charpente et en pâte à papier, tel est le but

que se sont proposé MM. Matussière et Forest, telle est l'œuvre colossale qui paraissait hier irréalisable et qui demain sera réalisée.

L'exploitation de la forêt de Bonabé, s'étageant sur le versant espagnol, à une altitude variant de 1.400 à 2.300 mètres, d'accès difficile, loin de toute voie de communication, entièrement déserte, avait rebuté tout ceux qui, tout en appréciant cette source de richesse, y avaient renoncé en raison de la presque impossibilité d'en tirer parti.

Aujourd'hui, tout est animation et vie dans cette contrée qui paraissait vouée à la solitude et au silence. Tout un village s'est construit comme par enchantement; chalets rustiques, maisons d'habitation pour les bûcherons, scieries, forges, four pour cuire le pain, moulin, etc..., un canal dérivé de la Parosa complètement en bois et long de près de 800 mètres pourra donner 80 chevaux pour actionner les scieries et dynamos pour un transport de force.

La difficulté n'était pas cependant de pénétrer dans la forêt et d'en commencer l'exploitation. Il fallait trouver une voie permettant de faire gagner aux arbres abattus et débités des contrées plus accessibles où l'on eût l'écoulement et l'accès de l'usine pour la fabrication de la pâte de bois. Un porteur aérien réalisant les derniers perfectionnements, le plus considérable qui soit en France et admirable à la fois par la hardiesse de sa conception et la difficulté de son exécution, sera la voie d'écoulement choisie pour l'exploitation de la forêt.

Ce porteur aérien sera à trois câbles et à mouvement continu. La maison Teste et Moret, de Lyon, est chargée de sa construction.

Deux câbles parallèles parfaitement tendus, reposant de distance en distance sur des pylones, tantôt en bois, tantôt en fer, dont quelques-uns ont jusqu'à près de 30 mètres de hauteur, servent de rails, sur lesquels viennent rouler les galets ou chariots de roulement portant les chaînes d'attelage pour les bois. Ces câbles porteurs sont à surface lisse et à fils d'acier enclavés et construits avec un coefficient de sécurité de 6. Le câble tracteur construit avec un coefficient de sécurité de 8 sert à la traction et à l'entraînement des charges sur la voie aérienne.

Outre les stations de départ et d'arrivée, il existe deux stations, l'une à la frontière même de 105 mètres de longueur, à une altitude de 2.100 mètres, l'autre à 4 kilomètres de la frontière et qui sert de changement de direction.

La longueur des bois à transporter pourra atteindre 12 mètres, $0^{m},80$ d'équarrissage et la charge pourra atteindre 1.200 kilogrammes.

Le tonnage sera de 14 tonnes à l'heure et toutes les constructions de pylone, ainsi que les calculs ont été faits pour doubler au moment voulu le tonnage et le porter à 28 tonnes à l'heure.

L'usine pour la fabrication de la pâte installée à Salau est une des plus

vastes de ce genre. Elle a aussi cette particularité d'avoir été conquise sur la montagne.

D'énormes terrassements ont transformé en un large plateau l'étroite gorge primitive et ont permis l'installation non seulement de l'usine qui s'étend sur une longueur de près de 80 mètres, mais de ses nombreuses dépendances.

Un canal long de 1 kilomètre et entièrement entaillé dans le roc fournira une chute de près de 140 mètres, donnant une force de 1.200 chevaux.

Telle est en résumé cette nouvelle installation, encore unique en France, qui pourra rivaliser avec les plus belles exploitations forestières de Hongrie, de Russie et du Canada et qui, par les difficultés d'exécution de toute sorte, permettra de rééditer le mot célèbre :« Il n'y a plus de Pyrénées ».

# M. R. DESSIRIER DE PAUWEL

## DE BANGUI A CARNOT ET DE CARNOT A BANGUI (30 SEPTEMBRE 28 NOVEMBRE 1901

[910.9 : 967]

*— Séance du 9 août —*

### AVANT-PROPOS

Les récents progrès de l'occupation française dans le centre africain, ont attiré de nouveau l'attention du monde géographique sur une région pleine d'intérêt, celle comprise entre l'Oubangui et la Sangha.

Totalement inconnue, cette immense portion de territoire a été étudiée dans sa partie nord-ouest par MM. Clozel, Herr, Maistre, Perdrizet, personne ne l'a pénétrée, et l'on est encore réduit à des hypothèses d'ensemble sur l'orographie et l'hydrographie.

Une ligne de faîte bien déterminée, d'orientation ouest-est, et qui part du pic Katil dans l'Adamaoua (reconnu par Mizon, janvier 1892) se prolonge par les monts Bek et Karé, et les monts Bolo, s'infléchit vers le sud, pour se heurter au bassin de la Kémo (Kaga Doungba, Kaga Rénago), paraît être la ligne de partage des eaux des bassins de la Sangha, du Logoue et de l'Oubangui.

Dans cette partie montagneuse, le soulèvement primaire apparaît nettement ; des quartzites en abondance, des roches graniteuses, des conglomérats d'argile et de fer, forment un contraste frappant avec la nature du terrain avoisinant, composé exclusivement de latérite ; quelques blocs d'apparence erratique (1), et qui ne sont en réalité que des débris d'un terrain miné par les eaux, servent de transition entre la montagne et les terrains alluvionnaires.

(1) Ces blocs existent en très grand nombre, chez les Tarits et les Ngamas, sorte de troglodytes qui habitent au nord de la ligne de faîte.

Les deux mers intérieures (Wauters, *Mouvement géographique)* en se retirant pour ne laisser comme traces, que l'Oubangui et le Chari, ont mis à découvert un sol d'érosion. Les rivières qui y coulent déplacent fréquemment leurs lits, et un très faible mouvement du sol suffit à en changer la direction d'une manière permanente; aussi n'est-il possible d'être complètement fixé sur la direction d'une rivière, qu'après en avoir suivi complètement le cours.

C'est ce que nous avons essayé de faire, M. Bourgeau et moi, pour la Lobay (Bali) et ses affluents. Cette manière d'opérer, évidemment plus longue et plus ardue, en même temps qu'elle renseigne sur la géographie du pays, fournit des données très intéressantes sur ses productions; aussi j'estime qu'elle doit être employée de préférence à toute autre.

## DE BANGUI A CARNOT. — Pl. X (1).

Parti de Bangui le 27 août, je m'arrête dans presque tous les villages situés sur la rive de l'Oubangui depuis le poste jusqu'à la Lobay, au confluent de laquelle j'arrive le 31 août.

Dès son confluent, la Lobay s'annonce comme une rivière très importante d'un grand débit d'eau. Sa largeur peut avoir 300 mètres environ.

*31 août.* — A environ 2$^{km}$,500 du confluent, rive droite, je trouvai le village de Bikoto, ou j'accostais, devant suivre dorénavant la route de terre. Ce village, comme beaucoup d'autres, porte le nom de son chef principal. Il est construit sur la rive même de la Lobay. Ce village est assez important; mais rien ne le distingue des autres villages de la rive de l'Oubangui. Comme tous les villages Boudjos, il est très mal entretenu.

*1$^{er}$ septembre.* — A 15 kilomètres environ au-dessus de Bikoto, l'on trouve l'emplacement du village de Yagbo (Boudjos). Les habitants de ce village à la suite des guerres qu'ils ont eu à soutenir avec les Boudjos de l'Oubangui se sont retirés dans l'intérieur.

*2 septembre.* — Couché au village de Il'Gabo, toujours rive droite, à 35 kilomètres du confluent, il me fut impossible d'entrer en relation avec les habitants qui avaient fui à l'annonce de mon arrivée.

*3 septembre.* — Village Bougoupi (chef Mbopi), également sur la rive de la Lobay, mais le village est rendu invisible par un rideau de brousse. Bougoupi est assez fort et possède de grandes plantations. Le chef vient me voir, Mbopi est déjà d'un certain âge et semble avoir une certaine influence sur les gens du village, qui, sur un ordre de leur chef, m'apportent une grande quantité de vivres indigènes.

(1) Le cliché de la Pl. X a été mis gracieusement à la disposition de l'Association française par la Société de Géographie commerciale de Paris.

*4 septembre.* — Arrivé au gros centre de Poko, dont le chef principal est Bangui. Comme dans plusieurs autres centres de l'Oubangui, Poko est divisé en plusieurs villages sous le commandement de petits chefs qui tous obéissent à un autre plus important. Obéissance du reste très relative. Poko est établi sur une éminence surplombant la rivière. Les villages qui forment ce groupe ont dû prendre une grande extension depuis quelques années, car beaucoup de cases sont construites en dehors du fossé d'enceinte du village primitif.

La Compagnie de caoutchouc et produits de la Lobay, a installé un comptoir entre le groupe principal de Poko et le village de Hété, situé immédiatement en aval.

De l'embouchure jusqu'aux premières chutes qui se trouvent à 8 kilomètres en amont de Poko, la Lobay offre un bief navigable de 80 kilomètres allant de l'Est à l'Ouest ; sa largeur moyenne est d'environ 120 mètres, sa profondeur peut varier de 2 à 3 mètres ; — les rives sont ordinairement basses et en partie inondées. — Cette rivière fait de nombreux méandres, dont les coudes sont souvent encombrés par de grands bancs d'herbes. Sur les deux rives, un rideau de brousse, sur lequel se détachent un grand nombre de palmiers Elaïs.

*5 septembre.* — Je quitte Poko, me dirigeant vers la chute de Zomia, faisant toujours de l'Ouest. Cette chute, premier obstacle à la navigation sur la Lobay, d'environ 3 mètres de hauteur ; au milieu des rochers se trouve une île sur laquelle est construit le petit village de Magbé, dépendant du grand centre de Bagandou, situé à 27 kilomètres au nord-ouest de Zoma.

*6 et 7 septembre.* — A mon arrivée à Bagandou, je dus rassurer les habitants qui s'étaient tous enfuis dans la forêt pendant mon approche, refusant toute communication avec moi, et proférant des menaces.

J'envoyai mon interprète Yunga (chef du village de Yakoli, qui avait voulu absolument me suivre dans ce voyage), accompagné de deux auxiliaires Boudjos, pour essayer d'entrer en relation avec ces gens.

Yunga réussit, et peu après revint avec plusieurs chefs qui criaient des malaoués (amis) avant même d'être en ma présence. Je m'avançai vers eux avec M. Bourgeau, directeur de la Société Lobay, qui en tournée dans sa concession, avait bien voulu m'accompagner. A notre vue, les cris redoublent, les chefs agitent quelques poules qu'ils ont l'intention de nous offrir et nous font signe de nous asseoir à la place où nous sommes, ce que nous faisons pour rassurer ces gens,

Le plus âgé des chefs s'avance alors, suivi à quelques pas par les autres et tous s'accroupissent en demi-cercle autour de nous.

Yunga me dit alors qu'il n'était parvenu à tranquiliser les gens de Bagan-

dou, qu'en leur promettant que nous ferions l'échange du sang avec eux. Bourgeau qui avait l'intention d'installer un comptoir dans ce centre important ne demandait pas mieux que de s'attacher les habitants par le seul lien que les indigènes respectassent; de mon côté j'étais désireux d'assister à cette cérémonie; je dis donc à Yunga de faire selon les coutumes, et que nous étions prêts à les suivre.

Yunga s'étant placé entre nous et les chefs, très gravement arracha à une poule blanche quelques plumes qu'il fit brûler sur un tison ardent; en ayant recueilli les cendres entre le pouce et l'index, il nous fit ainsi qu'à nos nouveaux amis, non sans avoir gesticulé quelque temps, des signes cabalistiques sur le front; puis un jeune cabri ayant été apporté, avant même qu'il me fût impossible de deviner ce qui allait se passer, mon interprète le saisissant par les pattes de derrière, lui brisa le crâne sur une pierre, et trempant son doigt dans ce sang tout chaud, il en fit tomber quelques gouttes sur le poignet de chacun de nous, aussitôt les chefs avancèrent et nous dûmes, tendant le bras, frotter vigoureusement notre épiderme contre les poignets également teints des chefs: nous étions frères de sang, c'est-à-dire inviolables. Pendant toute la cérémonie les habitants qui peu à peu étaient revenus s'étaient rassemblés autour de nous, hurlant des malamoués sur tous les tons avec accompagnement de tam-tam.

(Quand les indigènes font entre eux l'échange du sang, ils s'entaillent le bras de façon à faire réellement jaillir le sang.)

Je pus donc visiter le village en toute sécurité.

Les habitants de Bagandou sont de race Bondjos. N'Bonakes est le nom donné aux Bondjos de l'intérieur pour ceux des rives de l'Oubangui; ils sont grands, bien découplés, de teint peu foncé. Ils ne se tatouent pas le visage, mais en revanche l'abdomen et les reins sont couverts de tatouages en reliefs trés régulièrement faits, affectant principalement la forme de petites lignes courbes ou de losanges.

Les tatouages se font lorsque l'enfant devient adulte; cette opération ne laisse pas que d'être très douloureuse, étant donné le grand nombre d'incisions subies par le patient.

Comme chez les Bondjos de l'Oubangui les N'Bonakas s'arrachent dès l'enfance les deux incisives supérieures, ou bien encore les taillent en pointes très effilées.

Leur costume consiste en un pagne fait d'écorce d'arbre (ordinairement de ficus). Le morceau d'écorce régulièrement découpé est humecté d'eau, puis longuement battu avec des pilons ordinairement en ivoire, jusqu'à ce qu'il ne reste plus de l'écorce que les fibres très tenues et très souples. Ces pagnes sont ordinairement teints en rouge ou en violet, au moyen de plantes et de fruits indigènes. (Le noir est obtenu par un fruit appelé en

bondjos Nambiri, le rouge au moyen d'un bois rouge Nglé on Mbio, le violet est un composé de Manibiri et de Nglé, le blanc est fait avec une espèce de marne appelée Mbou).

Les N'Bonakas sont très habiles forgerons, ils fabriquent eux-mêmes leurs armes (sagaies, couteaux) et différents ornements en fer ou en cuivre (colliers, bracelets, etc.).

Dans leurs réjouissances comme à la guerre ils s'accompagnent du bruit des tam-tams, et des sons rauques qu'ils tirent de trompes creusées dans des pointes d'ivoire. Les danses manquent de caractère et deviennent promptement obscènes.

La femme N'Bonaka ne se mêle en rien aux affaires du village. Achetée ordinairement très jeune, elle doit se livrer à tous les travaux de la terre et aux occupations ordinaires de la vie. Considérée comme une valeur marchande son mari daigne lui accorder plus ou moins d'attention selon son âge, mais sa condescendance ou sa générosité va très rarement jusqu'à lui accorder un pagne : une simple cordelette retenant quelques feuilles, suffit amplement, Cependant j'ai vu à Bagandou plusieurs femmes s'entourant le corps d'une natte ou d'une peau de cabri séchée, costume fort peu élégant et d'un effet bizarre.

Les gros travaux ainsi que la servitude auxquels elle est soumise depuis sa plus tendre jeunesse, lui ont à peu près enlevé tout ce qu'il pouvait y avoir de féminin dans son caractère. Achetée, puis revendue souvent plusieurs fois, elle ressemble plutôt à une bête de somme dont elle a souvent la triste fin.

Les M'bouakas enterrent leurs chefs et leurs guerriers célèbres dans le village même. Ils recouvrent ordinairement ces tombes d'une légère toiture en feuilles de palmier, à l'abri de laquelle ils déposent des calebasses de vin de palme.

Malheureusement chez ces sauvages ces funérailles sont ordinairement suivies de sacrifices humains, je dis suivies, car les victimes désignées sont, pendant la durée d'une lune entière, exposées aux jeux des indigènes qui se livrent à de fréquentes libations en l'honneur du mort, dormant et chantant au bas de l'estrade au haut de laquelle l'on a juché les malheureux. Le dernier jour de la lune, tout le village se réunit et à grand renfort de tam-tams, de hurlements, le féticheur ordonne la mort du ou des patients ; mort qui presque toujours est donnée au milieu de supplices affreux.

Et cependant, un petit incident très doux m'a frappé au milieu de cette population essentiellement sauvage éternelle ; le lendemain de mon arrivée, de grand matin, j'étais allé dans les plantations espérant tirer quelques pintades, et n'ayant rien vu, je rentrais au village désappointé, lorsque traversant un coin du village, je vis une quantité de petits oiseaux voltigeant sur les branches d'un arbre planté au milieu d'une rue. J'allais

tirer, voulant avoir au moins une brochette pour notre déjeuner à M. Bourgeau et à moi, lorsqu'un indigène se précipitant vers moi releva mon arme, et me faisant voir une tombe placée au pied de l'arbre, cet homme me fit comprendre que l'âme du mort revivait en ces petits oiseaux qui chantaient gaiement au-dessus de la dernière demeure de celui qui avait été autrefois un grand chef ou un guerrier célèbre.

Arrivé à Bagandou par un sentier en forêt très accidenté et traversé de plusieurs bancs de rochers qui, formant en certains endroits le lit de la rivière, occasionnent de nombreux rapides.

L'importance de ce village dépasse mes prévisions; je me trouvais non pas en face d'un simple village bondjo, mais d'une immense agglomération de cases construites sans ordre sur un grand plateau d'accès difficile dominant la Lobay qui coule à 3 kilomètres de là.

J'estime la population de ce centre à douze mille habitants, dont les cases occupent une superficie totale de 1 kilomètre de diamètre.

Bagandou n'a aucune relation avec l'Oubangui (114 kilomètres du confluent), ce qui expliquerait qu'il est resté inconnu jusqu'à ce jour, se protégeant lui même contre les incursions des Bondjos, voisins par deux postes avancés situés dans les îles de Zomia en aval et d'Osséqué en amont.

Deux chefs principaux, Morgnoye et Balué, paraissent se partager le commandement avec l'aide de plusieurs sous-chefs.

La population de Bagandou a pour principale occupation la chasse dont le produit forme le fond nécessaire à son alimentation. Dans les grandes plantations avoisinant le village, on remarque surtout les bananiers et le manioc, ainsi qu'une grande quantité de palmiers, d'où les indigènes tirent ce vin de palme dont ils sont si friands et avec lequel ils s'enivrent souvent.

Les habitants de Bagandou sont de race bondjo, ou plutôt N'Bouaka, nom donné aux Bondjos de l'intérieur par ceux de l'Oubangui; leurs mœurs et leurs coutumes ne diffèrent en rien du reste; ils sont aussi sauvages, aussi cruels; leurs cases, quoique de même forme et de mêmes dimensions, ne présentent pas le même alignement que l'on trouve dans les autres villages. L'autorité des chefs n'est qu'illusoire, et ne s'étend réellement sur les hommes libres que dans les cas graves, guerres ou grandes chasses.

Leurs armes offensives sont la sagaie et le couteau de jet; pour armes défensives, ils possèdent le bouclier.

Le fétichisme joue un grand rôle dans la vie de ces peuplades.

La femme reste très effacée, quoique dans certains cas, j'aie eu la preuve que ses conseils étaient admis et suivis.

L'importance de ce centre me fit y rester deux jours, tant pour établir des relations avec tous les chefs, qui, lors de mon arrivée, m'avaient témoi-

gné une certaine méfiance, que pour laisser reposer l'escorte, fatiguée par la route très mauvaise et les pluies presque journalières.

*10 septembre.* — Départ pour Ossiquié. La descente du plateau ne fut pas chose facile, le sentier encombré de rochers formant un escalier difficile à franchir. Après cette descente abrupte, il faut gravir une nouvelle colline également très escarpée, au bas de laquelle coule la Lobay.

J'arrive à Ossiquié vers midi. Comme Zomia, Ossiquié est construit dans une île au milieu des rapides, et est d'un abord difficile. Le chef Garé absent, ou soi-disant tel, les indigènes refusent d'entrer en relation avec moi ; je campe néanmoins sur la rive, et patiente jusqu'au lendemain sans obtenir de résultat.

*11, 12, 13 septembre.* — Trois jours de marche en forêt me conduisent à Bouga (N.-O), dernier village de la région bondjo. La Lobay se trouve barrée en cet endroit par un seuil formant rapides et chute, et au centre duquel émerge un rocher sur lequel est installé le village.

L'accès de cette sentinelle avancée est presque impossible ; les habitants de Bonga, se sentant inexpugnables, refusent tout contact.

L'aspect de la rivière, qui à cet endroit a au moins 250 mètres de largeur, est imposant, le courant excessivement rapide. Sur la rive gauche très élevée, on aperçoit les plantations du village.

A cette hauteur cesse la région bondjo, qui s'étend donc des rives de l'Oubangui sur une profondeur de 140 kilomètres.

La rive droite de la Lobay, basse jusqu'aux premières chutes s'élève progressivement, présentant de nombreux accidents de terrain, causés le plus souvent par la présence de grands bancs rocheux, qui, coupant la rivière, forment autant d'obstacles à la navigation.

Entre ces dénivellations coulent de nombreux ruisseaux, dont quelques-uns forment d'assez grands marais à la saison des pluies.

Le sol argileux en beaucoup d'endroits est recouvert d'une épaisse couche d'humus.

La forêt couvre la rive droite ; on y rencontre de nombreuses plantes à caoutchouc (lianes et arbres) que les Bondjos se refusent à exploiter.

Dans les cultures vivrières, le bananier domine, puis par ordre d'importance, le manioc, le maïs, le tarot et les arachides. Le palmier est très répandu dans la région. Auprès des cases chaque habitant entretient quelques pieds de tabac.

La faune est la même que dans la région équatoriale. J'ai relevé de nombreuses traces d'éléphants, peu chassés par les indigènes, qui se contentent des mammifères : antilopes, biches, rats, etc., etc. Les habitants, contrairement à ceux de l'Oubangui, ne se livrent ordinairement pas à la pêche ; les nombreux rapides en sont probablement la cause.

D'après les indigènes, la Lobay présenterait au-dessus de Bonga un bief navigable que je voulus reconnaître.

Parti le 14, j'arrive bientôt à hauteur des villages de Bougoudou et Bokotas (R. D.), deux petites chutes barrent encore la rivière en cet endroit; quelques îles habitées par les indigènes de Bougoudou et Bokotur se trouvent au milieu des rapides au-dessus desquels la rivière paraît être navigable.

Je reconnais ce bief et arrive au confluent de la M'baéré, situé à 4 kilomètres. La Lobay, qui, depuis Bougandou, a une direction nord-ouest, fuit maintenant du nord.

La mauvaise volonté témoignée par les groupes importants de Bougounda et Bokotus, qui se refusent absolument à me prêter des pirogues et à nous vendre des vivres, m'occasionne un grand retard, me forçant à percer une route avec la machète, jusqu'au confluent où j'arrive avec tout mon monde le 26 septembre au matin.

La journée se passe à entrer en relations avec les villages riverains de la M'baéré appelés Bodengué par les indigènes qui montrent moins d'hostilité que leurs voisins de la Lobay.

De nouvelles difficultés surgissent pour le passage de cette rivière, dont les rives très basses sont marécageuses sur une largeur de plus d'un kilomètre. Un long détour sur la rive droite me conduit près d'un chenal aboutissant au village de Binga, dont le chef Koukou nous fournit les pirogues nécessaires (21 septembre).

La M'baéré, qui va de l'ouest à l'est, coule entre d'immenses bancs d'herbes, laissant un chenal navigable d'une largeur moyenne de 50 mètres sur 3 et 4 mètres de profondeur; ses eaux sont noires.

Des bandes de terres habitées, séparées de la rive par l'inondation, forment de nombreux canaux très étroits, et dans lesquels les indigènes installent leurs pêcheries. Je suis obligé de suivre un de ces canaux pendant 800 mètres pour arriver à la terre ferme. Les dimensions forcément réduites des pirogues rendent le passage long (22 septembre).

Je passe quelques jours à parcourir les villages riverains établis depuis le confluent jusque près du gros centre de Bokombo (23 et 24 septembre).

Les indigènes Gueras sont ordinairement grands et bien faits; la figure douce diffère de la face bestiale des Bondjos. Très propres et très soigneux de leur corps, ils n'ont que peu de tatouages, et leur chevelure, qu'ils portent tressée, est l'objet d'un soin tout spécial. Comme ornement, ils portent des colliers d'herbes odoriférantes et de dents d'animaux. Des bracelets de fer et de cuivre et au-dessous des genoux, des jarretelles de cuivre d'un effet gracieux. Comme costume, le pagne d'écorce habituel. Les femmes presque nues sont employées aux plantations et à des travaux de poterie. Grands pêcheurs, ils se déplacent fréquemment, allant d'un

village à l'autre au moyen de leurs petites pirogues arrondies du fond. Ils pagaient debout, conservant un équilibre merveilleux, vu le peu de stabilité de leurs pirogues, et les nombreux détours des canaux qu'ils suivent de préférence, évitant le fort courant du grand chenal.

Leurs cases très resserrées ont la même forme rectangulaire que chez les Bondjos, les parois en écorce et le toit en feuilles de palmier. La case servant aux réunions est plus grande et plus vaste ; son toit arrondi affecte la forme d'un dos de tortue.

Au premier abord très réservés, les indigènes ne tardent pas à devenir plus familiers et complaisants. Ils se plaignent de leurs voisins du nord, les Bagbayas, qui font chez eux de fréquentes razzias, ajoutant même que ces derniers ont annoncé qu'ils s'opposeraient à notre passage.

*25 septembre.* — Après avoir attendu inutilement les guides promis, et que la crainte de leurs voisins a retenus sans doute, je me mets en route et campe le soir même à 3 kilomètres des plantations des premiers villages Bagbayas, qui s'échelonnent au nord-est vers la Lobay.

*26 septembre.* — Étant informé des mauvaises dispositions de cette population, j'envoie une reconnaissance, qui revient sans avoir pu entrer en relations avec les indigènes qui, abandonnant la première ligne de villages, s'étaient concentrés plus loin.

*27 septembre.* — Peu après le départ, je traverse d'immenses plantations de manioc et arrive aux premiers groupes de cases. De tous côtés le tam-tam résonne. Je décide d'éviter la ligne de villages, et prends une direction plus à l'ouest, m'éloignant de la Lobay pour la reprendre plus au nord. Après avoir fait 15 kilomètres en forêt sans eau, le terrain s'élève et ne laisse que peu d'espoir d'en trouver : forcé de revenir en arrière, je viens camper dans un groupe de cases près de la Lobay. Pendant ce retour, les hommes qui marchaient en avant aperçurent un indigène qui, venant vers eux, leur faisait des signes d'amitié.

Arrivé près de moi, cet homme me déclara être Sénégalais, se nommer Ibrahima N'Diaye, et avoir été fait prisonnier par les Bagbayas lorsqu'il descendait la Lobay avec M. Fredon (février 1901). Ayant appris le passage d'Européens, il avait réussi à s'enfuir dans cette direction.

A mon approche, un grand nombre d'indigènes veulent s'opposer à mon passage. Malgré mes protestations de paix, ils s'avancent vers moi, me menaçant de leurs sagaies et de leurs couteaux de jet, poussant force cris; pour les effrayer, je fais tirer quelques coups de fusils en l'air. Au bruit des détonations ils se dispersent, et je peux installer le campement. Une forte tornade arrive bientôt après, augmentant les fatigues de cette journée Craignant une attaque de nuit, je veille jusqu'au jour.

*28 septembre.* — Le lendemain matin, je donnai l'ordre du départ. J'étais résolu à poursuivre ma route au nord, la seule possible, malgré l'hostilité des habitants.

Les Bagbayas, ou probablement Bayas, semblent être venus des rives de la Sangha, lors de notre première occupation. Ils se sont installés dans l'angle formé par la M'baéré et la Lobay, d'où ils font de fréquentes incursions chez leurs voisins, les Guéras de la Bodengué, et ceux établis plus au nord sur la Lobay. Ils sont surtout forgerons, extrayant le fer des minerais très abondants dans la région et l'échangent, sous forme de boules de différentes grosseurs, avec leurs voisins.

Leurs plantations sont immenses, mais leurs villages, divisés en groupes d'une dizaine de cases, sont d'aspect misérable.

Rien ne vient troubler la première heure de marche, lorsque, engagé dans un marais, je fus assailli de tous les côtés. Les flèches et les sagaies pleuvent; deux porteurs sont légèrement blessés; de toutes parts retentissent des hurlements avec accompagnement de tam-tam; il est difficile d'évaluer le nombre des assaillants. Quelques feux de salve furent exécutés pour dégager la tête de la colonne, et la marche en avant fut reprise. Les attaques se succèdent pendant deux heures et demie. J'arrive enfin dans les plantations du village de Bandogora, où je fis faire halte pour juger du nombre de l'ennemi, ce que je n'avais pu faire dans la forêt, et donner un moment de repos aux hommes.

Dans cet endroit découvert, les sauvages n'osent s'aventurer, restant sur la lisière de la forêt d'où ils nous lancent des flèches. Je repars une heure après, et arrive, toujours harcelé, au village, où je décide de camper; les Bagbayas eux-mêmes sont dans les rangs de nos agresseurs. La nuit se passe à veiller.

*29 septembre.* — Le matin, je me mets en route. Les cris de guerre retentissent de nouveau : l'attaque de la veille se renouvelle. Je fais poursuivre la marche, ne m'arrêtant pour exécuter un feu de salve, que lorsque les indigènes me serrent de trop près, principalement à la traversée des ruisseaux très encaissés. Enfin, à midi, à 8 kilomètres de Bandogora, les indigènes cessent leur poursuite.

A 3 heures, je campe dans une plaine herbeuse, et le lendemain, 30 septembre, j'arrive à Bogoto, groupe Guéras important sur la Lobay, à 20 kilomètres de Bandogora. Le meilleur accueil nous est fait par les habitants. Je décide d'y rester deux jours pour laisser tout mon monde se reposer des fatigues des deux derniers jours, et obtenir des renseignements sur cette nouvelle région.

*30 septembre; 1er octobre-* — Séjour à Bogoto. — En avançant sur Bogoto, le pays change d'aspect: la plaine herbeuse succède à la forêt, passe

une série de plateaux élevés, variant de 600 à 640 mètres d'altitude, arrosés par quelques ruisseaux. La vue s'étend sur la rive gauche de la Lobay, où l'on distingue une suite de collines boisées principalement à leur sommet, et dont la direction nord-est semble indiquer la ligne de partage des eaux de ce bassin. Le groupe de Bogoto occupe une très grande superficie ; les villages qui le composent sont d'un aspect très pittoresque ; de nombreux bouquets de palmiers piqués çà et là dans l'immense plaine semblent autant d'oasis à l'ombre desquelles se groupent les cases des Guéras.

Les cases diffèrent de celles déjà vues chez les Guéras de la Bodengué : le toit, recouvert en paille, affecte une forme demi-cylindrique ; les parois, formées de troncs d'arbres, protégeant ainsi les habitants de l'attaque des fauves très nombreux dans le pays. Pour la même raison, les indigènes enferment leurs moutons et cabris dans des étables construites de la même façon. Les Guéras de Bogoto ne sont en rien différents de ceux déjà rencontrés. Dans leurs villages, j'ai rencontré beaucoup de Babingoas, ou nains chasseurs, remarqués déjà par plusieurs voyageurs dans les régions équatoriales. De mœurs absolument sauvages, ils vivent principalement dans la forêt, ne venant dans les villages que pour y échanger leurs chasses contre d'autres produits tirés des plantations, eux-mêmes n'ayant aucune culture. De petite taille (1$^{m}$,30 à 1$^{m}$,40), la tête grosse, les membres disproportionnés, leur teint est ordinairement terreux, le corps velu; ils sont d'un abord impossible et se sauvent lorsqu'ils se sentent observés.

A hauteur de Bogoto, de nouveau rapides barrent la Lobay ; le deuxième bief navigable commençant aux rapides de Bogoto et de Bongoudou, n'aurait donc qu'une longueur de 49 kilomètres (direction générale de ce bief nord-nord-ouest).

Au-dessus et jusqu'au village de Bassari, à environ 15 kilomètres, la Lobay est coupée de nombreux rapides. Au delà de Bassari, la rivière conserve la direction nord-ouest jusqu'au 5°, où elle s'infléchit à l'ouest, jusqu'au point où MM. Huot et Bernard l'ont traversée ; c'est donc bien à tort que ces messieurs l'ont rattachée à la Likouéla aux Herbes.

Cette question étant résolue, je prends la résolution de me diriger sur Carnot, pour reconnaître les limites du bassin de la Sangha et de l'Oubangui.

*2 et 3 octobre.* — Pendant ces deux jours, je traverse d'immenses plaines coupées de quelques rideaux de brousse. Sur ces plaines élevées, aucun ruisseau. Le deuxième jour, à la nuit, j'arrive à Semba, autre village Guéra distant de 37 kilomètres à l'ouest de la Lobay. Ce village, situé sur le versant d'une colline (680 mètres d'altitude), fait partie d'un centre plus important dont on aperçoit les cases s'étageant sur une autre colline (ouest), dont il est séparé par une petite rivière. la Yaya.

*4 octobre.* — Je vais camper au village de Grima, dont le chef Grima était venu me voir la veille et avait insisté pour que je m'arrête chez lui.

Ici, la disposition du village change: plus de cases isolées, mais deux lignes de cases parallèles, séparées par une espace plus ou moins large, formant cour à une extrémité ; commandant cette cour, la case de réunion, case plus ou moins ornée selon l'importance du chef, qui toujours se ménage un siège plus élevé, placé dans une sorte de niche.

Crima est un des chefs les plus remarquables que j'ai pu voir pendant mon voyage ; déjà d'un certain âge, il semble très écouté ; intelligent, il comprend facilement que son intérêt est d'écouter mes conseils ; il serait en outre désireux de voir des Européens s'établir chez lui.

*5 octobre.*—Le lendemain, Grima veut m'accompagner lui-même jusqu'au village de Camba Ouro, distant de 19 kilomètres à l'ouest, la route traversant un plateau de 750 mètres d'altitude.

A Semba les plaines cessent; de nouveau, je devais reprendre la marche en forêt qui se continue jusqu'à la M'baéré que je retraverse près du village de Samsa (nord-ouest), le 8 octobre (24 kilomètres de Camba Ouro. Depuis Camba Ouro le terrain s'abaisse progressivement jusqu'à la M'baéré, où nous ne retrouvons plus que 555 mètres d'altitude. Pendant ce parcours, j'ai visité les villages de Yaros-Bessi (Guéras).

A Samsa, la M'baéré a encore une largeur de 40 mètres sur une profondeur de $2^{m},50$ ; ses rives plus élevées ne sont marécageuses qu'en saison des pluies; plus de bancs d'herbes, cause de la coloration noirâtre de ses eaux dans son cours inférieur. Un grand pont de lianes laissant un passage aux pirogues permet de la traverser facilement.

Un peu au dessus, la M'baéré tout en conservant la direction générale nord-ouest — sud-est, fait un coude enserrant le village de Samsa. — Là se termine la région Guéra ou mieux Bouguéra (Bou signifiant pays). Indépendamment des points visités, un grand nombre de villages situés en dehors de notre route en font une région très peuplée. — Les Guéras, de mœurs douces, se soumettraient très rapidement à notre influence. — Les relations très suivies que les villages entretiennent entre eux faciliteraient les transactions. Leur pays se partage en deux parties : l'une, les hauts plateaux, aux grandes plaines herbeuses, du côté de la Lobay ; l'autre, vers la M'baéré toute en forêts coupées de clairières ; — dans la première, des éléphants ; dans la seconde, du caoutchouc. Chaque village s'attache un certain nombre de Bobingas chasseurs.

Dans les plantations, le bananier, si abondant chez les Bondjos, disparaît presque complètement pour faire place au manioc ; comme plantes oléagineuses, le sésame et les arachides remplacent depuis Bogoto le palmier qui a disparu également.

A ma grande surprise, les indigènes purent se faire comprendre de mes hommes, en employant quelques mots bengala répandus depuis la Bodengué, et aussi en causant le dialecte des Bondjos de Bangui.

*10 octobre.* — Après un jour passé à la reconnaissance de la M'baéré (9 octobre), je quitte Samsa, me dirigeant à l'ouest, vers le village M'bago (18 kil. 500), traversant Makoundja, dernier groupe Guéra sur la rive droite de la M'baéré.

Les indigènes de M'bago, les N'Drys-Kara ou N'Drys de la montagne, portent les mêmes ornements que les N'Drys de l'Oubangui, dont ils parlent la langue. Dès l'enfance, ils se percent les narines pour y placer deux clous ou morceaux de bois de 5 à 6 centimètres de longueur. Leurs cheveux, augmentés d'herbes sèches, sont tressés en une multitude de petites tresses formant un bandeau très épais, rigide, leur enserrant le front. Peu ou pas de tatouages ; le corps soigneusement huilé est bien proportionné ; de caractère très doux, il vous font le meilleur accueil.

La route traverse la forêt qui se continue jusqu'à Baoui (12 octobre), autre village N'Drys à 18 kilomètres au sud-ouest et près de la ligne de faîte des bassins de la Sangha et de l'Oubangui.

De la M'baéré, le terrain se relève de nouveau par une suite de collines pour arriver à la séparation des deux bassins, à une altitude de 740 mètres.

*13 octobre.* — En quittant Baoui, je ne tarde pas à trouver les ruisseaux Landia et Mondobo, qui forment la Poto, affluent de la Ouado, qui se jette elle-même dans la Sangha. Le soir, coucher à Vreba (N'Drys), cette fois sur le versant de Sangha, où l'on arrive par une suite de collines qui vont en s'abaissant jusqu'à Bamara, gros village Yangueré, installé à 1 kilomètre de la grande rivière (420 mètres d'altitude), et où j'arrivais le 15 octobre.

La route suivie traverse de nombreux villages, dont les plus importants sont ceux de Congo, Babonga, Coroba et Fabéré. En s'approchant de la Sangha, le pays change d'aspect ; la forêt s'éclaircit, pour faire place à la plaine herbeuse. De nombreux borassus apparaissent. Près des villages, la présence de papayers et d'ananas indique la proximité de postes européens. La population elle-même change ; aux N'Drys succèdent les Yanguérés, dont les cases à toits coniques posés sur un soubassement de 1 mètre de hauteur, fait de rondins de bois ou de terre, sont groupées au nombre de 5 ou 6 au milieu des plantations de manioc qui est toujours la base de la nourriture indigène de cette région.

J'ai constaté cependant quelques essais de mil introduit très probablement par les Haoussas dont l'influence se fait sentir dans cette région. Dans beaucoup de villages, les chefs portent le costumes et les ornements haoussas.

De Bamara à Carnot (appelé Mambéré par les indigènes), le sentier élargi forme une route très praticable.

J'arrive le 18 octobre chez le chef Coumbé dont le village (37 kilomètres de Bamara) est construit sur une colline au nord-ouest. — A 8 kilomètres à l'est coule la M'baéré qui n'est autre que la Mbéri ou Bali, traversée par MM. Huot et Bernard, à 20 kilomètres au nord-ouest, et annoncée par eux comme un affluent de la Sangha.

De Combé à Carnot, je suis une ligne non interrrompue de collines séparant le bassin de la Sangha de celui de la M'baéré.

Le 21 octobre, j'arrive au poste de Carnot, situé sur un plateau séparant ces deux rivières.

L'accueil le plus cordial m'y est fait par mon camarade Dat, commandant la région de la Haute Sangha et par son adjoint M. Petit, qui, par leur empressement, me firent oublier les fatigues de la route.

## DE CARNOT A BANGUI.

Après un repos absolument nécessaire à tous, le 28 octobre au matin, je reprenais la route de Bangui. Mon intention première était de rejoindre la M'baéré pour en reconnaître le cours à cette hauteur; mais ce projet ne put être mis à exécution, par suite de nombreux marais qui, en cette saison, coupent la route, augmentant les difficultés et retardant la marche. — Force me fut donc de reprendre mon premier itinéraire jusqu'au village de Bamara, où j'arrivais le 2 novembre.

*3 novembre.* — Le lendemain, départ pour Patta (sud); la route traverse quelques ruisseaux se jetant dans la Gondo, que je rejoins à 8 kilomètres de Bamara. Cette rivière vient du nord-est et va au sud-ouest : elle peut avoir 20 mètres de large sur $1^{m},50$ de profondeur. — A 4 kilomètres de là, je traverse une autre rivière assez importante, la Ouado, affluent de la Sangha nord-est — sud-ouest. Sur la rive opposée, traversé le village de Couta, composé de plusieurs groupes de cases occupant une grande plaine d'où l'on a une vue très étendue sur le bassin de la Sangha. A $1^{km},25$, j'étais au village de Patta.

*4 novembre.* — Couché dans le grand village de Bjeka ; de ce village part une route allant à Bania (15 kilomètres à l'ouest).

*5 novembre.* — Je me dirige vers Boukourou (nord-est) et le lendemain, j'arrivais à Boussa (Boumbouna), centre très important situé à 31 kilomètres de Bania. Les habitants Yanguérés Boumbona, grands chasseurs, exploitent la grande forêt qui s'étend sur une largeur de 50 kilomètres, occupant la ligne de faîte séparant le bassin de la Sangha de celui de l'Oubangui.

De Bouma partent trois routes allant vers l'est, sur Yamandou, Doucoumjia, et Camba Ouro, gros villages N'Drys-Kara, installés sur la rive gauche

de la Loukoï, qui vient du nord-est coulant vers le sud-ouest pour se jèter dans la Bodengué près du village d'Itamba. L'intérêt présenté par ces villages me décide à prendre la route de Yamamdou (8 novembre).

La traversée de la forêt est rendue très pénible par suite du manque d'eau, n'ayant pour toute ressource que la liane à eau, qui heureusement existe dans cette région.

Dans l'après-midi du deuxième jour, j'arrive enfin à la Soukoï, qui coule entre deux collines assez élevées. Sur la rive gauche s'échelonnent les villages situés plus haut et dont l'importance comme population peut être évaluée à quinze mille habitants, répartis en soixante-quatre groupes sur un espace de 30 kilomètres, distance séparant Yamandou de Camba Ouro. A mi-chemin, le gros centre de Ducamjia attire mon attention par l'accueil hospitalier qui m'est fait par le chef, qui, le lendemain me conduit à Camba-Ouro (12 novembre).

*12 novembre.* — Camba-Ouro, reconnu comme chef principal des N'Drys Kara de cette région, possède une réelle influence sur les indigènes, qui, très doux, sont très disposés à accueillir favorablement les Européens. La proximité des postes de la Sangha ayant créé de nombreux rapports entre ces derniers et eux par l'intermédiaire des Haoussas, qui n'hésitent pas à s'enfoncer à de grandes distances dans l'intérieur pour y commercer. — A 4 kilomètres de Camba-Ouro, se trouve le village d'Itamba sur la rive droite de la Bodengué, qui prendrait ses sources à l'ouest chez les Boucongos, près de Boussa, et se jette à l'est dans la M'baéré, au village de Bocombo. Cette rivière d'une largeur moyenne de 40 mètres, a de 2 à 3 mètres de profondeur. Les rives très basses, sont inondées sur une grande largeur et offrent le même aspect que le cours intérieur de la M'baéré, à laquelle d'ailleurs les indigènes conservent le nom de Bodengué, reconnaissant cependant que la M'baéré par son importance est le principal des deux cours d'eau.

*13 novembre.* — La traversée de la Bodengué, qui s'effectue un peu en aval d'Itamba, ne se fait pas sans grandes difficultés. Son lit, obstrué d'herbes (cause probable de la coloration noire des eaux), ses rives très marécageuses encombrées de palmiers et de lianes que je suis obligé de couper, aucun chemin n'existant le long de la rive, les indigènes ne se servant que de la pirogue, retardent considérablement ma marche.

*14 novembre.* — Voulant reconnaître l'importance du bassin de la Bodengué (rive droite), je pris comme objectif le gros village de Berra N'Djoko, porté sur la carte Hansen près de la rivière Mokabi, affluent de la Likonéla.

Deux jours de marche à travers la grande forêt me conduisent à Berra N'Djoko.

*15 novembre.* — Ce village est très important ; ses habitants sont Kakas (Boukakas). Cette population présente beaucoup d'analogie avec les N'Drys, quoique souvent divisés par des palabres entraînant des guerres. Cette population s'étend principalement à l'ouest jusque sur les rives de la Sangha.

Le village de Berra N'Djoko, est construit sur un plateau au confluent de la Libasse, ruisseau de peu d'importance, et de la Mokabi, qui n'est autre que l'Ibenga, formé à deux kilomètres au nord-ouest par la réunion de plusieurs ruisseaux herbeux (les eaux sont noires) ; elle commence à être navigable en cet endroit, ayant dès son origine une largeur de 30 mètres et $2^{m},50$ de profondeur.

Les groupes nombreux formant le village de Berra N'Djoko, s'échelonnent sur la rive gauche de l'Ibenga, jusqu'à la rivière Bangui, gros affluent de la précédente, formée par les ruisseaux Balondo, Bail et N'Caisengui (affluent de droite), que j'avais traversé précédemment avant Berra N'Djoko. La Bangui, à l'endroit où je l'ai traversée près du village Bokoro (Kakas), vient de l'est et se dirige vers le sud-ouest ; elle se divise en deux branches, dont la plus importante peut avoir 15 mètres de large sur $1^{m},50$ de profondeur ; ses rives sont très marécageuses.

*16 novembre.* — Couché au village de M'Cakouba (Kakas).

*17 novembre.* — Certain que la Mokabi n'était autre que l'Ibenga, il me restait à reconnaître au nord-est et à l'est la limite des bassins. De nouveau je m'engageai dans la forêt.

Le 18, reconnu et traversé les ruisseaux Mouta et Mogobo, qui forment la Mori, affluent de l'Ibenga, et qui, à l'endroit où je la traverse, a 18 mètres de large sur $0^{m}$, 60 de profondeur. Sa direction est nord-sud.

*19 novembre.* — Traversé la rivière Lélé ou Sangha, qui va à l'Ibenga.

*21 novembre.* — Passé la ligne de faîte des bassins toujours dans la forêt, et le lendemain, j'arrivais près du confluent de la M'baéré et de la Lobay, rejoignant mon premier itinéraire, et ne conservant plus de doutes sur le cours de la Bodengué et de la M'baéré.

J'arrivais à Soko sans encombre le 28. — A ce point, je voulais traverser la Lobay me dirigeant sur Bangui en reconnaissant les villages Backi-Bouchia et longer l'Oubangui. Il me fut impossible d'aller au delà de Bouchia. Cette contrée est très marécageuse, surtout en cette saison : les indigènes eux-mêmes restent enfermés dans leurs villages, ne conservant que quelques relations avec les villages riverains de la Lobay.

Je fus donc obligé de redescendre la Lobay jusqu'à l'Oubangui où j'arrivais le 5 décembre et le 8 à Bangui.

*Conséquences du voyage au point de vue administratif et commercial.*

Ce voyage peut être fécond en résultats, les divers régions traversées étant jusqu'alors inconnues ; les populations elles-mêmes ignorent, sinon la présence de blancs, du moins le but humanitaire qui nous incombe. Au premier abord, les différentes races présentent des caractères distincts.

Si nous partons de l'Oubangui, nous rencontrons les Bondjos, peuple farouche, hostile à toute idée de civilisation, refusant tout travail et préférant vivre dans l'intérieur plutôt que de laisser des relations s'établir entre lui et les Blancs. A force de patience et d'énergie, l'on a pu obtenir quelques résultats sur les villages riverains ; mais ces deux forces se brisent devant la sauvagerie des Bondjos de l'intérieur.

Il faudrait certainement beaucoup de temps et un déploiement de forces pour soumettre à notre autorité ces indigènes, qui ne redoutent que la violence, passent leur vie en luttes continuelles, ce qui empêche les relations entre villages, et, par conséquent, tout commerce.

Au delà de la M'baéré, en laissant de côté les quelques villages Bagbayos, l'on trouve les Guerras et les N'Drys de mœurs plus douces et plus disposés au travail.

Ces populations se ressentent de l'occupation de la Sangha, dont ils sont éloignés cependant, mais pas assez néanmoins pour n'avoir pas eu connaissance de notre force.

Depuis plusieurs années, les Haoussas parcourant le pays, y ont créé un mouvement commercial qui ne peut qu'augmenter par une occupation effective.

Peut-être amenés par l'exemple de leurs voisins du Nord, les Bondjos, comprenant enfin leurs intérêts, se mettront-ils au travail, récompensant ainsi les efforts constants de l'Administration et des sociétés concessionnaires.

*Conséquences du voyage au point de vue géographique.*

Au point de vue géographique, plusieurs points sont éclairés :

1° La Lobay, affluent de l'Oubangui, n'est autre que cette fameuse Dali, qui, sur la carte Hansen, se confond avec la Likouèla aux Herbes. De plus, la distance à laquelle l'on a porté le cours de la Bali doit être sensiblement rapprochée de la Sangha, MM. Bernard et Huot ayant traversé cette Bali à environ 40 kilomètres de Carnot.

2° Le cours de la M'baéré a été reconnu, et cette rivière, contrairement à ce qu'a dit M. Bernard, est un affluent de la Lobay et non de la Sangha.

3° J'ai reconnu le cours de la Bodengué, portée sur Hansen, comme coulant beaucoup plus au sud-ouest.

La Bodengué est un affluent de droite de la M'Baéré et fait partie du bassin de la Lobay.

4° Enfin, ayant reconnu les sources de l'Ibenga, je puis affirmer que la Mokabi n'est autre chose que l'Ibenga. Les indigènes donnent indifféremment les deux noms de Mokabi ou Ibenga à cette rivière, et il était particulièrement utile de s'assurer de cela, les appellations données soit aux fleuves, soit aux villages, variant toujours, étant donnée la diversité des races indigènes parcourant ces pays.

Ainsi, dans ce voyage il m'a été permis, en reliant les deux régions de la Haute-Sangha et de Bangui, de me rendre compte de l'hydrographie de ces contrées, et des mœurs et coutumes des populations qui habitent l'intérieur de cette région jusqu'alors inconnue.

---

# M. le Commandant LEMAIRE

---

## LA REPRÉSENTATION DE LA TERRE ET DU CIEL PAR DES SPHÈRES [912]

---

*— Séance du 11 août —*

L'Exposition organisée à Anvers en mai 1902 renfermait plus de sept cents numéros. Les géographes ont pu y retrouver leur maître, Elisée Reclus, revenu à la grande idée de Mercator : la représentation de la terre et du ciel par des sphères, non plus par des plans.

A trois cent cinquante ans d'intervalle, les deux plus éminents géographes des deux époques se trouvent dans la même conception, dont on nous permettra de dire quelques mots.

On sait qu'aucune méthode de projection cartographique ne peut éviter les erreurs de longueur, d'angle ou de surface; en d'autres termes chaque projection ne conserve intactes certaines données d'une partie de la terre qu'à la condition d'en déformer certaines autres; de sorte qu'en utilisant les diverses méthodes de projections sur plan, on crée des représentations en partie illusoires, et, ce qui est grave, on prend l'habitude de rester indifférent à la vue de ces diverses illusions.

En second lieu, si l'on veut habituer l'esprit humain à la vérité, il est bien certain que les représentations de la terre doivent avoir un caractère d'unité que l'on chercherait en vain dans aucun atlas actuel; car, si l'on par-

court un tel atlas, on y rencontre jusqu'à plus de trente échelles différentes; selon qu'un atlas est édité en Belgique, en France, en Allemagne... le pays national y est représenté à grande échelle, les voisins à échelle moindre, les éloignés à échelle très réduite, d'aucuns pas du tout.

Et ainsi l'habitude, prise par chacun de nous, d'étudier notre pays sur des cartes détaillées, et les pays éloignés sur des cartes générales sommaires, entretient chez l'étudiant des illusions dont le savant lui-même ne parvient pas à se défaire.

Il faut donc exiger des atlas à échelle unique, grâce auxquels aucune méprise n'est possible : d'emblée la comparaison des superficies des surfaces terrestres se fait dans l'esprit avec une précision suffisante.

Ces considérations, dictées par le *respect absolu de la vérité* (en dehors duquel il n'est pas de salut), ont amené Élisée Reclus à concevoir d'abord, à faire réaliser ensuite, un procédé nouveau de construction de globes terrestres et célestes, de cartes globulaires, de reliefs topographiques et de cartes murales dont les spécimens figurent à Anvers.

Ce procédé nouveau permet de construire les globes à toutes les échelles, imprimées en couleur sur feuilles de métal. Il présente les avantages suivants :

L'exactitude mathématique de la sphéricité voulue, et de l'aplatissement aux pôles quand l'échelle le fait apparaître; le raccord parfait des joints; la rigidité et la dureté des sphères métalliques éliminent enfin les erreurs inséparables du collage de papiers imprimés, et aussi les inconvénients qui résultent de la construction des globes dans la pratique suivie jusqu'ici.

Dans l'impression sur métal, la beauté des tons, le repérage rigoureux et l'inaltérabilité des couleurs, imprimées en aussi grand nombre que l'on voudra, assurent à ces nouveaux globes un avantage marqué sur les globes actuels; de plus, les nouveaux globes ont un poids moindre que les actuels.

Enfin, un mérite, qui est pratiquement capital, est que, commercialement, le prix en est inférieur à celui des globes construits par les procédés actuellement en usage.

On objectera immédiatement qu'au delà d'une certaine échelle les globes deviennent trop encombrants et qu'il faut donc, pour éviter cet inconvénient, recourir aux cartes planes, ainsi qu'il a été fait jusqu'ici.

Mais le prestige de la durée et de l'emploi général ne peut suffire à faire d'un contre sens une vérité, et d'une erreur un dogme *ne varietur*.

Ce qui est vrai, c'est que l'inconvénient dont nous venons de parler devait être résolu sans abandonner aucun des avantages géographiques des globes.

Élisée Reclus y arrive simplement, et jamais on ne dira assez combien l'absolue vérité est dans l'absolue simplicité. Élisée Reclus, disons-nous,

résout simplement le problème en découpant sur la sphère des calottes qu'il dénomme cartes globulaires, et qui sont autant de disques, *à courbure identique* pour un même atlas, ce qui, outre les avantages de vérité dont nous avons déjà parlé, permet l'emboîtement des disques les uns au-dessus des autres, ce qui supprime l'encombrement des sphères à grande échelle.

Au cinq-millionième (1/5.000.000) par exemple, l'Europe serait complète en dix cartes globulaires disposées dans un encadrement d'environ 47 centimètres de côté.

Au dix-millionième (1/10.000.000) la Terre entière exigerait trente-six disques analogues superposables.

Ces échelles sont supérieures à celles que l'on emploie d'habitude pour l'Europe et les différentes parties de la Terre. Par ces cartes globulaires, sur métal imprimé, les avantages géographiques du globe, débité pour ainsi dire par morceaux, sont exactement les mêmes que ceux du globe vu en entier, savoir :

1° La courbure exactement la même que celle d'un globe à l'échelle adoptée ;

2° La possibilité d'imprimer sur métal un grand nombre de couleurs d'un repérage absolu ;

3° Le poids relativement faible suivant le métal employé.

A tous points de vue, ces avantages excluent la comparaison avec les cartes sur papier.

Quant aux cartes célestes, on sait que les cartes planes du ciel, en projection zénithale, donnent une perspective fuyante ; pour ce qui est des globes étoilés ils sont en contradiction absolue avec la réalité, car ils supposent l'observateur en dehors de la sphère céleste.

Tout cela est évité dans la carte astronomique, sur métal imprimé, formée de disques concaves, fournissant précisément l'aspect sous lequel nous apparaît l'hémisphère étoilé ; c'est-à-dire que l'impression de vérité qui ressort de cette représentation est égale à celle que nous donnent les cartes globulaires en géographie.

M. le Comte J. de l'ESTOILE

à Foix.

## LES MINES DE L'ARIÈGE [622:44.88]

*— Séance du 11 août —*

Dans cette partie, je ne m'attacherai pas à passer en revue tous les gisements exploités ou connus, ce travail de compilation n'offrirait qu'une énumération monotone, je signalerai les plus connus et montrerai leur caractéristique personnelle.

Pour l'énumération complète, voir les ouvrages de MM. Diétrich, 1787; François, 1843; Mussy, 1870; de Lacvivier, 1890; Mettrier, 1893; Caralp, 1900; d'Ussel, 1902.

J'indiquerai toujours la formation géologique dans laquelle se trouve l'élément étudié, sans cependant essayer d'en tirer une conclusion possible, car, jusqu'à présent, la place des gisements échappe à toute loi bien connue. On peut cependant penser, avec M. Vieira, que l'immense majorité des gisements et tous les plus importants, compris dans les terrains de transition, sont essentiellement subordonnés à la manière d'être des formations géologiques. Ils se composent d'amas en grains de chapelet, dont les dimensions et la convexité varient à l'infini. L'ensemble des amas qui composent chaque gîte et chacun des amas d'une façon plus caractéristique encore sont dirigés dans le plan même de la stratification et fréquemment au contact de deux terrains différents; quelques-uns sont, sans aucun doute, des couches interstratifiées; les autres sont rangés dans la catégorie des filons-couches sans qu'on sache s'ils ont été formés par des sources contemporaines de sédimentation générale ou par le remplissage filonien de cassures qui auraient adopté le plan même des strates, ou encore par une imprégnation et une transformation postérieure de certains bancs, c'est-à-dire par un phénomène métamorphique.

Quoi qu'il en soit, leur allure souvent irrégulière en grains de chapelet, qu'aucun indice ne réunit, et la dissémination du minerai dans la roche en rendent la recherche assez difficile et rarement encourageante.

Nous étudierons séparément les différents produits en parcourant la région de l'est à l'ouest.

Les mines de l'Ariège semblent avoir été exploitées dès les temps les plus reculés; de très vieux et nombreux travaux en font foi.

Les Gaulois, les Romains, le moyen âge surent profiter des richesses minières de l'Ariège et les recherches furent fréquentes jusqu'à la Renaissance; à partir de ce moment, tout paraît avoir été abandonné (on en ignore le motif).

Ce n'est qu'à la fin du XVIII^e^ siècle que l'on voit revenir en faveur les produits ariégois. De cette époque jusqu'en 1820 nouvel arrêt, historiquement explicable, dans l'exploitation.

A partir de cette dernière date, l'activité est revenue,et, grâce aux chemins de fer, l'industrie minière devient plus considérable.

## CHAPITRE PREMIER

### LE CHARBON

Le charbon n'est abondant sous aucune forme dans l'Ariège et ce court aperçu n'a d'autre mérite que celui d'un résumé historique des nombreuses recherches faites pour trouver ce puissant auxiliaire de l'industrie. La tradition indique que vers 1600, dans les environs de La Bastide-de-Peyrat, de nombreux ouvriers exploitaient des mines de Jayet. Les travaux semblent n'avoir pas été poursuivis jusqu'en 1815, où, à Gabre (près La Bastide-de-Sérou), on signale quelques traces de lignites.

De 1820 à 1825, les recherches eurent peu de succès, à Labarre, Vernajoul, au Baulou, près de Foix, ensuite à Rimont et Lescure, près de Saint-Girons.

En 1840, on signale de nouveau de la lignite à l'Herm, mais elle donne les résultats suivants :

| | |
|---|---|
| Cendre. . . . . | 6 |
| Charbon. . . . . | 44 |
| Matières volatiles. . . . . | 50 |
| TOTAL. . . . . | 100 |

Vers 1860, nouveaux travaux à Rimont, en dernier lieu, vers 1880, à Seigne et Plagne (près-le Mas-d'Azil).

Voici l'analyse des échantillons :

| | |
|---|---|
| Cendre. . . . . | 4,80 |
| Charbon . . . . . | 53,70 |
| Matières volatiles. . . . . | 41,50 |

Depuis, aucune recherche n'a donné des résultats satisfaisants, l'Ariège doit se contenter de sa houille blanche, et demander aux départements voisins le charbon nécessaire pour son industrie.

## CHAPITRE II

### LES MINERAIS DE FER

Le minerai de fer se présente sous plusieurs formes différentes; les principales sont:

Le fer oligiste, le carbonate de fer, oxyde et hydroxyde de fer, les pyrites de fer et le fer magnétique.

Les gisements sont excessivement nombreux ; peu sont exploités et se trouvent souvent à des altitudes considérables qui rendent l'exploitation difficile et par là coûteuse.

Nous allons étudier ceux qui paraissent les plus intéressants et ne donnerons l'analyse que des minerais que nous-mêmes avons rapportés. Toutes les analyses dont il va être question ont été faites dans les laboratoires de la Société Métallurgique de l'Ariège, mis gracieusement à notre disposition par son directeur.

1° *Puymorens.* — Bien que cette mine ne soit plus en exploitation nous ne pouvons nous empêcher d'en dire quelques mots, car ses minerais ont pendant longtemps alimenté les hauts fourneaux de Tarascon-sur-Ariège.

Appartenant à un propriétaire espagnol, la mine qui se trouve à une grande altitude, plus de 1.900 mètres, avait été louée par la Société métallurgique de l'Ariège. Le minerai était chargé sur des wagonnets, qui, par un plan incliné le conduisaient jusqu'à la route au nord du col de même nom. Là des charrettes le transportaient en gare d'Ax; la voie ferrée le déposait à la station de Tarascon, il fallait encore un nouveau transbordement avant d'arriver aux hauts-fourneaux.

Le prix de revient était élevé, de plus, à cause des neiges on ne pouvait travailler que de juin à octobre. Chaque année de grosses réparations après l'hiver étaient nécessaires pour rétablir le plan incliné, profondément disloqué.

Toutes ces raisons ont amené l'abandon de Puymorens.

| | |
|---|---|
| Perte au feu | 3,70 |
| Silice | 13,60 |
| Alumine | 3,18 |
| Chaux | 0,30 |
| Peroxyde de fer | 77,14 |
| Oxyde rouge de manganèse | 1,60 |
| Soufre | 0,13 |
| Acide phosphorique | 0,11 |
| TOTAUX | 99,76 |
| Fer (métal) | 54,00 |

2° A Bouthadiol, dans le Quérigut, à Lasur et Albiès près de Luzenac, on trouve du fer oligiste, qui est connu depuis longtemps, les travaux de Bouthadiol datent de 1840 et depuis 1864 Lasur et Albiès sont exploités.

Bouthadiol a été abandonné à cause du prix de revient du transport, tandis que la proximité de Lasur et d'Albiès rendent le minerai d'un prix de revient très abordable, d'autant plus qu'à l'analyse il donne de très bons résultats.

Les gisements reposent sur un sol granitique, pegmatite et quartz.

| | |
|---|---|
| Perte au feu | 0,60 |
| Silice | 3,90 |
| Alumine | 0,56 |
| Chaux | 0,70 |
| Peroxyde de fer | 93,94 |
| Acide phosphorique | 0,19 |
| Totaux | 99,89 |
| Fer (métal) | 65,76 |

Le filon a une puissance de 2 mètres, avec toit cristallin, rougeâtre et siliceux; son mur est simplement calcaire. Il est dirigé-ouest 50 degrés nord avec plongement de 50 degrés.

3° Nous citerons simplement pour mémoire, Château-Verdun, Larnat, Miglos riches en minerai qui, bordant le Pech des Cabannes, se trouvent dans des terrains schisteux siluriens.

4° *Le Rancié* près Vicdessos, présente une particularité industrielle qui mérite d'être signalée : « La mine appartient aux mineurs. »

En 1293, le comte de Foix Roger-Bernard « a donné à tous et à chascun des hasbitans de la vallée de Los » la plaine et libre puissance de faire du fer et de couper du bois pour en faire du charbon.

Jusqu'en 1802, tout le Rancié n'était qu'éboulis et fondrières, une direction ferme manquant à cette exploitation.

La mine, appartenant aux huit communes de la vallée de Vicdessos, est dotée, depuis une loi du 15 février 1893 et d'un règlement d'administration publique du 24 avril de la même année, d'un Conseil d'administration présidé par un ingénieur des mines au corps de l'État, capable de diriger une exploitation rationnelle et d'apporter une amélioration notable au sort des ouvriers.

Ce Conseil d'administration est composé par des ouvriers élus par les communes, ils prennent le nom de Jurat.

Le Rancié se compose d'une série d'amas disposés en grains de chapelet peu ou point reliés entre eux. Ces amas sont enfermés dans des calcaires siluriens.

La direction du filon est variable et irrégulière, elle oscille de l'est à l'ouest.

Trois galeries superposées sont en exploitation, le Becquey, au-dessous la Sainte-Barbe ensuite la République. Le minerai est transporté, à dos de mulets et surtout d'ânes, du Becquey et de Sainte-Barbe jusqu'à la République et chargé sur wagonnets. Les véhicules conduisent ces oxydes de fer jusqu'au rocher de Gabre qui domine la route. A partir de cet endroit le tout est descendu sur la route par un câble installé en 1900, qui décharge directement ses fardeaux sur les charrettes.

La quantité de manganèse contenue par le minerai le rend très en faveur dans la métallurgie.

ANALYSE DU MINERAI

*Analyse faite sur la matière desséchée à 100° (corps dosés).*

| | |
|---|---|
| Perte au feu | 11,00 |
| Silice | 9,70 |
| Alumine | 2,82 |
| Chaux | 0,90 |
| Magnésie | 0,18 |
| Peroxyde de fer | 69,98 |
| Oxyde rouge de manganèse | 5,00 |
| Soufre | 0,36 |
| Acide phosphorique | 0,050 |
| TOTAUX | 99,990 |
| Fer (métal) | 48,99 |
| Manganèse (métal) | 3,60 |

5° *Gourbit et Rabat.* — Ces deux mines situées dans la vallée de Saurat semblent commencer une carrière longue et honorable.

Placées à proximité de Tarascon, sur le versant qui domine la route de Tarascon à Manat par le col de Port, elles vont fournir à bon marché leurs richesses aux hauts-fourneaux voisins et leur offrir un fer oligiste placé sur un terrain appartenant à la bande crétacé inférieur. Les gisements sont considérables et l'analyse donne les résultats suivants :

| Corps dosés | Rabat | Gourbit |
|---|---|---|
| Fer (métal) | 50,51 | 66,64 |
| Manganèse (métal) | traces | traces |
| Soufre | 2,79 | 0,36 |
| Phosphore | 0,072 | 0,005 |

La Société des Mines Françaises de l'Ariège installe un câble descen-

dant le minerai de Rabat, d'une altitude variant de 820 mètres à 930 mètres, qui va fonctionner dès les premiers jours de septembre 1902.

Comme le Rancié, Rabat possède trois galeries d'exploitation : la plus élevée se trouve à une altitude de 930 mètres, la plus basse de 800 mètres; des wagonnets sur rails relient ces trois zones d'exploitation de façon que le minerai soit collationné à l'entrée de la galerie inférieure. Le câble commence à cet endroit pour se dérouler sur une longueur de 1.260 mètres et déposer ses fardeaux à la cote 480; il est en même temps porteur et tracteur et repose sur 5 pylones, dont deux en fer qui sont très importants (l'un a 26 mètres de hauteur, le second 30 mètres); les trois autres sont en bois.

La plus grande amplitude du câble est de 640 mètres. Il charge directement sur les voitures. La proximité de Tarascon donne une grande importance à cette exploitation toute nouvelle, dont, d'ailleurs, le minerai est très bon marché ; il coûte, rendu à Tarascon, 3 fr. 50 c. la tonne.

7° *Ferrières.*— Anciennes exploitations aujourd'hui abandonnées; recherches très difficiles, car le filon présente de fréquentes et longues interruptions ; beaucoup de fer carbonaté presque complètement décomposé.

8° *La Bastide-de-Sérou.*— Divers gisements sont signalés à La Bastide-de-Sérou, principalement les mines de Tarol :

| | |
|---|---|
| Fer (métal) | 51,52 |
| Manganèse (métal) | 1,37 |
| Soufre | 0,12 |
| Phosphore | 1,72 |

A Massat aussi on en signale, à Lacourt, près de Saint-Girons. Lacourt fournit des pyrites de fer et donne les résultats suivants:

| | |
|---|---|
| Protoxyde de fer | 40,43 |
| Sulfure de fer | 55,27 |
| Gangue | 4,40 |
| Au total: Fer (métal) | 57,24 |

9° En dernier lieu, nous dirons quelques mots de Rivernert.

*Rivernert* présente un gisement très abondant compris entre les schistes qui forment le mur et le calcaire qui est le toit.

Les schistes sont siluriens et les calcaires dévoniens.

Un ligne ferrée à voie étroite, construite aux frais de la Société des Mines Françaises, va réunir Rivernert à Saint-Girons, séparés par une distance de 9 kilomètres seulement ; elle permettra d'expédier à très bon

compte le minerai composé de fer oxydulé magnétique et de fer carbonaté.

Voici, d'ailleurs, l'analyse:

| | |
|---|---|
| Perte au feu | 4,50 |
| Silice | 22,20 |
| Alumine | 6,45 |
| Chaux | 2,60 |
| Magnésie | 3,26 |
| Peroxyde de fer | 57,98 |
| Oxyde rouge de manganèse | 2,10 |
| Soufre | 0,36 |
| Acide phosphorique | 0,17 |
| TOTAUX | 99,62 |

| | |
|---|---|
| Fer (métal) | 210,59 |
| Manganèse (métal) | 1,51 |
| Soufre | 0,36 |
| Phosphore | 0,075 |

La puissance du filon est considérable, surtout dans la partie supérieure; elle varie de 12 mètres à 16 mètres.

En 1864 la tonne en gare de Saint-Girons valait 8 francs; en 1893, M. Mettrier l'évalue à 11 francs, à cause de l'augmentation du prix de la main-d'œuvre; actuellement, on va pouvoir le livrer sur wagon en gare à 4 francs la tonne, grâce au Decauville dont nous avons déjà parlé.

## CHAPITRE III

### MANGANÈSE, PLOMB, PLOMB ARGENTIFÈRE, BLENDE, CUIVRE, OR

1° Le manganèse ne paraît pas être très abondant dans l'Ariège; néanmoins, on en connaît plusieurs gîtes et on en trouve de nouveaux.

Le plus récemment découvert, en quantité importante, se trouve près de Massat. (Je n'en ai pas encore l'analyse. Il va être exploité d'ici peu par la Société des Mines Françaises de l'Ariège). Notons en passant que le minerai de manganèse est très supérieur à celui de la Haute-Garonne.

Le manganèse de Las Cabesse, exploité par la Société Las Cabesses Mining's et C^ie^, se trouvait près de Riverenert.

En voici l'analyse:

| | |
|---|---|
| Fer (métal) | 2,22 |
| Manganèse (métal) | 50,40 |
| Soufre | 0,22 |
| Phosphore | 0,054 |

Les mines sont abandonnées jusqu'à ce que de nouvelles fouilles amènent la découverte d'un nouveau filon.

Le *Plomb* se trouve à profusion dans le bassin du Salat et est très rare dans la vallée de l'Ariège.

Il se présente sous la forme de galène et contient toujours une petite quantité d'argent.

*Argent.* — Dans le cas où l'argent est un peu plus abondant, le plomb prend le nom de plomb argentifère.

Ces minerais se trouvent, soit dans la zone silurienne, comme à Château-Verdun, Aulus, Ustou, soit dans la première zone dévonienne. La Société des Mines Françaises et la Société Simon sont les seules à s'occuper de l'extraction du plomb dans l'Ariège. Cette exploitation, bien que très coûteuse, paraît devoir prospérer,

Le *zinc*, que l'on trouve dans un minerai appelé Blende, se rencontre surtout vers la haute vallée de la Garonne, et ne s'exploite guère qu'à Sentein pour ce qui concerne l'Ariège. Le gisement a un toit de schistes argileux et pyriteux et le mur est en calcaire gris.

C'est, de l'avis de M. Mettrier, un gîte interstratifié avec les phénomènes de dissolution des épontes solubles, qui caractérisent les gisements d'incrustation.

Voici les résultats donnés par les minerais de Sentein :

| | |
|---|---|
| Silice | 9,60 |
| Fer | 11,90 |
| Soufre | 25,18 |
| Plomb | 5,71 |
| Zinc | 37,28 |

Le minerai est réduit dans un bocard qui se trouve 1.100 mètres plus bas que la mine. Depuis 1879, on a installé un câble aérien formé de cinq travées d'une longueur totale de 2.800 mètre, et dont la plus considérable a près de 1.000 mètres. Le câble porteur a 45 millimètres et le câble guide 15 millimètres de diamètre. Le transbordement entre les bennes se fait par wagonnets à chaque station.

Le prix de transport de la mine au bocard, relié à Saint-Girons par une route de 28 kilomètres, a été ainsi abaissé à 1 franc la tonne.

Le *cuivre* est rencontré à l'état de pyrite de fer cuivreuse ou de cuivre gris. Les filons se trouvent généralement au milieu des couches de transition et du trias. Il y en a près de Vicdessos, à La Bastide-de-Sérou et à Seix, près d'Oust.

Voilà les résultats donnés par l'analyse :

12 0/0 de cuivre.

*Or*. — C'est bien à tort, du moins jusqu'à présent, que l'on a pu croire à la grande quantité d'or répandue dans l'Ariège. Aucun pailleteur n'a fait fortune; cette industrie a même complètement disparu, preuve évidente de la rareté des pépites.

Les formations tertiaires et quaternaires qui affleurent sur les bords de l'Ariège sont aurifères entre Crampagna et Saverdun.

On y trouve des paillettes dont quelques-unes ont un poids de 16 grammes et une valeur de 50 francs. Il n'est pas étonnant d'en rencontrer aussi dans le quartz et le fer magnétique. Il y en a vers le Mas-d'Azil sur l'Arize et dans le cours inférieur du Salat.

## CHAPITRE IV

### AUTRES PRODUITS MINIERS DE L'ARIÈGE

L'Ariège possède nombre d'autres produits en plus ou moins grande quantité.

En premier lieu, nous citerons d'abord :

La *bauxite*, qui n'est pas encore tout à fait à l'ordre du jour, à cause de la difficulté de l'isolement de l'alumine, mais qui de jour en jour deviendra plus nécessaire à l'industrie.

Voici l'analyse de la bauxite que l'on trouve à Vernajoul, près de Foix :

| | |
|---|---|
| Perte au feu | 14,60 |
| Silice | 17,20 |
| Alumine | 63,12 |
| Peroxyde de fer | 1,68 |
| Acide titanique | 3,13 |
| TOTAL | 99,73 |

Une installation pour traiter ce produit, qui s'établirait dans l'Ariège, étant donnée la grande quantité connue, aurait une prospérité assurée et pourrait certainement devenir florissante.

On rencontre également du bismuth, de l'antimoine, de l'arsenic, du cobalt, autant de questions intéressantes, mais dont je ne puis m'occuper, afin de ne pas abuser de la bienveillante attention des auditeurs.

Nous terminerons cette étude en disant que l'Ariège renferme encore de très beaux marbres, possède de belles ardoisières, des mines de sel gemme, des carrières de pierre à chaux et de gypse, des dépôts de kaolin.

*Le talc* des Pyrénées est fort apprécié ; exploité sur le Saint-Barthélemy, il est descendu dans la vallée à la gare de Luzenac, sur la ligne de Tou-

louse à Ax-les-Thermes, par un câble très long et fort bien installé, qui, fonctionnant depuis quatre ans, a permis de livrer ce produit, d'un usage courant, à un prix fort minime.

Voici l'analyse :

| | |
|---|---|
| Perte au feu | 5,10 |
| Silice | 57,50 |
| Alumine | 6,95 |
| Chaux | 5,40 |
| Magnésie | 22,90 |
| Protoxyde de fer | 1,76 |
| TOTAL | 99,61 |

La mine du Saint-Barthélemy appartient à M. Dumas, l'ancien député de l'Ariège.

Depuis peu de temps, une Compagnie, la *Compagnie des Phosphates de l'Ariège*, exploite les phosphates de La Bastide-de-Sérou. Elle fait, paraît-il, de très bonnes affaires, étant donné que ce produit est de jour en jour plus employé pour les besoins de l'agriculture.

Voici l'analyse des phosphates de Larbont (4 kilomètres Est de La Bastide) :

| | |
|---|---|
| Perte au feu | 6,50 |
| Silice | 14,70 |
| Alumine | 40,50 |
| Peroxyde de fer | 1,19 |
| Soufre | 0,24 |
| Acide phosphorique | 29,29 |
| TOTAL | 92,42 |

La nature fait tout bien, dit un proverbe de l'Agenais très connu et dont le thème a été développé par un poète de génie, j'ai nommé Jasmin, la nature, dis-je, dans ce pays de fer a placé un produit nécessaire pour la réduction des minerais : la castine.

On en trouve principalement à Crampagna (11 kilomètres en amont de Pamiers) :

| | |
|---|---|
| Perte au feu | 41,80 |
| Silice | 0,30 |
| Chaux | 54,10 |
| Peroxyde de fer | 3,15 |
| Acide phosphorique | 0,036 |

## CHAPITRE V

### EAUX MINÉRALES.

Il existe deux groupes d'eaux minérales bien distincts : l'un, thermal, se rencontre le plus souvent près des formations granitiques et des couches siluriennes; il provient de la réaction des eaux naturelles avec les pegmatites ou les granites porphyroïdes, et fournit des eaux chaudes et sulfureuses ; l'autre, venant des terrains secondaires et tertiaires, présente des eaux salines d'une faible thermalité.

Les eaux se divisent en plusieurs catégories :

1° Eaux sulfureuses ;
2° Eaux séléniteuses ;
3° Eaux bicarbonatées plus ou moins ferrugineuses ;
4° Eaux ferrugineuses ;
5° Eaux salées.

Nous dirons simplement quelques mots de chacun de ces groupes et indiquerons en passant l'usage particulier de chacun.

1° *Eaux sulfureuses.* — Ce type d'eau est surtout abondant à Carcanières dans le Quérigut et à Ax-les-Thermes (vallée de la Haute-Ariège).

Les eaux de Carcanières sont thermales, sulfureuses, sodiques ; elles coulent par treize sources qui alimentent deux établissements ; leur température varie de 25 à 29 degrés.

Ax possède un grand nombre de sources ; ces eaux sont indiquées dans le traitement du rhumatisme, les maladies de la gorge et les affections de la peau. Cette station distribue ses bienfaits dans quatre établissements fort bien installés.

Des études ont été faites sur Ax par M. le docteur Auphan, M. Marcailhou, pharmacien, ainsi que par MM. Filhol et Garrigou.

Presque toutes les sources sortent d'un terrain appelé le Tap, espèce de conglomérat formé de toutes sortes d'éléments roulés, cimentés par une gangue noirâtre argilo-siliceuse ; le tap est absolument imperméable et se trouve au-dessus de la pegmatite.

Le débit par vingt-quatre heures est de 1.800.000 litres dont la sulfuration varie de 16 milligrammes à 23 milligrammes de sulfure de sodium par litre.

2° *Eaux séléniteuses.* — Ce genre d'eau est représenté dans l'Ariège par les stations d'Aulus et d'Audinac. Elles sont sulfatées, calciques, ferrugineuses à Audinac, contenant de l'arsenic à Aulus.

Leur mérite consiste à être purgatives, diurétiques, d'activer les fonctions de la peau. Elles jaillissent des terrains silurien, triasique et crétacé inférieur ; leur température varie entre 20 et 22 degrés.

3° *Les eaux bicarbonatées.* — Se trouvent en très grande quantité à Foncirgue et Ussat-les-Bains. A Foncirgue, les eaux sont bicarbonatées, calciques et soulagent les organes digestifs, surtout des sujets névropathes.

Les eaux d'Ussat, qui sourdent à 40 degrés environ, alimentent deux grands établissements et sont absolument souveraines dans les affections du système nerveux.

La position est ravissante et le calme de la nature doit entrer en ligne de compte dans les bienfaits du traitement. Les galeries de captage des eaux édifiées en 1838 par M. l'ingénieur François viennent d'être refaites et assurent le parfait fonctionnement des établissements.

Les eaux chaudes sont retenues dans les alluvions et constamment refoulées contre les bords de la vallée par les infiltrations froides de la rivière, de sorte que le niveau des eaux thermales était fonction directe de celui de l'Ariège ; de là mauvais fonctionnement pour l'introduction des eaux chaudes dans les baignoires.

M. François, ayant contrôlé ce fait, a imaginé d'entourer l'établissement d'un canal d'eau froide, à niveau et température constants, qui joue le rôle de régulateur.

Ussat se trouve assis sur un terrain calcaire et ses eaux donnent par litre :

| | |
|---|---|
| Acide carbonique | 16gr,57 |
| Azote | 20gr,28 |
| Oxygène | 1gr,05 |
| Carbonate de chaux | 0gr,70 |
| Sulfate de chaux | 0gr,19 |
| Sulfate de magnésie | 0gr,15 |

4° *Eaux ferrugineuses.* — Viennent des schistes siluriens et se trouvent en de nombreux endroits, on ne les utilise qu'à Sentein.

5° *Eaux salées.* — Celles de Salies-de-Salat sont les plus connues. On les emploie avec succès chez les personnes débiles ; la source donne un débit de 25 litres par minute et sort d'un terrain triasique.

M. E.-A. MARTEL

à Paris.

## UNIVERSALITÉ ET ANCIENNETÉ DES PHÉNOMÈNES CAVERNEUX DU CALCAIRE

[551.44:551.7]

— *Séance du 13 août* —

Les Autrichiens ont pris l'habitude de désigner sous le nom générique de *phénomènes du Karst* les accidents naturels des abîmes, cavernes, rivières, souterrains, résurgences, etc., qu'étudie la spécialité dite *spéléologie*. Il y a lieu de ne pas maintenir cette appellation locale et de la remplacer par celle beaucoup plus large de *phénomènes du calcaire*. En effet, c'est surtout dans les formations tertiaires du nummulitique éocène que sont creusées les colossales cavernes autrichiennes de la Carniole, de l'Istrie, etc., dont l'une (Adelsberg) est jusqu'à présent la plus vaste que l'on connaisse en Europe (1), avec 10 kilomètres de développement total (depuis que j'y ai ajouté, en 1893, 2 kilomètres de rivière souterraine antérieurement inconnus). La dénomination de *phénomènes du Karst* tendrait à faire supposer *a priori* que c'est, avant tout, dans les terrains analogues à ceux de cette région que sont développés les accidents souterrains, si fructueusement étudiés avec tant d'ardeur depuis moins de vingt ans. Or, il s'en faut de beaucoup que le Karst possède un tel monopole; et une brève énumération d'exemples pris au hasard montrera que tous les calcaires, *quel que soit leur âge*, sont creusés de grottes non moins importantes que celles du Karst. Ainsi le Trou-de-Calel (et ses dépendances) de Sorèze (Tarn), avec près de 3 kilomètres de ramifications connues, une profondeur totale de 90 mètres, des ruisseaux souterrains complexes, etc., est dans les calcaires pré-cambriens, tout à fait primaires; le dévonien de Belgique possède Han-sur-Lesse (5 kilomètres connus), Rochefort, Rémouchamps, etc.; les cavités et les immenses pot-holes d'Irlande et du Yorkshire (Angleterre) ont perforé le carbonifère, de même que les labyrinthes américains de Mammoth-Cave, Wyandott, Luray, etc., qui (bien que les dimensions qu'on leur donne d'habitude soient certainement exagérées) dépassent de beaucoup Adelsberg même; l'infralias montre les 6 kilo-

(1) Peut-être cela n'en sera-t-il plus ainsi bientôt : car on connaît déja dans la grotte du *Höll-Loch*, à Stalden (Muota-thal) près Schwyz (en Suisse), 8 kilomètres de galeries; j'ai pu constater, le 27 juillet 1902, que l'exploration de cette immense caverne, une des plus intéressantes qui existent aux points de vue géologique et hydrologique, est encore fort loin de son achèvement (Voir ma note du 5 août 1902 aux *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences)*.

mètres de Bramabiau (Gard); quant au jurassique, c'est bien le terrain classique par excellence des cavernes (Causses, Jura, etc.); dans le crétacé, les étages inférieurs ont, en pleines Alpes, les immenses abîmes du Dévoluy (le Chourun-Martin dépasse 300 mètres), les rivières souterraines du Vercors (Brudoux, Bournillon, Sassenage, toutes de plus d'un kilomètre), et le nouveau monde souterrain du Höll Loch (près de 8 kilomètres actuellement, voir note 1, p. 1144) qu'on n'explore que depuis 1898; — il n'est pas jusqu'à la craie blanche du crétacé supérieur (turonien, sénonien) qui n'ait été excavée sur près de 5 kilomètres à Miremont (Dordogne), et sur un kilomètre avec rivière souterraine à Trépail (Marne); (voir ma note du 16 juin 1902 aux *C. R. de l'Acad. des Sciences*); le tertiaire, même plus récent que le nummulitique du Karst, a tout nouvellement fait connaître (1896, moi-même) les deux kilomètres de la splendide grotte du Dragon (île Majorque, Baléares) en plein miocène, et les nombreux abîmes, grottes et rivières souterraines que M. Malbec, maire de Monclar, découvre si inopinément et si fréquemment depuis deux ans, en pleine Aquitaine, aux environs de Villeneuve d'Agen (Lot-et-Garonne) (1). Donc, les calcaires de toutes les époques géologiques sont caverneux, et la substitution que je demande d'une désignation générale à une dénomination locale est des plus rationnelles et amplement justifiée.

Ce qui précède nous amène à quelques considérations sur l'âge des cavernes : du moment qu'il en existe dans les formations les plus anciennes, il n'y a rien d'impossible à ce que leur creusement ait commencé à une époque plus reculée qu'on ne l'admet généralement.

Il y a deux ans, j'ai déjà énoncé (Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne, et VIII[e] congrès géologique international à Paris) quelques-unes des raisons qui, selon moi, permettent de faire remonter jusqu'à l'époque tertiaire le commencement tout au moins du creusement, non pas de toutes les cavités en général, mais de certains abîmes et de certaines rivières souterraines (voir aussi *C. R. Acad. des Sciences*, 22 janvier 1902, sur *l'origine et l'âge de la Fontaine de Vaucluse*), dont la formation et l'agrandissement d'ailleurs se continuent encore de nos jours, tandis qu'il est des points où s'opère, au contraire, sur une vaste échelle, le *remplissage des cavernes*; si bien que le creusement des cavernes est un phénomène, à la fois actuel et ancien, affecté d'une évidente continuité et nullement caractéristique de la seule époque quaternaire.

L'observation géologique et topographique permet en effet d'établir les faits suivants :

L'aspect intérieur des cavernes dénonce partout plusieurs périodes de développement, généralement plus intense qu'à l'époque actuelle;

(1) Voir *Revue de l'Agenais*, mai-juin 1902. *Quelques grottes du Lot-et-Garonne*, par E. MALBEC.

Dès 1894, je faisais remarquer (*Les Abîmes*, passim) comment la fuite progressive des eaux dans les sous-sols calcaires et l'abandon des thalwegs extérieurs étaient caractéristiques dans les régions de cavernes ; les formations miocènes et pliocènes trouvées depuis lors par moi-même ou par les autres explorateurs de cavernes (notamment M. Fournier, de Besançon) dans ces vallées sèches, sont venues en quelque sorte dater ces thalwegs et préciser, dans une certaine mesure, l'époque de leur dessèchement. Or, cet aspect de *vallées mortes*, engloutie par des abîmes et des points d'absorption, tantôt complètement oblitérés, tantôt béants en gouffres secs, tantôt fonctionnant encore plus ou moins régulièrement comme *avaleurs de pluies*, se retrouve dans toutes les régions calcaires de l'Europe (1) (et certainement aussi en Amérique), en relation absolue avec les cavernes sous-jacentes ; il est impossible que tout ce travail se soit effectué dans la seule époque quaternaire : ce qui le prouve, entre autres choses, c'est que en amont des pertes et abîmes, il y a très souvent un *sur-creusement* de proportions réduites, un petit thalweg inscrit dans le grand, œuvre des âges récents, tandis qu'en aval, le profil de la vallée sèche a conservé ses anciennes dimensions bien plus amples, ouvrage d'un ruissellement beaucoup plus intense. Et les phosphorites du Quercy qui, en somme, ont rempli des abîmes, sont là pour prouver que certains de ceux-ci étaient déjà excavés à l'époque tertiaire.

Si les paléontologues venaient dire que l'absence de gros fossiles tertiaires dans les cavernes force à considérer celles-ci comme du même âge seulement que les *Ursus*, *Felis*, *Hyæna*, etc., *spelæi*, il serait aisé de leur répondre d'abord que l'on ne prétend point que *toutes* les cavernes fussent ouvertes avant cet âge ; puis, qu'elles ont commencé par être toutes plus ou moins remplies par l'eau, qui en défendait l'accès à la faune terrestre ; ensuite qu'on ignore si les fonds d'abîmes, quand on se décidera à les déblayer comme je le demande depuis dix ans, ne livreront pas des squelettes de mammifères tertiaires (ainsi que les poches à phosphorites) dans les parties inférieures de leurs bouchons de cailloux, accumulés depuis leur ouverture ; et enfin que deux faits tout récents militent singulièrement en faveur de ma thèse de l'*origine* pliocène, miocène ou même éocène, d'une partie au moins (le quantum dépend uniquement des conditions locales météorologiques, géologiques et topographiques) des cavités du calcaire.

Le premier de ces faits est la rencontre, par M. David Martin, de fossiles du pliocène moyen (astien), trouvés *en place* dans une grotte de la gorge du Régalon (Vaucluse ; voir *C. R. Ac. des Sc.*, 16 juillet 1900, et *Bulletin de la Société d'études des Hautes-Alpes*, 3e trimestre 1900).

(1) Voir E.-A. MARTEL, *Padirac*, in-12, 1901, p. 83 ; la *Géographie*, mai 1900 ; les *Chouruns du Dévoluy*, Gap, 1902.

Le deuxième est d'ordre zoologique et mérite de nous arrêter un instant :

Dès 1894, j'exprimais très sommairement (*Les Abîmes*, p. 573, note 5), à cause de sa hardiesse, la vague idée que l'introduction des ancêtres des poissons des grottes du Kentucky, telle que l'a établie Putnam, pourrait remonter à la fin du tertiaire : alors plutôt intuitive que raisonnée, et d'autant plus osée que la plupart des naturalistes, même américains, ne reculaient qu'au début du quaternaire tout au plus l'origine de la faune des cavernes, ma timide proposition s'est trouvée vérifiée comme juste, bien plus rapidement que je ne l'eusse espéré; depuis 1894, MM. Raymond, Viré, Mazauric, Galimard, Faucher, ont recueilli, dans plusieurs rivières souterraines de France et d'Italie, des spécimens de crustacés spéciaux, les *sphœromiens*, pour lesquels l'examen anatomique a révélé des caractères tellement archaïques, que M. Viré (qui en fait l'objet d'études spéciales) les considère comme d'origine tertiaire : vrais représentants d'espèces disparues depuis cette époque, ils imposeraient donc la conclusion que les grottes où ils se sont conservés étaient déjà ouvertes pour que leurs ancêtres aient pu s'y introduire (1). Et si, comme je l'ai dit plus haut, ces cavernes étaient alors remplies d'eau, on s'explique pourquoi les représentants de la faune tertiaire, jusqu'ici rencontrés sous terre, sont justement des espèces aquatiques.

Et c'est ainsi que tout concourt à vieillir singulièrement *l'âge des cavernes* en attendant que d'autres preuves s'ajoutent à celles que je viens de fournir à l'appui de mes propositions.

---

## M. de LAPEYRIÈRE

---

### LA CORÉE [951.9]

*— Séance du 13 août —*

La Corée, bien peu connue en Europe par la grande majorité du public avant la guerre sino-japonaise, a acquis depuis cette époque une certaine notoriété. Les membres de l'Association française pour l'Avancement des Sciences se rappellent certainement le petit pavillon coréen de l'Exposition

(1) Confirmant en même temps, selon les idées émises dès 1870 par Putnam, Packard, Hughes, etc., que la faune souterraine a bien été introduite et modifiée dans les cavernes et non spécialement créée pour ce milieu, comme l'avait pensé Agassiz.

au Champ-de-Mars, où l'on pouvait admirér de fort jolies collections dont la plupart sont aujourd'hui au Musée Guimet. Ce jeune Empire, qui a fait une part très large à nos compatriotes parmi les fonctionnaires étrangers qu'il emploie, mérite donc l'attention.

Je vais donc vous donner quelques notes sur l'histoire de la Corée, et sa géographie physique et politique.

## Histoire.

Les renseignements historiques que l'on peut avoir sur les origines de la Corée et du peuple qui l'habite actuellement ne sont pas d'une authenticité certaine ; cependant il existe des notes et des rapports dans les bibliothèques royales qui ont permis d'établir une histoire de Corée depuis l'an 2000 avant Jésus-Christ jusqu'à nos jours. Tous ces manuscrits et livres ont été soigneusement notés et compilés dans la très intéressante *Bibliographie de Corée* de M. Courant, ancien secrétaire de légation à Pékin, Séoul et Tokio, actuellement professeur de chinois à la Faculté des Lettres de Lyon. L'*Histoire de Corée* est actuellement donnée très en détail dans une revue américaine publiée mensuellement à Séoul, *Korea Review*, et j'en suis avec intérêt le déroulement en en faisant une traduction personnelle.

Le premier personnage célèbre qui apparaisse dans l'histoire ancienne de Corée est celui du sage Ki-Tja, fondateur du vieux royaume de Tjo-sen ou Tchao-sien (Matin calme ou Sérénité du Matin) dont les limites se trouvaient presque entièrement en dehors de la Corée actuelle dans le Liao-Tung d'aujourd'hui ; la Corée actuelle était alors habitée au nord par des tribus aborigènes ayant les caractères ethniques des Mongols et Tartares et au sud par d'autres tribus originaires, dit-on, du sud de l'Inde ou de la Malaisie.

Les successeurs de Ki-tja chassés par un conquérant chinois Houi-man qui s'installa au nord de la péninsule et y fonda un royaume, s'enfuirent vers le sud et le dernier roi de la dynastie Ki-tja, nommé Ki-tjoun, parvint à se faire donner le contrôle du gouvernement des États du sud et y fonda une dynastie qui devait durer deux siècles. Toute cette période est pleine d'obscurités et de légendes.

Vers l'an 57 avant Jésus-Christ nous arrivons à l'époque de la formation des trois grands royaumes qui se partagèrent la Corée jusqu'en 935 de notre ère. Ces trois royaumes étaient Ko-you-ryou au nord, Pak-tchei à l'ouest et Shin-ra ou Sil-la au sud. Il y avait en outre quantité de petites tribus indépendantes. De ces trois royaumes le premier avait la réputation d'être très belliqueux et le dernier très sage ; toute cette partie de l'histoire

de Corée n'est remplie que de luttes entre les trois royaumes. Le royaume de Shin-ra finit par obtenir la suprématie grâce à ses sages réformes et sa bonne administration, mais la corruption de la Cour détruisit rapidement sa splendeur momentanée et il ne survécut guère plus de deux cent cinquante ans à Ko-you-ryou. A cette époque les relations avec l'Empire Chinois étaient déjà fréquentes ; Shin-ra recevait avec bienveillance les moines envoyés par la Cour chinoise et qui venaient prêcher le Bouddhisme dans la péninsule.

En 920 apparaît le jeune et brillant général Ouang-kheun qui devait fonder le royaume de Ko-ryou ou Ko-rai (dont on a tiré le mot Korea ou Corée), qui se substituait à la puissance Shin-ra et englobait sous sa domination la plupart des petites tribus sauvages indépendantes. Le royaume de Ko-ryou fut fondé en 935 et eut Song-do comme capitale ; la dynastie de Ouang-kheun devait durer jusqu'en 1392. Cette dynastie eut beaucoup à guerroyer avec les grandes tribus du nord les Kitan et les Kin qui séparaient le royaume Ko-ryou du grand Empire Chinois, puis les Mongols apparurent en 1205 et finirent par réduire toute la péninsule.

En 1392 apparaît la nouvelle dynastie qui règne encore actuellement : la dynastie Tai-tso ; le siège du gouvernement fut transféré à Han-yang (Séoul). Cette dynastie qui avait adopté l'ancien nom de Tjo-sen pour désigner le pays eut d'abord deux siècles de tranquillité relative, puis les invasions chinoises et japonaises dévastèrent la péninsule ; les deux invasions japonaises de 1592 et 1597 furent terribles ; le pays fut à feu et à sang et ne se releva jamais entièrement de cette lutte ; il devint après cela l'humble vassal du grand Empire Chinois dont la suzeraineté fut d'ailleurs toujours très débonnaire.

Le royaume était absolument administré par son roi qui avait le pouvoir absolu ; l'Empereur de Chine se contentait d'envoyer le brevet d'investiture à chaque notification d'avènement. Tous les ans un ambassadeur coréen portait des présents et un certain tribut à la Cour de Chine et recevait en échange le calendrier et des présents ; de même des ambassadeurs chinois venaient visiter la Cour de Corée. La première apparition d'Européen en Corée date de 1627, les Hollandais installés à Nagasaki naviguèrent sur ses côtes et y débarquèrent mais n'y séjournèrent point.

Toute la première partie du XIX^e^ siècle est pleine des tentatives des missionnaires catholiques de Mandchourie pour pénétrer en Corée ; ils y réussirent mais eurent beaucoup à souffrir surtout de 1845 à 1860 ; à cette époque le père de l'Empereur actuel, le célèbre régent Tai-ouen-Koun, avait le pouvoir ; sur son ordre de violents massacres eurent lieu ; des chrétiens et des missionnaires subirent d'affreux supplices, nos armes durent intervenir en 1866 ; l'amiral Roze avec le *Primauguet*, la *Guerrière*, le *Laplace*, le *Déroulède* et le *Tardif* vinrent à Tche-mul-po ; cette expédi-

tion, mal organisée, fut désastreuse ; l'amiral Roze ne disposait que de 600 hommes, il ne put s'emparer des forts de Kong-hoa ; cet échec pénible, dû à la faiblesse numérique de l'expédition ne fut pas vengé le printemps suivant comme tout l'Extrême-Orient s'y attendait. Les Américains, en 1871, ne furent guère plus heureux que nous ; le *Colorado*, le *Monocacy*, le *Palos*, l'*Alaska* et le *Bénicia* mouillèrent devant Tche-mul-po le 16 mai 1871. Le *Monocacy* et le *Palos* purent seuls s'avancer dans la rivière Han jusque sous les forts de Kang-hoa qu'ils purent réduire ; les forts furent pris, mais on ne put arriver à conclure de traité avec les autorités coréennes ; les troupes américaines furent réembarquées et l'expédition eut également un résultat négatif.

L'histoire de Corée depuis 1871 jusqu'à nos jours a été caractérisée par des luttes intestines, la formation de partis, la lutte des indépendants et le népotisme qui régnait à outrance.

Les Japonais, qui avaient déjà un droit d'établissement à Fu-san depuis 1397, réussirent à faire le premier traité de commerce avec la Corée en 1876 et le port de Fu-san fut le premier port ouvert ; en 1880, ils réussirent à faire ouvrir Ouen-san sur la côte est et Tche-mul-po sur la côte ouest ; ils commencèrent par arriver en grand nombre dans ces trois ports et à Séoul.

En 1882 et 1885, révolutions et émeutes à la capitale contre les Japonais ; la population très hostile brûle la légation du Japon ; la Corée paye une grosse indemnité et le Japon profite de cette occasion pour mettre une garnison à Séoul. Le grand parti des Tong-ak met le pays en révolution, et le roi affolé fait appel aux Chinois ; les Japonais protestent envoient également des troupes et le conflit éclate ; toutes les phases de la lutte sont connues ; les deux grandes batailles en Corée furent celles d'A-san et de Pyung-yang ; la bataille navale du Ya-lu décida du succès final et la Chine écrasée fut obligée de signer le traité de Simonosaki (1895).

L'indépendance de la Corée y était proclamée ainsi que l'intégrité de son territoire ; la grande arche de l'Indépendance, sur la route de Pékin, fut érigée en 1896 pour commémorer l'événement,

Les Japonais profitèrent de leur victoire pour mettre la haute main sur les affaires intérieures du jeune royaume ; ils organisèrent l'administration et mirent des fonctionnaires japonais conseillers dans tous les ministères ; le roi était impuissant et la reine Min, intelligente et fine, et dont l'ascendant sur le roi était assez fort, combattait la politique japonaise ; redoutée et gênante. elle tomba sous les coups des Japonais le 8 octobre 1895 ; la haine des Coréens pour les Japonais s'accentua et ce meurtre barbare n'est pas encore oublié ; le roi, frappé de terreur ne pouvait plus rien. Son père, le Tai-ouen-Koun, le terrible régent de 1866, soutenu par les Japonais, reprit les rênes du gouvernement. En février 1896, nouveau coup de

théâtre, le roi fuyait du palais dans une chaise de femmes à la légation de Russie d'où il signait des décrets révoquant les membres du gouvernement et faisait appel à son peuple. Les Russes prirent alors toute l'influence et la gardèrent jusqu'en 1898. Les instructeurs militaires réorganisèrent certains bataillons de la capitale et, sous la haute direction et les énergiques efforts du colonel Poutiata, une école militaire fut fondée. En février 1897 le roi quittait la légation de Russie et s'installait dans le nouveau palais construit en hâte en plein quartier des légations ; il se proclamait empereur la même année et une imposante cérémonie eut lieu à l'Autel de Nam-bel-Kheun ; on donna à l'empire naissant le nom de Tai-Han qu'il porte aujourd'hui.

Les puissances avaient conclu des traités de commerce et d'amitié avec la Corée. Les États-Unis en 1882 ; la Russie, l'Angleterre, l'Allemagne et l'Italie en 1884, la France en 1886, l'Autriche-Hongrie en 1892 et la Belgique en 1901. Toutes ces nations sont représentées à Séoul par des ministres, ou chargés d'affaires ou même des consuls,

## Géographie physique (1).

Situation. — La Corée est une presqu'île très allongée dans le sens nord-sud et qui forme pour ainsi dire le trait d'union entre la Chine et le Japon. Elle est située entre les parallèles 33°15′ et 42°45′ de l'hémisphère boréal et entre les 124° et 130°30′ de longitude est du méridien de Greenwich.

Elle est bornée au nord par la Manchourie, dont elle est séparée par les fleuves Am-nok (Ya-lu) à l'ouest et Tu-men à l'est et par le massif des Chan-yang-lin au centre ; au nord-est par la Sibérie, dont elle est séparée par le Tu-men ; à l'est par la mer du Japon ; au sud par le détroit de Corée qui la sépare du Japon, et enfin à l'ouest par la mer Jaune.

Cotes. — Iles et Ports. — La Corée a un développement de côtes considérable, 3.200 kilomètres environ. La côte occidentale est la plus déchiquetée ; elle présente des quantités de golfes et anses naturelles qui pourraient faire supposer des ports magnifiques, il n'en est rien ; l'amplitude des marées y est trop considérable. A The-mul-po elle atteint 9 à 10 mètres. Toute cette côte, surtout à partir du trente huitième parallèle jusqu'à l'extrême sud, est semée d'îles et d'îlots dont les principaux groupes sont : *Kang-hoa* à l'embouchure du fleuve Han, l'archipel du Groupe Impérial, *l'île Lindsay* ou *An-min-to* près de la fertile presqu'île du Nai-po,

(1) Une carte, dressée sur les derniers renseignements et revue avec soin, va être publiée par la Société de Géographie commerciale, 8, rue de Tournon, Paris.

puis l'archipel Coréen, l'île de Tjin-to, Quelpaert, Nam-hai-ti et Ko-tjei-to en face de Ma-san-po.

La côte orientale est plus régulière et ne présente pas de déchirures aussi nombreuses ; la seule grande baie est celle de Broughton où se trouve la magnifique rade très sûre de Ouen-san. L'île Dagelet ou Oul-neung-to se trouve au large de la côte orientale, vers le trente septième parallèle. Les principaux ports de Corée sont ceux qui ont été ouverts au commerce étranger :

*Tjin-nan-po*, dans la rivière Tai-tong, à soixante kilomètres de l'embouchure ;

*Tche-mul-po*, le premier port de Corée, au débouché du fleuve Han ;

*Kun-san*, à l'embouchure du Keum-Kang ;

*Mok-po*, port en rivière, près d'une baie magnifique ;

*Ma-sam-po*, côte sud très près de Fu-san, mais bien plus sûr ;

*Fu-san*, port très actif entièrement japonais ;

*Ouen-san*, dans la baie de Broughton ;

*Song-tjin*, à mi-chemin entre Ouen-san et l'embouchure du Tu-men ;

Enfin, *Kieung -heung*, à la frontière de Sibérie, *ouvert seulement au commerce russe.*

Il y a, en outre, une vingtaine de petits ports fréquentés par le cabotage local.

Orographie. — La Corée est très montagneuse dans presque tout son territoire les grandes plaines y sont très rares, les vallées assez resserrées ; les sommets très élevés y sont pourtant l'exception, les petites collines abondent. Le système orographique se compose d'une grande chaîne nord-sud qui se détache du massif des Chan-yan-lin au Peik-tou-san, suit d'assez près la côte orientale jusqu'au 37e parallèle, puis de là s'épanouit vers le sud-ouest en deux ou trois rameaux principaux ; le prolongement de l'un d'eux a formé le massif montagneux de Quelpaert.

A cette chaîne principale se rattachent les rameaux secondaires orientés presque tous est-ouest et divisant la péninsule en sept ou huit bassins principaux.

Les principaux sommets sont :

Le Peik-tou-san, 2.600 mètres, dans le Ham-kiang-do ;

Tchil-po-san, 1.700 mètres, dans le Ham-kiang-do ;

Tchang-paik-san, 190 mètres, dans le Ham-kiang-do ;

O-pong-san, 1.800 mètres, dans le Ham-kiang-do ;

Keum-kang-san, 1.800 mètres, dans le Kang-ouen-do (connu aussi sous le nom de montagne des Diamants) ;

Tai-peik-san, 1.700 mètres, dans le Kieung-sang-do ;

Tji-ri-san, 1.650 mètres, dans le Tjol-la-do ;

Hal-la-san, 2,200 mètres, dans l'île de Quelpaert ;
Kai-yong-san, 1.100 mètres, dans le Tchoung-tchon-do ;
Kou-ouel-san, 1.200 mètres, dans le Hoang-heis-do ;
Pouk-an, 850 mètres, près de Séoul ;
Song-ak-san, 1.000 mètres, près de Song-do.

Hydrographie. — Les principaux fleuves sont presque tous sur la côte occidentale ; il y en a deux sur la côte méridionale et un seul important sur la côte orientale. Ce sont :

1° *L'Am-nok-kang*, plus connu sous le nom chinois de Ya-lu-kiang, descend du Peik-tou-san et peut être considéré comme le plus important des fleuves de Corée. Il passe à Ha-san-po, Man-po-tjin, Tchang-song, Pang-san, Eni-Tjou ;

2° *Le Tchang-tcheung-kang* ou rivière d'An-tjyou, passe à Hen-tchon-neung-yi, So-tjin et An-tjyou ;

3° *Tai-tong-kang*, qui passe à Yong-ouon, près de Eun-san, Koun-tan, Pyeug-yang, Po-san, Tchel-to et Tjin-nan-po ;

4° *L'Im-tjin-kang*, qui se confond avec le fleuve Han, près de l'île de Kanghia, il passe à Yi-tchou, An-hiop, Sak-yang et Im-tjin-tjin ;

5° *Le Han-kang* ou rivière de Séoul, passe à Yong-ouol, Tchong-poung, Yo-tjyou, Yang-keun, Ma-pou (à 4 kilomètres de Séoul) et Kong-hoa. Ce fleuve est très beau mais a peu d'eau, il a 600 mètres de large à Mapou ;

6° *Le Keum-kang* passe à Kong-tjyou, Pou-yan, Ham-yol et se jette près de Kun-san ;

7° *Le Sa-ho-kang* ou rivière de Mok-po, qui passe à Tchang-songet près des villes de Kouang-tjyou et Na-tjyou ;

8° *Le Som-tjin-kang* passe à Kou-ryei et Ha-tong ;

9° *Le Nak-tong-kang*, qui passe à An-tong, Seum-san, Yeun-poung, Koupo et près de Tong-nai ;

10° *Tou-men-kang*, le fleuve opposé à l'Amnok-kong et dont la source est voisine de celle de ce dernier, arrose Hoi-ryong, Ou-son et Kyong-heung.

Le régime des rivières en Corée est très variable ; les années pluvieuses l'étiage monte pendant l'été de 3 et 4 mètres, inondant les plaines environnantes. Il y a très souvent des falaises rocheuses très abruptes sur les bords des grands fleuves qui rendent la vallée très difficile à suivre.

En temps ordinaire les rivières sont peu profondes et ne peuvent être utilisées pour les bateaux d'un certain tonnage ; la plupart de ces fleuves peuvent être remontés par des petits vapeurs calant 2 mètres au maximum jusqu'à 80 et 100 kilomètres de leur embouchure ; au delà ces rivières deviennent flottables pour des jonques jusque très avant dans l'intérieur. Elles sont utilisées pour le transport des riz, des céréales et des bois.

Les lacs sont très rares en Corée; il y en a quelques-uns dans le Tjal-la-do et le Kyeung-sang-do, mais le plus célèbre est le Tai-tji qui se trouve dans le cratère du Peik-tou-san.

Géologie. — L'étude géologique de la Corée n'a jamais été faite d'une façon complète. Les roches dominantes sont les roches éruptives, granite principalement et roches volcaniques; puis on retrouve aussi les roches de la formation houillère micaschistes et schistes argileux et dans quelques parties le calcaire.

Les minéraux abondent en Corée, mais on ne connaît pas la richesse des gîtes métallifères; l'or domine un peu partout, il y a aussi du fer, du cuivre et du charbon.

Climat. — Le climat de la Corée appartient au régime continental et se rattache à celui de la Mandchourie avec lequel il a beaucoup d'analogie. C'est un climat extrême très froid en hiver et très chaud en été; néanmoins il bénéficie quelque peu de l'influence maritime et les étés y sont toujours moins longs et moins chauds que ceux du nord de la Chine. J'annexe au rapport un tableau des courbes thermométriques maxima et minima en 1901, les pressions barométriques et les observations du pluviomètre.

On remarquera qu'à la courbe ascendante du thermomètre correspond une courbe descendante du baromètre.

En hiver, l'air est généralement très pur et d'une extrême siccité, le ciel clair et les nuits très étoilées. En été, le temps est souvent couvert, quelquefois pluvieux suivant les années et parfois orageux.

Il y a en somme deux mois et demi de froids assez forts et environ deux mois de grosse chaleur.

Tous les autres mois sont très agréables; le printemps est délicieux et l'automne idéal. Ce climat est en somme très tempéré et très convenable au séjour des Européens en général.

La plupart des Européens vivant en Corée se portent généralement bien; cependant l'air trop sec et la lumière trop vive ne conviennent pas aux gens nerveux.

Il n'y a pour ainsi dire pas de malaria, mais deux maladies épidémiques assez fréquentes : la petite vérole et la fièvre typhoïde.

## Géographie politique.

Superficie et population. — La superficie de la Corée est d'environ 223.000 kilomètres carrés, soit un peu plus des 2/5 de la France. On ignore le chiffre exact de la population; aucun recensement n'a eu lieu

depuis longtemps et les impôts n'étant pas perçus régulièrement il n'y a pas de contrôle certain. On admet pour le moment qu'il y a 1.800.000 maisons en comptant 5 habitants par maison on aurait 9.000.000 d'habitants. Ce chiffre est trop faible et les évaluations partielles que l'on peut voir au tableau des divisions politiques accusent un chiffre total de 12.040.000 âmes, ce qui paraît assez près de la vérité. La densité serait donc d'environ 54 habitants par kilomètre carré.

Divisions politiques. — La Corée est actuellement divisée en treize provinces; avant 1894 il n'y en avait que huit; depuis cinq d'entre elles ont été subdivisées en province nord et province du sud. A la tête de chaque province se trouve un gouverneur. Les provinces sont divisées en un certain nombre de districts; à la tête de chaque district il y a un magistrat qui est chargé de l'administration, de la justice et de la collection des impôts.

Les villages ont à leur tête un chef qui n'a aucun pouvoir administratif mais aide le magistrat dans ses enquêtes; un groupe de dix ou douze villages forme le canton où le chef du village le plus important jouit d'une certaine autorité très relative sur les autres.

Villes, villages, habitations. — Les villes de Corée sont en général peu importantes, les rues étroites et malpropres, sauf à la capitale où il y a de très belles artères de 40 mètres et quelquefois plus de largeur. Les constructions y sont aussi mieux soignées. — Les habitations coréennes sont de deux types d'une infinité de classes: celles couvertes en chaume et celles couvertes en tuiles, les chambres y sont toujours uniformes et égales à l'unité le khan ($2^m,50 \times 2^m,50$), très basses de plafond ($2^m,20$) et avec des charpentes très compliquées et très grossières. — Le chauffage se fait par dessous au bois et aux sarments; tout le sol des chambres qui repose sur des dalles spéciales très minces est chauffé par le feu qui passe dans des conduits en pierre; la fumée s'échappe à l'autre extrémité de la maison par une cheminée ou même librement.

Les principales villes de la Corée sont :

| | |
|---|---|
| Séoul. . . . . | 210.000 âmes |
| Pyeung-Yang. . . . | 50.000 — |
| Tai-Kou . . . . . | 45.000 — |
| Song-do . . . . . | 30.000 — |
| Kong-Tjyou. . . . . | 30.000 — |

Séoul, capitale de l'État forme une division administrative spéciale avec un préfet à la tête de l'administration.

## TABLEAU DES DIVISIONS POLITIQUES

| NOMS des PROVINCES | CAPITALES de PROVINCES | NOMBRE de DISTRICTS | NOMBRE de CANTONS | POPULATION par PROVINCE | VILLES PRINCIPALES |
|---|---|---|---|---|---|
| Pyeung-an-do. . . . (nord). | Yang-p'you. . . | 21 | 176 | 2.000.000 | Eni-Tjyou.<br>Kang-Kei.<br>Tchang-sang.<br>Tjoug-Tjyou.<br>Oun-Sou. |
| Pyeung-an-do. . . . (sud). | P'yeung-yang. . | 23 | 264 | | An-Tjyou.<br>Song-tchou.<br>Tjin-nau-po. |
| Hoang-hai-do . . . . | Hai-tjyou. . . . | 63 | 295 | 960.000 | Hoang-tjyou.<br>Yon-an.<br>So-heung. |
| Kiong-keui-do. . . . | Sou-ouon. . . . | 28 | 458 | 1.100.000 | Song-do.<br>Kang-hoa.<br>Koang-tjyou.<br>Tche-mul-po. |
| Tchoung-tchong-do.. (nord). | Tchoung-tjyou. | 17 | 182 | 1.780.000 | Tjin-tchon.<br>Tchong-tjyou.<br>Hong-tjyou. |
| Tchoung-tchong-do.. (sud). | Kong-tjyou. . . | 37 | 370 | | T'ai-an,<br>A-san. |
| Tchölla-do. . . . . (nord). | Tjon-tjyou. . . | 26 | 255 | 2.200.000 | Nam-ouon.<br>Keu-tye.<br>Keuni-san.<br>Kun-san. |
| Tchölla-do. . . . . (sud). | Koang-tjyou . . | 34 | 482 | | Na-tjyou.<br>Tjoug-song.<br>Nenng-tjyou.<br>Mok-po. |
| Kiong-sang-do. . . . (nord). | Tai-kou. . . . . | 41 | 420 | 2.650.000 | Song-tjyou.<br>Tchil-kok.<br>Seun-san.<br>Sang-tjyou.<br>An-tong.<br>Kiong-tjyou.<br>Mj-ryang. |
| Kiong-sang-do. . . . (sud). | Tjin-tjyou . . . | 30 | 459 | | Kim-hai.<br>Toung-na.<br>Yang-san.<br>Oul-san.<br>Fu-san.<br>Ma-san-po. |
| Kang-ouen-do. . . . | Tchoun-tchon.. | 26 | 202 | 600.000 | Kang-neung.<br>Ouan-tjyou.<br>Kan-song. |
| Ham-kiong-do. . . . (nord). | Kyong-song. . . | 10 | 92 | 750.000 | Kil-tjyou.<br>Mou-san,<br>Song-tjin.<br>Kieung-heung. |
| Ham-kiong-do. . . . (sud). | Ham-heung. . . | 14 | 141 | | An-pyon.<br>Young-heung.<br>Ouen-san. |
| | TOTAUX. . . | 340 | 3.796 | 12.040.000 | |

Gouvernement. — L'Empire de Corée est une monarchie absolue, l'empereur a tout pouvoir, rien ne peut être décidé sans son assentiment; au-dessous de lui vient le grand Conseil d'État qui réunit tous les ministres et quatre autres personnages importants. Toutes les affaires d'État se traitent la nuit au palais où l'empereur donne audience aux différentes personnalités de l'empire.

Il y a dix ministres et neuf ministères. Il y a le premier ministre qui est sans portefeuille; chaque ministre est assisté d'un vice-ministre qui le remplace en cas d'absence ou de départ; les changements de ministres sont très fréquents en Corée. Les ministres sont les suivants :

Maison impériale; justice; affaires étrangères; agriculture et commerce; finances; intérieur; guerre; instruction publique; police.

Il y a en outre deux grandes administrations indépendantes formant en quelque sorte des ministères.

Direction générale des communications (postes et télégraphes).

Direction du cadastre.

Fonctionnaires. — Il y en a un très grand nombre; le Coréen est très désireux d'avoir une fonction quelconque du gouvernement; aussi le fonctionnarisme sévit-il avec rage.

Il y a trois catégories de fonctionnaires :

Les Tchik-im nommés directement par l'empereur;

Les Tjou-im nommés par l'empereur sur la présentation d'un ministre;

Les Pan-im nommés directement par les ministres.

Ces catégories se subdivisent en un certain nombre de classes.

Toutes les places sont dues pour ainsi dire à la faveur.

Il n'y a plus ni concours, ni examen, sauf pour l'école militaire.

Lorsque la Corée était encore sous la dépendance de la Chine, il y avait comme à Pékin des examens annuels; ces examens avaient lieu dans le palais en présence de l'empereur; cette coutume est tombée en désuétude.

La vénalité est très grande parmi les fonctionnaires de provinces surtout; l'obtention des places due à la faveur est aussi due au prix élevé d'achat. Les appointements sont assez faibles. La solde des gouverneurs de province n'excède pas 7.000 francs et celle des magistrats chefs de district 3.500 francs.

Le magistrat du district comme nous l'avons déjà dit, est chargé de l'administration complète du district; il n'a pas d'adjoints mais un petit état-major composé de gens vivant à sa solde et qu'il charge de la police et de la collecte des impôts ce sont les satellites et les prétoriens.

A Séoul, les fonctionnaires pullulent : les ministères en occupent un grand nombre; les traitements varient de 300 francs à 7.000 francs l'an. Les ministres ont 8.000 francs.

AFFAIRES ÉTRANGÈRES.— La Corée a, depuis l'année dernière, des ministres plénipotentiaires accrédités auprès des principales nations européennes et en Amérique.

Il y a un ministre pour la Russie, un pour l'Allemagne et l'Autriche, un pour l'Angleterre et l'Italie, un pour la France et la Belgique et un pour les États-Unis. De plus, il y a un ministre a Tokio et il y en aura bientôt un à Pékin.

JUSTICE. — En province, les magistrats chefs de districts, rendent la justice; les cas graves sont déférés au gouverneur et, le plus souvent, à la capitale, où il existe un tribunal régulier et, de plus, une Haute Cour pour les crimes politiques.

Dans les ports ouverts, il y a un juge spécial appelé kam-ni.

La Corée a un code de justice emprunté au code chinois, il vient d'être traduit par le conseiller légal attaché au Ministère de la justice, un de nos compatriote, M. Crémazy.

INSTRUCTION PUBLIQUE. — Il y a des écoles primaires partout. Chaque village en possède au moins une, mais la plupart de ces écoles n'ont aucun caractère officiel; elles ne reçoivent aucune subvention du gouvernement; le maître d'école vit de la générosité de ses élèves.

Dans la capitale et les principales villes de province il y a des écoles subventionnées.

Dans toutes ces écoles les élèves apprennent les caractères chinois et l'écriture; parfois aussi, ils peuvent apprendre à faire des compositions littéraires sur des sujets philosophiques; ils apprennent aussi des notions de géographie et de calcul.

Il y a, à Séoul, des écoles de langues étrangères dirigées chacune par un professeur de la nationalité dont ont veut enseigner la langue.

*Une école française*, une anglaise, une allemande, une russe, une chinoise et une japonaise.

Ces écoles rendent de très grands services et fournissent des interprètes au gouvernement pour le palais, les légations à l'étranger et les administrations et industries qui se créent tous les jours.

Les écoles les plus fréquentées sont l'école française et l'école anglaise. Elles ont chacune une centaine d'élèves. L'école française est dirigée depuis plus de sept ans par notre très sympathique compatriote, *M. Émile Martel*.

Les missionnaires américains ont établi plusieurs écoles de garçons et des orphelinats.

Les sœurs de la Congrégation de Saint-Paul de Chartres ont également un orphelinat fort remarquable.

Le gouvernement coréen subventionne, en, outre, une école normale où l'on donne une instruction plus complète : anglais, histoire, géographie, sciences exactes et sciences naturelles.

ARMÉE. — Le jeune empire coréen s'est créé une armée qu'il a la prétention de vouloir équiper et armer comme les armées modernes; elle a été organisée et réorganisée par des instructeurs chinois, japonais, américains et russes; tous ces efforts successifs n'ont pas suffi à donner une réelle valeur militaire aux bataillons exercés et à former un noyau d'officiers.

Il y a actuellement, en Corée, 15 à 28.000 soldats, dont le tiers au moins à la capitale. Il y a des garnisons dans la plupart des grandes villes et sur toute la ligne frontière du nord. Il y a plus de 20 généraux et nombre de fonctionnaires civils ont un grade dans l'armée. L'empereur est le chef suprême et il a un uniforme de général en chef.

Le soldat coréen est habillé et équipé avec un uniforme analogue à celui de l'armée japonaise, en beaucoup moins bien; ils ont une culotte terminée par une paire de guêtres blanches au lieu de la demi-botte japonaise.

Le soldat coréen est, en général, très mal tenu, vêtements déchirés, rapiécés; c'est un enfant qui joue avec son fusil comme avec un bibelot amusant. Sa solde est d'environ 200 francs par an. Les officiers touchent de 2 à 7.000 francs et les généraux de 8 à 10.000 francs. Il y a une école militaire à Séoul qui compte 500 élèves officiers qui doivent y faire un stage de trois et quatre années suivant leur aptitude. On leur apprend les sciences, la tactique, les exercices militaires, quelques notions de topographie et de dessin et l'anglais, l'allemand et le français.

Cette école avait été organisée, en 1896, par le colonel russe Poutiata; depuis, elle est entièrement dirigée par les officiers coréens, les professeurs sont des jeunes officiers qui ont étudié quatre et cinq ans au Japon.

L'armement coréen est très variable; il y a en magasin des fusils de toute espèce : Châssepot, Winchester, Gras, Berdan, et enfin le dernier modèle, fusil à chargeur à petit calibre, fourni par le Japon. Il existe à Séoul un arsenal en très piteux état, il doit être réorganisé et refait très probablement en entier; on a, dans ce but, engagé et placé à la tête de l'arsenal un capitaine d'artillerie français, M. G. Payeur, avec le titre d'ingénieur en chef; il a sous ses ordres deux ingénieurs adjoints, l'un français, l'autre russe. L'armée coréenne n'a guère actuellement que de l'infanterie; on a commencé, l'an dernier, à organiser une section d'artillerie et une de cavalerie.

La Corée a acheté, l'an dernier, des canons de siège et de campagne à la maison Maxim-Vickers.

On a créé, il y a un an environ, un corps de gendarmerie dont le rôle n'est pas très bien défini ; il a un très bel uniforme et les gendarmes ont sabre et revolver au côté. Ils paraissent être uniquement chargés de la police militaire.

Police. — Ce service a paru suffisamment important aux yeux des Coréens pour justifier un ministère.

Il y a environ 1.600 agents de police à Séoul, 540 dans les ports ouverts, 390 dans les capitales de provinces et un certain nombre dans les différentes villes fortes.

Il y a des postes de deux et trois agents, disséminés dans toute la ville ; leur utilité n'est pas très grande ; ils ne préviennent presque jamais les rixes et les vols.

Postes et télégraphes. — La Corée est entrée dans l'Union postale en 1900. Tout son service postal a été réorganisé et les conventions postales arrangées par un de nos très remarquables compatrioles, M. Clémencet, dont le zèle infatigable et le dévouement ont produit des résultats merveilleux.

Le service postal fonctionne très régulièrement dans tout l'Empire ; il y a 37 bureaux de plein exercice et 315 bureaux secondaires ; les premiers seuls ont des fonctionnaires salariés à leur têtes. Dans les ports ouverts et à Séoul, il y a des commis parlant le français et qui sont chargés du service international. Ces jeunes gens font toutes les opérations postales avec beaucoup d'intelligence.

Il y a, pour le service intérieur, 600 facteurs environ qui parcourent le pays ; un courrier est dirigé tous les jours de Séoul dans les sept directions principales à raison de 40 kilomètres par jour environ.

Le service télégraphique est également très bien organisé ; il y a un inspecteur danois à la tête du service.

Il y a cinq lignes principales et beaucoup de ramifications ; 24 bureaux sont ouverts au service intérieur et extérieur.

Le réseau coréen se reliait à celui de Mandchourie par Eni-Tjyou, mais depuis les événements de Chine les communications sont interrompues, et on est obligé d'avoir recours au câble japonais.

La ligne du nord n'est pas encore achevée jusqu'à la frontière sibérienne, une lacune de 200 kilomètres reste à combler ; on compte relier cette année.

Il y a un câble japonais de Fusan à Tsushima et Nagasaki. Les Japonais ont deux lignes télégraphiques en Corée, Séoul-Fusan et Séoul-Chemulpo. Ils ont un service postal en Corée dans presque tous les ports ouverts et à Séoul ; ils reçoivent une grosse partie du courrier d'Europe.

ETHNOGRAPHIE. — Les origines du peuple coréen nous ont déjà montré qu'il y avait, dans la péninsule, un mélange de races, mais le type dominant est le type mongol.

Le type le plus général a le teint cuivré, nez court et épaté, pommettes proéminentes, tête et figure arrondies, cheveux noirs, taille moyenne. Type brachycéphale. Il est en général très vigoureux. Les femmes sont plutôt petites, peau assez blanche, extrémités d'une finesse remarquable. Les yeux sont également presque toujours bridés.

LANGUE. — La Corée a toujours reçu de la Chine la culture intellectuelle; la langue chinoise s'y est introduite depuis de nombreux siècles et elle est restée la langue officielle de la Cour; tous les rapports et les mémoires sont en langue chinoise. Mais la langue parlée même entre fonctionnaires et au palais est le coréen. La langue coréenne se rattache aux langues touraniennes ou tartares. On y retrouve des règles et des expressions communes avec les langues dravidiennes du sud de l'Inde. C'est une langue polysyllabique ; l'alphabet très simple n'a que 25 lettres.

RELIGION. — Le Coréen n'est pas très religieux ; il n'a pas chez lui, comme en Chine, l'autel des ancêtres ; les temples sont toujours loin des villes et peu nombreux. Le Bouddhisme est cependant assez répandu et l'on fait encore des sacrifices même au Palais.

Le confucianisme paraît avoir été suivi et appliqué par la majorité des Coréens.

Le catholicisme s'est introduit en Corée avec le XIX^e^ siècle ; après avoir eu une longue histoire de martyrs, il a fini par s'implanter assez sérieusement en Corée ; il compte environ 45.000 adeptes dirigés par 45 pères des Missions Étrangères de Paris. Il y a un séminaire près de Séoul où l'on a déjà formé quelques prêtres indigènes.

Le protestantisme avec 4 ou 5 missions différentes est arrivé à un chiffre de 8 ou 10.000 adeptes. Il y a environ 150 missionnaires protestants en Corée.

MOEURS ET COUTUMES. — Le Coréen vit très simplement ; il se plaît chez lui à fumer de longues pipes en bavardant avec ses voisins. Il adore l'oisiveté. L'amour des enfants est assez répandu, mais la condition de la femme est très basse ; elle est pour ainsi dire l'esclave. On ne voit dans les rues de la ville que les femmes du peuple ; les dames nobles ne sortent que rarement et toujours en chaise fermée.

Le Coréen est très hospitalier et entretient, s'il est quelque peu fortuné, une foule de parents pauvres et paresseux.

La grande distraction du Coréen fortuné est de faire venir chez lui les

danseuses du palais ou Ki-sans (Geishas du Japon) ; ces danseuses chantent et dansent toute une nuit avec accompagnement d'instruments peu mélodieux.

Nourriture. — La base principale de la nourriture est le riz, de très bonne qualité presque partout ; le Coréen est un très gros mangeur quand il le peut ; il fait deux repas par jour ; avec le riz il mange des poissons salés secs et des condiments dont le principal est le *Kien tchi* sorte de sauce très forte faite avec des navets, des choux salés et du piment dont le Coréen raffole. De temps en temps on ajoute à cette nourriture du bœuf confit en toutes petites tranches et très salé.

Le Coréen mange accroupi ; il a devant lui une petite table ronde et très basse où le dîner est servi en entier ; il mange avec des baguettes et se sert de la cuillère pour les soupes et le vermicelle... (1)

Conclusion. — La Corée est certainement un des pays du monde les plus intéressants ; la douceur et la facilité de caractère de son peuple permettent d'y tenter des essais que seulement son indifférence et son apathie peuvent faire malheureusement avorter. Placée entre deux puissants voisins qui se disputent sourdement sa possession, elle pourrait bien, si l'industrie étrangère parvenait à s'y implanter solidement, jouer le rôle d'État tampon neutre qui lui garantirait une existence tranquille et une prospérité à peu près certaine.

La France est en bonne posture pour jouer un rôle important dans l'éducation scientifique de cé peuple et dans son développement économique. Nos industriels et nos financiers ne devraient pas hésiter à donner leur aide aux demandes de coopération qu'on leur fait pour les entreprises à créer en Corée.

Sans être un Eldorado, la Corée offre certainement des avantages très suffisants et peu trompeurs.

Il convient de rendre ici un légitime hommage à l'honorable M. Collin de Plancy, ministre de la République française en Corée, qui, venu en Corée en 1886 une première fois, y est revenu dès 1896, et s'est toujours attaché à développer notre influence dans ce pays par tous les moyens en son pouvoir ; il convient d'associer à cette œuvre le nom de M. Lefèvre, qui a été son collaborateur et a contribué également à l'introduction de fonctionnaires français dans le gouvernement coréen.

(1) Ici se trouvait, dans le manuscrit de l'auteur, un chapitre spécial sur la *Géographie économique de la Corée*. On le trouvera dans le *Bulletin de la Société de géographie commerciale*, publié à Paris. (8, rue de Tournon).

# M. P. LALLIER

Maire de la Ferté-sous-Jouarre.

## PROJET DE SUPPRESSION DE L'OCTROI [336.28]

*— Séance du 8 août —*

La Municipalité de la ville de la Ferté-sous-Jouarre étudiant les meilleurs moyens de réaliser le projet de la suppression de l'octroi en cette ville, et de suppléer par des impôts plus justement établis au déficit que cette suppression occasionnerait au budget communal, présente au Conseil municipal le mémoire suivant sur cette importante réforme qui touche de si près aux intérêts de la généralité des habitants.

L'octroi est un impôt de consommation qui frappe le contribuable, non d'après ses ressources, *mais d'après ses besoins*. En effet, tous les objets frappés de cet impôt, sont principalement des objets de première nécessité, indispensables à la vie ; pour les comestibles, ce sont : la viande, le poisson, le vin, les autres liquides, cidre, etc., etc. ; pour les combustibles, les droits sur les bois, charbons, coke, etc. et sur l'éclairage; puis les droits sur les fourrages, avoines, etc., forment un impôt sur les chevaux de travail, car on sait que les chevaux de luxe ne constituent ici que l'exception.

C'est aussi un impôt progressif à rebours puisqu'il fait payer aux vins de luxe, le même droit que celui imposé au vin ordinaire.

Les frais de perception sont très élevés; dans les petites villes comme la Ferté-sous-Jouarre, ils atteignent près de 20 0/0.

Le produit de l'octroi à la Ferté-sous-Jouarre, pendant les cinq dernières années, s'est élevé, savoir :

| ANNÉE | RECETTE | FRAIS DE PERCEPTION | DROITS PERÇUS POUR LE COMPTE DU TRÉSOR |
|---|---|---|---|
| | fr. c. | fr. c. | fr. c. |
| 1889 | 52.957 75 | 8.235 28 | 2.572 08 |
| 1890 | 53.205 13 | 8.046 34 | 2.541 49 |
| 1891 | 54.113 04 | 7.867 63 | 2.615 65 |
| 1892 | 53.100 » | 7.866 65 | 2.643 19 |
| 1893 | 54.753 34 | 7.982 85 | 2.360 86 |
| | 268.129 27 | 39.998 75 | 12.733 27 |
| | 1/5 | 1/5 | 1/5 |
| | 53.625 85 | 7.999 75 | 2.546 65 |

Il résulte de ce tableau que le produit brut de l'octroi pendant les cinq dernières années, a été en moyenne de. . . . . Fr. 53.625 88
Les frais de perception de. . . . . 7.999 75

Et le produit net de. . . . . Fr. 45.626 13

En supprimant cette recette, on verra plus loin, comment on pourrait la remplacer pour équilibrer le budget de la Ville.

### FRAIS DE PERCEPTION DE L'OCTROI

Comme il vient de l'être indiqué les frais de perception de l'octroi, s'élèvent à. . . . . Fr. 7.999 75
Mais à cette somme, il faut ajouter celle de. . . . . 2.546 65
perçue pour le compte du Trésor, droits de timbre, etc.

Soit. . . . . Fr. 10.546 40

pour une recette de 53.625 fr. 85 c., c'est-à-dire 19,66 0/0 de frais de perception.

En supprimant les droits d'octroi, ce serait donc une somme de 10.546 fr. 40 c. dont on dégrèverait les contribuables.

### COMMENT REMPLACER L'OCTROI.

Il importe surtout d'examiner mûrement cette question. Différents projets sont à l'étude, les uns sont partisans de l'imposition de centimes additionnels aux quatre contributions directes; à la Ferté-sous-Jouarre, il faudrait en ajouter 73 à ceux existants (la valeur du centime est de 625 francs environ).

Les autres multiplient les taxes; impôts par abonnement sur les chevaux, augmentation des licences des marchands de liquides, des taxes sur les voitures et les chiens, augmentation des droits d'abattoirs, etc.

Il serait peut-être mieux de demander aux pouvoirs publics : 1° l'autorisation de porter à 30 francs par hectolitre d'alcool pur de vin, les droits de consommation de ce liquide: ces droits seraient perçus par l'Administration des Contributions indirectes à l'arrivée, et 2° une imposition de 8 0/0 sur la valeur locative de chaque habitant, de son commerce et de son industrie.

I

Un litre d'alcool pur coûtant 30 centimes de droit par 100°. Ce droit se trouverait réduit à 12 ou 13 centimes pour le litre d'alcool consommé (40°), et il ne changerait pas beaucoup le prix de revient du petit verre.

La consommation de l'alcool pur de vin, s'est élevée pendant les cinq dernières années, savoir :

| ANNÉE | ALCOOL PUR | ALCOOL DE VIN |
|---|---|---|
| | lit. | lit. |
| 1889 | 31.880 41 | 197 20 |
| 1890 | 30.823 01 | 181 93 |
| 1891 | 38.061 44 | 220 35 |
| 1892 | 33.055 18 | 210 39 |
| 1893 | 33.590 97 | 181 77 |
| | 161.411 01 | 991 64 |
| | 991 64 | |
| | 162.402 65 | |
| | 1/5 | |
| | 32.480 » | |

Soit en moyenne 325 hectolitres par an, à 30 francs, produisant 9.750 francs.

II

La valeur locative de toute la propriété bâtie s'élève à la somme

| | | |
|---|---|---|
| de . . . . . | Fr. | 487.447 » |
| en déduisant les non-valeurs estimées à . . . . . | | 37.447 » |
| Il reste . . . . . | Fr. | 450.000 » |
| qui à 8 0/0 donne un revenu net de . . . . . | | 36.000 » |
| qui joints au produit de la taxe sur l'alcool . . . . . | | 9.500 » |
| forment un total de . . . . . | Fr. | 45.500 » |

somme en rapport avec l'exigence de l'équilibre du budget de la Ville.

Afin de bien préciser la nature et l'importance de ce dernier impôt sur

la valeur locative des propriétés, il y a lieu de remarquer, par exemple, qu'une maison louée 600 francs se trouve réduite d'un quart dans l'évaluation qui a été faite par l'Administration des Contributions directes pour servir de base à l'impôt, et reste à 450 × 8 francs 0/0, de sorte que le propriétaire ou le locataire aurait à payer une taxe d'octroi de 36 francs, de même un appartement de 200 francs serait imposé le quart déduit sur 150 francs, soit à douze francs (12 francs), etc.

Cet impôt serait mis à la charge du propriétaire de l'immeuble, mais ce dernier aurait le droit de s'en faire rembourser le montant par son locataire, même pour les baux en cours, comme la contribution sur les portes et fenêtres.

En résumé, les deux impôts ci-dessus indiqués seraient d'un recouvrement facile, et si la ville de la Ferté-sous-Jouarre, était autorisée à remplacer l'octroi par ceux-ci, elle supprimerait cette taxe vexatoire et injuste qui charge plus le chef de famille ayant beaucoup d'enfants, par conséquent plus de consommateurs, que celui qui n'en a pas, et elle ferait réaliser une économie de 10.546 fr. 40 c. aux contribuables.

En 1898, le Conseil a voté le dégrèvement imposé sur les boissons hygiéniques savoir :

Réduction de 33 centimes sur les vins, 55 centimes au lieu de 88 centimes par hectolitre :

| | | |
|---|---|---|
| 7.773 hectolitres à 33 centimes. . . . . | Fr. | 2.565 34 |
| 574 hectolitres à 18 centimes. . . . . | | 103.81 |
| Perte résultant du droit sur les alcools dénaturés : 60 centimes . . . . . | | 165 60 |
| | | 2.834 75 |

Taxe de remplacement :

| | | |
|---|---|---|
| Surtaxe de 1 fr. 50 c. par hectolitre d'alcool. . . . . | Fr. | 510 38 |
| 4 centimes additionnels devant produire . . . . . | | 2.532 80 |
| | | 3.043 18 |

Les frais de recouvrement sont toujours les mêmes pour une recette plus faible, ils dépassent actuellement 20 0/0.

M. Julien FAURE

Directeur de l'Octroi de Limoges.

## LA LOI DU 29 DÉCEMBRE 1897 ET LES TAXES DE REMPLACEMENT [336.28]

*— Séance du 8 août —*

Comme la plupart des lois votées à la fin d'une législature, celle du 29 décembre 1897 a été bien plus une loi politique qu'une loi fiscale.

Il convenait, en effet, de calmer les clameurs du Midi et, à défaut d'une réforme complète du régime des boissons, de lui donner quelque chose en ayant tout au moins l'apparence et lui permettant d'attendre.

Les villes à octroi furent ainsi mises à contribution de plus de cinquante millions si elles s'en tenaient au dégrèvement partiel ; d'une somme considérablement plus élevée si elles effectuaient le dégrèvement intégral. Le choix, on le leur laissait, mais le Gouvernement chargeait les préfets d'intervenir auprès des municipalités pour insister en faveur du dégrèvement intégral qui n'était lui-même qu'un acheminement vers la suppression complète.

Quant à l'État, il se dérobait si bien que M. Georges Berry pouvait s'écrier du haut de la tribune : « En appliquant la loi sur les octrois avant d'avoir résolu le problème de la réforme des boissons, vous faites passer la charrue devant les bœufs. »

C'était exact et, à l'occasion des lois de sursis, le ministre des Finances formulait la même critique sous une autre forme en déclarant que la loi du 29 décembre 1897 avait été mal étudiée et ne répondrait au but qu'on s'était proposé qu'autant que l'État lui donnerait sa véritable signification par un appoint appréciable, l'abandon par exemple de la taxe unique. Qui donc avait plus qualité que M. Caillaux pour porter une appréciation aussi sévère et à la fois aussi juste ?

Cependant les villes, tout en nourrissant l'espoir que la loi serait abrogée, avaient étudié la question et n'avaient pas tardé à s'apercevoir qu'un dégrèvement de beaucoup inférieur à 5 centimes ne pouvait se traduire, pour la vente au détail, par une diminution d'un sou ; d'où cette conclusion que la suppression ou simplement la réduction ne pouvant aller jusqu'au consommateur, les intermédiaires seuls en profiteraient ; d'où cette conclusion encore que le vin restant au même prix, la viticulture éprouverait les mêmes difficultés que par le passé à écouler ses produits.

Ainsi, dès le principe, la vérité apparaissait éclatante et dénuée de tous les artifices oratoires, car l'on ne se trouvait plus en présence du total que le législateur avait pu considérer comme significatif, mais de la dose infinitésimale, celle dévolue à chaque consommateur pour chaque litre de vin consommé sur place ou emporté. Un peu l'histoire du kilogramme de mercure qu'on jetterait du haut d'un édifice : chacun courrait après la gouttelette insaisissable et le bloc aurait été sacrifié sans profit pour personne.

Prise isolément, la loi du 29 décembre 1897 n'a pas d'autre signification et ce n'est que lorsque nous en calculerons ses effets combinés avec celle du 29 décembre 1900 que nous pourrons apprécier si elle a parachevé la mesure dont, dans tous les cas, elle ne devait être que le corollaire. Quoi qu'il en soit, nous retiendrons cette constatation que si les sursis n'avaient pas permis aux villes d'attendre la mise en vigueur du nouveau régime des boissons, les populations urbaines eussent fait l'essai d'une loi d'aggravation et non une loi de dégrèvements.

Mais, comme de ces assertions l'on nous demandera la preuve, hâtons-nous de la fournir en examinant de près ce qui s'est passé à Limoges et ce qui, par conséquent, a dû se passer à peu près partout comme l'établissent les renseignements qui nous sont parvenus d'une quinzaine de grandes villes. Les chiffres que nous donnons sont irréfutables, puisqu'ils sont officiels et permettent de présenter la question sous son aspect le plus saisissant.

Dans l'hypothèse du dégrèvement partiel, la Municipalité avait à ramener de 3 fr. 20 c. à 2 fr. 25 c. la taxe sur les vins : de 1 fr. 80 c. à 1 fr. 20 c. celle des cidres et de 6 fr. 50 c. à 5 francs celle sur les bières, au total et en tablant sur 123.780 hectolitres de vin, 2.297 hectolitres de cidre et 5.995 hectolitres de bière, 127.961 francs se subdivisant comme suit :

| | |
|---|---|
| Vins . . . . . | 117.591 |
| Cidres . . . . . | 1.378 |
| Bières . . . . . | 8.992 |

Or, si nous donnons au dégrèvement sa portée mathématique, nous entrevoyons l'espoir d'une diminution de 2 fr. 10 c. par barrique de vin de 220 litres, de 1 fr. 30 par barrique de cidre et de 1 fr. 50 par hectolitre de bière. Supposons cette diminution acquise, effective. Est-elle de nature à exercer une influence bienfaisante sur la consommation, à créer des débouchés à la production ? Répondez, messieurs les économistes.

Que si nous prenons la vente au détail, oh ! alors, nous tombons dans les infiniment petits. Le dégrèvement par litre de vin est de 0 fr. 0095, moins d'un centime ; 0 fr. 006 par litre de cidre et de 0 fr. 015 par litre de bière, soit par bock 0 fr. 00375. Une illusion, un soupçon de dégrèvement !!

Voilà exactement déduite l'économie du dégrèvement partiel dans une ville de 80.000 habitants et l'on a pu trouver étrange que le Conseil municipal se soit montré, par euphémisme, hésitant, n'ait pas fait éclater toute son admiration et, séance tenante, n'ait pas voté les taxes de remplacement jusqu'à concurrence de 127.961 francs nécessaires!

Dans l'hypothèse du dégrèvement intégral, les chiffres grossissent et prennent pour les achats par barrique une signification qui a, du moins, l'avantage de retenir l'attention, car la barrique de vin sera réduite de 7 francs, celle de cidre de 4 francs environ et l'hectolitre de bière de 6 fr. 50 c. Il n'y a qu'un point noir à l'horizon : les 408.545 francs à trouver, un quart des produits de l'octroi.

Pour la vente au détail, le raisonnement s'effondre et nous ne sommes pas plus avancés que lorsqu'il s'est agi du dégrèvement partiel : le litre de vin n'est, en effet, réductible que de 0 fr. 032, celui de cidre de 0 fr. 018 et le bock (nous supposons quatre bocks par litre) de 0 fr. 016. Comment le débitant le mieux intentionné pourra-t-il appuyer la réforme sans en être la première victime?

Nous sommes loin des cinquante millions et déjà il vous apparaît que c'est d'un bien léger brouillard que nous sommes menacés, au lieu de l'inondation aussi dangereuse que pleine de séductions que l'emphatique Midi nous avait annoncée si nous avions pour lui un peu de cette commisération dont le législateur, dans un accès de générosité au détriment des finances municipales, avait exalté les bienfaits!

Comme, cependant, l'autorité supérieure, à l'instigation de la viticulture, ne cessait d'insister pour voir aboutir la loi, les municipalités se mirent à l'étude des taxes de remplacement dont la nomenclature est donnée d'une façon précise par l'article 4 et dans des termes plus vagues par l'article 5, mais sans enthousiasme aucun ; plutôt, avec l'idée bien arrêtée, nous croyons l'avoir démontré, que le prix des boissons hygiéniques ne subirait une légère dépression que pour les achats par barrique.

Or à Limoges — M. Labussière voudra bien nous pardonner cette indiscrétion — qui donc présidait à l'élaboration de ce travail? Un maire adversaire résolu des octrois, membre de la Commission des octrois à la Chambre des députés, rapporteur enfin de la dernière loi de sursis. Certes, M. Labussière n'adorait pas à ce moment ce que la veille il voulait détruire, mais la perspective d'augmenter de 127.000 francs les impôts communaux existants le rendait perplexe et, nous en avons la conviction, devait *in intimo* singulièrement refroidir son zèle d'antan pour la suppression complète. Bien d'autres, ont dû passer par ces angoisses qui n'ont pas des convictions aussi sincères que l'homme distingué et aimable sous les ordres de qui nous avons l'honneur de servir depuis bien des années.

Quel enthousiasme pouvait d'ailleurs provoquer l'examen de chacune de ces taxes de remplacement ?

A celles ne résultant pas d'une majoration du tarif, le premier reproche, reproche d'ordre général, consiste à demander la compensation non pas seulement à l'agglomération qui bénéficie du dégrèvement, mais à la population de toute la commune. Pourquoi cette obligation, nous allions dire cette injustice, alors que nous voyons chaque jour, et nous ne saurions l'en blâmer, le Conseil d'État n'admettre que très difficilement l'extension des périmètres d'octroi ? Voilà des populations rurales pour lesquelles on témoigne un légitime intérêt, que les municipalités ne peuvent englober qu'en justifiant des plus impérieuses nécessités budgétaires et, un jour l'on fera à ces mêmes municipalités une obligation étroite de ne pas traiter autrement la banlieue que l'agglomération sous prétexte que l'impôt direct est un impôt de répartition ou de quotité. Ajoutons à cela des considérations d'ordre absolument politique et il semblera tout naturel qu'on n'ait pas cherché à éloigner de soi une partie du corps électoral communal.

L'impôt direct, ne serait-ce que pour cette unique considération, offrait donc des inconvénients que ne présente pas celui d'octroi ; aussi avons-nous pu constater contre lui une hostilité manifeste.

Non moins vives et non moins fondées étaient les critiques formulées contre les licences municipales. En demandant, en effet, à l'alcool tout ce que la loi permettait d'exiger de lui et un contingent important aux licences municipales, on reprenait ainsi d'une main aux cafetiers et débitants ce qu'on leur avait donné de l'autre et on leur fournissait le meilleur des arguments pour ne pas diminuer le prix des boissons hygiéniques et augmenter celui des spiritueux. En outre, l'assiette même de cet impôt était d'autant plus difficile à déterminer que le droit fixe ne pouvait être que très minime, alors que le droit proportionnel devait être basé sur une valeur locative comprenant dans presque tous les cas d'autres commerces. Ajoutons que les licences échappaient en quelque sorte à l'action municipale, puisqu'il convenait de s'en remettre, en dehors du droit fixe, aux contributions directes pour la détermination du droit proportionnel et aux contributions indirectes pour la perception. Les villes n'aiment généralement pas ces ingérences dans leurs affaires.

Il était assurément plus facile et moins problématique d'augmenter le nombre des centimes additionnels au principal des quatre contributions, car le centime a une valeur connue et plutôt susceptible d'augmenter que de diminuer. Mais la loi du 29 décembre 1897 ne permettait d'aller que jusqu'à 20 centimes, soit pour Limoges 160.000 francs environ, bien insuffisants pour le dégrèvement intégral.

Or, il faut avoir pris part aux travaux et aux discussions d'une assemblée

communale, pour se faire une idée exacte des tempêtes soulevées par de telles propositions.

Passe encore la contribution foncière et la contribution mobilière avec l'immunité pour les petits loyers, mais les portes et fenêtres, mais les patentes, pouvait-on songer à y avoir recours au moment où le parti libéral réclame la suppression des premières et où le commerce se plaint de l'énormité des secondes? Au milieu de ces explosions, tout l'intérêt qu'on pouvait attacher au dégrèvement des vins disparaissait et la perspective seule de présenter en bloc au contribuable la note à payer faisait hésiter les esprits les plus pondérés, de telle sorte que pas une voix ne s'est élevée pour défendre cette combinaison.

Parlerons-nous des autres taxes, de ces taxes minuscules sur les chevaux, voitures, voitures automobiles, billards, cercles et chiens, qui ne pouvaient servir que comme appoints et présentaient tous les inconvénients des petits impôts : inquisition, délations, fraude, etc., etc.?

Seule celle sur les vins en bouteilles avait le mérite d'atteindre facilement un objet de luxe et encore a-t-elle été faussée par l'interprétation qu'on lui a donnée en la faisant porter sur tous les vins indistinctement.

Non, il n'y a rien, absolument rien, dans cette loi du 29 décembre 1897, qui, de près ou de loin, ressemble à une loi de réelle protection pour la viticulture; elle laisse à ce point de vue tout en état et, quand les villes sont mises dans l'obligation de s'incliner, nous les voyons presque toutes s'en tenir au dégrèvement partiel et chercher dans l'octroi lui-même la compensation. Donc de partout, même répugnance contre les taxes de remplacement indiquées par le législateur, même hésitation, mêmes scrupules à faire l'essai de l'impôt direct.

A Limoges, nous demandons les 127.000 francs à l'alcool, aux fourrages et aux vins en bouteilles.

A Nancy, les 149.025 francs doivent être fournis par l'alcool.

A Saint-Étienne, où il s'agit de 450.000 francs, l'on a recours à un décime sur presque toutes les taxes d'octroi et l'on porte l'alcool à 60 francs l'hectolitre.

A Rouen, il faut 200.000 francs ; l'on demande 190.000 francs à l'alcool et l'appoint est réclamé à une surélévation de la taxe sur les chiens.

A Versailles, l'on compte sur l'alcool pour les 103.000 francs nécessaires.

A Toulouse, pour 79.355 francs, l'alcool est porté de 24 à 45 francs.

Au Havre, pour 378.249 francs, majoration de 12 francs sur l'alcool et l'on augmente de 4 le nombre des centimes.

A Reims, majoration de 3 fr. 50 c. par hectolitre d'alcool.

A Tours, pour les 70.000 francs, l'on a recours à une surtaxe de 31 francs sur l'alcool.

A Angers (105.000 francs), l'alcool est, comme à Limoges, majoré de 36 francs par hectolitre.

A Nice, où il faut plus de 600.000 francs, surélévation de la taxe sur l'alcool, application de la taxe sur les vins en bouteilles, augmentation de certaines taxes d'octroi déjà existantes, impôt sur les cercles.

A Dijon où le dégrèvement a été intégral pour les boissons et les combustibles (369.036 francs), on s'adresse un peu à tout : 20 centimes, augmentation de l'alcool, licences municipales, taxes sur les cercles.

A Nantes (240.000 francs), l'on demande 160.000 francs à l'alcool et 80.000 francs aux licences.

A Brest (121.725 francs), majoration de 18 francs sur l'alcool.

A Amiens (119.832 francs), surtaxe de 15 francs sur l'alcool.

A Rennes (233.000 francs), surtaxe de 36 francs sur l'alcool et taxe de 50 0/0 sur le revenu net de la propriété bâtie.

Pourquoi cette presque unanimité à s'en tenir au dégrèvement partiel ? Pourquoi cette tendance presque générale à éviter les taxes de remplacement ?

Les villes auraient-elles par hasard tenu conseil pour faire échec à la loi ? On sait bien le contraire et c'est parce que la résistance n'a pas été concertée et ne pouvait, du reste, pas l'être, qu'il faut conclure que sur toute l'étendue du territoire l'on ne comprenait que trop que les taxes de remplacement compliquaient le problème et ne permettaient d'aboutir qu'à une solution bâtarde.

Sans doute les clameurs du Midi étaient trop bruyantes pour ne pas arriver jusqu'à nous, sans doute nos celliers ne demandaient qu'à s'ouvrir pour permettre aux viticulteurs de vider leurs caves, sans doute aussi nous trouvions exorbitante la cumulation des droits de circulation, de taxe unique et d'octroi, mais la mévente des vins pouvait-elle donc être considérée par nous comme une catastrophe nationale puisque l'État s'en tenait à quelques mesures de protection ?

Là, du reste, où l'on a voulu faire grand : au Havre, à Lille, à Roubaix, les taxes de remplacement prévues par l'article 4 de la loi du 29 décembre 1897 ont été dédaigneusement écartées et il n'est que juste de reconnaître que M. le ministre des Finances a témoigné un égal dédain pour toutes les combinaisons autorisées par l'article 5, soit qu'elles eussent entraîné la ruine d'industries locales, soit qu'elles eussent eu pour conséquence une lutte de classes. A ce sujet nous nous permettrons de vous recommander la lecture du discours de M. Motte dont l'argumentation serrée, précise et limpide est véritablement magistrale, discours qu'on attribuerait volontiers à un professionnel si nous ne savions que l'honorable député de Roubaix était de taille à traiter le sujet avec toute la compétence voulue.

Ainsi que nous l'avons dit au début, la loi du 29 décembre 1897 avait visiblement contre elle le ministre des Finances et, pensons-nous, pour deux raisons : la première c'est que M. Caillaux connaissait trop bien le peu d'influence des dégrèvements insignifiants sur la consommation et la production pour se faire illusion, la seconde c'est qu'il pouvait personnellement tenir à la mise en vigueur simultanée de cette loi avec la réforme des boissons, à laquelle elle ajouterait une signification plus grande encore surtout si les villes, séduites par la suppression de la taxe unique, se prononçaient pour le dégrèvement intégral.

Les villes ont, en cette occurrence, montré une sagesse qui a pu déconcerter le ministre et les législateurs. Elles ont, permettez-nous cette expression familière, « fait la sourde oreille », et considérant que la suppression de la taxe unique constituait à elle seule un dégrèvement largement suffisant, elles s'en sont tenues, la plupart d'elles du moins, à ce dont la loi leur imposait l'obligation. Le législateur avait voulu qu'elles marchassent les premières ; elles ont cédé le pas et, à leur tour, elles ont trouvé excellent de profiter de tous les avantages de la loi en ne s'imposant que quelques sacrifices très faciles à faire accepter par les populations.

Tel est le cas et tel est l'usage qu'elles ont fait des taxes de remplacement. Il y a là, ce nous semble, un enseignement et nous allons vous démontrer que c'est à cette extrême prudence qu'elles doivent d'avoir pu doubler le cap des mécomptes de la première heure.

A Limoges, avons-nous dit, il fallait faire face à un dégrèvement total de 127.961 francs ; or, nous demandions, savoir :

| | (Mathématiquement) | | |
|---|---|---|---|
| A l'alcool . . . . . | 96.000 francs | et par prévision réduite à Fr. | 85.000 |
| Aux fourrages . . . . | 33.000 — | | |
| Aux vins en bouteilles. | 5.000 — | | |

L'alcool, avec une moyenne de 64 584 francs, devait donc nous donner 64.584 + 85.000 = 149.584 francs. Comme il a produit 75.451 francs seulement, il y a donc eu perte par rapport aux prévisions de . . Fr. 74.133 »

Les fourrages, avec une moyenne de 137.723 francs, augmentés de 33.000 = 170.723 francs, n'ont donné que 150.858 francs, soit une perte de . . . . . 19.865 »

TOTAL. . . . . Fr. 93.998 »

Par contre, les vins en bouteilles figurant comme prévisions pour 5.000 francs ont donné 7.691 francs, soit une plus-value de 2.691 »

Quant aux vins en cercles qui avaient produit en moyenne 384.997 francs et ne devaient figurer que pour 270.714 francs, ils ont donné 373.058 francs, soit une augmentation de. . . . . 102.344 »

TOTAL. . . . . Fr. 105.035 »

| | | |
|---|---|---|
| Quant aux cidres, ils présentent par rapport aux prévisions une perte de . . . . . Fr. | 521 | » |
| et les bières une moins-value de . . . . . | 9.026 | » |
| TOTAL. . . . . Fr. | 9.547 | » |
| Soit, tous comptes faits comme augmentation. . . . . Fr. | 105.035 | » |
| et comme diminution 93.998 + 9.547 . . . . . | 103.545 | » |
| D'OU PLUS-VALUE DE. . . . . Fr. | 1.490 | » |

En réalité donc et en tenant compte d'approvisionnements faits par anticipation pour les spiritueux et les fourrages et retardés pour les vins, nous sommes arrivés à des résultats répondant aussi exactement que possible à ceux obtenus pour une année moyenne, mais il importe de bien remarquer que notre barque allait à la dérive et que les calculs mathématiques ont été complètement bouleversés et vraisemblablement le seront encore pendant quelques années.

Au surplus, ce n'est pas à la loi du 29 décembre 1897 seulement qu'il faut attribuer ces variations dans la consommation, mais bien aussi et pour la plus large part à celle du 29 décembre 1900. C'est pourquoi notre travail serait absolument incomplet et ne pourrait nous permettre de conclure, si nous nous abstenions d'examiner les effets combinés de ces deux lois.

Sur quoi, non seulement dans le projet Caillaux, mais dans tous les projets présentés au Parlement, a été basée la réforme des boissons? Sur cette conception première et idéale qu'elle devait se suffire à elle-même et ensuite sur un jeu de chiffres consistant à demander à l'alcool et aux licences le contingent nécessaire. A la vérité, l'alcool devait fléchir, d'après M. Caillaux, de 7 0/0 environ, mais les vins devaient augmenter. Il y aurait donc compensation, et si vos souvenirs sont exacts vous devez vous rappeler que M. Peytral aussi bien que M. Caillaux ont déclaré, pour triompher des dernières hésitations du Sénat, qu'on pouvait sans appréhension aucune voter la loi. Peut-être même entrevoyaient-ils des plus-values. Hélas! l'éloquence des chiffres a été prise en défaut et dans des conditions telles que la sagacité d'un ministre des Finances n'a, à aucune autre époque échafaudé ses conceptions sur des hypothèses plus fortement contrecarrées par les événements.

Bien plus encore sous l'influence d'une récolte exceptionnellement abondante que comme conséquence des dégrèvements, le prix des vins a subitement fléchi de plus de 50 0/0, si bien que la consommation a atteint des chiffres inespérés dans les villes où les droits étaient sensiblement diminués, comme dans les campagnes, même là où ils étaient augmentés. Du côté des alcools, au contraire, la débâcle était complète. Avec la majo-

ration des droits d'État et locaux et des licences, les cafetiers et débitants avaient pris frayeur et, sans tenir autrement compte des réductions sur les vins et les bières, ils augmentaient sans vergogne aucune de 25 0/0 environ le prix des consommations spiritueuses. A Limoges, les surtaxes étaient de 1 centime par degré, soit 72 centimes pour une bouteille d'absinthe, 50 centimes pour un litre de cognac ou de rhum ; or, à raison d'au moins trente consommations par litre, le bénéfice nouveau, ainsi calculé, représentait au minimum 3 francs. De quoi fausser la réforme. Bien plus, l'on faisait subir à certaines boissons une opération de mouillage réduisant le degré alcoolique et augmentant les bénéfices en même temps que le volume.

Nous n'exagérons rien, et un rapport administratif adressé par nous, en janvier 1901, à M. le maire de Limoges vous fournirait la preuve que nous signalâmes le mal à son origine et vous démontrerait peut-être que la publicité donnée à ce document ne fut pas étrangère à quelques atténuations.

A ce moment, les consommateurs étaient avec nous, ainsi que les garçons de café, menacés de perdre le pourboire ; par contre, le syndicat de limonadiers nous témoigna quelque hostilité, mais il n'en diminua pas pour cela le quinquina, le byrrh, les vins blancs et surtout la bière, réduite cependant de 1 fr. 50 c. par hectolitre. A quoi donc avait servi le dégrèvement de cette dernière boisson? A faire payer, sous forme de taxes de remplacement, près de 10.000 francs de plus à la population.

Est-ce à dire que la réforme des boissons ne devait pas être effectuée et qu'elle n'a pas produit d'heureux résultats ? Loin de nous cette pensée, car nous sommes de ceux qui n'ont jamais exprimé la moindre sympathie pour l'exercice des débits et la plus légère admiration pour la taxe unique, ainsi qu'en témoignent les critiques formulées sur ce régime dans notre *Histoire de l'Octroi de Limoges*. Bien plus, nous serions presque d'avis que cette réforme s'est traduite par des dégrèvements au delà de ce que les populations des grands centres attendaient d'elle, pêchant ainsi par l'excès contraire de la loi du 29 décembre 1897. Mais, si nous revenons à la question posée au Congrès, nous devons avouer que cette dernière loi n'était qu'un trompe-l'œil et que, si elle a passé inaperçue, c'est qu'elle s'est en quelque sorte incorporée avec celle du 29 décembre 1900. Les villes l'ont subie, quelques-unes au prix d'importants sacrifices. Ne leur demandez pas d'en exalter les mérites.

Et vous-mêmes, au Congrès d'Ajaccio, comment, peut-être sans le vouloir, l'avez-vous jugée cette loi néfaste? Nous entendons bien que, sous le charme des discours d'orateurs remarquables et convaincus, vous avez pu vous livrer à une manifestation contre l'institution des octrois et traduire vos sentiments par un vœu en faveur de la suppression ; mais la solution

que vous avez indiquée ne nous semble pas être précisément l'apologie des taxes de remplacement, puisque vous voudriez voir donner aux villes le moyen de choisir et un peu de cette liberté qu'une tutelle par trop étroite leur conteste à chaque instant !

Oh! nous le savons bien, nous qui avons la pénible mission d'assurer la rentrée des deniers communaux avec un outil dont on se plaît à émousser le tranchant, il y a un courant contre les octrois. Mais ce courant, qui donc l'a créé et qui donc cherche à en augmenter l'impétuosité? Le politicien seul, l'homme aux programmes retentissants, celui qui promet tout sans se préoccuper de savoir s'il pourra tenir ses engagements ou si, les tenant, il n'aura pas compromis les finances de sa commune. Si à l'Association Française l'on faisait de la politique, nous ne serions pas parmi vous ; fort heureusement, on ne s'y occupe que de sciences, et c'est pourquoi notre faible voix est venue se faire entendre pour protester contre ce soi-disant courant auquel on veut absolument nous faire croire quand nous voyons les municipalités n'y prendre autrement garde que pour le saluer à son passage.

Et, d'ailleurs, que de déceptions pour les adversaires de cette malheureuse institution ! Écoutez plutôt ce langage, que nous avons noté tout récemment au cours justement de la discussion sur les taxes de remplacement : « Je finis par croire que nous n'avons cessé de nous moquer de nos électeurs en leur promettant la suppression des octrois. Fournissez-nous la preuve, monsieur le maire, que, dans les taxes de remplacement que nous reconnaissons toutes mauvaises, nous ne pouvons trouver la solution recherchée et nous bifferons cet article de nos programmes. »

Qui parlait donc ainsi? Un ouvrier qui était loin de se douter qu'au cours d'une remarquable conférence M. Barthélemy s'était écrié : « J'aime mieux l'octroi, et sur ce point je suis à peu près certain d'être suivi par tout le monde, que les expédients tortionnaires réservés par les députés de Paris à leurs électeurs et par le préfet de la Seine à ses administrés. Si vous ne pouvez pas, messieurs les députés, trouver de nouveaux impôts indirects, eh bien ! n'hésitez pas. Laissez-nous nos octrois. Nous n'en mourrons pas et nous les trouverons moins amers que la pilule qu'on va vous demander encore de nous faire avaler. »

C'est sur le chemin de Damas que nous avons rencontré l'ouvrier et l'économiste. C'est sur ce chemin que nous espérons trouver la section d'économie politique de l'Association Française si, comme nous le désirons, nous avons pu lui faire partager nos propres sentiments sur une loi faite contre les villes et sans aucun profit pour la viticulture.

M. Léon GUIFFARD

Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

## LA JEUNESSE ET LA COLONISATION A L'ÉTRANGER [325.3:49.3]

*— Séance du 9 août —*

Le XIXe siècle a vu s'accomplir de grandes transformations dans la puissance coloniale des nations européennes ; si l'Angleterre et la Hollande ont continué à tenir une place importante dans l'histoire de la colonisation, la première en étendant encore ses possesions d'outre-mer déjà immenses, la seconde en perfectionnant par de sages et patientes mesures l'organisation de ses riches colonies des Indes-Orientales ; si la France, au prix d'énormes sacrifices d'hommes et d'argent, a reconstitué son domaine à peu près anéanti par les catastrophes politiques du siècle précédent, par contre, le Portugal s'est vu réduit à la portion congrue ; quant à l'Espagne, sur l'empire de laquelle, au temps de Charles-Quint, le soleil ne se couchait jamais, les dernières années ont vu l'effondrement complet de sa puissance coloniale, et il n'est pas probable qu'elle se relève jamais de ce désastre.

Deux nations cependant ont pris dans la politique coloniale un rôle auquel elles ne paraissaient point préparées.

L'Allemagne, après ses succès de 1870-71, a jugé nécessaire d'étendre sa sphère d'action et de s'assurer un champ d'expansion qui pouvait devenir nécessaire à sa population et à son activité industrielle sans cesse croissantes.

Pour la Belgique, si elle n'a point à proprement parler de colonies, il ne faut pas oublier qu'elle assure le gouvernement et la plus grande partie du commerce de l'État Indépendant du Congo, auquel elle est liée par ce que le droit international appelle « l'union personnelle ».

Le partage fait, entre les nations européennes, des terres sur lesquelles elles se sont arrogé des droits de possession ou de protectorat, il a fallu se mettre à l'œuvre pour les exploiter. Les conditions nouvelles de l'existence, la situation climatérique et géographique de ces possessions ont imposé des modes nouveaux de colonisation. Le temps n'est plus où l'on envoyait sur les terres lointaines le rebut d'une société pour s'en débarrasser; le résultat, d'ailleurs, au point de vue colonial, fut toujours douteux, et il ne

faut pas accepter les yeux fermés certaines légendes, celle de la colonisation de l'Australie par les convicts, par exemple (1). Le temps n'est plus d'envoyer aux colonies des condamnés ou des récidivistes livrés à leur propre initiative, écume de l'écume ; ce ne sont plus les Manons et les des Grieux qu'il faut transporter sur les terres neuves pour les peupler et les mettre en valeur. Pour tirer parti des colonies, il faut des bras, des intelligences, des capitaux, des hommes sains au physique comme au moral, spécialement armés pour la lutte qu'ils auront à livrer contre les forces ennemies d'une nature vierge.

Il faut des colons préparés à leur métier.

Le problème de la préparation des hommes à la mise en valeur des colonies, nous avons eu précédemment l'occasion de l'étudier en France (2). Nous allons examiner maintenant quelle solution il a reçu à l'étranger.

## I

### BELGIQUE (3)

La conférence de Berlin, qui s'ouvrit le 15 novembre 1884, sous la présidence du prince de Bismarck, et dura jusqu'au 26 février 1885, avait pour but de régler les questions que soulevait la prise de posssession des territoires africains par les nations européennes. C'est elle qui transforma en un État indépendant la vaste étendue de territoire occupée et exploitée par l'Association Internationale Africaine. Cette Société avait été fondée en 1878 sous la direction de Stanley et sous le haut patronage de S. M. Léopold II, roi des Belges. Celui-ci fut autorisé par les Chambres belges à accepter la souveraineté du nouvel État.

En raison de ce fait, la haute administration de l'État Indépendant est entre les mains des Belges, et ce sont eux surtout qui ont opéré la mise en valeur du pays.

D'ailleurs, nous nous trouvons là en présence d'un système de colonisation très spécial et qui mérite d'attirer l'attention : l'exploitation par l'État. Tout ce qui n'est pas concession particulière fait partie du domaine privé de l'État (D. P.) et comme tel, est exploité par les agents de l'Administration. Ceux-ci, généralement des officiers, sont donc tout à la fois chefs militaires, administrateurs et agents de colonisation. Ce système a le double mérite de réduire au minimum le nombre des fonctionnaires, et

(1) Voir M. PAIN : *Colonisation pénale* (Société d'éditions scientifiques), 1re partie, chap. 1er.

(2) *La Jeunesse Française et la Colonisation.* communication faite au Congres d'Ajaccio, 1901.

(3) Nous devons les documents et renseignements relatifs à cette partie du travail principalement à M. Pourbaix, secrétaire de la Société d'Études Coloniales (de Bruxelles) et à M. Van der Slyem, rédacteur à *la Métropole* (d'Anvers), que nous remercions de leur aimable accueil et de l'empressement avec lequel ils ont bien voulu se mettre à notre disposition.

de leur faire rendre le maximum de services. Il faut même ajouter que, dans ce but, les agents de l'État sont intéressés aux affaires. C'est peut-être là qu'il faut chercher la source de certains abus que la presse signale parfois — avec un grossissement qui trahit l'origine des protestations (1).

Cette application de la colonisation militaire, ainsi que la comprenaient les Romains et que la préconisait Bugeaud lors de la conquête de l'Algérie, nécessite, on s'en rend compte facilement, une préparation très spéciale et très complète de ceux qui sont appelés à y participer. Il est à craindre qu'ils ne soient, par suite de l'absence absolue de cette préparation, fort inférieurs à la tâche complexe qui leur incombe.

La population blanche du Congo Indépendant se compose d'éléments variés ; les statistiques officielles, au 1er janvier 1901, signalaient la présence, sur le territoire de l'État, de 2.204 Européens, parmi lesquels 1.318 Belges, 115 Anglais, 114 Hollandais, 170 Italiens, 107 Suédois, 60 Allemands, 58 Français, etc. (2).

Anglais, Hollandais, Français font partie du personnel des factoreries ; les Italiens, pour la plupart d'anciens sous-officiers, occupent les grades d'officiers subalternes dans la force publique ; les Suédois, pour la majeure partie, assurent le service de la navigation sur les fleuves et les grands lacs.

Quant aux 1.318 Belges, ce sont, au moins pour la moitié, des fonctionnaires et des officiers. Le reste se compose de directeurs ou d'employés des factoreries ou du chemin de fer, et de missionnaires.

Comme partout ailleurs, ce sont de préférence les jeunes gens qui s'expatrient. Le grand port d'Anvers, par lequel se font les communications avec le Congo, voit partir tous les mois environ 50 Belges. Les deux tiers sont âgés de vingt à trente ans.

Ces derniers, qu'ils soient officiers, agents de l'État ou agents commerciaux, ne sont d'ailleurs nullement préparés à la carrière coloniale.

Les premiers vont là-bas chercher de l'avancement, ou faire connaissance avec le pays pour se mettre ensuite au service des sociétés commerciales à des conditions plus avantageuses ; les derniers sont la plupart du temps, là comme ailleurs, des désillusionnés de la vie européenne ou des chercheurs d'aventures de qui l'on ne doit attendre aucun résultat sérieux.

La situation qui est faite aux uns et aux autres n'est d'ailleurs pas très

(1) Ce sont généralement les journaux anglais qui mettent en circulation les bruits d'exactions et d'atrocités commises par les Belges. Nous connaissons la valeur de la pitié anglaise. Mais l'Angleterre, qui convoite une partie des territoires formant l'État Indépendant, est intéressée à jeter le discrédit sur l'administration belge. En effet, la convention de Berlin (1885) a été faite pour vingt ans. Quand on en débattra le renouvèllement, plusieurs puissances européennes imposeront des conditions. On peut s'attendre à quelques changements, auxquels chacun s'efforcera de gagner.

(2) Et 1 Congolais. Un seul individu a jusqu'ici demandé le bénéfice de la naturalisation. C'est un ex-Français.

enviable. Les traitements, ceux de l'État surtout, sont fort peu élevés : les factoriens débutent généralement à 1200 ou 1800 francs, avec la nourriture ; les agents de l'État, qui ne sont pas nourris, ont des appointements à peu près égaux ; et les vivres sont hors de prix, tout au moins dans le Bas-Congo. Les conditions climatériques sont généralement assez mauvaises, e bien-être nul, les précautions sanitaires insuffisantes. M. le Sénateur Picard s'en plaignait fortement en 1896 (1), et les choses n'ont guère changé depuis.

En dehors du Congo, bien rares sont les Belges qui partent vers les colonies. Cependant, les chemins de fer de la Chine en comptent un certain nombre — 150 environ — dans leur personnel, des ingénieurs pour la plupart. Quelques autres dirigent les travaux dans les mines de la Côte d'Or.

Si la préparation de l'effectif que la Belgique envoie aux colonies est insuffisant, il n'en faut pas moins rendre hommage aux efforts intelligents de quelques groupes d'hommes que les questions coloniales occupent et qui font preuve d'autant de compétence que de savoir. Le seul reproche qu'on puisse leur faire est de prendre les questions de trop haut, et de passer au-dessus des solutions pratiques.

Une école coloniale, donnant un enseignement pratique, a fonctionné pendant deux années, mais n'existe plus depuis déjà trois ans ; les élèves ont manqué. A l'heure actuelle, des cours spéciaux de colonisation sont professés à l'Institut Commercial d'Anvers et à l'École d'Agriculture de Vilvoorde ; des plantations et des conférences sur la flore coloniale sont en préparation au Jardin Botanique de Bruxelles. Cette ville possède en outre, à Tervueren, un musée colonial dont elle est très fière.

Le mouvement colonial est dirigé en Belgique par deux Sociétés dont l'une se consacre spécialement aux études du droit colonial, tandis que l'autre s'applique à la solution des problèmes pratiques et à la propagande en faveur de la colonisation.

L'Institut Colonial International, 36, rue Veydt, à Bruxelles, se compose de soixante membres effectifs, répartis par les statuts entre les diverses nationalités, et de membres associés. A chaque session, on nomme un nouveau président appartenant à la nationalité du pays où doit se tenir la session suivante. Le président pour 1901-1903 est Lord Reay, ancien sous-secrétaire d'État pour les Indes ; l'un des vice-présidents est M. P. Cambon, notre ambassadeur à Londres ; le secrétaire général est M. Camille Janssen, gouverneur général honoraire de l'État Indépendant du Congo. Le but de l'Institut est : « 1° de faciliter et de répandre l'étude comparée de l'administration et du droit des colonies... ; 2° de créer des relations internationales

(1) *En Congolie*, par M. PICARD. Bruxelles, 1896.

entre les personnes qui s'occupent d'une façon suivie de l'étude du droit et de l'administration des colonies..., et de faciliter l'échange des idées et des connaissances spéciales entre hommes compétents ; 3° d'organiser le plus rapidement possible un bureau international de renseignements.» En dehors de ses comptes rendus, l'Institut Colonial International a produit un cercertain nombre de publications qui forment le noyau d'une Bibliothèque coloniale internationale.

La Société d'Études coloniales, dont le siège social et la riche bibliothèque occupent un local dans le curieux hôtel Ravenstein — l'hôtel des Sociétés savantes de Bruxelles — date de 1894. Fondée sur l'initiative de M. Couvreur, président de la Société des Sciences sociales, et dirigée par un comité central que préside M. Bernaert, ministre d'État, elle réunit onze cents membres appartenant au monde des sciences, du barreau, de l'industrie et du commerce, et répartis en comités locaux (Bruxelles, Gand, Liège, Tirlemont, Termonde, Ostende, Mons et Namur). Ses moyens d'actions sont : « 1° la constitution d'une bibliothèque et d'une bibliographie de tous les ouvrages, livres, brochures et documents relatifs aux questions coloniales ; 2° l'organisation de conférences et de discussions sur ces questions... ; 3° la publication d'un recueil périodique... ; 4° la participation à l'organisation d'expositions coloniales ou d'expéditions scientifiques ; 5° l'organisation de cours pratiques pour l'instruction des personnes se rendant au Congo ou désirant nouer des relations avec ce pays. »

En outre de son bulletin, revue fort intéressante et éditée avec grand soin, la Société a publié un certain nombre d'ouvrages dont le plus remarquable est un *Manuel du Voyageur* (trois volumes et un album) qui constitue un *vade-mecum* très complet du résident en Afrique équatoriale. La Société a de plus constitué et entretient à Léopoldville un laboratoire de bactériologie destiné spécialement à l'étude des questions d'hygiène tropicale.

Un certain nombre d'autres Sociétés occupent une place plus restreinte dans le domaine des choses coloniales. Nous citerons : le Club Africain d'Anvers, association amicale dont le but est surtout de saluer à leur départ et à leur retour *inter pocula* les camarades qui vont faire ou qui ont fait un séjour au Congo ; la Société de Géographie d'Anvers, que préoccupent très justement les relations à entretenir avec les colonies ; le Club Africain de Bruxelles, la Mutuelle Congolaise, société d'appui et de secours pour les rapatriés, et l'Association Congolaise et Africaine de la Croix Rouge, qui a des hôpitaux à Léopoldville, à Boma (ce dernier a hospitalisé cent vingt malades en 1900) et des postes médicaux sur différents points du territoire ; le président d'honneur est le prince de Ligne et le président effectif M. Alfred Simonis, vice-président du Sénat.

## II

### ALLEMAGNE (1)

Depuis longtemps, il fallait à l'excédent considérable de la population allemande un débouché. Pendant de longues années, l'émigration de cet excédent se porta vers l'Amérique. Dans les trente dernières années, sur 2.500.000 Allemands qui ont quitté la mère-patrie, les neuf dixièmes se sont dirigés vers les États-Unis (19.703 sur 22.309 en 1900).

Mais les rêves de puissance coloniale qui hantaient les autres nations européennes ont fini par s'imposer également à l'Allemagne. Après avoir affirmé sa force en Europe, elle a voulu la répandre au loin. Une circulaire du 17 octobre 1884 a notifié aux puissances la prise de possession des territoires de Togo, du Cameroun, d'Angra Pequeña (aujourd'hui Süd-West Afrika) sur la côte occidentale d'Afrique et d'Usambara (Ost Africa) sur la côte orientale. L'Allemagne a de plus mis la main sur un certain nombre d'îles océaniennes, notamment sur une partie de la Nouvelle-Guinée; enfin, elle a pris une part active au mouvement de pénétration européenne en Chine et y a obtenu la concession de Kiautschou (Tsingtau).

Ces territoires, d'étendue et de valeur très différentes, n'ont certes pas encore donné, à beaucoup près, tout ce que l'on en attendait, mais, colonisés avec la méthode, l'esprit de suite et la persévérance qui caractérisent la race allemande, ils laissent déjà entrevoir une prospérité fort enviable.

A l'heure actuelle, l'Allemagne possède environ 2.400.000 hectares de colonies, avec une population blanche de 5.000 individus, parmi lesquels 3.500 Allemands. Ceux-ci se répartissent ainsi : Togo 110, Cameroun 350, Süd West Afrika 1.660, Ost Afrika 820, Océanie 530.

Le nombre des départs vers les colonies est encore très limité. Alors que 20.000 Allemands s'en vont tous les ans vers l'Amérique du Nord, on compte 500 départs seulement vers les colonies, et comme partout, la majeure partie de ces coloniaux se compose d'officiers et de fonctionnaires.

Toutefois, grâce à une appropriation raisonnée de la culture au climat, grâce à une préparation méthodique des individus, grâce aussi à une heureuse situation géographique de certaines colonies allemandes, si la mise en valeur se fait lentement, elle avance sûrement, sans échecs, sans découragements. La colonisation allemande est surtout agricole. Les

(1) C'est dans de très intéressantes conversations avec M. le vice-amiral Valois, vice-président chargé de la direction de la *Deutsche Kolonial Gesellschaft*, et avec M. Müllendorf, rédacteur à la *Kölnische Zeitung*, ainsi que dans les documents qu'ils ont eu la gracieuseté de nous procurer que nous avons puisé la majeure partie des renseignements qui ont servi à cette étude.

Nous devons aussi de précieuses indications à l'ouvrage de M. A. Terrier : *les Auxiliaires de la Colonisation*.

plantations de cacao et de café au Cameroun (1) et dans l'Est africain (2), la récolte du caoutchouc et des produits du palmier au Togo, le grand élevage au Sud-Ouest, où les conditions climatériques et géographiques sont à peu près identiques à celles des anciennes républiques sud-africaines, donnent déjà des résultats appréciables. A Victoria (Cameroun) un jardin d'essai où sont cultivées 800 plantes, est destiné à l'étude des cultures coloniales, et spécialement des cultures auxiliaires de celle du cacao. Dans l'archipel océanien, la culture du copra est laissée aux indigènes ; l'Européen se contente d'en assurer le commerce. La construction de lignes de chemins de fer facilite singulièrement la pénétration de la civilisation dans les colonies allemandes. Le Sud-Ouest africain, le plus favorisé sous ce rapport — et la colonie sur laquelle les Allemands fondent le plus d'espérances — possède déjà 400 kilomètres de voie ferrée.

L'œuvre coloniale de l'Allemagne, chose remarquable en ce pays où la force des pouvoirs publics est considérable, est due surtout à l'initiative privée. Le Reichstag ne se montre guère favorable à l'expansion coloniale et ne semble devoir consentir à aucun sacrifice pour l'aider. Mais l'idée coloniale possède de chauds partisans, zélés et puissants, dont l'action a produit des résultats satisfaisants.

La jeunesse allemande commence à diriger ses regards vers les colonies; la possibilité de s'y établir avec un capital relativement peu considérable, pour y mener une vie point trop différente de celle de la métropole, est bien pour la tenter. Un jeune homme peut, avec 6000 marcs s'installer comme éleveur dans le Sud-West Afrika. Depuis trois ans, des concessions sont données à des prix très modiques aux soldats libérés qui y ont accompli leur service militaire, et pour les fixer au sol, on a pensé avec raison qu'il fallait les aider à se constituer une famille ; il n'est point rare de voir des jeunes filles aller rejoindre leur fiancé. Nous verrons tout à l'heure ce qui a été fait pour favoriser ces rapprochements:

Il semble que chez nous un préjugé défavorable s'attache à ceux qui ont « goûté des colonies ». En Allemagne, au contraire, on paraît considérer ce séjour comme devant tremper les caractères, et les jeunes gens qui reviennent des colonies trouvent à entrer, à des conditions avantageuses, dans le commerce et l'industrie.

La propagande, et la préparation de la jeunesse à la vie coloniale sont l'objet de grands soins chez ceux de nos voisins d'outre-Rhin qui sont conquis à cette forme de l'expansion germanique.

La plus importante des Sociétés auxiliaires de la colonisation, la *Deutsche Kolonial Gesellschaft* (Société coloniale allemande) a été constituée en

(1) La colonie de Cameroun, en plus de ses cultures, compte près de 600 factoreries.

(2) L'une des plus remarquables plantations de l'Ost Africa est celle de M. de Saint-Paul Illaire, un descendant de réfugiés français en Prusse.

1887 par le fusionnement de deux Sociétés fondées quelques années plus tôt. Cette association très puissante, parce qu'elle centralise toutes les bonnes volontés qui, en France, se trouvent dispersées dans plusieurs Sociétés, compte près de 35.000 membres, répartis en 333 sections, dans les principales villes de l'Empire. Le comité central siège à Berlin, W. Schellingstrasse, 4. Il est présidé par le duc Johann Albrecht de Meklembourg. La direction est assurée par le vice-président, M. le vice-amiral Valois. Le budget de 1901 comportait un actif de 215.400 marcs, dont 210.000 provenant des cotisations.

Le but de la Société (art. 2 des statuts) est le suivant :

« 1° Encourager l'œuvre de la colonisation allemande, et faire connaître sa nécessité dans un cercle toujours plus grand ;

» 2° Chercher la solution pratique des questions coloniales ;

» 3° Provoquer et soutenir les entreprises coloniales allemandes ;

» 4° Travailler à la meilleure solution des questions relatives à l'émigration allemande ;

» 5° Maintenir et fortifier les relations économiques et morales des Allemands établis à l'étranger avec la mère-patrie ;

» 6° Constituer un centre pour tous les efforts faits dans ce but et restés isolés dans le pays. »

Ses moyens d'actions sont : la publication d'un journal hebdomadaire, la *Deutsche Kolonial Zeitung*, envoyée gratuitement à tous les membres ; la publication annuelle de vingt livraisons sous le titre *Beiträge zur Kolonialpolitik und Kolonialwirthschaft* (Documents sur la politique et l'économie coloniales) ; les communications à la presse quotidienne, l'organisation de conférences avec projections, la publication d'atlas, de cartes et d'ouvrages sur les questions coloniales, et l'entretien d'une bibliothèque qui compte actuellement sept mille volumes. Un bureau de renseignements est ouvert sous la direction d'un ancien consul général.

De plus, la Société subventionne des expéditions scientifiques et des missions coloniales. Enfin elle aide à l'installation des colons. Elle a consacré une somme de 25.000 marcs à des essais de culture dans l'Ost Africa et a pris l'initiative de l'envoi aux colonies de jeunes filles destinées à s'y marier. Le Reichstag, à qui une subvention avait été demandée dans ce but, l'a refusée, mais a autorisé une loterie au capital de 40.000 marcs. Depuis quatre ans 105 personnes ont déjà profité de l'aide de la Société.

A côté de cette Société d'action générale. d'autres associations se sont constituées, avec un objet plus restreint : le *Kolonial-Wirthschaftliches Komitee* (Comité d'économie coloniale), qui publie un annuaire du commerce colonial contenant des renseignements fort complets, la Société Nachtigal, des sociétés évangéliques, une Association des femmes allemandes pour l'assistance aux malades des colonies, etc.

Une exposition coloniale a été organisée, près de la gare de Lehrte, en réunissant des collections particulières.

Mais ce qui doit retenir tout particulièrement l'attention, c'est une tentative, en pleine voie de succès aujourd'hui, d'enseignement technique colonial.

Installée à Witzenhausen sur la Werra, près de Cassel, dans un site très pittoresque, l'École coloniale de Wilhelmshof occupe un vaste domaine de 285 hectares dont les bâtiments sont en grande partie ceux d'un ancien monastère. Une cinquantaine d'élèves payant une pension annuelle de 1.000 à 1300 marcs, reçoivent sous la direction de M. Fabarius, une instruction à la fois théorique et professionnelle comprenant tout l'ensemble des connaissances nécessaires à la vie coloniale, et surtout à la vie agricole. Aussi les travaux manuels tiennent-ils une large place dans l'enseignement : à côté de la culture, du jardinage, des soins des chevaux et des bestiaux, on fait faire aux élèves de la charpente, de la menuiserie, de la forge, du charronnage, de la sellerie, de telle façon que devenus colons, ils puissent diriger utilement et, au besoin, entreprendre eux-mêmes, dans leur concession, les multiples travaux que comporte une exploitation agricole.

L'École publie une revue éditée avec soin, *Der Deutsche Kulturpionier*, qui contient, outre des détails intéressants sur la vie intérieure des élèves, leurs travaux et leurs fêtes, des lettres d'anciens camarades actuellement aux colonies.

Chaudement recommandée par tous ceux qui, en Allemagne s'intéressent à la colonisation, l'École coloniale de Wilhelmshof paraît appelée à un brillant avenir.

. . . . . .

Il était intéressant d'examiner ce qu'ont fait nos voisins du nord et de l'est, dont les tentatives coloniales, toutes récentes, sont dégagées des anciens errements des méthodes séculaires. Ils ont profité de l'expérience des autres et, s'ils n'ont pas atteint du premier coup la perfection, du moins se sont-ils épargné les essais et les tâtonnements toujours onéreux et souvent décourageants.

---

M. Gustave CAUDERLIER

à Bruxelles

## ÉTUDE DÉMOGRAPHIQUE DU TARN-ET-GARONNE

[944.75:312]

*— Séance du 11 août —*

Vous avez mis à l'ordre du jour du Congrès de Montauban la question de la dépopulation de la France et de ses causes, en attirant spécialement l'attention des congressistes sur la situation démographique du département de Tarn-et-Garonne.

J'ai déjà indiqué, dans une communication faite à la société d'Anthropologie de Paris, et dans mes ouvrages sur les *Lois de la Population*, quelles étaient suivant moi les causes de la dépopulation de la France. Elles sont déduites de la loi fondamentale de la population que j'ai énoncée comme suit :

« La nécessité et les facilités de satisfaire aux besoins de la vie règlent les mouvements de la population dans leur totalité et dans leurs éléments essentiels. »

D'après cette loi, deux facteurs principaux entrent en jeu pour régler les mouvements de la population.

D'une part, les ressources que cette population tire de son travail ou du travail des générations antérieures ; d'autre part, la valeur moyenne des besoins de la vie auxquelles ces ressources doivent donner satisfaction.

La population croît chaque fois que le rapport entre les ressources et les besoins augmente ; elle décroît au contraire chaque fois que ce rapport diminue.

La relation entre ces trois éléments : population, ressources, besoins, est tellement étroite qu'on pourrait même la mettre sous une forme algébrique :

$$P = \frac{R}{B}$$

Bien entendu cette équation ne doit pas être comprise au sens rigoureusement algébrique, mais dans un sens sociologique, c'est-à-dire qu'elle indique la tendance prédominante qui règle les phénomènes auxquels elle s'applique, sans que ces phénomènes la réalisent jamais exactement.

La loi que nous venons d'énoncer nous donnera la clef de la dépopulation du Tarn-et-Garonne. — Nous verrons que tous les phénomènes démographiques que présente ce département, sont les conséquences inévitables de cette loi, combinée avec les circonstances particulières dans lesquelles s'est trouvée la population de ce département.

Mais avant de commencer cette démonstration, nous pouvons remarquer que le problème démographique se présente ici sous la forme la plus simple et la plus élémentaire. Le Tarn-et-Garonne est en effet un département essentiellement agricole, n'ayant pas de grande ville, et peu de grande industrie.

Il est donc à l'abri de la plupart des grandes crises industrielles et commerciales, comme il a du reste été à l'abri de l'invasion en 1870.

Le problème démographique que nous allons chercher à résoudre ne présente donc aucune difficulté spéciale. Mais nous verrons qu'il est d'autant plus intéressant, d'abord par la correction avec laquelle ce département suit les lois démographiques, et ensuite par ce que les phénomènes que nous observerons, se retrouvent avec de petites modifications dans un grand nombre de départements, et constituent en quelque sorte une image réduite, mais très claire, de ce qui se passe dans la plus grande partie de la France.

Nous étudierons d'abord la population totale..

*Population totale.* — Si nous examinons dans les recensements français, les chiffres relevés depuis 1821 jusqu'en 1896 (voir Tableau n° 1.) (1) nous remarquerons bientôt que la population du Tarn-et-Garonne est restée stationnaire depuis 1821 jusqu'en 1846, puisqu'elle s'écarte très peu de 240.000 habitants pendant toute cette première période de 25 années consécutives. — Mais à partir de 1846, la population diminue à chaque recensement et, en 1896, on ne relève plus que 200.000 habitants. Le Tarn-et-Garonne a donc perdu 40.000 habitants pendant ce demi-siècle, c'est à dire plus que la population totale de Montauban, son chef-lieu.

Cette marche descendante se laisse voir à chaque recensement, avec un seul arrêt de 1872 à 1876, le recensement indiquant ici deux fois 221.000 habitants. Nous pouvons aussi remarquer qu'elle est plus rapide *après* qu'*avant* 1876. — Tous ces phénomènes me paraissent facilement explicables.

Nous avons affaire ici à un département agricole, privé de grande industrie et de grand commerce. Il a toujours vécu à l'aide des ressources que lui procure son agriculture. et comme ces ressources sont par leur nature peu extensibles, le département a atteint soit au début du siècle, soit dans

(1) Ces tableaux sont extraits de mon ouvrage; *Les Lois de la Population en France,* chez Guillaumin et Cie.

une période précédente que nous ne pouvons pas déterminer, la population maximum qu'il pouvait nourrir avec les ressources de son agriculture. Pendant toute cette période, les ressources restent constantes ou à peu-près, les besoins ne varient presque pas, et par conséquent la population doit rester stationnaire. Le département du Tarn-et-Garonne est dans un état d'équilibre parfait, il réalise aussi exactement que possible notre formule fondamentale :

$$P = \frac{R}{B}.$$

Mais à partir de la quatrième décade du siècle, le réseau des chemins de fer s'étend de plus en plus sur toute la France ; chacun fait de plus en plus connaissance avec ses voisins des autres départements ; des idées nouvelles pénètrent partout, et naturellement les besoins de la vie augmentent d'une manière de plus en plus rapide. Mais comme le département du Tarn-et-Garonne est essentiellement agricole, ses ressources n'augmentent pas aussi rapidement que ses besoins, et par conséquent, il faut que sa population diminue, et nous voyons en effet que, de 242.500 habitants en 1846, elle passe successivement à 237.000 en 1851 ; 234.000 en 1856 ; 232.000 en 1861 ; 229.000 en 1866 ; 221.000 en 1872. — Naturellement, cette diminution continue et régulière est accélérée par la perturbation économique et sociale, amenée par la guerre de 1870. — Mais cette perturbation dépasse le but, et pendant la période suivante, il s'établit une certaine compensation. De 1872 à 1876 la dépopulation est arrêtée, malgré la lente augmentation des besoins, et nous retrouvons en 1876 221.000 habitants comme 1872.

Mais à partir de 1876, la dépopulation recommence, conformément à notre formule fondamentale, par ce que les besoins continuent à augmenter plus rapidement que les ressources. — Les recensements nous renseignent en effet les chiffres suivant : 221.000 en 1876 ; 217.000 en 1881 ; 214.000 en 1886 ; 207.000 en 1891 ; 200.000 en 1896.

Et remarquons ici que la diminution sera fatalement plus rapide que pendant les périodes qui ont précédé l'année 1872, parce que, à côté de l'augmentation naturelle des besoins, est venue s'ajouter la crise économique due à l'invasion du phylloxéra et aux impôts nouveaux établis après la guerre. — Nous pouvons en effet constater que de 1846 à 1876, le département du Tarn-et-Garonne perd 704 habitants par an, tandis que de 1876 à 1896, il en perd 1.048 par an, soit environ 50 0/0 de plus.

Cette première étude nous montre que la population du Tarn-et-Garonne suit trés exactement toutes les indications de notre formule fondamentale, à tel point qu'il suffit de connaître son histoire économique, pour pouvoir

tracer un diagramme, qui se trouvera ensuite complètement vérifié par les recensements successifs.

Il nous reste à examiner comment et par quels procédés démographiques s'est faite cette dépopulation.

Notre tableau n° 1 renseigne pour chaque période quinquennale de 1836 à 1896, les mariages, les naissances, les décès, ainsi que les coefficients de nuptialité, natalité et mortalité.

Ces tableaux nous montrent tout d'abord que la dépopulation est due pour la plus grande part à l'excédent des décès sur les naissances. Un examen superficiel nous conduirait même à croire, d'une part que les pères de famille ont progressivement restreint leur progéniture, puisque la natalité a baissé de 21,38, à 17,63 ; et d'autre part que les conditions hygiéniques du département sont très défectueuses, puisque malgré tous les progrès de la science et de l'hygiène, la mortalité augmente, passant de 21, 94 à 22,88 et à 22,54, alors que dans presque tous les pays et presque tous les départements français, la mortalité a diminué beaucoup.

Ces deux conclusions seraient également erronées. Les pères de famille, tout au moins depuis 1857, n'ont pas diminué le nombre de leurs enfants, et la situation hygiénique du département est excellente, la meilleure même de toute la France.

Prouvons tout d'abord cette double assertion.

Si nous calculons les indices de fécondité, c'est-à-dire la fécondité des mariages, reproduits au tableau 2, nous voyons que cette fécondité est restée remarquablement constante. De 1859 à 1863 dix mille couples se trouvant dans les trois premières années de leur mariage, ont produit, chaque année, 3.927 enfants ; et pendant la période 1889-1893, dix mille couples se trouvant dans les trois premières années du mariage, ont produit, chaque année, 3899 enfants, c'est-à-dire à deux tiers 0/0 près, le chiffre de 1859-1863.

Il suffit, du reste, d'examiner les autres chiffres du tableau, pour voir que les variations des moyennes partielles de la fécondité ont été presque insignifiantes, sauf pendant la période 1870-1876.

D'un autre côté, si nous examinons les coefficients de mortalité par âges calculés pour les périodes 1861-1863 et 1891-1893, et reproduits au tableau 3 (1), nous voyons que le département du Tarn-et-Garonne est remarquable par sa salubrité. Il forme, avec le Lot-et-Garonne, le Tarn et le Gers, la partie de la France où l'on meurt le plus difficilement, la partie de la France où l'on a le plus de chances de devenir vieux.

Sur 1.000 fillettes de cinq ans, 688, c'est-à-dire plus des deux tiers, arrivent à l'âge de soixante ans. Pendant le cours de cinquante-cinq années

(1) Ces tableaux sont extraits de mon ouvrage : *Les lois de la population en France,* chez Guillaumin et Cie.

il n'en meurt que 312 sur mille, tandis que dans le département de la Seine, il en meurt, dans les mêmes conditions, 483 sur mille ; dans les Hautes-Alpes, 517 ; et dans le Finistère, 552.

Le département de Tarn-et-Garonne n'est pas moins moins privilégié au point de vue de la mortalité des hommes.

Sur 1.000 jeunes gens de vingt ans, 704 arrivent à l'âge de soixante ans, ce qui est le chiffre le plus élevé atteint par tous les départements français. De vingt à soixante ans, 296 hommes seulement sur mille parviennent à mourir, tandis que dans le département de la Seine il en meurt 560 ; dans le Finistère 581 ; dans la Seine-et-Oise 534 ; dans les Bouches-du-Rhône 506.

Ces chiffres nous montrent que les coefficients de natalité et de mortalité nous trompent gravement sur la position démographique réelle de ce département, et par conséquent que leur étude est vaine et ne peut nous indiquer ni la cause de la dépopulation, ni les procédés employés pour y arriver.

En réalité, que s'est-il passé ?

Le département du Tarn-et-Garonne est essentiellement agricole ; ses ressources sont limitées par sa production agricole, qui est en rapport avec les procédés de culture employés. Comme ces procédés se modifient fort peu dans la suite des temps, le département a atteint forcément, à un moment donné, le maximum de population qu'il pouvait nourrir, et dès lors, celle-ci devait fatalement rester stationnaire. Or, comme à part certaines circonstances spéciales, telles que les grandes guerres de l'Empire ou de la première République, il y avait alors fort peu d'émigration, le département ne pouvait maintenir sa population stationnaire, qu'en réduisant ses naissances au chiffre de ses décès. C'était là une conséquence inéluctable de sa situation économique. C'est dans cet état que nous le trouvons en 1836, époque à laquelle nous avons les premiers renseignements démographiques, et cette situation se prolonge jusqu'en 1846, comme le prouve suffisamment l'égalité entre les décès et les naissances de 1836 à 1846, savoir : 55.969 décès ; 55.326 naissances.

A partir de 1846, les besoins par suite de l'introduction des chemins de fer, augmentent plus rapidement que les ressources, et par conséquent il faut que la population diminue.

Nous allons montrer que le principal facteur de cette diminution est l'émigration des jeunes gens de vingt à trente ans, et que cette émigration, causée entièrement par des circonstances économiques défectueuses, suffit à expliquer tous les phénomènes démographiques que présente ce département.

Nous prouverons d'abord cette émigration en constatant que, de 1846 à 1866, le département perd 13.500 habitants, dont 6.200 seulement par excédent des décès sur les naissances et 7.300 par émigration.

Cette émigration de jeunes gens a pour premier effet de faire tomber la natalité de 23,09 à 21,05 et à 21,38.

Mais cette émigration n'est, la plupart du temps, pas définitive. Ces émigrants reviennent presque tous au bout de dix, quinze. vingt ans. Ce retour a lieu soit parce que les émigrants ont amassé quelques économies qui leur permettent de s'établir dans leur village natal, soit parce que la mort de leurs parents plus âgés leur laisse au village un petit héritage qu'ils viennent gérer.

C'est aussi parce que la plupart de ces émigrants reviennent, que les excédents des émigrants sur les immigrants renseignés par les statistiques après 1866, sont relativement si petits, et c'est pourquoi nous voyons que dans cette seconde période, 1866 à 1896, le département perd 28.500 habitants dont 2.200 seulement par excédent de l'émigration sur l'immigration et 26.300 par excédent des décès sur les naissances.

La grande mortalité que nous constatons pendant cette période est aussi une conséquence inévitable de l'émigration des jeunes. En effet, le départ des jeunes et le retour des vieux fait qu'à la longue le département contient un nombre relativement très élevé de vieillards.

Aussi, quoique la mortalité par âges ait diminué, quoique l'hygiène se soit améliorée, la mortalité générale se tient à un taux très élevé, et elle a même une tendance à croître, malgré l'absence de grandes guerres et de grandes épidémies.

L'émigration des jeunes explique aussi le petit nombre des naissances. Le nombre des jeunes gens diminuant, et leur situation de fortune étant devenue très précaire par la présence des vieux qui détiennent les héritages, il se fait naturellement fort peu de mariages, et nous voyons en effet à chaque période, depuis 1857-1861, baisser les coefficients de nuptialité et de natalité.

Ainsi les faits se sont passés comme l'indiquent les lois de la population. L'augmentation lente des besoins a fait diminuer la population. Cette diminution a été obtenue d'abord par l'émigration des jeunes gens, ensuite par la diminution des mariages et des naissances, et par l'augmentation de la mortalité, qui en sont les conséquences.

Tous ces phénomènes démographiques se suivent logiquement et fatalement, et il n'est pas nécessaire d'invoquer la libre volonté des pères de famille, qui du reste ne se manifeste nulle part, d'autant plus que la fécondité des mariages reste aussi constante que possible.

Notre collègue, M. Arsène Dumont, dont la science démographique déplore la perte, invoquerait probablement la capillarité sociale, comme il l'a encore fait dernièrement pour la commune Saint-Pierre-de-Clairac dans le Lot-et-Garonne. Il nous dirait :

« Les vieillards comptent sur l'accumulation des héritages qui, de

quatre grands-pères et grand'mères, se transmettront à un père et une mère, puis à un seul enfant, pour assurer l'ascension de ce dernier, vers un degré supérieur de fortune et de considération sociale. »

Cette accumulation des héritages ne se vérifie point. Il n'y a pas quatre fois moins de familles dans le Tarn-et-Garonne qu'il y a 70 ans. L'ascension vers un degré supérieur de fortune et de considération sociale ne se vérifie pas non plus. Les petits propriétaires de 1836 ont laissé en 1896 des descendants qui sont petits propriétaires comme eux. Leur nombre est légèrement réduit, et puis c'est tout.

Mais nous pouvons nous rallier complètement à ce qu'il dit au sujet de l'influence qu'exerce ce grand nombre de vieillards sur la vie sociale et économique du département. Il est certain qu'ils sont les maîtres et qu'ils ont une grande influence sur les fils et les filles qui dépendent d'eux. Il est certain qu'ils se méfient de l'avenir, repoussent toute initiative, comptent trop sur l'économie et pas assez sur le travail, et que par cela même les terres ne rendent point ce qu'elles pourraient donner.

Mais peut-on leur en faire un reproche? Peut-on faire que les vieillards aient l'expérience de la vieillesse et les qualités de la jeunesse? Non, n'est-ce pas? Et tous ces faits que nous constatons ne sont que les conséquences inévitables des faits précédents. La population du Tarn-et-Garonne n'a rien pu prévoir, car en 1836, la science démographique n'existait pas, et en 1902 elle sort à peine de ses langes. La population du Tarn-et-Garonne a subi les lois démographiques, et en les subissant elle a conservé toutes les qualités qu'elle pouvait conserver, car la fécondité de ses femmes est restée constante, et la mortalité par âges a diminué.

Maintenant nous savons pourquoi cette population a diminué en nombre et par conséquent, si nous le voulons, nous pourrons nous servir de ces mêmes lois démographiques pour repeupler le département. Et pour cela il n'y a qu'un seul moyen, il faut augmenter ses ressources. Il faut faire produire à la terre tout ce qu'elle peut donner, comme on le fait en Flandre. Il faut surtout faire de l'agriculture industrielle qui donne des produits qu'on puisse exporter dans le monde entier. Mais nous entrons ici dans un domaine où des voix plus autorisées que la nôtre pourront se faire entendre, et notre tâche de démographe est terminée.

# TABLEAU N° 1

## DÉPARTEMENT DU TARN-ET-GARONNE

| ANNÉES | POPULATION TOTALE recensée | MARIAGES | NAISSANCES | DÉCÈS | NUPTIALITÉ | NATALITÉ | MORTALITÉ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **PAR PÉRIODES QUINQUENNALES** | | | | | |
| 1821 . . . . . | 238.143 | | | | | | |
| 1831 . . . . . | 242.250 | 9.075 | 27.445 | 28.035 | 7,56 | 22,80 | 23,29 |
| 1836 . . . . . | 242.184 | 9.939 | 27.881 | 27.934 | 8,23 | 23,09 | 23,14 |
| 1841 . . . . . | 239.297 | 9.492 | 25.265 | 27.085 | 7,91 | 21,05 | 22,57 |
| 1846 . . . . . | 242 498 | 9.594 | 25.220 | 25.863 | 8,12 | 21,38 | 21,94 |
| 1851 . . . . . | 237.553 | 10.138 | 25.605 | 28.168 | 8,68 | 21,94 | 24,14 |
| 1856 . . . . . | 234.782 | 9.913 | 25.233 | 26.423 | 8,42 | 21,90 | 22,92 |
| 1861 . . . . . | 232.551 | 8.210 | 23.499 | 29.569 | 7,26 | 20,88 | 26,28 |
| 1866 . . . . . | 228.969 | 9.119 | 23.497 | 25.026 | 8,24 | 21,20 | 22,60 |
| 1872 . . . . . | 221.610 | 7.891 | 21.606 | 25.061 | 7,20 | 19,70 | 22,82 |
| 1876 . . . . . | 221.364 | 7.141 | 19.596 | 24.120 | 6,64 | 18,14 | 22,42 |
| 1881 . . . . . | 217.056 | 6.945 | 18.058 | 23.962 | 6,62 | 17,26 | 22,88 |
| 1886 . . . . . | 214.046 | 6.835 | 17.947 | 22.838 | 6,80 | 17,63 | 22,54 |
| 1891 . . . . . | 206.596 | | | | | | |
| 1896 . . . . . | 200.390 | | | | | | |

# TABLEAU N° 2

## DÉPARTEMENT DU TARN-ET-GARONNE

### Fécondabilité annuelle.

| ANNÉES | FÉCONDABILITÉ | MOYENNES partielles | ANNÉES | FÉCONDABILITÉ | MOYENNES partielles | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1857. . . . | 4.101 | | 1877. . . . | 3.900 | | |
| 1858. . . . | 4.116 | | 1878. . . . | 3.936 | 3.898 | |
| 1859. . . . | 3.865 | | 1879. . . . | 3.835 | | |
| 1860. . . . | 4.009 | | 1880. . . . | 3.922 | | |
| 1861. . . . | 3.902 | 3.927 | 1881. . . . | 3.736 | | |
| 1862. . . . | 3.936 | | 1882. . . . | 3.875 | | |
| 1863. . . . | 3.926 | | 1883. . . . | 3.860 | 3.891 | |
| 1864. . . . | 3.786 | | 1884. . . . | 4.011 | | |
| 1865. . . . | 4.006 | 3.931 | 1885. . . . | 3.906 | | |
| 1866. . . . | 4.000 | | 1886. . . . | 3.960 | | |
| 1867. . . . | 3.790 | | 1887. . . . | 3.787 | 3.867 | |
| 1868. . . . | 3.948 | 3.881 | 1888. . . . | 3.948 | | |
| 1869. . . . | 3.905 | | 1889. . . . | 3.800 | | |
| 1870. . . . | 3.666 | | 1890. . . . | 3.784 | | |
| 1871. . . . | 4.128 | 4.041 | 1891. . . . | 3.943 | 3.899 | |
| 1872. . . . | 4.310 | | 1892. . . . | 3.947 | | |
| 1873. . . . | 4.059 | | 1893. . . . | 4.023 | | |
| 1874. . . . | 3.985 | | 1894. . . . | 3.834 | | |
| 1875. . . . | 4.071 | 4.043 | 1895. . . . | 3.988 | | |
| 1876. . . . | 4.074 | | | | | |

10.000 couples mariés depuis 0 à 3 ans ont produit :

En 1859. . . . . 3.865 enfants.
En 1860. . . . . 4.009 —
En 1861. . . . . 3.902 — etc.

La moyenne générale est de 3.929 depuis 1859 jusqu'à 1894.

# TABLEAU N° 3

## Comparaison entre le Tarn-et-Garonne et la France entière (non compris la Seine). — Mortalité par âges.

*Sur 1.000 habitants de l'âge donné, il en meurt chaque année :*

| AGES | 1861-1863 | | | | AGES | 1891-1893 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SEXE MASCULIN | | SEXE FÉMININ | | | SEXE MASCULIN | | SEXE FÉMININ | |
| | Tarn-et-Garonne | France | Tarn-et-Garonne | France | | Tarn-et-Garonne | France | Tarn-et-Garonne | France |
| 0-1 | 195,00 | 222,00 | 166,00 | 189,00 | 0-1 | 197,00 | 211,00 | 164,00 | 170,00 |
| 1-5 | 38,92 | 35,81 | 39,26 | 35,60 | 1-5 | 18,26 | 26,22 | 16,38 | 25,28 |
| 5-10 | 6,44 | 7,70 | 6,60 | 8,08 | 5-10 | 3,37 | 5,29 | 3,00 | 5,69 |
| 10-15 | 3,84 | 4,62 | 5,45 | 5,69 | 10-15 | 2,63 | 3,28 | 3,07 | 3,85 |
| 15-20 | 5,30 | 6,42 | 5,88 | 7,19 | 15-20 | 4,43 | 5,59 | 4,92 | 6,18 |
| 20-25 | 8,17 | 10,08 | 6,46 | 8,26 | 20-25 | 8,52 | 8,77 | 5,81 | 6,84 |
| 25-30 | 6,34 | 8,05 | 6,45 | 8,60 | 25-30 | 4,91 | 7,77 | 5,56 | 8,01 |
| 30-35 | 4,90 | 7,85 | 7,57 | 9,08 | 30-35 | 4,98 | 8,83 | 5,90 | 8,35 |
| 35-40 | 5,48 | 8,31 | 5,42 | 9,16 | 35-40 | 5,90 | 9,97 | 5,48 | 8,65 |
| 40-45 | 7,20 | 10,18 | 6,17 | 10,13 | 40-45 | 7,06 | 12,24 | 6,55 | 10,01 |
| 45-50 | 7,97 | 12,07 | 7,43 | 11,27 | 45-50 | 7,64 | 13,98 | 7,60 | 11,14 |
| 50-55 | 11,43 | 16,58 | 9,95 | 15,22 | 50-55 | 10,89 | 18,60 | 10,39 | 13,97 |
| 55-60 | 16,36 | 22,07 | 17,19 | 20,24 | 55-60 | 19,36 | 25,69 | 16,66 | 20,58 |

La mortabilité est toujours sensiblement plus petite dans le Tarn-et-Garonne que dans le reste de la France ; en outre, ce département a fait de grands progrès depuis 1861-63.

# M. le Dr E. MAUREL

à Toulouse.

## NATALITÉ ET FÉCONDITÉ [312:944]

*— Séance du 11 août —*

Sous ce titre, le Dr Maurel étudie les deux questions suivantes :

*1° Notre fécondité depuis un siècle a-t-elle diminué?*

*2° Sous quelle influence se fait cette diminution.*

Pour éviter toute fausse interprétation de ses recherches, le Dr Maurel déclare d'abord que dans sa pensée, ainsi qu'il l'a toujours dit : *la cause la plus importante de la diminution de la natalité est la restriction volontaire.* Mais cette cause et son importance bien établies, il s'est demandé si d'autres causes, et celles-ci indépendantes de la volonté, n'intervenaient pas également; et c'est cette question qu'il a traitée déjà plusieurs fois (1), qu'il se propose de reprendre en utilisant de nouveaux documents.

### I

Abordant, dès lors, l'examen de la première question, il étudie successivement :

*1° La proportion des ménages inféconds;*

*2° La mortinatalité ;*

*3° La masculinité ;*

et il arrive aux résultats suivants :

1° Depuis un siècle, la proportion des inféconds paraît avoir augmenté aussi bien dans la population rurale que dans celle des villes.

2° Il en est de même de la mortinatalité étudiée de 1840 à 1900.

3° Enfin, au contraire, la masculinité est toujours allée en diminuant

(1) *Influence des ménages inféconds sur la dépopulation de la France.* (Congrès pour l'Avancement des Sciences de Bordeaux, août 1895).

*Influence de l'arthritisme sur la dépopulation de la France.* (Académie des sciences de Toulouse. février 1896).

*Dépopulation de la France.* Doin, Paris, 1896.

*Nouvelles recherches sur les causes morales et pathologiques de la dépopulation de la France.* (Académie des sciences de Toulouse. février 1897).

*Causes de la dépopulation de la France.* Doin, Paris, 1902).

depuis le commencement du XIXe siècle, et dans ces deux groupes de population.

Or, à l'aide de nombreux faits, le Dr Maurel montre qu'en France toujours la diminution de la masculinité est liée à une diminution de la fécondité.

En s'appuyant sur ces différentes recherches, le Dr Maurel conclut donc : *que sûrement la fécondité de la population française, depuis un siècle, a diminué* ;

Et par la marche régulière de la mortinatalité, ainsi que de la masculinité, il conclut aussi : *que cette diminution de la fécondité a dû se faire également d'une manière régulière*.

## II

Ce premier point établi, le Dr Maurel cherche la cause de cette diminution de notre fécondité, qui ne peut être que *physiologique* ou *pathologique*.

Après examen, il rejette la cause *physiologique* qui consisterait à considérer un groupe de population comme un sujet, ce groupe devant avoir, comme un sujet, une enfance, un âge mûr, une vieillesse et devant disparaître ensuite. Il fait voir qu'au contraire, à ce point de vue, l'*espèce* est l'opposé du *sujet*. Autant ce dernier est passager et variable, autant l'espèce est durable et résistante dans ses caractères. Dans tous les cas, il montre, en outre, par des exemples, que cette loi ne serait pas applicable à la population française qui, même à notre époque, prouve, dans certaines conditions, la persistance de sa riche fécondité.

Passant ensuite à l'examen des *causes pathologiques*, il signale plus spécialement trois affections qui, on le sait par la clinique, conduisent sûrement à l'infécondité, ce sont : la *syphilis*, l'*alcoolisme* et l'*arthritisme*. Il s'arrête quelques instants sur chacune d'elles, et il fait voir :

1° Que toutes peuvent, non seulement conduire à l'infécondité soit le sujet lui-même, soit sa descendance ; mais, de plus, qu'on retrouve dans les groupes de population qui leur sont soumis l'augmentation de la mortinatalité et la diminution de la masculinité ; et, bien entendu, dans des proportions bien supérieures à celle de la France entière.

2° Que ces trois maladies, depuis un siècle, ont eu une marche régulièrement envahissante, tout à fait en rapport avec la diminution de notre natalité.

3° Qu'enfin, on retrouve la même concordance, dans leur ensemble, au point de vue de la distribution géographique.

C'est dans la population urbaine que ces maladies exercent surtout leur

influence ; et c'est également dans cette population que l'on trouve le plus d'inféconds, que la mortinatalité est le plus élevée et que la masculinité est le plus diminuée.

### CONCLUSIONS.

Les nombreuses statistiques utilisées par le Dr Maurel, et les considérations dont il les a fait suivre, (1) conduisent donc aux conclusions suivantes :

*1° Depuis un siècle la fécondité de la France a diminué ;*

*2° Trois affections ont principalement contribué à cette diminution, la syphilis, l'alcoolisme et l'arthritisme ;*

*3° Enfin, tout en laissant à la restriction volontaire le rôle le plus important dans la diminution de notre natalité, il pense que la diminution due aux influences pathologiques n'est pas négligeable.*

Et, en terminant, il appelle sur ces causes l'attention des pouvoirs publics; et cela avec d'autant plus d'insistance, que ces affections relèvent, dans une large mesure, des moyens qui dépendent d'eux.

---

## Feu M. Arsène **DUMONT**

---

## LA NATALITÉ CHEZ LES LANDAIS DE HOUEILLÈS (LOT-ET-GARONNE)

[614.11 : 44.76]

---

*— Séance du 13 août —*

### CANTON DE HOUEILLÈS (LOT-ET-GARONNE)

La partie landaise du Lot-et-Garonne offre, sous tous les rapports, géologie et géographie, climat et productions, aspect général, richesse et agriculture, un contraste complet avec le reste du département. L'antithèse n'est pas moindre au point de vue anthropologique et sous tous les aspects de l'état démographique.

Les landes néracaises s'étendent dans trois cantons. Mais celui de Houeillès, le plus occidental, qui s'enfonce comme un coin entre les landes de la Gironde et celles du département des Landes, est de beaucoup le

(1) Voir : *Étude sur la masculinité,* publiée depuis. (*Revue scientifique,* 21 mars et 4 avril 1903).

plus accentué dans son genre. C'est là qu'il faut étudier, portés à leur maximum, les caractères de la région et de la population.

## I

Les livres donnent généralement une fausse idée des landes. On s'imagine, d'après eux, qu'il n'y peut croître qu'ajoncs, fougères et bruyères, à moins qu'on n'y sème des pins. C'est une erreur : des chênes, des ormes énormes et des châtaigniers plusieurs fois séculaires atteignant 1m,80 de diamètre se rencontrent çà et là dans les sables, prouvant que leurs racines ont su d'elles-mêmes traverser la couche d'alios, ou tout au moins que cet obstacle n'existe pas partout. Des aulnes croissent spontanément sur les rives des ruisseaux et d'autres essences, les peupliers d'Italie, de Virginie et des Carolines, les saules, les tilleuls, les acacias, les platanes, les magnolias croissent avec vigueur partout où on les plante et viennent varier un peu le paysage. Malgré cela, l'aspect général est froid et sévère. Le sable, partout où il se montre, est d'un gris noirâtre ; les arbres aussi sont d'une teinte noirâtre, comme dans les Côtes-du-Nord et dans les Albères, tantôt tranchant avec les tuiles rouges et les enduits blancs des métairies neuves, tantôt s'harmonisant avec les toits roussâtres des vieilles chaumières. Çà et là de maigres labours, des seigles clairsemés dans le sable gris ; puis des châtaigniers, des pins sur un sol montueux comme une dune, les uns tristement ébranchés et demi-morts, les autres vigoureux et garnis de leur opulente verdure, puis des centaines d'hectares de lande rase et unie, couverte d'un tapis de bruyères hautes de plus d'un mètre. Près des villages, quelques jardins et quelques vignes ; celles-ci hautes, pour éviter les gelées qui gâtent la fleur des basses branches. La pêche et la pomme de reinette mûrissent sur des arbres malingres, l'abricot non; les raisins de table sont sans saveur. On est loin des vergers ensoleillés de l'Agénois.

Cependant, le pays et la condition de l'habitant se sont grandement améliorés. Jadis, cette triste région était sans routes, sans moyens de communication, en proie à la misère noire, à l'ignorance complète, aux fièvres paludéennes, à la pellagre, à la tuberculose et aux mauvaises mœurs. Grâce à l'initiative de l'administration, des routes ont été tracées, des rigoles ont drainé les eaux stagnantes, assaini la contrée et enfin, depuis treize ans, le chemin de fer de Marmande à Mont-de-Marsan a traversé le canton de Houeillès. Grâce à ces mesures, les fièvres paludéennes ont à peu près disparu depuis trente ans ; le pharmacien de Houeillès, qui vendait autrefois beaucoup de quinine, me dit qu'il n'en vend presque plus.

D'autre part, grâce à l'initiative de capitalistes étrangers au pays, les

premières plantations de pins ont eu lieu il y a cinquante ans et se sont, depuis lors, sans cesse étendues. La construction des chemins vicinaux, des grandes routes et des chemins de fer a permis la vente des résines et des bois à des prix élevés. Ce canton est donc un pays, jadis misérable, en voie d'assainissement et d'enrichissement rapide.

Les pins en sont la seule source réelle. On les sème sur la lande rase à l'aide d'un léger labour. On les éclaircit au bout d'une dizaine d'années pour faire des bourrées. A dix-huit ans, on en résine un certain nombre que l'on se propose de couper pour éclaircir encore. Après les avoir résinés deux, trois, quatre ou cinq ans, on les coupe pour faire des bois de mine.

C'est à trente ans seulement que l'on commence à réserver les pins que l'on désire conserver. Il ne faut pas qu'ils soient trop épais, car ils ont besoin non seulement d'une place suffisante pour leurs racines, mais encore d'air et de soleil. Ils donnent de la résine pendant vingt, vingt-cinq ou trente ans, selon qu'ils sont plus ou moins ménagés. Le propriétaire qui a besoin d'augmenter son revenu fait activer l'écoulement de la résine en faisant faire des entailles plus larges et plus fréquemment avivées, car il se forme assez rapidement sur la plaie une croûte de résine qui en entrave l'écoulement. En tout cas, un pin ne dépasse pas soixante ans. A cet âge, on le saigne à mort et on l'abat pour le vendre. On estime qu'à partir du moment où on le saigne jusqu'à celui où on l'abat, un pin rapporte, tant en résine qu'en bois, 1 franc par an. Quand on le coupe, il peut valoir aujourd'hui jusqu'à 6 ou 7 francs, tandis qu'avant la construction du chemin de fer il valait 1 franc.

Le prix de la résine est très variable. Elle se vendait 30 francs la barrique il y a dix ans, 80 francs il y a deux ans et 50 francs l'an dernier.

Comme tout le travail nécessaire est fait par des métayers à moitié, cette élévation des prix profite directement à la population. Mais c'est le propriétaire qui marque ou fait marquer ses pins, car le métayer, que le revenu seul intéresse, a toujours tendance à l'augmenter en sacrifiant le capital qui n'est pas à lui.

Un métayer actif, aidé de deux ou trois hommes, ses domestiques ou ses enfants, peut faire par an 100 barriques de résine. Il lui faut pour cela entailler de 10.000 à 250.000 pins, selon leur âge et la manière dont on les traite. Sur 100 barriques valant actuellement 5.000 francs, la moitié, soit 2.500 francs, est pour lui. Il fait en outre ses labours, produit le seigle qui le nourrira, élève les veaux qu'il vendra moitié à son profit, moitié à celui du maître, fait, le cas échéant, des charrois et transports à son seul profit avec les bœufs de la métairie. Mais c'est, en somme, la résine seule qui fait entrer l'argent dans sa maison.

Au-dessous des métayers existe une catégorie d'ouvriers beaucoup plus

pauvres, qui n'ont que leurs bras qu'ils louent aux métayers et que, pour cette raison, l'on nomme *brassiers*. Leurs habitations s'appellent *brasseries* et la carte au 100/1000e en marqué quelques-unes, sans prévenir que ce sont de simples chaumières.

Les maisons des métayers sont basses et très larges, le toit tombant presque jusqu'à terre. Elles abritent, sur les côtés, les animaux, les instruments aratoires et les fourrages ; au centre, une vaste pièce très obscure, qui sert de cuisine, de chambre à manger et à coucher pour la famille. La porte et les deux étroites fenêtres s'ouvrent sous un préau en avant du gable. Pour entrer dans ce préau, et par suite dans la maison, il faut, d'ordinaire, franchir une fumière qui en occupe toute la largeur et qui est de 50 à 70 centimètres plus élevée. L'aire du préau est en terre battue, comme celle de la cuisine. C'est là que la famille vient prendre l'air et jouir de la lumière et du soleil qui ne pénètrent jamais dans la pièce intérieure. Il paraît que, dans cette population à mortalité néanmoins si faible, un nombre relativement considérable de décès sont dus à la tuberculose, dont les germes doivent se conserver à merveille dans un tel milieu.

Comme il n'y a point de pierre dans le pays, jadis, faute de moyens de communication, on bâtissait en torchis et en cœur de chêne. Les chênes, en effet, étaient nombreux, autant ou plus qu'aujourd'hui. Le toit était fait de tuiles que l'on fabriquait sur place ou de brande, que l'on avait partout sous la main en surabondance. Depuis la construction du chemin de fer, de meilleurs matériaux ont pénétré dans la lande. Il n'est point une gare où l'on n'aperçoive de volumineuses pierres de taille, dont l'apport indique l'amélioration du logement sous l'influence de progrès du bien-être.

Le vêtement et la nourriture se sont améliorés aussi. Jadis, le linge était rare ; le paysan, fort sale, se vêtait de droguet et de bure. Aujourd'hui, il achète des vêtements, des chaussures et de grandes quantités de toile, se fait faire des draps de lit et des chemises.

Le sol ne produit pas de froment ; mais le paysan achète de la farine et en mêle une certaine quantité avec son seigle. Il achète du pain de froment pur chez les boulangers à Houeillès et à Casteljaloux pour se délasser de ses bouillies de millet et de maïs. Il y a quatre bouchers à Houeillès, qui parcourent les campagnes, vendant du veau et du mouton ; ils tuent rarement du bœuf. On mange, en outre, dans les campagnes une assez grande quantité d'œufs, de lapins et de volailles. Aux fêtes, un métayer riche, au lieu d'acheter de la viande, tue un mouton. Ne pouvant manger tout avec ses invités, il en envoie à ses amis qui, dans l'occasion lui rendent sa politesse. On consomme peu de lait ; il n'existe en moyenne qu'une dizaine de vaches laitières par commune ; le chef-lieu de canton, où il y a quelques bourgeois, en compte seul un plus grand nombre.

Il est rare que l'on ait du vin dans les ménages ; mais on en achète de temps en temps. Quand la résine est chère, le résinier dépense gaîment l'argent pour boire et manger d'abord, pour se vêtir ensuite. Quant au logement, il s'en soucie moins, car la maison n'est pas à lui et il ne compte l'occuper que deux ou trois ans. Il est, en effet, très mobile. Si, dans certaines parties du département des Landes, il existe des métayers qui sont dans la même métairie depuis cent ou cent cinquante ans, comme ceux qui ont reçu pour ce motif des médailles au concours de métayage de Mont-de-Marsan, en revanche, on se plaint beaucoup dans le Lot-et-Garonne que la plupart ne restent qu'un ou deux ans dans les métairies. A cet égard, ce qui se passe dans les *terres* de l'Agénois, se passe aussi dans la partie landaise du département. Les mêmes inconvénients en résultent : les métayers épuisent leur métairie avant de s'en aller dans une autre. En général, ils ne s'éloignent pas beaucoup et changent de métairie sans motif sérieux. Jadis, dit-on, les fils après leur mariage restaient dans la métairie sous l'autorité du père de famille ou même du frère aîné, qui seul tenait la bourse. Mais, aujourd'hui, chaque jeune ménage veut s'établir à part et, ne pouvant cultiver seul les métairies importantes, il se voit obligé de prendre des domestiques ou tout au moins des brassiers.

L'étendue des métairies, qui est parfois considérable, ne donne aucune idée ni du revenu qu'elles peuvent procurer ni du travail qu'elles exigent, car le sol n'est cultivé que pour une faible part, le reste est en pins d'âge et de valeur infiniment variables, ou même en landes rases qui n'ont à peu près aucune valeur. Il y a beaucoup de grandes propriétés appartenant presque sans exception à des étrangers. L'une d'elles, située à Houeillès, comprend 800 hectares et se divise en douze métairies. Une autre, située à Pindères, comprend 477 hectares et se répartit en sept métairies.

Voici, à titre d'exemple, la répartition de la propriété dans cette commune de Pindères. Elle comprend 4.123 hectares, dont 4.046 de territoire agricole ; sa longueur est de plus de deux lieues (8.640 mètres) ; son altitude varie de 120 à 140 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il y a vingt ou vingt-cinq ans, il y avait encore beaucoup de marécages et de fièvres paludéennes. Depuis lors, le pays a été assaini par le desséchement des lagunes. Seules, certaines vallées en forme d'entonnoir contiennent des étangs profonds de 7, 8, 10 et même 12 mètres, dont les bords sont dangereux, mais qui n'émettent point de miasmes malfaisants.

Le territoire agricole comprend actuellement 3.308 hectares de forêts, 602 hectares de terres labourables, 122 hectares de prairies naturelles, 6 de jardins, autant de vignes et 2 hectares d'étangs. Depuis 1825, l'étendue des forêts s'est accrue de 1.270 hectares aux dépens des landes, qui sont aujourd'hui entièrement boisées. Le sol a l'aspect des dunes de sable ; cependant dans l'est de la commune, une vaste étendue de terrains argilo-

calcaires est susceptible de labourage et fournit de bons prés irrigables.

Cette énorme étendue appartient à cent trois propriétaires, dont la moitié environ possèdent moins de 5 hectares et dont vingt autres possèdent de 5 à 20 hectares. Les trente autres propriétaires se partageant 3.700 hectares. Sur ce nombre, l'un possède 477 hectares ; quatre, de 200 à 300 hectares ; huit autres, de 100 à 200 hectares. En outre, plusieurs grandes propriétés s'étendent sur les communes voisines. La propriété est donc très peu divisée et la division ne s'accroît que très lentement, puisque le nombre des cotes, qui est de 103 actuellement, était déjà de 88 en 1825.

« Des cent trois propriétaires se partageant ces 4.046 hectares, vingt-huit seulement habitent la commune et ils ne possèdent ensemble qu'une superficie de 644 hectares, soit un seizième seulement du territoire agricole. L'un d'eux en possède à lui seul 150 » (1). Pour les quinze seizièmes, la terre est serve ; elle est pauvre par elle-même et appauvrie par l'exportation annuelle de ses revenus, qui sont dépensés ailleurs. Aussi ne s'y développe-t-il aucune industrie. Deux scieries occupaient chacune une douzaine d'hommes ; elles ont cessé d'exister.

Cependant la plupart des propriétaires ne demeurent pas fort loin. Ils habitent les communes ou tout au moins les cantons voisins, car ils font exploiter leurs biens par des métayers qu'il est indispensable de surveiller.

Il n'y a presque point de domestiques de ferme. Les propriétaires résidents cultivent eux-mêmes avec l'aide de leur famille, de brassiers ou d'ouvriers mariés et pensionnés, selon le mode usité dans l'Agénois. Ici comme dans tous les pays de métayage, le logement, le vêtement et la nourriture sont fort médiocres sans doute, mais ils sont en réalité moins mauvais que ne le ferait supposer l'absence ou la rareté du capital argent.

Ils tendent d'ailleurs à s'améliorer. comme la santé générale, les mœurs et l'instruction. Il y a peu d'années encore la moitié des habitants ne savaient pas signer leur nom ; aujourd'hui la moitié des enfants fréquente l'école régulièrement et l'autre moitié y fait au moins quelques apparitions.

Chaque commune a un bal où l'on danse au son de la vielle ; le biniou tend à disparaître et le violon est de plus en plus usité. On danse les danses locales, le *rondo* et le *congo* de trois à six heures et de huit à onze heures du soir les jours de fête et les dimanches. Les femmes mariées y assistent, mais elles dansent rarement. Les mœurs des Landais ont encore mauvaise réputation. Comme celles des bergers antiques, elles jouissaient d'une grande liberté dans les solitudes silencieuses des bois. Les mariages étaient très nombreux, très précoces et cependant les naissances naturelles formaient habituellement, il y a quarante ou cinquante ans, de vingt-cinq à

(1) Extrait d'une notice manuscrite de M. R. Lamothe, instituteur à Pindères.

cinquante pour cent des naissances totales. C'est une proportion qui, comme nous le verrons, a grandement diminué.

Il est à remarquer que, là comme dans tout l'Agénois et même dans la plus grande partie de la France, le luxe des tombeaux s'est implanté depuis dix ans. C'est d'un mauvais augure pour la natalité car, quand on est très préoccupé de nourrir et d'élever des enfants, on ne dépense que peu pour les morts. Nous verrons qu'Allons, la plus éloignée, la plus arriérée et la plus pauvre des communes du canton de Houeillès, est aussi celle qui a le mieux conservé sa natalité.

## II

Le canton de Houeillès comprend une superficie de 32.685 hectares, c'est-à-dire deux fois au moins celle d'un canton ordinaire et une population qui, en 1886, au premier recensement de la décade que nous étudierons plus particulièrement, n'était de 4.373 habitants seulement. La densité kilométrique de la population était donc que de 13,3 ; elle n'était pas le cinquième de la densité moyenne de la France.

Ce territoire se divise en sept communes, dont l'étendue varie de moins de 2.000 à plus de 7.000 hectares. Dans toutes, la densité de la population est très faible. Elle varie du minimum 7,4 à Boussès au maximum 17,4 dans la petite commune de Sauméjan. Le chef-lieu Houeillès, malgré sa population agglomérée et ses maisons bourgeoises alignées sous ses avenues de platanes, n'a que 15,8 habitants par kilomètre carré.

LOT-ET-GARONNE.

*Canton de Houeillès.*

| Communes. | Superficie. | Population en 1886. | Densité kilométrique. |
|---|---|---|---|
| Allons . . . . | 7.617 hectares. | 873 | 11,4 |
| Boussès . . . | 4.738 — | 446 | 9,4 |
| Durance . . . | 3.882 — | 610 | 15,4 |
| Houeillès. . . | 6.770 — | 1075 | 15,8 |
| Pindères . . . | 4.123 — | 560 | 13,6 |
| Pompogne . . | 3.606 — | 470 | 13,0 |
| Sauméjan . . | 1.949 — | 339 | 17,4 |
| Canton entier. | 32.685 — | 4.373 | 13,3 |

# COMMUNE D'ALLONS

| RECENSEMENTS | POPULATION |
|---|---|
| 1836 | 797 |
| 1841 | 757 |
| 1846 | 948 |
| 1851 | 919 |
| 1856 | 892 |
| 1861 | 717 |
| 1866 | 833 |
| 1872 | 847 |
| 1876 | 826 |
| 1881 | 842 |
| 1886 | 873 |
| 1891 | 889 |
| 1896 | 883 |

SUPERFICIE **7.617** HECTARES

POPULATION EN 1886 **873** HABITANTS

DENSITÉ KILOMÉTRIQUE **11,4**

MOUVEMENT DE LA POPULATION

| Décades | Naissances | Mariages | Décès | Excès des naissances sur les décès | Pour un mariage combien de naissances | Natalité | Nuptialité | Mortalité |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1802-1812 | 303 | 61 | 226 | 77 | 4,9 | » | » | » |
| 1813-1822 | 369 | 113 | 248 | 121 | 3,2 | » | » | » |
| 1823-1832 | 271 | 94 | 220 | 51 | 2,8 | » | » | » |
| 1833-1842 | 326 | 117 | 275 | 51 | 2,8 | 41,9 | 15,0 | 35,3 |
| 1843-1852 | 331 | 98 | 257 | 74 | 3,3 | 35,4 | 10,4 | 27,5 |
| 1853-1862 | 285 | 83 | 294 | — 9 | 3,4 | 35,3 | 10,3 | 36,5 |
| 1863-1872 | 293 | 116 | 241 | 52 | 2,4 | 34,8 | 13,8 | 28,7 |
| 1873-1882 | 286 | 68 | 179 | 107 | 4,2 | 34,2 | 8,1 | 21,4 |
| 1883-1892 | 269 | 79 | 142 | 127 | 3,4 | 30,8 | 9,0 | 16,2 |

COMPOSITION DE LA POPULATION

| POPULATION RÉSIDENTE | RECENSEMENTS 1886 | RECENSEMENTS 1891 | | |
|---|---|---|---|---|
| Totale | 873 | 889 | | |
| | 881 | | | |
| Sexe masculin | 458 | 471 | | |
| — féminin | 415 | 418 | | |
| Population de 0-14 ans | 302 | 303 | | |
| | 303 | | 34,3 0/0 | |
| — 15-59 ans | 520 | 525 | | |
| | 522 | | 59,2 0/0 | |
| — 60-ω | 51 | 61 | | |
| | 56 | | 6,3 0/0 | |
| Célibataires de 30-49 ans : | | | | |
| Hommes | 10 | 8 | | |
| Femmes | 2 | 4 | | |
| Femmes mariées de 15-49 ans | 163 | 174 | | |
| | 168 | | 19,0 0/0 | |
| Naissances légitimes pour 1.000 femmes mariées de 15-49 ans | 152 | | | |

*Mobilité en 1886.* — Nés dans la commune, 455. Dans une autre commune du département, 61, et 357 dans un autre département.

*Professions.* — En 1886, 806 vivaient de l'agriculture, 38 de l'industrie.

*Mobilité en 1891.* — Nés dans la commune, 558. Dans une autre commune du département, 72. Dans un autre département, 339.

Nés 68 dans la Gironde, 283 dans les Landes.

# COMMUNE DE BOUSSÈS

| RECENSEMENTS | POPULATION |
|---|---|
| 1836 | 461 |
| 1841 | 431 |
| 1846 | 434 |
| 1851 | 434 |
| 1856 | 451 |
| 1861 | 449 |
| 1866 | 439 |
| 1872 | 434 |
| 1876 | 455 |
| 1881 | 422 |
| 1886 | 446 |
| 1891 | 432 |
| 1896 | 440 |

SUPERFICIE : 4.738 HECTARES

POPULATION EN 1886 : 446 HABITANTS

DENSITÉ KILOMÉTRIQUE : 9,4

MOUVEMENT DE LA POPULATION

| Décades | Naissances | Mariages | Décès | Excès des naissances sur les décès | Pour un mariage combien de naissances | Natalité | Nuptialité | Mortalité |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1802-1812 | 228 | 45 | 233 | — 5 | 5,0 | » | » | » |
| 1813-1822 | 133 | 44 | 114 | 19 | 3,0 | » | » | » |
| 1823-1832 | 176 | 52 | 220 | — 24 | 3,3 | » | » | » |
| 1833-1842 | 154 | 56 | 182 | — 28 | 2,7 | 34,5 | 12,5 | 40,8 |
| 1843-1852 | 161 | 47 | 172 | — 11 | 3,4 | 37,1 | 10,8 | 39,6 |
| 1853-1862 | 136 | 48 | 172 | — 36 | 2,8 | 30,2 | 10,6 | 38,2 |
| 1863-1872 | 146 | 49 | 135 | 11 | 2,9 | 33,4 | 11,2 | 30,8 |
| 1873-1882 | 149 | 38 | 109 | 40 | 3,9 | 34,0 | 8,6 | 24,8 |
| 1883-1892 | 115 | 36 | 62 | 53 | 3,1 | 26,2 | 8,2 | 14,1 |

COMPOSITION DE LA POPULATION

| POPULATION RÉSIDENTE | RECENSEMENTS 1886 | RECENSEMENTS 1891 | |
|---|---|---|---|
| Sexe masculin | 234 | 209 | |
| — féminin | 212 | 213 | |
| TOTAL | 446 | 422 | |
| MOYENNE | 434 | | |
| Population de 0-14 ans | 144 | 123 | |
| MOYENNE | 133 | | 30,6 0/0 |
| — 15-59 ans | 265 | 258 | |
| MOYENNE | 262 | | 60,3 0/0 |
| — 60-ω | 37 | 41 | |
| MOYENNE | 39 | | 8,9 0/0 |
| Célibataires de 30-49 ans | 8 | 7 | |
| Sexe masculin | 6 | 3 | |
| — féminin | 2 | 4 | |
| Femmes mariées de 15-49 ans | 77 | 72 | |
| MOYENNE | 75 | | 17,2 0/0 |

# COMMUNE DE DURANCE

| RECENSEMENTS | POPULATION |
|---|---|
| 1836 | 521 |
| 1841 | 510 |
| 1846 | 564 |
| 1851 | 557 |
| 1856 | 580 |
| 1861 | 568 |
| 1866 | 630 |
| 1872 | 567 |
| 1876 | 568 |
| 1881 | 557 |
| 1886 | 610 |
| 1891 | 592 |
| 1896 | 604 |

SUPERFICIE 3.882 HECTARES

POPULATION EN 1886 610 HABITANTS

DENSITÉ KILOMÉTRIQUE 15,7

MOUVEMENT DE LA POPULATION

| Décades | Naissances | Mariages | Décès | Excès des naissances sur les décès | Pour un mariage combien de naissances | Natalité | Nuptialité | Mortalité |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1802-1812 | 169 | 48 | 189 | — 20 | 3,5 | » | » | » |
| 1813-1822 | 215 | 69 | 210 | 5 | 3,1 | » | » | » |
| 1823-1832 | 185 | 56 | 178 | 7 | 3,3 | » | » | » |
| 1833-1842 | 168 | 77 | 198 | — 30 | 2,1 | 32,6 | 14,9 | 38,4 |
| 1843-1852 | 155 | 64 | 164 | — 9 | 2,4 | 27,6 | 11,4 | 29,2 |
| 1853-1862 | 175 | 90 | 222 | — 47 | 1,9 | 30,4 | 15,6 | 38,6 |
| 1863-1872 | 176 | 64 | 183 | — 7 | 2,7 | 27,1 | 9,8 | 28,2 |
| 1873-1882 | 131 | 64 | 104 | 27 | 2,0 | 23,2 | 11,3 | 18,4 |
| 1883-1892 | 119 | 44 | 121 | — 2 | 2,7 | 19,6 | 7,2 | 19,9 |

COMPOSITION DE LA POPULATION

| POPULATION RÉSIDENTE | RECENSEMENTS 1886 | RECENSEMENTS 1891 | |
|---|---|---|---|
| Sexe masculin | 308 | 301 | |
| — féminin | 302 | 291 | |
| TOTAL | 610 | 592 | |
| MOYENNE | 610 | | |
| Population de 0-14 ans | 177 | » | |
| MOYENNE | 177 | | 29,0 0/0 |
| — 15-59 ans | 382 | » | |
| MOYENNE | 382 | | 62,6 0/0 |
| — 60-ω | 51 | » | |
| MOYENNE | 51 | | 8,3 0/0 |
| Célibataires de 30-49 ans | 8 | » | |
| Sexe masculin | 6 | » | |
| — féminin | 2 | » | |
| Femmes mariées de 15-49 ans | 106 | » | |
| MOYENNE | 106 | | 17,3 0/0 |

N. B. — La répartition de la population par âge, sexe, état civil, en 1891, a été faite d'une manière absurde. Elle ne concerne que 355 habitants sur 592. Le tableau des enfants vivants par famille est a peine ébauché.

# COMMUNE DE HOUEILLÈS

| RECENSEMENTS | POPULATION |
|---|---|
| 1836 | 982 |
| 1841 | 812 |
| 1846 | 916 |
| 1851 | 922 |
| 1856 | 960 |
| 1861 | 1044 |
| 1866 | 1109 |
| 1872 | 970 |
| 1876 | 1024 |
| 1881 | 1047 |
| 1886 | 1075 |
| 1891 | 1254 |
| 1896 | 1187 |

SUPERFICIE **3.456** HECTARES

POPULATION EN 1886 **1.075** HABITANTS

DENSITÉ KILOMÉTRIQUE **31,1**

MOUVEMENT DE LA POPULATION

| Décades | Naissances | Mariages | Décès | Excès des naissances sur les décès | Pour un mariage combien de naissances | Natalité | Nuptialité | Mortalité |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1802-1812 | 297 | 102 | 352 | — 55 | 2,9 | » | » | » |
| 1813-1822 | 284 | 111 | 227 | 57 | 2,5 | » | » | » |
| 1823-1832 | 365 | 118 | 459 | — 94 | 3,0 | » | » | » |
| 1833-1842 | 304 | 141 | 383 | — 79 | 2,1 | 33,8 | 15,7 | 42,7 |
| 1843-1852 | 265 | 135 | 238 | 27 | 1,9 | 28,8 | 14,6 | 25,9 |
| 1853-1862 | 301 | 125 | 328 | — 27 | 2,4 | 30,0 | 12,4 | 32,7 |
| 1863-1872 | 301 | 128 | 334 | — 33 | 2,3 | 28,9 | 12,3 | 32,1 |
| 1873-1882 | 324 | 113 | 212 | 12 | 2,8 | 31,2 | 10,9 | 20,4 |
| 1883-1892 | 314 | 80 | 201 | 113 | 3,9 | 27,0 | 6,8 | 17,2 |

COMPOSITION DE LA POPULATION

| POPULATION RÉSIDENTE | RECENSEMENTS 1886 | RECENSEMENTS 1891 | |
|---|---|---|---|
| Sexe masculin | 552 | 651 | |
| — féminin | 523 | 603 | |
| TOTAL | 1075 | 1254 | |
| MOYENNE | 1164 | | |
| Population de 0-14 ans | 365 | 395 | |
| MOYENNE | 380 | | 32,6 0/0 |
| — 15-59 ans | 629 | 768 | |
| MOYENNE | 698 | | 59,9 0/0 |
| — 60-ω. | 81 | 91 | |
| MOYENNE | 86 | | 7,3 0/0 |
| Célibataires de 30-49 ans | 17 | 33 | |
| Sexe masculin | 12 | 26 | |
| — féminin | 5 | 7 | |
| Femmes mariées de 15-49 ans | 186 | 219 | |
| MOYENNE | 203 | | 17,4 0/0 |

# COMMUNE DE PINDÈRES

| RECENSEMENTS | POPULATION |
|---|---|
| 1836 | 515 |
| 1841 | 550 |
| 1846 | 550 |
| 1851 | 659 |
| 1856 | 638 |
| 1861 | 620 |
| 1866 | 615 |
| 1872 | 595 |
| 1876 | 586 |
| 1881 | 601 |
| 1886 | 560 |
| 1891 | 615 |
| 1896 | 595 |
| 1901 | 558 |

SUPERFICIE : 4.123 HECTARES

POPULATION EN 1886 : 560 HABITANTS

DENSITÉ KILOMÉTRIQUE : 13,6

MOUVEMENT DE LA POPULATION

| Décades | Naissances | Mariages | Décès | Excès des naissances sur les décès | Pour un mariage combien de naissances | Natalité | Nuptialité | Mortalité |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1802-1812 | 166 | 61 | 184 | — 18 | 2,7 | » | » | » |
| 1813-1822 | 218 | 85 | 224 | — 6 | 2,5 | » | » | » |
| 1823-1832 | 187 | 66 | 245 | — 58 | 2,8 | » | » | » |
| 1833-1842 | 201 | 62 | 252 | — 51 | 3,2 | 37,7 | 11,6 | 47,3 |
| 1843-1852 | 213 | 88 | 228 | — 15 | 2,4 | 38,3 | 15,8 | 41,0 |
| 1853-1862 | 204 | 66 | 264 | — 60 | 3,1 | 32,4 | 10,4 | 41,9 |
| 1863-1872 | 198 | 71 | 158 | 40 | 2,8 | 32,7 | 11,7 | 26,1 |
| 1873-1882 | 183 | 45 | 134 | 49 | 4,0 | 30,8 | 7,5 | 22,5 |
| 1883-1892 | 137 | 44 | 84 | 53 | 3,1 | 23,6 | 7,5 | 14,5 |
| 1893-1900 | 94 | 54 | 79 | 15 | 1,66 | 19,7 | 11,3 | 16,6 |

COMPOSITION DE LA POPULATION

| POPULATION RÉSIDENTE | RECENSEMENTS 1886 | RECENSEMENTS 1891 | |
|---|---|---|---|
| Sexe masculin | 288 | 315 | |
| Sexe féminin | 272 | 300 | |
| TOTAL | 560 | 615 | |
| MOYENNE | 587 | | |
| Population de 0-14 ans | 188 | 198 | |
| MOYENNE | 193 | | 32,8 0/0 |
| — 15-59 ans | 323 | 369 | |
| MOYENNE | 348 | | 59,2 0/0 |
| — 60-ω | 44 | 48 | |
| MOYENNE | 46 | | 7,8 0/0 |
| Célibataires de 30-49 ans : | | | |
| Hommes | 5 | 8 | |
| Femmes | 2 | 2 | |
| Femmes mariées de 15-49 ans | 104 | 108 | |
| MOYENNE | 106 | | 18,0 0/0 |
| Naissances légitimes pour 1.000 femmes mariées de 15-49 ans | 121 | | |

*Mobilité en 1886.* — Nés dans la commune 177 sur 560. Dans une autre commune du département, 227. Dans un autre département, 156.
*Professions en 1886.* — 429 vivent de l'agriculture ; 73 de l'industrie ; le surplus du commerce, etc.

# COMMUNE DE POMPOGNE

| RECENSEMENTS | POPULATION |
|---|---|
| 1836 | 519 |
| 1841 | 504 |
| 1846 | 502 |
| 1851 | 482 |
| 1856 | 490 |
| 1861 | 422 |
| 1866 | 453 |
| 1872 | 420 |
| 1876 | 431 |
| 1881 | 418 |
| 1886 | 470 |
| 1891 | 498 |
| 1896 | 445 |

SUPERFICIE **1.705** HECTARES

POPULATION EN 1886 **470** HABITANTS

DENSITÉ KILOMÉTRIQUE **27,5**

MOUVEMENT DE LA POPULATION

| Décades | Naissances | Mariages | Décès | Excès des naissances sur les décès | Pour un mariage combien de naissances | Natalité | Nuptialité | Mortalité |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1802-1812 | 152 | 40 | 158 | — 6 | 3,8 | » | » | » |
| 1813-1822 | 133 | 45 | 134 | — 1 | 2,9 | » | » | » |
| 1823-1832 | 124 | 55 | 182 | — 58 | 2,2 | » | » | » |
| 1833-1842 | 135 | 57 | 156 | — 21 | 2,3 | 26,4 | 11,1 | 30,5 |
| 1843-1852 | 143 | 52 | 179 | — 36 | 2,7 | 29,0 | 10,5 | 36,3 |
| 1853-1862 | 136 | 56 | 155 | — 19 | 2,4 | 29,9 | 12,3 | 33,9 |
| 1863-1872 | 129 | 42 | 153 | — 24 | 3,0 | 29,5 | 9,6 | 35,0 |
| 1873-1882 | 152 | 46 | 104 | 48 | 3,3 | 35,8 | 10,8 | 24,5 |
| 1883-1892 | 124 | 38 | 68 | 56 | 3,2 | 26,0 | 8,0 | 14,3 |

COMPOSITION DE LA POPULATION

| POPULATION RÉSIDENTE | RECENSEMENTS 1886 | RECENSEMENTS 1891 | |
|---|---|---|---|
| Sexe masculin | 222 | 260 | |
| Sexe féminin | 248 | 238 | |
| TOTAL | 470 | 498 | |
| MOYENNE | 484 | | |
| Population de 0-14 ans | 168 | 166 | |
| MOYENNE | 167 | | 34,5 0/0 |
| — 15-59 ans | 268 | 289 | |
| MOYENNE | 278 | | 57,4 0/0 |
| — 60-ω | 34 | 43 | |
| MOYENNE | 39 | | 8,0 0/0 |
| Célibataires de 30-49 ans | 26 | 8 | |
| Sexe masculin | 17 | 5 | |
| Sexe féminin | 9 | 3 | |
| Femmes mariées de 15-49 ans | 82 | 84 | |
| MOYENNE | 83 | | 17,1 0/0 |

# COMMUNE DE SAUMÉJAN

| RECENSEMENTS | POPULATION |
|---|---|
| 1836 | 337 |
| 1841 | 332 |
| 1846 | 335 |
| 1851 | 315 |
| 1856 | 348 |
| 1861 | 337 |
| 1866 | 368 |
| 1872 | 339 |
| 1876 | 334 |
| 1881 | 352 |
| 1886 | 339 |
| 1891 | 355 |
| 1896 | 338 |

SUPERFICIE 1.949 HECTARES

POPULATION EN 1886 339 HABITANTS

DENSITÉ KILOMÉTRIQUE 17,4

MOUVEMENT DE LA POPULATION

| Décades | Naissances | Mariages | Décès | Excès des naissances sur les décès | Pour un mariage combien de naissances | Natalité | Nuptialité | Mortalité |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1802-1812 | 96 | 39 | 151 | — 55 | 2,4 | » | » | » |
| 1813-1822 | 66 | 44 | 79 | — 13 | 1,5 | » | » | » |
| 1823-1832 | 96 | 41 | 126 | — 30 | 2,3 | » | » | » |
| 1833-1842 | 89 | 29 | 126 | — 37 | 3,1 | 26,6 | 8,6 | 37,7 |
| 1843-1852 | 99 | 45 | 116 | — 17 | 2,2 | 30,4 | 13,8 | 35,7 |
| 1853-1862 | 94 | 31 | 119 | — 25 | 3,0 | 27,4 | 9,0 | 34,7 |
| 1763-1872 | 123 | 35 | 104 | 19 | 3,4 | 34,7 | 9,8 | 29,3 |
| 1873-1882 | 94 | 20 | 62 | 32 | 4,7 | 27,4 | 5,8 | 18,0 |
| 1883-1892 | 88 | 34 | 59 | 29 | 2,5 | 25,4 | 9,9 | 17,0 |

COMPOSITION DE LA POPULATION

| POPULATION RÉSIDENTE | RECENSEMENTS 1886 | RECENSEMENTS 1891 | |
|---|---|---|---|
| Sexe masculin | 178 | 188 | |
| — féminin | 161 | 165 | |
| TOTAL | 339 | 355 | |
| MOYENNE | 347 | | |
| Population de 0-14 ans | 113 | 129 | |
| MOYENNE | 121 | | 34,8 0/0 |
| — 15-59 ans | 207 | 214 | |
| MOYENNE | 210 | | 60,5 0/0 |
| — 60-ω | 19 | 12 | |
| MOYENNE | 16 | | 4,6 0/0 |
| Célibataires de 30-49 ans : | | | |
| Hommes | 3 | 2 | |
| Femmes | 1 | 4 | |
| Femmes mariées de 15-49 ans | 49 | 56 | |
| MOYENNE | 52 | | 14,9 0/0 |
| Naissances légitimes pour 1.000 femmes mariées de 15-49 ans | 150 | | |

*Mobilité en 1886.* — Nés dans la commune, 108. Dans une autre commune du département, 145. Dans un autre département, 86.
*Professions en 1886.* — 317 vivaient de l'agriculture.
*Mobilité en 1891.* — 112 habitants sont nés dans la commune. 144 dans une autre commune du département. 79 dans un autre département (Landes et Gironde).

## COMPOSITION DE LA POPULATION DANS LE CANTON DE HOUEILLÈS

| COMMUNES | POPULATION 1886 | POPULATION 1891 | MOYENNE | POUR 1000 HABITANTS combien ont de 0 à 14 ans | de 14 à 59 ans | de 60 à ω | Combien de FEMMES mariées de 15 à 49 ans pour 100 habitants | Pour 1000 femmes mariées de 15 à 49 ans combien de naissances légitimes? |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Allons. . . . | 873 | 889 | 881 | 34,3 | 59,2 | 6,3 | 19,0 | 152 |
| Boussès. . . . | 446 | 422 | 434 | 30,6 | 60,3 | 8,9 | 17,2 | 138 |
| Durance. . . . | 610 | 592* | 610* | 29,0 | 62,6 | 8,3 | 17,3 | 109 |
| Houeillès . . . | 1075 | 1254 | 1064 | 32,6 | 59,9 | 7,3 | 17,4 | 140 |
| Pindères. . . . | 560 | 615 | 587 | 32,8 | 59,2 | 7,8 | 18,0 | 121 |
| Pompogne. . . | 470 | 498 | 484 | 34,5 | 57,4 | 8,0 | 17,1 | 139 |
| Sauméjan. . . | 339 | 355 | 347 | 34,8 | 60,5 | 4,6 | 14,9 | 150 |

* La répartition de la population par âge, sexe et état civil en 1891 a été faite par le Secrétaire de la mairie de Durance en dépit du bon sens. Elle ne concerne que 355 habitants sur 592. La composition de la population a été, en conséquence étudiée sur le recensement de 1886.

## CANTON DE HOUEILLÈS (Lot-et-Garonne)

| COMMUNES | NATALITÉ NATURELLE 1883-1892 — NAISSANCES Légitimes | Naturelles | Totales | Natalité naturelle * | MORTINATALITÉ 1883-1892 — Morts-nés | Mortinatalité ** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Allons. . . . . | 257 | 10 | 267 | 3,7 | 8 | 3,0 |
| Boussès. . . . . | 104 | 9 | 113 | 7,9 | 5 | 4,4 |
| Durance. . . . . | 116 | 2 | 118 | 1,7 | 1 | 0,8 |
| Houeillès . . . . . | 296 | 19 | 315 | 6,0 | 24 | 7,6 |
| Pindères . . . . . | 129 | 7 | 136 | 5,1 | 3 | 2,2 |
| Pompogne. . . . . | 116 | 6 | 122 | 4,9 | 2 | 1,6 |
| Sauméjan. . . . . | 78 | 9 | 87 | 10,3 | 3 | 9,0 |

* Pour 100 naissances de toute nature, combien de naissances naturelles?

** Pour 100 naissances vivantes, combien de mort-nés?

En étudiant le canton de Houeillès pendant la décade 1883-1892, comme nous l'avons fait pour tous les autres cantons du Lot-et-Garonne, un fait frappa notre attention. C'est que seul entre tous il présente pendant ces dix années les caractères de la santé démographique. Tandis que tous les autres y compris les cantons limitrophes accusent des excédents de décès sur les naissances, il offre au contraire un excès de 329 naissances sur les décès, excédent considérable étant donné le faible chiffre de la population ; et cet excès se rencontre dans toutes les communes, moins une qui présente un léger excédent de deux décès.

Sauf dans cette même commune où la natalité descend à 19,6, elle est partout supérieure à la moyenne française et souvent très supérieure. C'est ainsi que nous notons 26,0 à Pompogne ; 26,2 à Boussès ; 27,0 à Houeillès et 30,8 à Allons. Nous sommes loin des natalités misérables de 8,9,10 et 11 que nous rencontrions dans l'Agénois. La nuptialité de son côté, était généralement égale ou supérieure à la moyenne française et la mortalité, partout inférieure, se tenait dans trois communes entre 14 et 15 décès seulement pour 1.000 habitants.

Ce canton, antithèse démographique du département, excitait vivement notre curiosité, et, malgré la quantité considérable de documents numériques dont nous étions déjà surchargé, malgré la saison avancée et les chaleurs, nous résolûmes de l'étudier commune par commune et décade par décade depuis le commencement du siècle et d'aller le visiter à loisir. Les tableaux numériques ont été rédigés aux archives départementales d'Agen, dans la seconde quinzaine de juin 1901 et nous l'avons parcouru pendant la première quinzaine de juillet.

## COMMENTAIRE DES TABLEAUX NUMÉRIQUES

*Allons.* — Allons est la plus typique des communes du canton d'Houeillès, la plus landaise des communes du Lot-et-Garonne. Elle est très pauvre, n'est encore boisée qu'en partie et sa population, clairsemée sur un territoire égal à celui de beaucoup de cantons, a conservé les mœurs et les appréciations qui sont ailleurs en voie de disparition.

En 1836, l'époque la plus ancienne pour laquelle nous ayons des recensements, elle comptait 797 habitants ; quinze ans après en 1851, elle en avait 919, en ayant gagné 122 en quinze ans. Depuis lors, elle n'a eu que des oscillations peu importantes et elle en compte 883 en 1896. C'est en somme une population à peu près stationnaire.

L'excès des naissances sur les décès a été considérable. Il atteint 651 pour les quatre-vingt-dix années étudiées, de sorte que cette commune a été une pépinière d'émigrants qui sont allés coloniser le reste du département ou les autres départements. Mais en réalité l'émigration est beaucoup plus considérable, car Allons comptait, en 1886, 337 habitants et en 1891, 359 de ses habitants, nés dans un autre département, c'est-à-dire dans les Landes de la Gironde ou du département des Landes, et qui étaient venus remplacer un nombre à

peu près égal d'habitants émigrés. Il existe dans cette région un mouvement lent mais continu des populations vers l'est causé par le foyer d'appel qui forme la dépopulation dans les vallées du Lot et de la Garonne.

Si l'on examine l'excès des naissances sur les décès chronologiquement, l'on voit non sans quelque surprise qu'il était considérable déjà pendant les deux premières décades du siècle, qu'on se représente comme le règne des fièvres et de la misère noire. Il a fléchi ensuite pendant une cinquantaine d'années et il a même été remplacé pendant la décade 1853-1862 par un léger excédent de décès, dû à l'augmentation anormale de la mortalité. Au contraire, pendant les vingt dernières années étudiées, l'excès des naissances a été très considérable grâce à la diminution du nombre des décès. Pendant la décade 1883-1892, peu s'en faut que les naissances n'aient été le double des décès. C'est un phénomène malheureusement très rare en France et que je n'ai constaté que dans le canton de Fouesnant (Finistère).

Comme malheureusement nous ne possédons point de recensement antérieur à 1836, il est impossible de calculer la natalité, la nuptialité, ni la mortalité pour les trois premières décades du siècle. Cela est fort regrettable ; car de 1813 à 1822, le nombre des naissances atteignait 369 et si la population était alors inférieure ou simplement égale à ce qu'elle était dix ans plus tard, la natalité devait être 46 à 50 pour 1.000 habitants.

Pendant la décade 1833-1842, la première pour laquelle elle ait pu être calculée, la natalité est de 41,9. Pendant les quarante années suivantes, elle se maintient à un niveau presque constant entre le maximum 35,4 et le minimum 34,2. La diminution d'une décade à l'autre, bien que très peu sensible est cependant régulière, Pendant la dernière décade étudiée, elle s'accentue et tombe de 34,2 à 30,8, Ce n'en est pas moins le taux de natalité le plus élevé du canton, comme du Lot-et-Garonne et il reste au niveau des plus hautes moyennes départementales qui existent en France.

Si l'on étudie les facteurs de cette natalité, on trouve qu'elle résulte d'une fécondité des mariages moyenne ou plutôt faible multipliée par une nuptialité extraordinairement forte.

Si l'on calcule combien il s'est produit de naissances totales pour un mariage, en comprenant dans le nombre des naissances les naissances naturelles, on trouve pour la première décade du siècle un chiffre très élevé, qui tient au petit nombre des mariages célébrés pendant cette période, et le même phénomène se reproduit pour les mêmes raisons pendant la décade 1873-1882.

Mais à part ces deux exceptions, on ne trouve qu'une faible fécondité des mariages, variant de 2,4 à 3,4 selon les décades. Pendant la dernière décade, 1883-1892, pour laquelle nous avons relevé le nombre des naissance naturelles, le nombre des naissances légitimes pour un mariage s'est trouvé être de 3,3. C'est à peu près exactement le taux de fécondité qui, d'après les calculs de Lagneau, doit être demandé au mariage français pour que la population se maintienne stationnaire sans augmenter ni diminuer.

Si ce chiffre était multiplié par celui de la nuptialité moyenne française qui est de 7,5, la natalité légitime d'Allons serait de 24,0 seulement. Mais la nuptialité de cette commune est beaucoup plus élevée.

Pendant la première décade pour laquelle nous la connaissions, elle atteint le double de la moyenne française actuelle, 15 mariages par an pour 1.000 habitants. Pendant les trente années suivantes, elle varie du minimum 10,3 au maximum 13,8. Elle tombe ensuite à 8,1, sans qu'il soit possible d'en con-

jecturer la cause, pendant la décade 1873-1882 et se relève enfin à 9,0 pendant la dernière décade étudiée.

Quant au troisième facteur de la natalité, la natalité naturelle, en dépit de la réputation faite aux lanusquets, elle est plutôt faible. Elle est seulement à Allons, pour cette dernière décade, de 3,7 naissances naturelles pour 100 naissances de toute nature, c'est-à-dire qu'elle y est moindre que parmi la généralité des populations agricoles françaises.

La mortalité était fort élevée à Allons pendant les trente premières années pour lesquelles elle a pu être calculée, c'est-à-dire de 1833 à 1862. Pendant la dernière de ces trois décades, elle dépassa, par une exception unique dans l'histoire démographique de cette commune, la natalité et s'éleva à 36,5 décès pour 1.000 habitants. Mais depuis lors, elle a décru d'une manière rapide et constante de décade en décade, tombant à 28,7, à 21,4 puis enfin à 16,2, c'est-à-dire au niveau des plus basses moyennes départementales de la France et bien au-dessous de la moyenne nationale. Cette évolution de la mortalité serait très intéressante à étudier par groupes d'âge. Mais il faut renoncer à ce travail trop considérable et se borner à considérer la mortalité générale dans son rapport avec la natalité générale.

L'état démographique du canton de Houeillès et la commune d'Allons en particulier étant le contre-pied exact de l'état démographique de l'Agénois, la mortalité décroît beaucoup plus vite que la natalité, de sorte que les excédents de naissances vont en augmentant à Allons tandis que les excédents de décès vont en augmentant dans la généralité du Lot-et-Garonne.

La composition de la population est intéressante. Elle comprend plus d'un tiers d'enfants ; 34,3 habitants sur 100 ont moins de quinze ans, tandis que 59,2 sur 100 ont de quinze à cinquante neuf ans, et que le groupe des vieillards ne forme que 6,3 pour 100 de la population totale.

Le groupe d'âge du milieu de la vie est dans tout le Lot-et-Garonne d'environ 60 pour 100 et il en est encore de même ici. La population apte au travail et à la reproduction est donc en proportion équivalente dans une commune à natalité élevée comme Allons et des communes à natalité misérable, comme Estillac, Sembas, Saint-Colombe-de-Villeneuve, etc. La proportion des femmes mariées en âge de fécondité est à Allons de 19 pour 100 habitants, c'est-à-dire qu'elle est très forte ; mais elle n'est guère moins élevée dans les communes à natalité infime que nous venons de nommer. Leur fécondité, c'est-à-dire le nombre annuel des naissances légitimes pour 1.000 femmes mariées de 15-49 ans, est de 152, égale à peu près à la moyenne française et triple du même rapport dans les communes à natalité infime.

Le grand nombre des femmes mariées de 15-49 ans est un phénomène en harmonie avec la nuptialité énorme que nous avons constatée ; leur fécondité, égale seulement à la moyenne française, est en harmonie avec le chiffre moyen des naissances légitimes pour un mariage, qui est de 3,2 à Allons comme dans l'ensemble de la France.

En somme, si la natalité est à Allons triple de ce qu'elle est dans nos 21 communes à natalité infime de l'Agénois, cela tient à ce que la fécondité des femmes mariées y est à peu près triple de ce qu'elle est dans ces communes. Au contraire, si la natalité d'Allons est de près d'un tiers plus élevée que la moyenne nationale, la cause doit en être cherchée dans la proportion supérieure des femmes mariées en âge de fécondité et dans la nuptialité, qui est à Allons d'un tiers environ plus forte que dans la France entière.

On peut être surpris à première vue de voir coïncider cette faible fécondité des femmes mariées de 15-49 ans — de 152 naissances annuelles seulement — avec une natalité de 30,8 naissances pour 100 habitants. On pourrait s'attendre, en voyant une telle natalité, à ce qu'elle coïncidât, par exemple, avec une fécondité des femmes mariées de 15-49 ans égale à 200 ou 220 naissances, comme celle de beaucoup d'États européens. Mais cela n'est pas nécessaire. Le relèvement de la natalité qui pourrait se produire par l'augmentation de la fécondité des femmes mariées peut tout aussi bien se produire par l'augmentation de leur nombre, et c'est ce qui a lieu à Allons.

Le mariage y est en quelque sorte universel. Au recensement de 1886, il n'y restait en dehors du mariage que deux femmes de 30-49 ans et quatre de même âge au recensement de 1891. Parmi les hommes de 30-49 ans, le nombre des célibataires était plus considérable, 10 en 1886 et 8 en 1891. Ce fait peut résulter soit de ce qu'à trente ans ils n'avaient point encore eu la possibilité de se marier, soit plutôt de ce que le sexe masculin est dans cette commune sensiblement plus nombreux que le sexe féminin.

La leçon pratique qui résulte de l'étude de cette commune, c'est que le législateur français qui cherchera les moyens de relever la natalité ne devra pas borner ses efforts à encourager la fécondité des mariages avantageusement, mais qu'il en emploiera une partie à augmenter le nombre des mariés, soit en multipliant les mariages, soit en trouvant le moyen de les faire contracter plus tôt.

*Commune de Pindères.* — La population de Pindères était en 1836 de 515 habitants, quinze années après, elle s'était accrue de 144 habitants et en comptait 659. C'est un maximum qu'elle n'a point dépassé; depuis lors, elle a diminué d'une façon assez irrégulière et n'a plus que 558 habitants en 1901.

De 1901 à 1862, pendant six décades consécutives, elle a constamment présenté un excès des décès sur les naissances et cet excès s'élève au total à 208. La population aurait dû en conséquence diminuer; mais comme, au contraire, on constate qu'elle s'est accrue de 1836 à 1866, cette commune a reçu pendant cette période un nombre relativement considérable d'immigrants. Au contraire, pendant les trente-huit années écoulées de 1863 à 1900, les naissances ont dépassé les décès de 157, et cependant la population a diminué d'une cinquantaine d'habitants, de sorte que l'émigration a dépassé de plus de 200 le nombre inconnu des immigrants.

Contrairement à ce que l'on se serait attendu à trouver, c'est depuis que cette commune s'est assainie et boisée que les habitants ont émigré; quand elle était misérable, c'était un foyer d'appel pour les immigrants.

On peut remarquer que la profonde individualité des communes rurales, qui se constate partout en France, existe aussi dans les Landes.

En effet, tandis qu'Allons a constamment présenté des excès de naissances sur les décès, Pindères, tant qu'elle était comme sa voisine en landes rases et sans bois, présentait régulièrement de remarquables excédents de décès. Elle était, sans que l'on puisse savoir pourquoi à moins de nouvelles et difficiles recherches, inféodée à la mort comme Allons à la vie.

Pendant les quatre premières décades du siècle, le nombre absolu des naissances et celui des mariages ont augmenté jusqu'à la cinquième décade et depuis lors, ces chiffres sont allés en décroissant. Pour les décès, c'est aussi vers le milieu du siècle, mais dix ans plus tard, qu'ils ont acquis leur maximum et depuis, ils sont allés pareillement en décroissant.

A Pindères, comme dans le reste du département, la natalité, la nuptialité et la mortalité n'ont pu être calculées avant 1833.

De 1833 à 1852, la natalité était très considérable, 37,7 et 38,3. Pendant les vingt années suivantes, elle s'abaisse de 5 à 6 naissances pour 1,000 habitants, et depuis lors ne cesse plus de décroître. Elle est de 30,8 jusqu'en 1882, ce qui est encore un très beau chiffre; mais elle tombe à 23,6 de 1883 à 1892 et, pendant les huit années suivantes, elle n'est plus que de 19,7. La commune de Pindères est décidément entrée à la suite du département dans la voie de l'oliganthropie.

Des deux facteurs de la natalité, la fécondité des mariages est faible à Pindères comme à Allons et cela dès le commencement du siècle. Même en confondant avec les naissances légitimes les naissances naturelles qui étaient, croit-on, fort nombreuses à cette époque, on ne compte pendant les trois premières décades du siècle que 2,5, 2,7 et 2,8 naissances pour un mariage. Pendant les quatre décades suivantes, et bien que la natalité fût alors forte ou très forte, on comptait seulement de 2,4 à 3,2 naissances pour un mariage et cela en y comprenant les naissances naturelles. C'était alors l'autre facteur de la natalité, la nuptialité qui était, ici comme dans tout le canton, fort élevé, variant du minimum 10,4 au maximum surprenant 15,8.

Pendant les deux décades 1873-1892, la nuptialité tombe brusquement à 7,5 et la fécondité des mariages au contraire se relève d'abord à 4,0, ce qui permet encore une fois une natalité élevée, puis à 3,1 seulement, toutes naissances comprises, et à 2,9 seulement si l'on ne tient compte que des naissances légitimes.

Pendant la dernière période de huit années, la nuptialité se relève d'un bond à 11,3 ; mais la fécondité des mariages tombe à 1,6 à peu près à la moitié de ce qui serait nécessaire.

L'évolution de la mortalité est intéressante à Pindères. Nous la trouvons en 1833-1842 de 47,3, c'est-à-dire énorme, véritable mortalité d'épidémie. Jusqu'en 1862 elle reste très élevée à 41 et 41,9. Puis elle s'abaisse rapidement à 26,1, 22 5, à 14,5 et enfin, pendant les huit dernières années à 16,6. Ce pays pestilentiel est devenu un sanatorium.

Si l'on étudie la composition de la population, on voit qu'ici comme à Allons et pour le census de 1886 comme pour celui de 1891, le sexe masculin est plus nombreux que le sexe féminin. Deux femmes seulement de 30-49 ans sont célibataires tandis que cinq hommes de cet âge à l'un des deux recensements et huit à l'autre sont dans ce cas, sans doute faute de vis-à-vis féminin. Ce fait s'accorde avec la haute nuptialité que nous avons observée — sauf exception pendant vingt ans — et avec la grande proportion des femme mariées de 15-49 ans dans la population de Pindères, proportion qui est de 18 pour 100 habitants, pour prouver qu'ici comme à Allons, le goût pour le mariage est très prononcé.

Le groupe d'âge de 0-14 forme 32,8 pour 100, près du tiers de la population totale; le groupe de 15-59 ans est à peu près ce qu'il est dans l'ensemble du département, tandis que les vieillards sont proportionnellement moins nombreux.

Enfin la fécondité des femmes mariées de 15-49 ans, que nous avions trouvée à Allons simplement égale à la moyenne française, est ici notablement inférieure, ce qui s'allie avec le nombre extrêmement petit des naissances légitimes pour un mariage.

En somme, malgré l'extrême faiblesse de sa mortalité Pindères, loin de présenter le florissant état démographique d'Allons, montre déjà des symptômes incontestables de décadence.

Nous ne ferons point avec le même détail le commentaire des tableaux numériques concernant les cinq autres communes ; le lecteur qui voudra les étudier avec attention, s'apercevra bientôt qu'elles présentent généralement les mêmes traits essentiels.

Ainsi, si l'on prenait le tableau relatif à la petite commune de Suméjan l'on trouverait : Population stationnaire en dépit d'excédents de décès continus de 1802 à 1862, qui s'élèvent au total à plus de moitié de la population de la commune, ce qui suppose une immigration équivalente ; puis de 1863 à 1892, excédent de naissances s'élevant à un quart de la population communale et enlevé par l'émigration. La natalité d'abord médiocre, puis forte, retombe à un chiffre médiocre depuis vingt ans. Elle s'explique par une fécondité des mariages faible ou très faible alliée à une nuptialité élevée. La mortalité d'abord très forte s'est affaiblie graduellement jusqu'à 17,0.

Ici encore, le sexe masculin l'emporte en nombre sur le sexe féminin ; il ne reste presque point de célibataires au delà de trente ans. Mais la teneur de la population en femmes mariées de 15 à 49 ans est plus faible que dans les communes voisines, tout en restant supérieure à la moyenne française; leur fécondité est égale à la moyenne française.

Le groupe d'âge du milieu de la vie est normal, tandis que les impubères forment près de 35 0/0 de la population et que les vieillards n'en forment pas 5 0/0.

A Houeillès, le chef-lieu de canton, mêmes traits essentiels de l'état démographique : population en léger progrès par l'immigration ; excès général des décès remplacé par un notable excédent des naissances pendant les deux dernières décades. La natalité forte ou satisfaisante s'explique, sauf toutefois pour la dernière décade, par une fécondité des mariages très faible unie à une nuptialité très forte ayant parfois dépassé 15. La mortalité, d'abord énorme s'est graduellement abaissée à 17,2. Dans la composition de la population, prédominance du sexe masculin, parmi lequel une certaine proportion de célibataires de 30-49 ans ; grande teneur de la population en femmes mariées de 15-49 ans ; proportion normale du groupe d'âge de 15-59 ans, grand nombre des impubères petit nombre des vieillards.

En somme, dans toutes les communes de notre canton, l'activité démographique est actuellement fort ralentie, si on la compare à ce qu'elle était il y a trente ou quarante ans. Jadis les divers mouvements de la population étaient tous beaucoup plus considérables. Il y avait plus, de nais-

sances, beaucoup plus de mariages et de décès. Mais la natalité, sauf dans deux communes reste suffisante et la nuptialité, sauf dans les deux mêmes communes, reste sensiblement supérieure à la moyenne française, tandis que la mortalité est descendue si bas qu'il semble à peu près impossible qu'elle s'abaisse davantage. En voyant cette évolution des trois principaux mouvements de la population, on ne peut s'empêcher de craindre que la natalité et la nuptialité ne continuent de diminuer tandis que la mortalité, après être restée stationnaire ou à peu près stationnaire pendant un temps plus ou moins long, ne finisse par se relever. Alors les excédents actuels de naissances feront place à des excédents de décès et le canton d'Houeillès, par suite de la contagion des appréciations qui dirigent la conduite, entrera dans la voie où depuis plus de 70 ans la partie orientale du Lot-et-Garonne l'a précédé. Ce qui porte à le craindre, c'est que sa phénoménale nuptialité, qui seule soutient sa natalité, ne peut se maintenir indéfiniment et que depuis longtemps, les mariages n'ont que la fécondité strictement nécessaire ou même ne l'ont plus.

Je désire que dans vingt ans, parmi les hommes qui consacreront alors leur existence aux études démographiques, il s'en trouve quelqu'un pour reprendre ce sujet. Il constatera certainement que la prédiction s'est réalisée. Actuellement en effet, c'est-à-dire d'après la moyenne des deux recensements de 1886 et de 1891, la répartition de la population par grand groupes d'âge dans les communes du canton de Houeillès est différente de ce qu'elle est dans les communes à natalité infime de l'Agénois. Mais cette différence ne porte point sur le groupe du milieu de la vie : dans les communes du canton de Houeillès, ce groupe varie de 57,4 à 62.6 pour 100 habitants et dans l'Agénois, il forme pareillement à peu près 60 pour 100 de la population.

Mais le surplus est très différent. En effet, dans les communes du canton de Houeillès, le groupe des impubères varie de 29,0 à 34,8 pour 100 habitants et le groupe des vieillards varie de 4,6 à 8,9 pour 100, tandis que dans l'Agénois, le groupe des impubères forme seulement de 15 à 20 pour 100 de la population, tandis que celui des vieillards, généralement plus nombreux, en forme de 17 à 25 pour 100, et même dépasse cette proportion dans quelques communes.

Il y a là, entre ces deux groupes d'âge, une différence capitale qui ne peut que s'atténuer avec le temps. En effet, par suite de l'assainissement des communes landaises, la longévité y augmentera et il s'y formera un groupe de vieillards de plus en plus nombreux. Tant qu'il sera faible et en voie de progrès, la mortalité générale restera faible comme elle l'est actuellement; mais, quand ce groupe sera fort et stationnaire, il paiera forcément à la mort la dîme mortuaire que la nature le condamne toujours à payer, et la mortalité augmentera. D'autre part, on ne risque pas de se tromper

en ajoutant que, là comme dans l'Agénois et partout, son influence sera peu favorable à l'augmentation de la natalité.

Le groupe d'âge de 60-ω influe en mal sur la natalité de deux manières. D'abord d'une façon en quelque sorte mécanique. Il ne contribue pas à augmenter le nombre des naissances, c'est-à-dire le dividende, et il augmente le chiffre de la population, c'est-à-dire le diviseur; il fait donc fatalement diminuer le quotient, qui est la natalité.

Mais il influe encore en mal sur la natalité d'une autre manière, qu'on peut nommer psychologique. C'est un genre d'action que rend saisissable le contraste de l'Agénois avec les communes landaises du Lot-et-Garonne. Après l'avoir observé, je dis ceci : le groupe d'âge de 15-59 ans restant égal dans deux communes données, on peut prédire que la fécondité de ce groupe sera modifiée par la composition des deux autres groupes. Supposons que, dans l'une de ces communes, le groupe d'âge de 0-14 ans forme 15 pour 100 de la population totale, le groupe d'âge de 15-59 ans 60 pour 100, et le groupe de 60-100 25 pour 100, et que, dans l'autre commune, le groupe central soit encore de 60 pour 100 ; mais que le groupe des impubères y soit de 35 pour 100, tandis que celui des vieillards soit de 5 pour 100 seulement, il est inévitable qu'à la longue il se forme dans ces deux communes des manières de sentir et de penser, des maximes et des raisonnements très différents. Dans la commune où domineront les jeunes gens, on sera plus bruyant et plus remuant, on aura plus de gaieté et plus d'entrain, plus d'élan et plus d'ardeur ; on écoutera davantage les conseils de la nature et les impulsions de la passion. Dans celle où les vieillards seront nombreux, surtout s'il s'agit de petits propriétaires naturellement détenteurs des terres de la famille, les jeunes gens élevés près d'eux, ayant dès la première enfance subi l'influence de leur exemple et de leurs conseils, ressentiront la contagion de leur mentalité, participeront à leur prudence, à leur prévoyance, à leur défaut d'initiative, à leur crainte de l'avenir, à leur défiance de l'amour et de ses suites. Sans être froids ni faibles physiquement, ils auront tendance à adopter la conduite qu'inspirent la froideur et la faiblesse de l'âge. Les jeunes couples, qui auront grandi dans ces conditions prendront l'égoïsme non seulement pour une habileté, mais pour un devoir envers leur famille, envers eux-mêmes aussi bien qu'envers leur progéniture. S'abandonner à leur fécondité naturelle leur fera l'effet tout à la fois d'une duperie et d'une conduite peu estimable. Ils en seront d'ailleurs détournés par les conseils exprès et sans réticence de leurs ascendants. Dans l'Agénois, ceux-ci, qui devraient être les premiers à désirer une postérité sont, au contraire, empressés à leur rappeler qu'à devenir mère on risque sa vie, qu'un mari qui aime sa femme doit la ménager, qu'il n'est pas une brute, qu'on ne lui a pas donné une jeune fille aussi parfaite et aussi délicate pour qu'il l'épuise, détruise sa santé, et la tienne

prisonnière chez elle, sans toilettes ni promenades, à bercer des enfants, calmer des cris et laver des langes sales.

Ces conseils de moralité négative ou d'immoralité sénile prévaudront d'autant plus facilement, dans les communes landaises du Lot-et-Garonne, que dès à présent la fécondité des mariages y est plutôt faible qu'élevée. En prévalant de plus en plus, ils entraîneront en outre un abaissement de plus en plus prononcé de la nuptialité. C'est l'effet qu'ils produisent actuellement sous nos yeux dans l'Agénois et déjà, dans les communes landaises la nuptialité, tout en restant fort élevée généralement, a diminué de plus d'un tiers depuis vingt ou trente ans. Il n'est pas douteux que ce mouvement ne continue à s'accentuer. Les appréciations qui dirigent la conduite dans les *terres* du Lot-et-Garonne prévalent aussi dans les *sables* en ce qui concerne la fécondité des mariages ; ils prévaudront de plus en plus en ce qui concerne le nombre même des mariages. D'autre part, la natalité naturelle est en voie manifeste de décroissance. Les trois facteurs de la natalité seront donc de moins en moins actifs et concourront à la réduire au-dessous de la moyenne française.

Avant de terminer cette étude, nous ajouterons quelques remarques sur la méthode à suivre pour en faire de semblables. Le lecteur qui a lu attentivement les tableaux numériques ci-dessus a dû remarquer qu'en recherchant les causes démographiques de l'abaissement de la natalité, nous avons comme toujours constaté l'état de chacun de ses facteurs : nuptialité, multipliée par fécondité des mariages, plus naissances naturelles, et contrôlé la nuptialité par la fécondité des femmes mariées de 15-49 ans ; mais que nous avons dans cette étude introduit en outre une recherche nouvelle, celle de la teneur de la population en femmes mariées de 15-49 ans. C'est une innovation dont il est bon de démontrer l'importance. Dans la France entière, prise comme terme de comparaison, la teneur de la population en femmes mariées de 15-49 ans était de 13,9 d'après le recensement de 1891 et de 14,0 d'après celui de 1896.

Dans le Lot-et-Garonne, la teneur de la population en femmes mariées de 15-49 ans était, en 1896, de 16,2 pour 100 habitants. Dans le Gers, à la même date, ce rapport était de 15,8 et dans le Tarn-et-Garonne de 16,7. On voit que, dans ces départements, la faiblesse de la natalité ne tient pas, comme on l'a dit avec légèreté, à l'émigration de la jeunesse. Les femmes en âge de fécondité et leurs maris sont bien réellement présents et existants dans ces populations en proportion supérieure à la moyenne française.

Il n'en est du reste pas ainsi pour tous les départements à faible natalité. L'Orne, en 1896, avait une teneur en femmes mariées de 15-49 ans plutôt un peu faible : elle n'était que de 13,9 pour 100 habitants, contre 14,0 en France.

Mais nos départements à natalité élevée ont tous une teneur en femmes mariées de 15-49 ans inférieure à la moyenne française. Il y a, dans le Pas-de-Calais, 12,8 femmes mariées de 15-49 ans sur 100 habitants de population générale en 1896. Il y en a 13,0, à la même date, dans le département du Nord et 12,4 seulement, à la même date aussi, dans le Finistère.

Ces faits étant acquis, il est à remarquer que, dans nos communes à natalité infime de l'Agénois, la teneur de la population en femmes mariées de 15-49 ans est partout supérieure à la moyenne française et souvent même à la moyenne départementale ; mais dans nos communes landaises, la proportion des femmes mariées à la population est encore beaucoup plus forte.

Dans la commune de Sauméjan, elle n'est à la vérité que de 14,9, supérieure à la moyenne française de 0,9 seulement ; mais elle est de 17,1 à Pompogne, de 17,2 à Boussès, de 17,3 à Durance, de 17,4 à Houeillès, de 18,0 à Pindères et enfin de 19,0 à Allons. C'est surtout à cette proportion très élevée des femmes mariées, proportion en harmonie avec la très forte nuptialité du canton de Houeillès, qu'il doit le chiffre satisfaisant de sa natalité.

On ne peut trop encourager les démographes qui s'occuperont de rechercher les causes de l'abaissement de la natalité à ne jamais omettre le calcul de la nuptialité. En effet, il est sans doute nécessaire de ne jamais négliger le calcul de la nuptialité, cependant il ne donne qu'une idée vague et confuse du nombre des mariées existant dans une population; car il se peut toujours qu'un jeune homme et une jeune fille, après s'être mariés dans une mairie et avoir contribué ainsi à augmenter la nuptialité de la commune, aillent, dès le lendemain de leurs noces, habiter ailleurs et ne contribuent point à en accroître la natalité, et le cas inverse peut aussi se produire.

La teneur d'une population en femmes mariées de 15-49 ans fournit un contrôle indispensable du facteur nuptialité, comme la fécondité de ces femmes fournit un contrôle non moins précieux du rapport pour un mariage combien de naissances. Il ne suffit pas, en effet, de constater qu'un certain nombre d'hommes et de femmes se sont mariés dans une commune, il faut encore s'assurer qu'ils y sont restés et savoir combien sont venus du dehors étant déjà mariés.

Quand un problème est très difficile, comme celui qui consiste à découvrir les causes de l'abaissement de la natalité française, il faut le diviser autant que possible dans le temps et dans l'espace. Il faut faire la démographie de la France commune par commune et décade par décade depuis le commencement du XIX^e^ siècle jusqu'à nos jours ; mais il faut, en outre, étudier séparément chacun des facteurs de la natalité et fixer son importance avec le plus de précision possible. Il faut, à propos de chaque phé-

nomène économique, ethnographique, intellectuel, esthétique, politique ou moral que l'on envisage comme étant une hypothèse vraisemblable et digne d'examen, se demander comment elle agit non sur la natalité elle-même, mais sur l'un quelconque ou sur deux ou sur trois de ses facteurs. Il faut se figurer les causes comme une chaîne ou comme un engrenage; il faut tâcher d'interposer, entre le fait que l'on croit capable de modifier la natalité et la natalité elle-même, un nombre de plus en plus grand d'intermédiaires explicatifs, de façon à ne jamais perdre de vue la manière dont ils se nécessitent les uns les autres. Il faut enfin ne jamais émettre sous formes affirmative des hypothèses seulement vraisemblables et encore invérifiées. C'est le défaut des esprits qui n'envisagent qu'une seule explication possible, et par malheur il est encore fréquent.

On a dit: *timeo hominem unius libri*, on doit craindre plus encore l'homme d'une seule hypothèse. Celui qui en voit deux devient plus hésitant et quand il en voit dix ou quinze, il conclut à la nécessité de travailler: il demeure convaincu que la démographie se constate et qu'elle ne se devine pas plus que la physique ou la chimie.

---


## M. H. CHEVALIER

Ingénieur des Arts et Manufactures, à Paris.


---

### ARITHMÉTIQUE GRAPHIQUE [372.7]

---

*— Séance du 8 août —*

L'idée première de ce travail m'a été fournie par les graphiques employés dans les chemins de fer pour la marche des trains. Les problèmes sur les mobiles se présentent avec une grande netteté à l'esprit dès que l'on a la clé de ces tableaux.

J'ai donc cherché à étendre à tous les problèmes d'arithmétique un procédé qui permet de dessiner en quelque sorte les raisonnements, en partant de points fixes qui sont les données.

Dans un problème un peu long, avec des données compliquées, on arrive vite à perdre le fil de ses idées, et pour la moindre cause, on ne sait plus où l'on en est.

Si, au contraire, la solution a été préparée par une méthode graphique, il ne reste qu'à traduire le dessin en langage clair.

En général, il ne faudra pas compter sur le graphique, même fait sur papier quadrillé (il n'est pas question d'épures, mais de croquis) pour avoir une réponse exacte aux questions posées, mais, dans bien des cas, on pourra obtenir une vérification assez approchée de ses opérations.

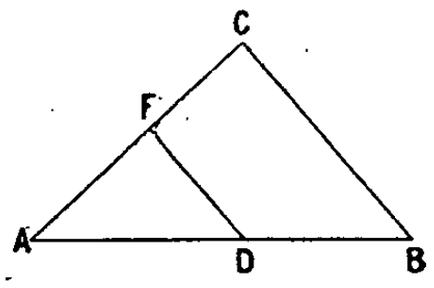


FIG. 1.

Pour effectuer toutes les constructions, un seul théorème de géométrie est réellement nécessaire : celui des propriétés des triangles semblables.

Si, dans un triangle ABC quelconque *(fig. 1)*, on mène DF parallèle à BC, on a :

$$\frac{AD}{AB} = \frac{AF}{AC} = \frac{DF}{BC}.$$

Si, par exemple, dans $\frac{AD}{AB} = \frac{DF}{BC}$,

$$BC = 1,$$

$$AD = AB \times DF,$$

on a la multiplication.

Si, au contraire, $DF = 1,$

$$AD = \frac{AB}{BC},$$

c'est la division.

On voit que pour chacune de ces opérations on peut avoir quatre combinaisons, suivant la ligne que l'on suppose égale à l'unité. Dans un grand nombre de cas, on a intérêt à remplacer l'unité par ses multiples décimaux, 10, 100, 1.000.

Il y a avantage à faire les constructions sur papier quadrillé, et cela pour plusieurs raisons : l'exactitude est plus grande, on tient plus facilement compte des grandeurs respectives des nombres, on voit mieux la série des opérations, enfin, un crayon et une règle suffisent pour toutes les constructions.

Je vais en donner un exemple :

### FRACTIONS

La houille produit par kilogramme 240 litres de gaz. On perd $\frac{1}{18}$ du gaz à l'épuration et par les fuites. Or une usine doit fournir journellement 3.400 mètres cubes de gaz et elle paie 3 fr. 60 c. l'hectolitre de houille, le poids de l'hectolitre étant de 80 kilogrammes. Trouver : 1° Combien elle dépense par jour en achat de houille; 2° Combien elle doit vendre le mètre cube pour réaliser chaque jour un bénéfice de 100 francs ?

L'usine doit fournir 3.400 mètres cubes par jour OA la perte étant de $\frac{1}{18}$, il faut donc faire $\frac{1}{18}$ en plus AB *(fig. 2)*.

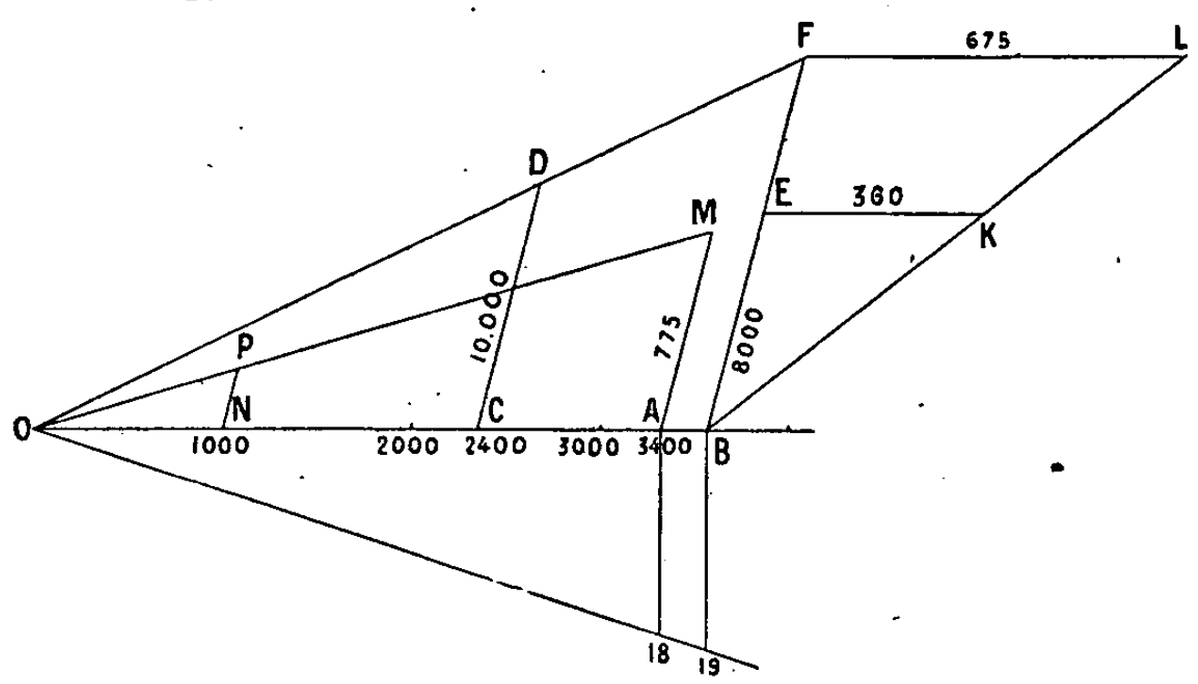



Fig. 2.

1 kilogramme de houille donne . . . . . 240 litres.
1.000 kilogrammes de houille donnent. . . . 240 mètres cubes.
10.000 — — . . . 2.400 — —

En C on élève CD = 10 tonnes, on joint OD, on prolonge en F.
BF parallèle à CD égale la quantité de houille nécessaire par jour.

80 kilogrammes de houille coûtent . . . . . 3 fr. 60 c.
8.000 — — — . . . . . 360 francs.
BE = 8.000 kilogrammes, EK = 360 francs.

FL = la valeur en francs de BF kilogrammes de houille, l'usine vend chaque jour 3.400 mètres cubes qui lui coûtent FL; pour faire 100 francs de bénéfice il faut vendre FL + 100 = 675 + 100 = 775 francs. En A on élève AM = 775, on joint OM. ON représentant 1.000 mètres cubes, NP sera le prix auquel il faut vendre les 1.000 mètres cubes pour gagner 100 francs par jour sur la vente totale.

$$\frac{3.400}{OB} = \frac{18}{19}, \qquad \frac{2.400}{10.000} = \frac{OB}{FB}, \qquad \frac{8.000}{360} = \frac{FB}{FL}, \qquad \frac{1.000}{NP} = \frac{3.400}{FL + 100}.$$

On comprend que tous les problèmes d'arithmétique comportent une solution graphique et que, dans certains cas, cette solution soit remarquablement simple, ainsi qu'on a pu en juger par l'exemple choisi. J'ai résolu de cette façon environ quatre-vingts problèmes pris dans les recueils d'examens et je les publierai peut-être un jour, afin de faire profiter les jeunes gens et les jeunes filles de cette méthode qui a rendu de grands services à mes propres enfants.

# M. FÉRET

à Paris.

## LES JARDINS SCOLAIRES [972.2]

*— Seance du 11 août —*

Parmi les idées que l'Association Française pour l'Avancement des Sciences sème si abondamment, il en est qui sont mises en pratique en obtenant la sanction-administrative (1).

Il est bon de les noter successivement et de vous en rendre compte pour féliciter notre Association sur l'influence qu'elle possède.

Celle à laquelle je fais aujourd'hui allusion a pour objet l'introduction de l'enseignement agricole dans les écoles communales et la création de jardins scolaires.

Elle nous est révélée par une délibération du Conseil général de la Seine, dans la session du 18 décembre 1901.

Cette proposition, développée par M. Squéville, a été accompagnée d'un exposé important, tiré de la communication que j'ai eu l'honneur de vous faire il y a quatre ans.

Il se termine ainsi :

« Cette année, le Conseil a accordé des subventions à des communes, non seulement pour l'enseignement de l'agriculture dans leurs écoles, mais encore pour l'achat d'outils et la location de champs d'expériences. »

Le Conseil n'a pu donner satisfaction immédiate à toutes les demandes, faute de crédits disponibles.

*
* *

Toutefois, les subventions qu'il a accordées consacrent, en quelque sorte officiellement, l'enseignement agricole dans les écoles.

L'Assemblée départementale est même allée plus loin. Elle a émis le vœu que les communes puissent acquérir, par voie d'expropriation, les terrains attenant aux écoles publiques, afin de les convertir en jardins

(1) *Hygiène morale de l'Instruction et de l'Éducation dans les Établissements scolaires.* Communication faite au Congrès de Nantes, en 1898 16e Section, Enseignement.

scolaires où les instituteurs donneraient un enseignement pratique à leurs élèves.

Comme vous le voyez, il s'agit, Messieurs, de champs scolaires dont j'invoquais naguère auprès de vous l'utilité pour les écoliers, de former des champs d'expérimentation.

Je voyais là une source d'enseignement par des professionnels de la commune, tant aux écoles, après les heures de classe ; mais, de préférence, aux jardins.

Pour vous rappeler cette communication, j'en reproduis quelques extraits en la faisant suivre de la délibération du Conseil général qui accorde une allocation à seize communes de la Seine en vue de l'organisation de l'enseignement dans les écoles publiques suburbaines.

Voici, Messieurs, comment j'établissais ma théorie :

### HYGIÈNE MORALE DE L'ÉDUCATION ET DE L'INSTRUCTION DANS LES ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES. — LEÇONS DE CHOSES PAR DES PROFESSIONNELS.

Que ces professionnels ou leurs prédécesseurs, ou même d'anciens chefs de service, soient successivement appelés pour la fin des classes et priés de donner des notions de leur métier, le nom de leurs outils, en invitant l'instituteur à venir chez eux tel jour, avec ses élèves, pour une leçon qu'ils sauraient rendre intéressante.

Les enfants, rentrant chez eux, discuteraient ensemble ce qu'ils viennent de voir en s'instruisant réciproquement d'après les remarques qu'ils auraient faites.

Et, s'il y a aux environs une usine importante, le Directeur ne se refuserait pas, ne serait-ce que quatre fois par an, à venir donner des notions industrielles, son intérêt le portant à y trouver de futurs ouvriers.

*
* *

En ce qui concerne le cultivateur, ce grand nourricier du pays qui, rappelons-le, supporte le poids du jour, de la chaleur et des intempéries, il aurait également l'honneur de venir à l'école développer lui-même sa théorie pratique.

Lui aussi inviterait l'instituteur et ses élèves à venir aux champs. L'un d'eux serait muni d'une bêche pour creuser la terre afin de faire connaître la nature et la profondeur de la couche végétale.

Le cultivateur ferait remarquer que celle qui en a peu convient aux légères plantes annuelles et comme céréales, aux seigles, aux avoines, aux orges, au sarrazin, etc., dont les racines sont toutes de surface.

Les terres à grandes couches sont donc réservées aux racines profondes : le blé, la luzerne, les betteraves, etc. Et chaque point du territoire serait successivement exploré.

La valeur à l'hectare de ces terres, par les ventes les plus récentes, serait indiquée aux élèves.

### EXPÉRIMENTATION CULTURALE PAR LES ÉCOLIERS

L'intérêt de ces études pratiques, si instructives, amènerait certainement une émulation générale qui entraînerait la commune à se procurer un champ d'expériences d'un demi-hectare environ, en une ou plusieurs fractions, soit par achat, soit par un bail de vingt ans, obtenu généralement à titre gratuit, avec promesse de vente à un prix modique fixé, ou par le don d'une personne bienfaisante.

Cette terre serait divisée en lots pour des semailles différentes ; une partie serait plantée d'arbres à fruits, pour la démonstration de la greffe et de la taille des arbres ; de vignes, de jardin horticole et de jardinage.

L'Orphelinat de Cempuis (Oise) excelle dans ces cultures, et l'école de Ferrières (Seine-et-Oise) la commence.

Les cultivateurs prêteraient leur attelage à tour de rôle pour labourer, d'autres donneraient la semence que les grands élèves confieraient à la terre, sous la direction d'une personne compétente, en présence de l'instituteur entouré de ses autres élèves.

### PRODUITS DE LA RÉCOLTE

La récolte serait faite par cet instituteur et ses élèves ou vendue sur pied aux enchères.

La rémunération de l'instituteur présidant les travaux et maintenant l'ordre, serait d'une partie du produit.

### LA GÉRANCE

L'instituteur, rendu gérant et trésorier de ce bien de l'école communale, ferait la comptabilité et présenterait son bilan trimestriel à une Commission, en présence des élèves. Les prix de revient seraient étudiés.

Pour le compte de la caisse, l'instituteur s'abonnerait à un journal agricole et il achéterait quelques livres traitant cette science.

### PLACEMENT DES PROFITS

Le reste des bénéfices serait placé à la Caisse d'épargne, au nom de l'école communale, il servirait à l'achat d'engrais chimiques appropriés au sol, à l'achat d'instruments agricoles les plus perfectionnés, à se procurer des graines de céréales à grand rendement et des graines fourragères de provenances les plus estimées.

La culture expérimentale et intensive serait donc le but à atteindre.

### EFFETS DE L'EXPÉRIMENTATION

Les cultivateurs du pays, attentifs à ces expérimentations, en recueilleraient un enseignement dont ils tireraient parti. Les élèves arrivés à l'âge de s'établir, ayant une certaine science acquise par leurs remarques et ces expériences, obtiendraient des profits inconnus jusqu'ici : ils donneraient lieu à un bien-être général.

Les parents bienveillants, aimant à causer avec leurs enfants de ce qu'ils ont

appris, rectifient leur jugement, dirigent leur pénétration sur les choses, en exaltant leur sentiment du bon et du bien.

J'ajoutais à ces éléments de travaux pratiques, un complément que je considérais indispensable par ce qui suit :

### HYGIÈNE DU BÉTAIL

Disons aussi qu'un vétérinaire devrait être appelé quatre fois par an et prié de donner aux écoliers des notions d'hygiène sur les animaux. N'oublions pas que le cheval partage la fatigue de l'homme dans ses travaux et qu'il mérite d'être soigné tout particulièrement. Quant à la race bovine, rappelons ici que le produit qu'elle procure dépasse de 25 0/0 la valeur des vignobles de toute la France. C'est assez dire que ces animaux doivent être tenus dans les meilleures conditions par la propreté de leur robe et l'assainissement des locaux qui leur sont affectés.

Entrons maintenant dans quelques considérations différentes.

### PROTECTION DES OISEAUX

Je causais dernièrement avec le directeur d'une école de canton, à Bruyères (Vosges). Chacun sait que les Vosgiens sont de friands consommateurs d'oiseaux migrateurs et même de ceux du pays.

Or, comme il est reconnu actuellement qu'ils sont d'un grand secours pour l'agriculture, un arrêté du Préfet, en 1893, en a interdit la destruction.

M. Mougel, directeur de l'école, dans le but de le faire observer par ses élèves, a fondé une association par laquelle chaque élève s'engage formellement à respecter les nids et même à les protéger.

Cette bienveillante protection sera, disons-le, un état d'âme produit par l'éducation, mais il faudrait demander plus aux écoliers.

### DESTRUCTION DES INSECTES NUISIBLES

Je voudrais que, chaque année, la destruction des hannetons leur fût confiée et encouragée par un paiement au kilo, comme cela a lieu dans certaines localités.

Je voudrais encore obtenir, et avec rémunération : au poids, à l'heure ou à la tâche, que l'échenillage fût fait par leurs soins. Le tout sous la direction de l'instituteur.

Les écoliers sauraient ainsi que l'oiselet est précieux, mais en nombre insuffisant, et que les insectes précités étant nuisibles, on a recours à eux. Il faut que l'enfant sache qu'il défend le pain qu'il aime à cette agglomération de parasites affamés, toujours insatiables. Deux vacances de quinze jours seraient indispensables pour ces travaux. Les grandes vacances en seraient diminuées d'autant.

A cette époque, l'instituteur recevrait la juste rémunération de ces travaux agricoles.

## CONSEIL GÉNÉRAL DE LA SEINE

*Extrait de la délibération du 18 décembre 1901.*

Vu les renseignements recueillis sur le fonctionnement de l'enseignement agricole dans les écoles publiques des écoles précitées et les résultats obtenus ; sur les conclusions de la cinquième Commission ;

Délibère :

Sont allouées aux communes ci-après désignées, en raison de l'organisation agricole dans les écoles publiques en 1901, les subventions dont le détail suit :

Alfortville, 100 francs ; Antony, 100 francs ; Aubervilliers, 50 francs ; Bondy, 100 francs ; Bonneuil, 100 francs ; Chatenay, 50 francs ; Fontenay-aux-Roses, 100 francs ; Fontenay-sous-Bois, 100 francs ; Issy-les-Moulineaux, 100 francs ; Montrouge, 100 francs ; Nanterre, 150 francs ; Puteaux, 50 francs ; Suresnes, 100 francs ; Villejuif, 50 francs ; Noisy-le-Sec, 50 francs ; Romainville, 150 francs.

Ces sommes sont sûrement données à titre d'encouragement, car les dépenses faites sont certainement supérieures ; mais elles constituent un titre d'honneur pour ces communes, en vue de justifier cette fière maxime de nos aïeux : « Aide-toi, le Ciel t'aidera. »

Les enfants du pays étant élevés dans ces idées de culture raisonnée, rendues attrayantes, les attacheront à leur profession devenant plus florissante que par le passé, de sorte que leur émigration vers les villes n'aura pas lieu d'être.

*
* *

Ainsi, l'enseignement agricole serait professé scientifiquement et l'objet d'essais pratiques de graines d'espèces nouvelles et d'amélioration des anciennes.

Les céréales, les graines fourragères, les betteraves sucrières et d'alimentation, les légumes, dont la culture est si intense dans le département de la Seine ; les fraisiers, dont l'abondance de fruits est si riche ; les arbres fruitiers étudiés comparativement, pour délaisser les uns et donner plus d'extension à d'autres, profiteront même aux consommateurs.

Les procédés de science et de méthode seront enseignés, démontrés. Les écoliers deviendront aptes à choisir les terrains appropriés à telle ou telle culture et à semer les espèces rémunératrices qui augmenteront la quantité de leurs récoltes et leur conservation par le vannage, criblage, etc.

Ils connaîtront le greffage, l'écussonnage, les boutures, la taille des arbres et celle de la vigne.

Je présume que l'élevage aura sa part, afin de bien étudier les ressources du pays.

Non seulement les écoliers, mais les anciens élèves et les parents éprouveront un vif intérêt de cet enseignement, duquel sortira une émulation générale et bienfaisante.

L'esprit d'initiative sera vivifié, il s'étendra, présage d'un brillant avenir, où l'hygiène aura une large part, puisque, sans elle, rien n'est complet.

# M. le Dr A. LOIR

Ancien préparateur de M. Pasteur
Professeur d'hygiène à l'École nationale supérieure d'Agriculture coloniale.


## LA PASTEURISATION DES VINS ET LA LUTTE ANTI-ALCOOLIQUE

[614.342]

*— Séance du 9 août —*

Les viticulteurs se plaignent souvent que les médecins prohibent de plus en plus l'usage du vin. Qu'il nous soit permis de faire remarquer que les médecins ne doivent pas porter seuls le poids de la situation actuelle et que les producteurs ont bien leur part de responsabilité dans cet état de choses. Le vin peut être préjudiciable à la santé de l'homme par suite de son adultération par des substances prohibées, ou par suite de maladies qui amènent dans ce liquide des produits nocifs. Depuis le dégrèvement des boissons hygiéniques (vin, bière, cidre), la consommation du vin a beaucoup augmenté à Paris. Le vin tend à remplacer le petit verre de boissons alcooliques que l'on prenait si volontiers autrefois. C'est donc un moyen de lutter contre l'alcoolisme. Voilà un mouvement qu'il faut encourager. Pour le voir s'accentuer, il faut livrer à la consommation des vins qui ne soient pas nuisibles. Le vin est si bon marché, à l'heure actuelle, qu'on ne fabrique plus cette boisson de toutes pièces, comme on le faisait il y a quelques années ; mais certains négociants achètent de préférence des vins malades, parce qu'ils sont moins chers, et ce sont souvent ces vins qu'on fait boire au public. Si l'on n'y prend garde, ces vins malades seront encore prohibés par le corps médical, lorsqu'on s'apercevra des effets qu'ils produisent sur l'organisme, et la campagne contre le vin reprendra toute sa vigueur. Aussi, aujourd'hui plus que jamais, est-il nécessaire d'avoir une méthode pour conserver le vin dans son état naturel, en l'empêchant de s'altérer.

La vinification est certainement de toutes les industries qui dépendent de la science des microbes, celle qui, jusqu'à ce jour, a le moins profité des travaux de M. Pasteur. Voici plus de trente années que cet illustre savant publiait les résultats de ses observations sur les vins et on en est encore, comme au temps de Noé, à mettre le produit de la vendange dans une cuve et à attendre que la conversion du sucre en alcool se fasse d'elle-même. Seulement, autrefois, on opérait sur de petites quantités, tandis que, maintenant, on augmente de plus en plus la dimension des

cuves à vendange, ce qui complique la marche du phénomène. On suit timidement ce qui se passe dans la cuve ; on réchauffe ou on refroidit le moût pour faciliter la fermentation, on ajoute, un peu à l'aveuglette, des levures destinées à favoriser le départ du phénomène, et là se bornent les améliorations apportées dans la pratique courante, car la stérilisation des moûts et leur ensemencement par des levures sélectionnées ne sont pas encore entrés dans la pratique. Ce sont encore des expériences isolées, qui, comme celles de M. Rosenstiehl, donnent bon espoir et arriveront à faire de la vinification une industrie aussi scientifique que celle de la brasserie. Ce qui rend les progrès si lents, c'est que les expériences ne peuvent se faire qu'une fois par an et pendant un temps très court, celui de la vendange. Malgré cela, comme la vigne est une culture riche, on développe le vignoble d'une façon constante. Dans nos colonies les plus rapprochées, en Algérie et en Tunisie, par exemple, la culture de la vigne a pris une extension considérable. Comme dans ces pays la température extérieure atteint souvent la limite à laquelle on peut faire une bonne fermentation, on a eu des mécomptes ; le vin a été souvent mal fait, des maladies se sont développées. Ces maladies ne sont pas spéciales aux pays chauds, puisque, dès 1865, M. Pasteur en découvrait les causes en étudiant les vins de France les plus réputés ; mais ces maladies qui altèrent les qualités de nos vins ont été exploitées contre ceux-ci. Certains médecins généralisant les effets nocifs produits sur l'estomac par des vins malades ont pu recommander l'abstention de ce liquide que nos pères appréciaient à si juste titre et à qui on attribue la vieille gaieté gauloise. A l'heure actuelle, les personnes qui ont renoncé au vin sont, en effet, légion, au grand détriment de ceux des Français qui vivent de la culture de la vigne, et au détriment de la race, car si l'on abandonne le vin, la consommation de l'alcool augmente d'une façon inquiétante. Or, le vin n'amenait pas l'alcoolisme et avait, au contraire, des propriétés nutritives et stimulantes manifestes.

Les affections que produit le vin sur l'organisme humain sont causées par les maladies de ces vins. Le vin bien fait, bien constitué, ne s'altère pas ; mais qu'une année la vendange se fasse dans de mauvaises conditions climatériques, le vin obtenu sera de mauvaise garde, ce qui arrive pour les plus grands crus ; de même qu'on cite les années de la comète, où le vin est supérieur, de même il existe des années réputées pour la mauvaise qualité des vins, qui deviennent alors mauvais en vieillissant. M. Pasteur nous a montré que de simples mesures d'hygiène garantissaient le vin de toute altération ; que toutes ces maladies étaient dues au développement d'êtres microscopiques et qu'on empêchait leur développement en pasteurisant ce vin, c'est-à-dire en le chauffant en dehors du contact de l'air.

Le mot pasteurisation est devenu synonyme de stérilisation, mais on le conserve pour les liquides fermentés : le vin, la bière, que M. Pasteur a étudiés plus spécialement, et dont il a indiqué parfaitement les procédés de stérilisation. On peut pasteuriser un liquide à froid par filtration ou à chaud par élévation progressive de la température jusqu'au degré reconnu nécessaire pour tuer ses germes d'altération ou de maladies. Nous ne nous occuperons ici que de la pasteurisation à chaud, qui est la plus pratique jusqu'à présent.

La chaleur peut stériliser la plupart des liquides servant à l'alimentation. Le lait, par exemple, peut être stérilisé à chaud ; mais il faut, pour cela, le porter à une température qui change un peu son goût. C'est peut-être à cette difficulté que l'on rencontre pour la stérilisation du lait qu'est due l'appréhension de certaines personnes vis-à-vis de la pasteurisation du vin. Grâce à son alcool et à son acidité naturelle, dont les actions antiseptiques s'ajoutent à celle de la chaleur, il est inutile, pour pasteuriser un vin, de le porter à des températures aussi élevées que celles auxquelles on doit amener le lait pour le stériliser, si bien que le vin pasteurisé n'a jamais le goût de cuit, et, qu'au dire des experts les plus renommés, il est impossible de différencier un vin pasteurisé d'un autre vin non pasteurisé.

A l'heure actuelle, de nombreux commerçants exigent, avant d'acheter un vin, qu'il ait été pasteurisé. Dans de nombreux vignobles, on applique le procédé, et je pourrais citer un de nos grands crûs où, depuis 1886, on pasteurise systématiquement toutes les récoltes.

M. le professeur Gayon, ancien préparateur de M. Pasteur, aujourd'hui doyen de la Faculté des sciences de Bordeaux, a été parmi ceux qui ont le plus fait pour répandre cette pratique. Comme il le dit : « Toutes les expériences, à l'heure actuelle, démontrent l'excellence du procédé ; il est aujourd'hui hors de doute que, quelle que soit l'origine et la nature du vin, le chauffage bien appliqué le préserve de toute altération maladive, que cette opération n'altère pas la couleur ni le bouquet des grands vins, qu'elle ne nuit point à leur vieillissement, qu'elle ne le hâte ni ne le retarde, et qu'en outre elle est pratique et peu coûteuse. »

En effet, les vins ne s'améliorent pas toujours en vieillissant, malgré les soins qu'on leur prodigue ; ils subissent souvent des maladies (piqûre, graisse, pousse, tourne, amertume, etc...). Nous savons, depuis les travaux de M. Pasteur, que ces maladies sont corrélatives d'êtres microscopiques, de microbes, dont les germes existent un peu partout et qui éclosent et se développent quand les circonstances deviennent favorables, ce qui arrive, par exemple, lorsque la température monte dans une cuve en fermentation jusqu'à 35 ou 40°. A ces températures élevées, la levure qui doit transformer le sucre en alcool pousse mal, est comme paralysée,

tandis que les microbes qui causent les maladies sont dans des conditions de température parfaites pour leur développement, si bien qu'ils pullulent et envahissent le liquide, les uns produisant déjà, dans la cuve, la maladie de la mannite, par exemple, les autres, les plus nombreux, se réservant de faire leur œuvre de destruction plus tard, lorsque le vin sera une fois dans le tonneau.

Toutes les pratiques habituelles de la vinification ont pour effet, soit d'éliminer mécaniquement ces germes, soit de les empêcher d'éclore. La plupart de ces pratiques seraient inutiles si le liquide était privé de germes vivants, s'il était stérilisé.

On voit par là les économies que réaliseraient les viticulteurs ayant fait pasteuriser leurs vins et dispensés d'accomplir les manipulations qu'on est obligé de faire aujourd'hui pour les vins qui ne le sont pas.

Les germes de maladie existent dans le vin et ils éclosent et se développent quand les circonstances deviennent favorables.

Dans un vin de constitution robuste et maintenu à la température basse d'une cave, les germes ne peuvent évoluer ; ils tombent lentement dans les lies, d'où ils s'éliminent peu à peu aux soutirages successifs. Le vieillissement se poursuit alors dans des conditions normales sans accident, sous l'action lente et progressive de l'oxygène de l'air.

Les pratiques de la vinification ont précisément pour résultat, non seulement de rendre le vin plus limpide et plus fin, mais encore d'accroître sa résistance aux germes parasites et de faciliter sa conservation. Ainsi, par les ouillages fréquents qui maintiennent le plein des tonneaux et par le méchage au soufre qui transforme l'oxygène superficiel en acide sulfureux, on empêche le développement de la fleur du vin et du microbe du vinaigre. Par les soutirages et les fouettages qui, aérant fortement le vin, le saturent momentanément d'oxygène, on paralyse les germes de la tourne et de l'amer, qui ne peuvent vivre au contact de l'air.

Par les collages, enfin, et par le repos, on précipite ces germes dans les lies avec les autres matières en suspension. Les lies sont, en définitive, le réceptacle commun des levures usées et des mauvais ferments ; aussi importe-t-il qu'elles ne puissent jamais remonter dans le tonneau et qu'elles soient séparées avec le plus grand soin du vin limpide.

Pour les mêmes raisons, les tonneaux doivent être placés dans des caves fraîches, à température constante, afin que le liquide soit en équilibre permanent. Les soutirages ne doivent être effectués que par les temps froids, lorsque la pression barométrique est élevée et maintient le gaz en dissolution.

La plupart de ces pratiques vinicoles perdraient de leur importance si les vins pouvaient être absolument privés de germes vivants, s'ils étaient stérilisés.

L'industrie a, depuis un certain nombre d'années, construit des pasteurisateurs pour pasteuriser les vins par la chaleur ; les uns donnent de bons résultats, les autres ont des défauts dont il est difficile de se rendre compte en les achetant, si on n'est pas très au courant de la question. Ce sont ces appareils imparfaits qui jettent le plus de discrédit sur la pasteurisation. On se plaint quelquefois que le vin chauffé dans les appareils industriels, prend un goût spécial, le « goût de cuit ». Cet accident qui est extrêmement rare, paraît dû à une surchauffe momentanée ou à un refroidissement insuffisant du vin avant sa sortie de l'appareil, ce qui provoque une trop grande oxygénation, ou à un mauvais état du pasteurisateur ; mais au bout de peu de temps le goût disparaît et le vin reprend ses qualités normales. Le cas ne se produit jamais dans le chauffage en bouteilles, parce que l'on chauffe en dehors du contact de l'air et que le refroidissement se fait rapidement en dehors de toute cause d'oxygénation. Cette simple constatation de ce qui se passe dans les bouteilles, prouve bien que la méthode n'est pas en cause, mais que ce sont les appareils qui ne répondent pas tous aux conditions qu'ils devraient remplir. Or, comme nous le disions plus haut, il est difficile de reconnaître un bon appareil d'un mauvais, aussi doit-on être reconnaissant au Ministère de l'Agriculture et à la Chambre de Commerce de Bordeaux, d'avoir ouvert dans cette ville, en 1897, le premier concours des appareils à pasteuriser les vins.

La première série des expériences consistait en un chauffage à l'eau qui devait permettre d'éliminer de suite les appareils ne refroidissant pas suffisamment le liquide chauffé avant de le laisser sortir à l'air libre, c'est-à-dire au contact de l'oxygène, condition essentielle pour la bonne pasteurisation d'un vin. L'eau devait sortir de l'appareil après avoir été chauffée à 65°, avec un écart maximum de 10° entre la température d'entrée et celle de la sortie ; cette épreuve était éliminatoire et tous les appareils devaient satisfaire à cette expérience à l'eau avant de pouvoir pasteuriser du vin, c'est-à-dire avant de commencer la seconde partie des expériences. Sur 17 appareils prenant part au concours, 7 seulement ont été déclarés admissibles et autorisés a faire les essais de chauffage des vins à des températures variées. Voilà donc toute une série de constructeurs qui ne savent pas que leurs appareils ne remplissent aucune des conditions d'une bonne pasteurisation. Il ne faut donc pas s'étonner si la pasteurisation des vins, faites avec ces appareils, donne de mauvais résultats. En 1901, M. Mathieu, directeur de la station viticole de Bourgogne, organisa à Beaune, sous les auspices du Ministère de l'Agriculture, une seconde exposition de pasteurisateurs.

A quelle température doit-on chauffer le vin pour le pasteuriser ? Cela dépend de sa constitution. Pour les vins faibles en alcool et peu acides, il est prudent d'aller jusqu'à 65° ; pour les vins riches en alcool et en acide,

on peut se contenter de chauffer à une température beaucoup plus basse. En somme, il faut savoir que l'alcool, l'acidité et la chaleur sont des antiseptiques ; plus l'un d'eux agira fortement, moins l'action des autres sera nécessaire pour la destruction des germes de maladies qui se trouvent dans le vin.

A quel moment faut-il pasteuriser un vin ? Il ne faut pas attendre que l'altération soit sensible au goût, car le chauffage n'agit que préventivement et ne peut rétablir un vin malade, il empêche seulement les progrès ultérieurs de la maladie. Si le goût et le bouquet ont déjà été modifiés dans un sens défavorable, il est rare qu'ils s'améliorent avec le temps malgré les réactions d'une éthérification lente. L'examen microscopique donne la plus sûre des indications pour savoir si un vin est menacé de maladie. Si en effet, après une observation attentive du vin et des lies, on ne découvre aucun filament, aucun bâtonnet, et si les particules en suspension ne sont formées que de matières colorantes ou de cellules de levures alcooliques, il n'y a rien à craindre, il est inutile de pasteuriser, à moins que l'on ne préfère pasteuriser systématiquement toute sa récolte.

L'âge du vin importe peu, il n'y a aucun inconvénient à le chauffer dès les premiers mois qui suivent la vendange.

Peut-on pasteuriser un vin resté doux en sortant de la cuve ? Quelquefois, la fermentation se complète peu à peu dans ces vins qui ont encore un peu de sucre. Par la pasteurisation, ne détruit-on pas la levure et le vin n'est-il pas dès lors dans l'impossibilité de continuer sa fermentation ?

Un vin qui reste doux, sort d'une cuve où la vinification ne s'est pas bien effectuée ou par conséquent à côté de la levure les microbes, cause des maladies, ont déjà commencé à se développer, aussi est-il rare que ces vins, restés doux, pendant un certain temps, ne deviennent pas malades dans la suite. En pasteurisant, on détruira ces microbes dangereux pour la santé du vin et si la levure est capable de se développer dans ce liquide alcoolique qui contient encore un peu de sucre, il sera toujours facile de s'en procurer des cultures pures et de l'ajouter aux vins ; alors, la fermentation reprendra sous l'action de la levure et de la levure seule. Mais, laissons encore parler M. Gayon et l'expérience suivante, en nous apprenant une propriété physiologique de la levure, qu'on ne connaît pas beaucoup d'ordinaire, entraînera toutes les convictions sur la nécessité de la pasteurisation des vins restés doux. Certains négociants qui avaient parfaitement chauffé des vins encore doux dans d'excellents appareils, entre 60 et 65° et qui les avaient entonnés limpides dans des fûts stérilisés à la vapeur, virent ces vins se troubler lentement et se mettre à fermenter, les uns après des semaines, les autres après des mois, sans régularité et sans causes apparentes. L'examen microscopique montra, dans tous, de la levure jeune et bourgeonnante à l'exception de tous ferments de maladies ;

il s'agissait donc simplement d'une fermentation alcoolique du sucre restant ; mais comment la levure avait-elle pu s'ensemencer et se développer ? les germes de saccharomyces flottent certainement dans l'atmosphère d'un chai, mais ils n'avaient pu tomber dans le liquide car les barriques mises bondes de côté aussitôt après la pasteurisation n'avaient encore subi aucun soutirage. Il fallait donc que la chaleur eût respecté la vitalité de quelques-unes des cellules de levure qui se trouvent toujours dans un vin et que celles-ci, irrégulièrement distribuées, se fussent lentement rajeunies et multipliées. L'expérience a justifié l'exactitude de cette dernière explication, elle montra que les ferments des maladies des vins résistent beaucoup moins à la chaleur que les cellules de la levure alcoolique, peut-être à cause de la grandeur relative de leur diamètre ; aussi dans les conditions de la pasteurisation industrielle, avec les appareils à grand rendement dans lesquels le vin circule rapidement et ne reste qu'un temps très court dans le caléfacteur, la température de 60 à 65° qui suffit à protéger le vin contre les altérations de mauvaises natures ne l'empêche pas nécessairement d'éprouver tôt ou tard la fermentation alcoolique. Il faut pour obtenir ce résultat spécial, soit porter le liquide à une température de 70° au minimum s'il est de richesse alcoolique moyenne, soit le ramener ou le maintenir dans l'appareil de façon qu'à 60° degrés il subisse au moins pendant une minute l'action de la chaleur.

La pasteurisation permet donc comme on le voit de conserver la levure vivante tout en tuant les germes de maladies. Cette circonstance est particulièrement avantageuse dans les cas de vins restés doux au sortir de la cuve, leur fermentation n'ayant pu se compléter par suite de la température élevée de la vendange, les cellules de levure y ont restées languissantes et gênées dans leur rajeunissement par la présence de nombreux microbes étrangers : en détruisant ces derniers, on laisse aux premières tout loisir pour reprendre leur activité normale, la fermentation secondaire s'établit seule dans le tonneau et le vin s'achève sans encombre, sans maladies.

Si tous les vins étaient mis par la pasteurisation, à l'abri des altérations, les vins malades n'amèneraient pas de maladies chez l'homme, et les médecins n'auraient pas de prétextes pour défendre l'usage de cette boisson, qui, en général rend de grands services à l'alimentation. Mais le vigneron néglige trop les données que lui apporte la science ; pourtant la pasteurisation ne répondrait pas seulement au but que nous venons d'indiquer, son usage permettrait encore de créer des débouchés dans des régions où la consommation du vin se trouve forcément limitée, dans nos colonies françaises, par exemple. Nous n'en donnerons pour preuve que l'expérience suivante faite en Tunisie, à notre instigation, par le Service de l'Intendance, sur l'ordre de M. le Ministre de la Guerre.

Il est tellement difficile de conserver le vin dans les postes du sud de la Tunisie pendant les chaleurs de l'été, que depuis plusieurs années le Service de l'Intendance a renoncé à en fournir aux garnisons de ces régions. L'Administration donne une indemnité en argent et les troupes doivent s'approvisionner elles-mêmes. On comprend les inconvénients que peut amener cet état de choses au point de vue de la santé des troupes qui avec cet argent, achètent toute autre chose que du vin : c'est une des raisons qui poussent ces malheureux soldats à boire de l'absinthe.

Pour les approvisionnements de la guerre et de la marine, dans le nord de l'Algérie et de la Tunisie, on exige du vin pesant 12° d'alcool, car dans ces conditions ce liquide se conserve plus facilement dans les pays chauds que lorsqu'il a un degré alcoolique moins élevé. Malheureusement il est difficile de trouver dans le nord de l'Afrique un vin à degré aussi fort et c'est encore un débouché naturel de moins pour la vente des vins de cette région. Il y avait donc intérêt à avoir une méthode permettant de conserver le vin sans crainte de le voir s'altérer, même pendant les grandes chaleurs.

Dans le cours de 1897, M. Dybowski, directeur de l'Agriculture, en Tunisie, a fait-venir, sur ma proposition, un appareil de pasteurisation des vins, qui a été mis à la disposition des colons pour leur démontrer par la pratique que l'emploi de cette excellente méthode pourrait être fait sans la moindre crainte de porter atteinte â la qualité reconnue des vins de la régence.

M. le général commandant la division d'occupation demanda au Ministre de la guerre de faire faire par le Service de l'Intendance une expérience de pasteurisation. Le Ministre de la guerre donna l'ordre de faire cette expérience sur quarante hectolitres à répartir ensuite dans les postes du sud et à les conserver pendant un an en les surveillant. Le chauffage de ce vin eut lieu sous notre direction, à l'Institut Pasteur de Tunis, que nous dirigions à cette époque, le 31 décembre 1897, selon les prescriptions contenues dans une dépêche ministérielle datée du 8 juillet 1897.

Ce vin pasteurisé fut envoyé dans le sud, la moitié à Médenine, l'autre moitié à Gabès. En même temps étaient expédiés un même nombre d'hectolitres de vin témoin. Le vin pasteurisé était conservé bonde de côté, c'est-à-dire qu'une fois stérilisé, ce vin n'a pas été adultéré par l'addition d'une petite quantité de liquide contenant des germes de maladies. M. le directeur de l'Intendance a bien voulu nous communiquer les résultats de cette expérience terminée le 31 décembre 1898.

Le vin a dû être mis en distribution au mois de novembre 1898 ; il avait atteint son extrême limite de conservation. « Au 31 décembre, les vins pasteurisés étaient en bon état de conservation, dit le rapport ; il est permis de supposer que le vin conservera encore toutes ses qualités, tout au moins jusqu'à la période des chaleurs. En présence de ces faits, la pasteurisation semble donner d'excellents résultats et devoir être pratiquée sur les vins à consommer dans le sud de la régence où le vin non pasteurisé est trop sujet à l'altération. »

Voilà donc une expérience qui démontre que le vin tunisien pasteurisé se

conserve parfaitement dans le sud de la régence pendant les chaleurs de l'été, et cela à la condition de le mettre dans des tonneaux bien stérilisés eux-mêmes et dans lesquels, si l'on fait des ouillages, qui sont du reste inutiles, on ne les fera qu'avec du vin qui aura été lui-même pasteurisé. Nous savons qu'à l'avenir cette pratique sera appliquée par le Service de l'Intendance et que nos vins tunisiens trouveront ainsi un nouveau débouché. Peut-être l'administration de la marine en fera-t-elle de même. Nous espérons aussi que cette expérience, en démontrant aux viticulteurs l'utilité de la pasteurisation des vins, les incitera à recourir de plus en plus à cette pratique qui doit être employée pour des vins en parfait état de conservation, avant tout commencement de maladie ; car, nous le répétons, la pasteurisation est une mesure d'hygiène qui a pour but de conserver le vin et non de le guérir de ses maladies.

Nous savons, du reste, que de nombreux agriculteurs font la pasteurisation des vins ; pourquoi ne cherchent-ils pas à répandre l'usage de cette pratique ? Pourquoi ne disent-ils pas à tous, les avantages qu'ils trouvent dans l'application de ce procédé. Ils feraient bénéficier tous les viticulteurs de l'expérience qu'ils ont ; le vin se conserverait plus facilement et garderait sa bonne réputation sur le marché. Il ne faut pas oublier que les vins des plus grands crus de France sont pasteurisés tous les ans systématiquement.

Le vin pasteurisé ne s'altérant plus, ne contiendra pas les acides et autres substances qui se produisent au moment où le vin est malade et qui déterminent, sur notre organisme, la majeure partie des désordres que l'on impute au vin. Que les viticulteurs cherchent donc à répandre par tous les moyens possibles l'usage de la pasteurisation des vins ; les médecins n'auront plus d'excuses pour incriminer le vin et ils seront obligés de trouver autre chose pour expliquer les maladies d'estomac de leurs clients, car, probablement, ces maladies existeront toujours pour exciter leur sagacité.

Au moment du concours de Bordeaux et lorsque les bons effets de la pasteurisation ont été constatés par tous, plusieurs viticulteurs du Bordelais avouèrent qu'ils faisaient la pasteurisation depuis longtemps. Il en fut de même en Bourgogne, après l'exposition de Beaune organisée par M. Mathieu.

On pasteurise, mais on se cache pour le faire. On sait dans le commerce que telle maison dont les vins tiennent bien, pasteurise probablement ses vins, mais on n'ose pas l'imiter parce qu'on a peur de l'effet du chauffage sur les vins. On ne connaît pas la pasteurisation, on en entend vaguement parler, il est temps cependant que cette mesure qui lorsqu'elle est faite au moyen d'un bon appareil, n'altère en rien le vin, entre dans la pratique.

C'est aux hygiénistes qu'il appartient de la recommander et de la faire connaître : si le vin n'était plus acide, n'était plus malade, il ne déterminerait plus de maladies chez l'homme, les médecins ne seraient plus obligés de défendre le vin à leurs malades, les consommateurs n'auraient plus l'excuse de prendre des boissons alcooliques parce que le vin amène des affections d'estomac ; nous aiderions ainsi à lutter contre l'alcoolisme, que le vin pris en raisonnable quantité n'amène pas. Nous ferions œuvre utile au point de vue hygiénique et au point de vue économique. Ils sont si rares, les cas où nous ne nous heurtons pas à de gros intérêts économiques, lorsque nous préconisons une mesure d'hygiène, que véritablement la question devrait intéresser tous les hygiénistes et que, partout, ils devraient s'efforcer de provoquer des expositions de pasteurisateurs des vins, car c'est le meilleur moyen de faire pénétrer cette utile pratique dans une région. La chose est facile, car les constructeurs de bons appareils se prêtent facilement à ces démonstrations publiques ; car il est de leur intérêt de faire connaître les bons appareils et les effets de la pasteurisation bien faite.

---

M. H. de MONTRICHER

Ingénieur civil des Mines, à Marseille.

---

## ÉPURATION DES EAUX [628.3]

*— Séance du 9 août —*

L'épuration rationnelle et méthodique des eaux de toute nature, qu'il s'agisse des eaux résiduaires — eaux d'égout, eaux vannes, eaux industrielles — ou des eaux pures destinées à l'alimentation publique, repose sur les mêmes principes et s'obtient par les moyens similaires ou analogues.

Les procédés ne diffèrent, suivant la nature et la proportion des matières à éliminer, que par le degré d'épuration à réaliser.

S'il s'agit d'eaux d'égout ou de colatures industrielles, il suffit que le sol ou les cours d'eau qui les reçoivent ne soient pas pollués, ou, en d'autres termes, ne subissent pas, en raison de cet apport, un surcroît de souillure ou de contamination.

Si, au contraire, les eaux à traiter doivent être livrées à la consommation

il importe de les rendre exemptes de tout élément ou germe nocif quelconque.

Les eaux, quelle que soit leur origine, contiennent en proportion variable diverses matières dissoutes ou en suspension, dont les unes sont nocives, d'autres favorables à l'alimentation, d'autres, enfin, indifférentes et sans effet apparent.

Ces matières sont des corps minéraux ou organiques, ou des germes organisés.

Les matières organiques, outre leur nocivité propre, ont pour inconvénient principal de constituer un milieu favorable aux micro-organismes.

Une eau exempte de micro-organismes doit être inaltérable; conservée plusieurs jours en vase clos, elle doit rester claire et inodore; un peu de louche ou la plus légère exhalaison dénotent la présence de germes, et par conséquent, un milieu nutritif favorable à leur développement.

Certaines espèces de microbes sont nocives, d'autres banales et indifférentes, d'autres enfin utiles et même indispensables aux évolutions naturelles du monde vivant.

Les microbes nocifs ou pathogènes, auxquels la plupart des maladies contagieuses sont attribuables, agissent directement, par leurs spores ou par leurs toxines.

Les espèces banales offrent, dans leurs nombreuses variétés des phénomènes de réactions réciproques; par voie d'évolution et de concurrence vitale, elles contribuent à la transformation et à l'élimination de germes pathogènes ou autres.

La numération des microbes par unité de volume n'est donc pas un critérium absolu de la pureté et de l'innocuité de l'eau; la qualité de ces organismes inférieurs importe plus que leur quantité, et certains bactériologistes vont jusqu'à soutenir qu'un système d'épuration qui n'aurait d'autre effet que de purger l'eau d'un plus ou moins grand nombre de microbes d'espèces quelconques serait inutile, sinon nuisible, la résistance des pathogènes à la concurrence vitale étant moindre que celle des espèces indifférentes.

Dans les divers systèmes d'épuration, tant des eaux résiduaires plus ou moins souillées que des eaux de boisson sensiblement pures, l'oxygène, réactif essentiel, oxyde ou brûle les matières à éliminer, à transformer ou à détruire, de même qu'il brûle dans les poumons les impuretés amenées dans cet appareil épurateur par le réseau veineux.

Mais cette action de l'oxygène n'est pas, en général, et sauf dans des cas spéciaux, simple, directe et immédiate; connexe de réactions bactériennes simultanées et concomitantes, elle est complexe et évolutive, et comporte plusieurs stades, dont le mode, le nombre et l'ordre de succession constituent les divers systèmes d'épuration.

Les divers modes de traitement des eaux résiduaires, eaux d'égout ou autres, par épandage en sol nu ou cultivé, ou en milieux artificiels appropriés ne sont donc que des variétés de procédés bactériens, ayant pour effets la minéralisation par oxydation des matières organiques sous l'action successive des espèces bactériennes utiles, l'élimination ultérieure et progressive de ces micro-organismes par voie d'évolution et de concurrence vitale, et leur disparition finale pour cause d'inhabitabilité du milieu devenu impropre à leur nutrition.

Les nombreuses espèces microbiennes qui pullulent dans les eaux résiduaires fraîches se répartissent en deux groupes principaux, savoir :

1° Les anaérobies qui agissent et se développent à l'abri de l'air et ont pour fonction de transformer en ammoniaques les composés azotés complexes;

2° Les aérobies qui prolifèrent en présence de l'air et, s'emparant de l'oxygène atmosphérique, oxydent et nitrifient les matières ammoniacales fournies par la fermentation anaérobie.

Les systèmes d'épuration biologique comportent donc deux « stades » distincts, caractérisés par l'action alternative des milieux anaérobie et aérobie.

Les procédés de traitement des eaux résiduaires, à action intermittente ou continue avec *contact aérobie simple ou multiple*, précédée de la *fermentation anaérobie*, comportent les phases évolutives ci-dessus.

Mais bien que leurs résultats soient probants, ce n'est guère qu'en Angleterre que ces procédés d'épuration aient fait l'objet d'applications en grand.

La plus importante est celle de la ville de Manchester où sont traités journellement 135.000 mètres cubes d'eaux d'égout, et le contingent en sera prochainement de 400.000 mètres cubes.

L'installation comprend une série de fosses septiques et huit lits bactériens de premier et de deuxième contact, soit en tout seize lits; la surface totale de l'emprise sera de 95 hectares.

Les villes de Hampton, Sutton, Guilford, Leeds, Salford ont adopté des dispositifs analogues pour le traitement de leurs eaux d'égout.

En France, des essais se poursuivent sous le contrôle de la ville de Paris, à Clichy-la-Garenne, près des machines élévatoires *(septic tank)*, et au parc agricole d'Achères (appareil Adams).

Divers projets pour de petites agglomérations sont à l'étude, et c'est à la petite ville d'Aubagne (Bouches-du-Rhône) que revient l'honneur de la première installation industrielle du système bactérien en France.

Les principes de l'épuration biologique sont applicables aux eaux destinées à la consommation publique, comme aux eaux de toute nature; les procédés ne diffèrent que suivant l'état de contamination de l'eau brute et le degré de pureté de l'eau traitée.

Il va sans dire que les eaux à traiter en vue de la consommation publique doivent être telles que le « stade » anaérobie ne leur soit pas nécessaire.

L'action aérobie s'exerce en général au moyen de la filtration par le sable, avec ou sans dégrossissage préalable.

Dans les filtres à sable fin, le régime de l'évolution biologique s'établit dès la formation de la micro-membrane *(film)*, pellicule superficielle vivante constituée par une légère couche de « zooglées » qui recouvre, sans solution de continuité, toute la surface du filtre.

Pour obtenir des filtres à sable le maximum de rendement, il faut conduire la filtration de manière à éviter à la micro-membrane, soit un développement en épaisseur qui nuirait à la facilité et à la constance de l'épuration, soit, par contre, le maintien d'une ténuité qui l'exposerait à des ruptures et à des déchirures; il est évident que la moindre solution de continuité, fût-elle imperceptible, supprimerait radicalement toute l'efficacité du système.

Dans les conditions normales, la filtration par le sable doit donner lieu à une élimination de microbes de 98 à 99 0/0.

Le degré de pureté bactériologique de l'eau filtrée, dépendant de l'état de l'eau brute, il importe de donner à celle-ci une valeur sensiblement constante, de manière à garantir, dans l'eau épurée, pour un taux normal d'épuration, une teneur maximum en micro-organismes.

De là, nécessité d'un traitement préalable, destiné à unifier en quelque sorte les eaux dont la micro-membrane doit arrêter, retenir et finalement dissocier les microbes, traitement comparable au « stade » aérobie.

La filtration au sable fin peut, par conséquent, être considérée comme un troisième « stade », aérobie comme le précédent.

Les eaux ainsi filtrées doivent être suffisamment épurées pour que leur teneur en germes ne dépasse pas cent par centimètre cube (après 48 heures), et sans prolifération sensible, le milieu devant être réfractaire aux cultures microbiennes, si le traitement est, dans son ensemble, normal et effectif.

Les divers systèmes de filtration diffèrent par l'épaisseur de la couche filtrante, la nature et la finesse des matériaux qui la constituent, les dispositifs d'entrée et de sortie de l'eau, les procédés de nettoyage de l'appareil, etc.; mais leur efficacité n'est jamais absolue, et leur fonctionnement doit être l'objet d'une surveillance étroite et incessante.

Tout le traitement repose sur l'intégrité de la micro-membrane; l'eau à filtrer doit, à cet effet, être également répandue sur toute la surface du filtre et maintenue à un niveau constant, sur une hauteur de 1 mètre ou $1^{m},50$ avec un débit et sous une charge invariables; mais si ces dispositions mettent la micro-membrane à l'abri de risques de déchirures ou de solutions de continuité, elles font obstacle à la pénétration de l'oxygène atmosphérique, dans les interstices des matériaux du filtre, et peuvent donner

lieu, dans les eaux incomplètement purgées de matières organiques, à une régression anaérobie.

Le taux d'élimination bactérienne qui atteint et même dépasse parfois 99 0/0 est toutefois variable et dépend du degré de contamination de l'eau brute ; il est en général d'autant plus élevé que celle-ci est plus contaminée. Si l'eau, préalablement dégrossie, ne contient que deux ou trois cents microbes par centimètre cube, le taux d'élimination peut descendre à 50 0/0 ou au-dessous. Il y a donc réduction du nombre, mais non suppression absolue des germes. Aussi, cette réduction, pour considérable qu'elle soit, portant sur des quantités sans distinction d'espèces ou de qualités, ne présente pour l'eau contaminable aucune garantie sérieuse ; et la sécurité qu'offre tout système de filtration, de quelque précaution qu'on l'entoure, et quelque soin qu'on mette à sa conduite, est si courte qu'on peut la considérer comme illusoire.

On ne peut obtenir, à cet égard, de garantie absolue que des procédés de stérilisation.

Les procédés de stérilisation des eaux ont, comme les précédents, pour facteur essentiel l'oxygène, agissant comme oxydant, mais sous un état allotropique particulier.

Qu'il soit produit à l'état naissant par réaction chimique ou, sous une forme concentrée spéciale, par un agent physique, tel que l'électricité, l'oxygène agit, dans ces conditions déterminées, sur tous les microbes sans distinction d'espèces ou de qualités, comme l'oxygène atmosphérique sur les seuls anaérobies.

La stérilisation des eaux serait donc comparable à un « stade » dans lequel les microbes de toutes espèces fonctionneraient comme anaérobies en présence de l'oxygène intervenant sous un état particulier.

L'ozone ou oxygène électrisé est l'état sous lequel ce corps est pourvu des propriétés comburantes et bactéricides les plus remarquables.

On obtient de l'ozone en faisant passer un courant électrique, dans des conditions spéciales, à travers de l'air atmosphérique. Si l'on fait passer une série d'étincelles électriques dans une atmosphère confinée, l'ozone se déconstituera au fur et à mesure de sa formation, à cause de l'élévation de la température ; s'il se produit un arc, et qu'un court circuit s'établisse, l'action sera nulle.

L'ozone est produit efficacement par le passage dans l'air de décharges électriques non disruptives, obscures ou faiblement lumineuses, d'une belle coloration violette, à basse température, formant l'effluve électrique.

En se transformant en ozone, l'oxygène subit une contraction de volume de un tiers, la molécule de l'un étant formée de deux atomes $O^2$ et la molécule de l'autre de trois atomes $O^3$. L'ozone est donc une espèce d'oxygène concentré.

La transformation de l'oxygène en ozone, sous l'action de l'effluve, n'est du reste que partielle et ne dépasse pas 4 ou 5 0/0. L'ozone produit par mètre cube d'air n'est donc que de 12 ou 15 grammes (au grand maximum non atteint dans la pratique).

Les systèmes de stérilisation de l'eau par l'ozone offrent le précieux avantage de n'introduire dans celle-ci que de l'oxygène, dans un état moléculaire spécial $O^3$, insoluble dans l'eau, agissant par simple contact sur le liquide finement divisé, et se détruisant spontanément, en raison de son instabilité après contact, en régénérant l'oxygène $O^2$.

La composition minérale de l'eau traitée n'est aucunement modifiée, la matière organique est brûlée, nitrifiée ; son azote passe à l'état minéral ; les micro-organismes sont annihilés, détruits, et l'eau obtenue devient inaltérable, plus légère et plus digestive, ayant été énergiquement aérée.

Le traitement des eaux par l'ozone a fait l'objet d'expériences nombreuses et de remarquables travaux de laboratoire, parmi lesquels il faut signaler ceux de Houzeau, Berthelot, Siemens et Halske (Berlin, 1891), Tyndall (Bruxelles, 1893 ; Paris, 1895), Otto, etc., etc.

Mais les laborieuses recherches de ces savants, tout en ouvrant la voie aux applications pratiques, n'avaient pas abouti à la découverte définitive de procédés industriels et pratiques.

M. le Dr Marmier, sous-directeur de l'Institut Pasteur de Lille, et M. Abraham, professeur de physique à la Sorbonne, paraissent avoir donné au problème sa solution définitive.

Les appareils dont ils sont les inventeurs ont fonctionné pendant deux ans à Emmerin, près Lille, sous le contrôle de l'Institut Pasteur et de son éminent directeur, M. le Dr Calmette ; cet essai qui portait sur des contingents d'environ 100 mètres cubes à l'heure, destinés à l'usage de l'Institut Pasteur et du quartier environnant, sera probablement repris sur de plus amples proportions.

Une installation du même type a été adoptée aux Brasseries de la Méditerranée à Marseille (Établissements Velten) pour le traitement des eaux destinées à la fabrication de la bière et au lavage des récipients et bouteilles.

Les villes de Cosne (Nièvre) et de Nice (Alpes-Maritimes) ont mis à l'étude des projets de stérilisation des eaux du service municipal.

L'eau brute, après dégrossissage ou préfiltration, si c'est utile, est conduite au sommet d'une colonne circulaire en maçonnerie de 5 mètres de hauteur, remplie de galets et de cailloux quartzeux arrondis et lisses, sans cassures ni arêtes ; passant à la maille de 4 centimètres et refusés à la maille de 2 centimètres. Distribuée en pluie, cette eau descend, en cheminant dans les interstices des matériaux du filtre à large circulation ainsi constitué, et elle humecte et entoure d'une nappe liquide mince chacun de ses

éléments. L'ozone, refoulé par un ventilateur avec l'air qui le véhicule, accède dans la partie inférieure de la colonne, suit en montant un chemin inverse de celui de l'eau, un contact intime s'établit entre les molécules du liquide et du gaz, et la stérilisation s'opère.

L'eau stérilisée est recueillie dans un puisard où elle est reprise par une pompe et conduite dans le réservoir de distribution.

L'appareil des ozoneurs, où l'oxygène atmosphérique est partiellement transformé en ozone, est contenu dans une grande cage vitrée, hermétiquement close.

Il est constitué par une série d'électrodes consistant en disques métalliques verticaux, creux, formant caissons, disposés parallèlement entre eux.

Des glaces ou lames de verre (diélectriques) sont appliquées deux à deux contre les parois opposées de ces disques, laissant entre elles un intervalle compris entre 1 et 2 millimètres. Le centre de l'un des disques de chaque couple d'électrodes et de la glace correspondante est muni d'un petit orifice circulaire, d'où part la canalisation tubulaire qui relie les ozoneurs à la colonne de stérilisation.

Un alternateur alimente le circuit primaire d'un transformateur qui élève la tension du courant à 30 ou 40.000 volts. Les bornes du secondaire sont reliées aux électrodes de l'ozoneur constituées par les disques.

L'effluve électrique se produit entre les glaces parallèles. L'air, après avoir passé par un dessiccateur à ponce sulfurique, est refoulé par un ventilateur dans la cage vitrée, et, ne trouvant d'issue que par l'orifice central des disques, il traverse l'effluve ; les intervalles entre les électrodes sont ainsi constamment parcourus de la périphérie au centre par des courants d'air convergents.

Les caissons des disques ozoneurs sont refroidis par une circulation continue d'eau, isolée au moyen d'un dispositif fort simple qui coupe les filets d'eau à mesure qu'ils se forment.

En dérivation sur les bornes du circuit secondaire du transformateur est interposé un « déflagrateur à boules ». Cet appareil se compose de deux petites sphères de cuivre, montées sur des tiges qui permettent de faire varier l'intervalle qui les sépare (10 à 15 millimètres). Quand la tension s'élève, des étincelles jaillissent entre les boules, mais elles sont aussitôt balayées par un puissant jet d'air ou de vapeur qu'une tuyère dirige entre les boules. Le déflagrateur maintient entre les pôles de l'ozoneur un potentiel régulier et une formation d'effluve normal et homogène ; il accroît, en outre, la fréquence du courant fourni par l'alternateur à raison de 80 intermittences par seconde, en introduisant dans chaque période, par des étincelles efficaces, des vibrations intermédiaires. Le nombre d'effluves produit dans l'unité de temps est ainsi considérablement augmenté ; et le

degré de concentration de l'ozone, ou son poids par mètre cube d'air, est accru en proportion. C'est du degré de concentration que dépend, en somme, l'efficacité de la stérilisation ; une proportion d'ozone inférieure à 5 grammes par mètre cube laisserait indemnes de nombreux microbes. On a également intérêt à obtenir par une concentration élevée une forte densité d'effluves, ce qui permet, en outre, de réduire les surfaces d'électrodes et, par suite, l'encombrement de l'installation.

L'eau traitée par l'ozone dans les conditions ci-dessus et prélevée à sa sortie de la colonne de stérilisation peut être considérée comme exempte de microbes.

D'après les expériences faites à Lille et à Marseille, sous le contrôle de l'Institut Pasteur, il n'a été décélé dans les eaux traitées que quelques germes de *Bacillus subtilis* et certaines moisissures, c'est-à-dire des microbes d'espèces banales, absolument inoffensives, et résistant d'ailleurs à la température de l'ébullition de l'eau ; la stérilisation obtenue valait donc au moins celle de l'eau bouillie, sans en avoir les inconvénients ; la plupart des échantillons furent d'ailleurs rigoureusement stériles, et dans les autres la numération des colonies (d'espèces non pathogènes) ne dépassa pas sensiblement l'unité par centimètre cube.

Les expériences faites en 1902 à la brasserie Velten avec M. Marmier donnèrent, pour des eaux brutes renfermant 1.800 à 2.000 germes par centimètre cube, un germe pour 3 centimètres cubes. La concentration était, lors de ces essais, de $4^{gr},5$ à $6^{gr},5$ par mètre cube d'air.

Le rendement industriel du système peut être évalué ainsi qu'il suit :

Par mètre carré d'effluve (deux faces opposées d'électrodes), 80 à 90 mètres d'eau stérilisée par heure ;

Par mètre carré de section de colonne de stérilisation, 10 mètres d'eau stérilisée par heure.

Pratiquement, il faut compter sur un rendement horaire de 12 à 15 mètres cubes d'eau stérilisée par cheval-vapeur fourni par le moteur central de l'installation (vapeur, eau, électricité).

Il serait possible de déduire des chiffres fournis par les applications industrielles de l'ozone des prix de revient approximatifs ; pour des contingents tels que ceux que comportent une distribution municipale d'importance moyenne, ce prix ne dépasserait pas un centime par mètre cube d'eau stérilisée ; mais on ne saurait fixer *ne varietur* un chiffre qui dépend de conditions locales très diverses et essentiellement variables, telles que les amenées et élévations d'eau, le coût de la force motrice, etc., etc.

## CONCLUSION

Le problème de la purification des eaux de toute nature peut être considéré comme résolu.

Les divers systèmes d'épuration de l'eau, variables suivant sa nature et sa destination, reposent sur un principe unique. Ils comportent, comme réaction finale (concurremment à l'élimination des micro-organismes que cultive le milieu), l'oxydation ou la minéralisation des matières organiques.

A cet effet, une active circulation d'oxygène, obtenue par voie artificielle ou naturelle, termine une série de réactions dont les facteurs sont les microbes, lesquels disparaissent ou s'éliminent par voie évolutive.

Dans le traitement des eaux de boisson, l'oxygène, agent de la vie universelle, doit être employé sous l'état moléculaire lui donnant le pouvoir comburant maximum, de manière à brûler intégralement tous les germes et à rendre le milieu impropre à leur reproduction. Le traitement devra exclure toute addition, même légère ou momentanée, de réactif toxique et conserver à l'eau, avec ses propriétés organoleptiques, l'aération et la minéralisation nécessaires à son inaltérabilité.

---

## M. le Dr GUIRAUD

Professeur d'Hygiène à la Faculté de Médecine de l'Université de Toulouse.

---

### CONTRIBUTIONS A L'ÉTUDE DE LA DÉPOPULATION RURALE DU SUD-OUEST DE LA FRANCE [613.12:371.1]

---

*— Séance du 11 août —*

Notre regretté collègue, M. Arsène Dumont, dont on connaît les intéressants travaux et dont la démographie déplore la mort récente et imprévue, avait pensé que l'Association française pour l'Avancement des Sciences tenant cette année sa session dans une des régions où sévit avec le plus d'intensité la dépopulation, l'occasion s'offrait tout naturellement de porter cette question à l'ordre du jour des sections d'Anthropologie et d'Économie politique et de faire sur place une enquête concernant les causes physiologiques, économiques et sociales de ce triste phénomène. Peut-être fournirait-elle quelques indications sur les moyens de remédier au mal, ou tout au moins de l'atténuer. Cette enquête était, en tout cas, le complément naturel de celle qu'il avait déjà poursuivie dans le Lot-et-Garonne (1) avec tant de conscience.

(1) *La natalité à Saint-Pierre-de-Clairac (Lot-et-Garonne), Rev. intern. de Sociologie,* 1901.

Notre collègue, avec qui j'avais déjà échangé quelques travaux, m'écrivit pour me faire part de ses projets et me prier de faire relever à cet effet les mouvements de population d'un certain nombre de communes rurales de notre département, depuis 1802, dans les tables décennales conservées aux archives, besogne longue et fastidieuse dont la complaisance de M. le Préfet de Tarn-et-Garonne, à laquelle je tiens à rendre hommage, m'a singulièrement facilité l'accomplissement.

Je me disposais à envoyer ces relevés statistiques à M. Arsène Dumont, voulant lui laisser le soin et l'honneur de les mettre en œuvre quand j'appris le triste événement.

J'ai pensé qu'il y aurait peut-être quelque intérêt à les apporter à la discussion projetée sur la question toujours trop actuelle de la dépopulation. Les chiffres sont assez tristement éloquents par eux-mêmes pour qu'ils puissent se passer de longs commentaires, et, pour ne s'appliquer qu'à un petit nombre de minuscules communes du Tarn-et-Garonne, ils n'en ont pas moins une valeur représentative considérable, car ils sont bien l'expression fidèle, juste, de la situation démographique de la plus grande partie de la région sud-ouest de la France.

Les documents recueillis comprennent les mouvements de population de vingt-deux communes de l'arrondissement de Montauban exclusivement rurales, c'est-à-dire ne comprenant aucune population agglomérée. Ces communes ont été prises dans les onze cantons que comprend l'arrondissement, à raison de deux par canton, de façon à avoir des représentants des divers types ethnologiques, agricoles, économiques de la région, communes voisines du chef-lieu et en subissant plus ou moins l'influence, communes situées à l'extrémité N.-E. du département aux confins de l'Aveyron, en pleins causses jurassiques, longtemps privées de moyens faciles de communication et un peu en retard, par suite, au point de vue des idées sur les autres régions communes sises dans les fertiles alluvions des vallées du Tarn et du Tescou ou sur les côteaux ensoleillés qui les surplombent et auxquelles la culture des fruits, raisins, pêches, fraises, etc., etc., a donné une large aisance.

Le tableau suivant donne l'ensemble des phénomènes démographiques de ces vingt-deux communes depuis 1833. Il comprend donc une période de soixante-neuf ans que nous avons divisée en deux pour faciliter la comparaison, celle d'avant et celle d'après 1872.

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES MOUVEMENTS DE POPULATION DE VINGT-DEUX COMMUNES RURALES DU TARN-ET-GARONNE (ARRONDISSEMENT DE MONTAUBAN DE 1833 A 1901)

| | POPULATION en 1836 | POPULATION en 1901 | NATALITÉ | | | NUPTIALITÉ | | | MORTALITÉ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | De 1833 à 1872 | De 1873 à 1901 | ÉCART | De 1833 à 1872 | De 1873 à 1901 | ÉCART | De 1833 à 1872 | De 1873 à 1901 | ÉCART |
| *Canton de Montauban :* | | | | | | | | | | | |
| Lamothe-Capdeville . . . | 998 | 700 | 18,7 | 18,2 | — 0,5 | 7,1 | 5,9 | — 1,2 | 20,5 | 21,2 | + 0,8 |
| Léojac. . . . . | 429 | 364 | 23,0 | 17,5 | — 5,5 | 5,4 | 7,1 | + 1,7 | 21,1 | 15,7 | — 5,4 |
| Villemade . . . . . | 610 | 544 | 22,7 | 18,7 | — 4,0 | 8,7 | 6,9 | — 1,8 | 22,7 | 22,3 | — 0,4 |
| *Canton de Caussade :* | | | | | | | | | | | |
| Saint-Cayriech . . . . . | 437 | 280 | 26,9 | 21,5 | — 5,4 | 7,4 | 8,8 | + 1,8 | 25,1 | 24,7 | — 0,4 |
| Saint-Cirq . . . . . | 756 | 522 | 23,3 | 15,8 | — 7,5 | 9,0 | 7,1 | — 1,9 | 25,2 | 25,9 | + 0,7 |
| *Canton de Caylus :* | | | | | | | | | | | |
| Puy-Lagarde . . . . . | 1.172 | 853 | 24,3 | 20,0 | — 4,3 | 8,8 | 6,2 | — 2,6 | 25,8 | 23,2 | — 2,6 |
| Saint-Projet . . . . . | 1.833 | 1.016 | 27,1 | 22,7 | — 4,4 | 9,0 | 7,3 | — 1,7 | 26,0 | 26,2 | + 0,2 |
| *Canton de Lafrançaise :* | | | | | | | | | | | |
| Montastruc. . . . . | 542 | 302 | 18,7 | 13,4 | — 5,3 | 8,0 | 5,4 | — 2,6 | 21,1 | 19,4 | — 1,7 |
| Piquecos. . . . . | 531 | 345 | 19,4 | 19,1 | — 0,3 | 8,3 | 7,3 | — 1,0 | 21,9 | 20,9 | — 1,0 |
| *Canton de Molières :* | | | | | | | | | | | |
| Labarthe. . . . . | 1.133 | 772 | 23,7 | 20,7 | — 3,0 | 6,8 | 7,7 | + 0,9 | 24,9 | 20,3 | — 5,6 |
| Puycornet . . . . . | 1.309 | 863 | 22,5 | 18,2 | — 4,3 | 8,0 | 6,7 | — 1,3 | 23,7 | 20,1 | — 3,6 |
| *Canton de Monclar :* | | | | | | | | | | | |
| Belmontet . . . . . | 924 | 672 | 21,4 | 16,7 | — 4,7 | 9,3 | 7,2 | — 2,1 | 20,5 | 21,9 | + 1,4 |
| Genebrières . . . . . | 582 | 488 | 21,5 | 19,1 | — 2,4 | 7,8 | 8,1 | + 0,3 | 21,7 | 18,4 | — 3,3 |
| *Canton de Montpezat :* | | | | | | | | | | | |
| Lapenche . . . . . | 410 | 351 | 30,0 | 24,5 | — 5,5 | 8,8 | 7,2 | — 1,6 | 26,2 | 24,3 | — 1,9 |
| Montalzat . . . . . | 1.325 | 898 | 23,4 | 18,1 | — 5,3 | 7,0 | 6,9 | — 0,1 | 23,9 | 21,0 | — 2,9 |
| *Canton de Négrepelisse :* | | | | | | | | | | | |
| Cazals . . . . . | 607 | 388 | 22,8 | 16,7 | — 6,1 | 7,3 | 7,7 | + 0,4 | 23,0 | 21,9 | — 1,1 |
| Vaissac . . . . . | 1.722 | 1.115 | 28,0 | 16,3 | —11,7 | 7,5 | 7,1 | — 0,4 | 26,5 | 21,1 | — 5,4 |
| *Canton de Saint-Antonin :* | | | | | | | | | | | |
| Castanet . . . . . | 861 | 700 | 28,0 | 24,6 | — 3,4 | 8,6 | 6,3 | — 2,3 | 27,2 | 24,4 | — 2,8 |
| Ginals . . . . . | 1.098 | 710 | 28,7 | 22,9 | — 5,8 | 7,3 | 8,4 | + 1,1 | 29,6 | 26,9 | — 2,7 |
| Parisot. . . . . | 1.605 | 1.314 | 26,3 | 19,5 | — 6,8 | 8,1 | 8,0 | + 0,1 | 24,2 | 21,5 | — 2,7 |
| *Canton de Villebrumier :* | | | | | | | | | | | |
| Corbarieu . . . . . | 517 | 424 | 20,7 | 18,7 | — 2,0 | 7,0 | 6,4 | — 0,6 | 23,9 | 19,8 | — 4,1 |
| Verlhiac-Tescou . . . . . | 924 | 761 | 21,2 | 21,3 | + 0,1 | 9,1 | 6,8 | — 2,3 | 20,1 | 19,1 | — 1,0 |
| Moyenne de l'ensemble des communes. | 18.825 | 14.382 | 23,7 | 19,2 | — 4,5 | 7,9 | 7,1 | — 0,8 | 23,8 | 21,7 | — 2,1 |

En parcourant ce tableau, le fait qui frappe tout d'abord, c'est l'énorme diminution de la population de toutes ces communes, de *toutes* sans exception.

En 1836, elles comptaient 18.825 habitants; en 1901, elles n'en comptent plus que 14.382, soit une diminution de 4.443 dans ces soixante-dix ans, c'est-à-dire de près d'un quart, 23,6 0/0.

Dans certaines communes, en particulier, celles situées dans les portions les plus reculées et les moins favorisées du département, la diminution dépasse même de beaucoup cette moyenne et atteint le chiffre de 33,7 (Puycornet), 36,0 (Cayriech et Cazals), 44,0 (Saint-Projet), si bien que, si la dépopulation continue à marcher avec la même rapidité, on peut prévoir, dans un avenir très prochain, le moment où la localité sera transformée en un vrai désert.

Deux facteurs ont contribué dans d'inégales proportions à cette dépopulation : 1° l'émigration des campagnes vers les villes; 2° l'excédent des décès sur les naissances.

GAINS OU PERTES PAR EXCÉDENT DE NAISSANCES OU DE DÉCÈS

| | PÉRIODE 1802-1901 | | PÉRIODE 1802-1832 | | PÉRIODE 1833-1872 | | PÉRIODE 1873-1901 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GAINS | PERTES | GAINS | PERTES | GAINS | PERTES | GAINS | PERTES |
| 1. Lamothe-Capdeville. . . | | — 21 | + 119 | | | — 67 | | — 73 |
| 2. Léojac . . . . . | + 190 | | + 104 | | + 72 | | + 23 | |
| 3. Villemade . . . . . | | — 13 | + 57 | | | — 10 | | — 60 |
| 4. Cayriech. . . . . | + 80 | | + 67 | | + 40 | | | — 37 |
| 5. Saint-Cirq . . . . . | | — 117 | + 83 | | | — 42 | | — 158 |
| 6. Puy-Lagarde. . . . . | + 117 | | + 175 | | + 1 | | | — 65 |
| 7. Saint-Projet . . . . . | + 91 | | + 130 | | + 62 | | | — 108 |
| 8. Montastruc. . . . . | | — 12 | + 79 | | | — 19 | | — 72 |
| 9. Piquecos. . . . . | | — 49 | + 32 | | | — 58 | | — 15 |
| 10. Labarthe. . . . . | + 63 | | + 143 | | | — 53 | | — 27 |
| 11. Puycornet . . . . . | | — 16 | + 99 | | | — 56 | | — 59 |
| 12. Belmontet . . . . . | + 13 | | + 101 | | + 22 | | | — 110 |
| 13. Genebrières . . . . . | + 23 | | + 38 | | + 8 | | | — 23 |
| 14. Lapenche . . . . . | + 145 | | + 68 | | + 66 | | + 11 | |
| 15. Montalzat . . . . . | + 23 | | + 155 | | | — 29 | | — 103 |
| 16. Cazals. . . . . | + 20 | | + 49 | | | — 1 | | — 68 |
| 17. Vaissac . . . . . | + 148 | | + 227 | | + 101 | | | — 180 |
| 18. Castanet. . . . . | + 69 | | + 74 | | + 14 | | + 19 | |
| 19. Ginals. . . . . | | — 288 | | — 69 | | — 121 | | — 98 |
| 20. Parisot . . . . . | + 129 | | + 80 | | + 127 | | | — 78 |
| 21. Corbarieu . . . . . | | — 42 | + 32 | | | — 60 | | — 14 |
| 22. Verlhiac-Tescou . . . . | + 216 | | + 193 | | + 31 | | | — 8 |
| | 1.327 | 558 | 2.105 | 69 | 544 | 516 | 53 | 1.356 |
| CROIT OU DÉCROIT . . . | + 769 | | + 2.036 | | + 28 | | — 1.303 | |

L'exode rural, ce phénomène que l'on observe dans tous les pays, chez tous les peuples, mais qui n'en est pas moins un symptôme fâcheux dans nos régions

surtout où il n'a pas pour raison le développement de l'industrie, a de beaucoup la plus large part dans la dépopulation des communes rurales et représente, en moyenne, 71 0/0 de la perte totale. Dans certaines même de ces communes, mais de beaucoup les moins nombreuses, c'est à cette cause seule, qu'est due la diminution. Dans quelques-unes, en revanche, elle a joué un rôle à peu près nul.

Le second facteur, l'excédent des décès sur les naissances, entre pour un quart environ dans les pertes faites par ces communes depuis 1833.

Nous n'avons pu remonter, pour les dénombrements, au delà de 1836, les feuilles de dénombrements antérieurs n'ayant pas été conservées aux archives ; mais nous avons pu remonter pour les mouvements de population jusqu'en 1802 et si nous faisons le total, nous voyons que la balance des naissances et des décès pendant le siècle qui vient de finir se solde pour ces communes par un léger gain de naissances : 769.

Malheureusement cette insignifiante plus-value perd toute signification si on examine de près la marche des phénomènes dans l'ensemble de ces communes. On peut diviser, à ce point de vue, le siècle en trois périodes bien distinctes.

La première période (1802-1832), ère de prospérité démographique pendant laquelle toutes les communes ont un excédent notable de naissances sur les décès, se présente avec un gain de 2.036 naissances. La deuxième, pendant laquelle les déficits se substituent peu à peu aux excédents, ne gagne plus que 28 naissances, et la troisième (1873-1901), s'établit avec une balance de décès sur les naissances. La plus-value réalisée pendant la première période n'a pas encore complètement disparu, mais nous y marchons à grands pas; c'est l'affaire de quelques années au plus.

Examinons maintenant la part qu'a prise chacun des facteurs à ce déficit.

MARCHE DE LA NATALITÉ, DE LA NUPTIALITÉ ET DE LA MORTALITÉ DANS L'ENSEMBLE DES VINGT-DEUX COMMUNES DU TARN-ET-GARONNE, COMPARÉE A CELLE DE LA VILLE DE MONTAUBAN, DES COMMUNES RURALES DE LA HAUTE-GARONNE (1) ET DE LA FRANCE ENTIÈRE DE 1833 A 1901.

| | NATALITÉ | | | | NUPTIALITÉ | | | | MORTALITÉ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Communes du Tarn-et-Garonne | Ville de Montauban | Communes de la Haute-Garonne | France entière | Communes du Tarn-et-Garonne | Ville de Montauban | Communes de la Haute-Garonne | France entière | Communes du Tarn-et-Garonne | Ville de Montauban | Communes de la Haute-Garonne | France entière |
| **1833-1842** . . . . . | 24,8 | 23,9 | 25,6 | 28,6 | 8,0 | | 7,6 | 7,9 | 23,9 | 24,6 | 21,7 | 24,6 |
| **1843-1852** . . . . . | 24,0 | 24,7 | 21,1 | 27,2 | 7,5 | | 7,3 | 7,9 | 22,3 | 23,1 | 18,8 | 22,9 |
| **1853-1862** . . . . . | 22,3 | 22,1 | 20,8 | 26,0 | 7,4 | | 8,1 | 7,9 | 28,6 | 23,7 | 20,8 | 23,9 |
| **1863-1872** . . . . . | 23,3 | 20,9 | 19,7 | 26,1 | 7,2 | | 7,5 | 7,8 | 25,0 | 23,4 | 19,7 | 25,1 |
| **1873-1882** . . . . . | 21,9 | 19,4 | 18,9 | 25,8 | 6,7 | 7,4 | 7,4 | 8,0 | 23,0 | 23,7 | 19,1 | 22,1 |
| **1883-1892** . . . . . | 18,0 | 18,2 | 18,5 | 23,8 | 6,2 | 6,2 | 7,1 | 7,3 | 20,3 | 22,2 | 21,6 | 22,1 |
| **1893-1901** . . . . . | 18,6 | 17,1 | 18,3 | 22,1 | 7,2 | 5,9 | 6,7 | 7,4 | 21,7 | 21,7 | 21,6 | 21,2 |

(1) Les chiffres concernant les communes rurales de la Haute-Garonne ont été empruntés à la thèse de M. le Dr Gary, *Dépopulation rurale de la Haute-Garonne*, Toulouse 1902.

*Natalité.* — L'abaissement de la natalité est assurément ici, comme dans toute la région sud-ouest, le facteur principal de la dépopulation. Le tableau ci-dessus montre combien ce mouvement est continu et rapide. Depuis 1833, le coefficient qui était de 24,8 0/00 est descendu à 18,6, c'est à-dire de 6,2 0/00, près de 25 0/0. Bien que la descente ait été continue, sans arrêt, on peut distinguer cependant deux moments critiques, *climatériques* peut-on dire : la décade 1853-1862, dans laquelle le taux s'est brusquement abaissé de près de deux unités, et l'excédent de naissances qui était la règle a dans presque toutes les communes fait place à l'excédent des décès, et la décade 1873-1882, où nous voyons non moins brusquement la natalité descendre de 21,9 à 18, le minimum atteint dans le siècle. Dans la dernière décade on constate un léger relèvement, mais si léger, si faible, que nous osons à peine le mentionner.

Comparée à la natalité générale de la France, la natalité de nos populations rurales a suivi la même marche décroissante, mais est restée toujours inférieure, même aux périodes relativement bonnes. La région du sud-ouest est depuis longtemps un pays de faible natalité. En revanche, à peu près égal à celui du chef-lieu du département, Montauban, dans les premières décades, le coefficient reste légèrement au-dessus du coefficient urbain.

Quant aux différences entre les diverses communes, elles sont assez considérables, puisque l'écart entre la plus et la moins favorisée s'élève, dans les deux périodes, à plus de 11.

D'une façon générale, sans que la loi soit absolue, c'est dans les communes les plus pauvres, les plus déshéritées, que le taux se maintient le plus élevé et semble inversement proportionnel à l'aisance des habitants.

*Mortalité.* — La mortalité a été, pour l'ensemble de ces 22 communes, de 23,8 dans la période de 1833-1872 et de 21,7 dans celle de 1873-1901, soit un abaissement de 2,1 0/00, alors que la baisse de la natalité atteignait 4,5, c'est-à-dire plus du double. La mortalité a subi du reste d'assez grandes oscillations d'une décade à l'autre et s'est élevée jusqu'à 28,6 de 1853-1862, pour retomber finalement, dans la dernière décade, à 21,7. Ce chiffre est à peu près celui de la moyenne de la France pendant la même période, mais il est sensiblement inférieur à celui du chef-lieu du département, dont la mortalité de 1891 à 1900 s'est élevée à 23,8.

Il y a du reste, comme pour la natalité, d'assez grandes différences entre les diverses communes. Dans certaines, le taux reste à un chiffre excessif, 25,9 (Saint-Cirq), 26,9 (Castanet), d'autant plus excessif que la baisse de la natalité et par suite de la proportion des enfants en bas âge, cet âge de grande mortalité, devrait avoir pour conséquence une baisse correspondante de la léthalité générale.

Pour apprécier ces chiffres à leur juste valeur, il faut toutefois tenir compte d'un facteur important, l'exode rural, si considérable, nous l'avons vu, dans la plupart de ces communes. En modifiant profondément la composition de leur population, en diminuant la proportion des jeunes gens et des adultes dont elle prend les plus valides, les plus robustes, en élevant par suite dans une mesure tout à fait anormale: ainsi que nous le verrons plus loin, la proportion des vieillards, elle a pour effet de donner un taux de mortalité qui n'est nullement l'expression exacte de la situation sanitaire de la localité (1).

(1) Plus on étudie ces questions de mouvement de population, plus on se convainc que le coefficient généralement adopté, rapport des décès totaux à 1.000 habitants de tout âge, coefficient auquel la loi sur la protection de la santé publique vient de donner une consécration officielle en le prenant

*Nuptialité.* — Le nombre des mariages pour 1.000 habitants a été pour l'ensemble de ces communes, de 7,9 dans la période 1833-1871, et de 7,1 dans la période de 1872-1901. Ici encore nous avons à constater une décroissance moins accusée que celle de la natalité, mais ininterrompue du moins jusqu'à 1893.

La légère augmentation de la natalité et de la nuptialité que nous constatons dans la dernière décade se maintiendra-t-elle? s'accentuera-t-elle?

Notons que le taux de la nuptialité dans ces communes est sensiblement égal à la moyenne de la France (7,4) et notablement supérieur à celui du chef-lieu (5,9).

En résumé, dépopulation rapide des communes rurales par émigration et par excédent de décès, abaissement continu et progressif de la natalité, diminution lente, un peu oscillante et, en tous cas, dans des proportions bien moindres de la mortalité, tendance de la nuptialité à décroître, tels sont les faits qui caractérisent la situation démographique des communes rurales que nous venons d'étudier.

Cette situation, si alarmante à tous les points de vue, n'est pas, on ne le sait que trop, particulière à notre département.

Nous la retrouverons dans presque toute la région du sud-ouest, encore bien plus fâcheuse sur certains points. C'est elle qu'a si bien analysée M. Arsène Dumont dans son intéressante Monographie de la commune de Saint-Pierre-de-Clairac (1), dans le Lot-et-Garonne, c'est celle qu'a constatée dans la Haute-Garonne, le Dr Gary qui, à mon instigation, avait pris pour sujet de sa thèse inaugurale l'étude démographique de la population rurale de ce département(2); c'est celle, enfin, que nous révèlent, chaque année, les statistiques officielles.

Quant aux causes qui ont amené cette triste situation, il y a longtemps qu'on les a dénoncées, qu'on a signalé le danger qui menaçait de leur fait notre nation et les observations faites aussi bien dans le Tarn-et-Garonne que dans la Haute-Garonne ne font que confirmer les judicieuses conclusions d'Arsène Dumont sur la commune qu'il avait prise pour sujet d'étude.

Le mouvement d'émigration qui entraîne les campagnes vers les centres urbains peut revendiquer une large part de responsabilité dans la dépopulation de notre pays. Il n'a pas seulement pour effet de diminuer le chiffre brut des populations rurales en enlevant les éléments les plus jeunes, les plus énergiques, les plus aptes à perpétuer l'espèce, il opère une sélec-

comme critérium, est une valeur défectueuse, arbitraire, qui n'autorise aucune conclusion sur les conditions sanitaires d'une localité. Un même taux de mortalité est loin d'avoir la même signification dans une grande ville où affluent les jeunes les mieux doués physiquement et intellectuellement et dans une commune rurale où demeurent, où se retirent les vieillards, les chétifs, les invalides, les déshérités. Seule la mortalité par âge et par maladie peut donner des renseignements précis sur la situation sanitaire vraie d'une localité. Malheureusement les documents pour cette besogne sont longs à mettre en œuvre et beaucoup moins sûrs.

(1) *Loc. cit.*

(2) *Loc. cit.*

tion à rebours qui a pour résultat fatal d'abaisser la natalité et la nuptialité, d'élever, au contraire, ou tout au moins de maintenir stationnaire la mortalité de ces populations.

Si nous examinons, en effet, la répartition de la population de ces communes par catégories d'âge, nous constatons que sur 100 individus de tout âge, il y en a :

| | |
|---|---|
| de 0-14 ans . . . . . | 23,7 |
| de 15-59 ans. . . . . | 59,6 |
| de 60 ans et au-dessus. . . . . | 16,6 |

Or, la France, en prenant la moyenne des trois derniers dénombrements, ne compte que 12,2 0/0 d'individus de 60 ans et au-dessus. Dans les pays à forte natalité et dont la population est en voie d'accroissement, la proportion des vieillards descend à 7 0/0.

Et encore ce chiffre de 16,6 n'est-il qu'une moyenne et, dans certaines communes, la proportion s'élève à 22, 26,7 0/0.

Peut-on s'étonner qu'une population ainsi composée ait une faible natalité, une mortalité élevée et stationnaire et présente un excédent de décès?

S'il ne s'agissait que d'un simple déplacement de population, d'un simple changement de résidence, quelque fâcheuse que fût, au point de vue de la prospérité agricole si indispensable à un peuple, cette désertion des campagnes, on pourrait mettre en regard les compensations résultant de l'activité industrielle.

Ce n'est point malheureusement le cas dans notre région.

Nos villes sont surtout de grandes dévoreuses d'existences. L'excédent annuel des décès sur les naissances y est la règle générale, *constante*, depuis que l'établissement de l'état-civil permet d'avoir le compte exact des mouvements de population. Elles ne vivent et ne s'accroissent que des apports du dehors, c'est-à-dire des campagnes. Chaque année elles présentent un déficit qui atteint, pour ne citer que ces deux exemples, à Toulouse 315, à Montauban 200 environ, et ce déficit se creuse chaque jour plus profond.

Mais l'exode rural n'est pas le seul coupable. Il est une autre influence qui agit encore plus puissamment sur la dépopulation et cette influence est d'ordre économique et social.

Notre région, on le sait n'est pas industrielle. Elle est presque exclusivement agricole et ce n'est, par conséquent, que par l'économie, la prévoyance, l'épargne, que nos populations arrivent laborieusement et lentement à se créer une modeste aisance.

Or, ce mot de prévoyance dans la bouche du petit propriétaire qui a acquis péniblement son petit bien, qui tient à le conserver pour lui et les siens, on sait ce qu'il signifie.

Les populations rurales de notre région sont comme celles de presque toute la France, honnêtes, laborieuses, âpres au travail, de mœurs, en général, régulières. L'alcoolisme, qui fait tant de ravages dans d'autres régions, les a presque épargnées. Ce sont là, assurément, des éléments sérieux de prospérité. Mais elles ne semblent pas se douter que les conditions économiques des peuples sont en voie de profonde transformation, que la lutte pour l'existence à laquelle il est nécessaire d'apporter une énergie et une activité incessantes, devient de plus en plus la loi suprême, aussi bien pour les individus et les familles que pour les nations.

Un peu indolents par nature, nos compatriotes ont cru jusqu'ici qu'une stricte économie, surtout que la réduction à sa plus simple expression de la famille, pouvaient suppléer à l'effort, à l'esprit d'initiative, à l'activité, pouvaient en tenir lieu et à mesure que l'aisance se répandait, que la propriété se morcelait, le nombre des disciples inconscients des doctrines malthusiennes se multipliait. N'est-il pas d'un bon père de famille d'assurer, par une sage restriction, l'avenir des, ou plutôt, de l'enfant vivant?

Et c'est ainsi que la France est en train de mourir de ses qualités et que son excès de prévoyance en arrive à lui coûter presque autant qu'une guerre.

A cela quel remède, dira-t-on?

Je suis, pour ma part, trop sceptique à l'égard de l'efficacité des innombrables panacées que tant de sociologues improvisés nous proposent tous les jours, pour avoir la moindre envie d'en ajouter un nouveau à cette longue liste. Et cependant, il en est un... souverain, celui-là : transformer nos caractères, nos mœurs, nos volontés, développer nos énergies individuelles, nous américaniser un peu. Seulement, ce n'est point à coups de décrets, de lois, de réformes fiscales que nous y arriverons.

---


## M. BAYSSELLANCE

Ingénieur en chef de la Marine en retraite, à Bordeaux.


### LES BAINS DOUCHES SCOLAIRES A BON MARCHÉ

[613.41:613.44]

*— Séance du 11 août —*

Au Congrès de Besançon, en 1893, il a été rendu compte à la Section d'Hygiène publique des premiers résultats donnés par l'établissement des bains-douches à bon marché qui venait d'être créé à Bordeaux. Nous voudrions aujourd'hui mettre le Congrès au courant des progrès accomplis

par cette œuvre, spécialement au point de vue de l'hygiène des enfants, question mise à l'ordre du jour de ses délibérations.

Bien que l'établissement, comprenant douze cabines, eût été ouvert le 5 janvier 1893, c'est-à-dire en plein hiver, la proportion des bains donnés suivit une progression croissante. Dès la première année, on arriva au chiffre de 26.051 bains.

L'œuvre s'imposa bientôt à la sollicitude des pouvoirs publics et elle bénéficia de subventions de l'État, du département, de la chambre de commerce, de la ville de Bordeaux (sous forme de bons pour cette dernière) et de la Société d'hygiène. Elle prit son essor définitif, et le nombre des bains donnés s'accrut au point de nécessiter la création, dans divers quartiers de la ville de Bordeaux, de nouveaux établissements.

C'est ainsi que dans les locaux existant actuellement, l'œuvre a donné, jusqu'à ce jour, un chiffre total de 643.921 bains.

Pendant que les promoteurs des bains-douches à bon marché poursuivaient avec succès le but qu'ils s'étaient assigné, donner à la population bordelaise le goût des bains, et par suite, des habitudes de propreté, ils reçurent les précieux encouragements d'hygiénistes tels que MM. les docteurs du Mesnil, Brouardel, Napias, Mangenot, Richard, Drouineau et Martin.

Un homme éminent qui fut toute sa vie, l'apôtre de la charité et de la solidarité, Jules Simon, leur apporta également le concours de sa plume éloquente et autorisée dans un remarquable article publié par le *Soir* du 13 novembre 1895. Il montra les bienfaits incontestables des bains-douches à bon marché au point de vue de l'hygiène et de la morale publiques, et il rendit hommage au dévouement des promoteurs et des propagandistes de ces bains.

Ces divers encouragements étaient trop flatteurs, pour que les membres du comité de l'œuvre y fussent indifférents. Ils continuèrent donc leur action bienfaisante sans se lasser jamais.

Cette action bienfaisante, ils voulurent l'étendre davantage encore, et la faire pénétrer jusqu'à l'école. C'était le vrai moyen de vulgariser par l'école, les notions d'hygiène corporelle. Nous croyons pouvoir dire qu'ils y ont réussi. Les faits sont là pour le prouver surabondamment.

L'administration académique se montra favorable à ce projet. M. l'Inspecteur Sendrès, fervent ami de l'œuvre, dès le début, réunit son personnel de directeurs et de directrices et leur proposa d'accompagner, une fois par mois, leurs élèves au local des bains-douches. Cette proposition fut acceptée, et le prix de chaque bain-douche fut fixé à 10 centimes.

Quelques parents que le mot de « douche » avait d'abord quelque peu effarouchés, se montrèrent tout d'abord, hésitants, mais ils revinrent bientôt de leurs préventions.

Les enfants, eux, prenaient leurs bains avec beaucoup d'entrain, et se déclaraient ensuite enchantés.

Cela se passait en 1893. Cette année-là, le nombre des bains-douches scolaires fut de 2.411, puis on donna successivement : en 1894, 13.680 bains ; en 1895, 13.030 ; en 1896, 9.868 ; en 1897, 10.106 ; en 1898, 10.533 ; en 1899, 16.361 ; en 1900, 18.335 ; en 1901, 22.233.

Ce qui donna au 31 décembre 1901, un chiffre total de 116.557 bains scolaires se décomposant ainsi : écoliers 75.340 ; écolières 41.217.

Le comité voulut doter les tout petits de cette heureuse innovation, et dans le courant de l'année 1898, des bains-douches chauds furent successivement créés à la crèche de la Bastide et à l'école maternelle de Caudéran. Un rapport, adressé le 24 septembre 1898, à M. le Préfet de la Gironde, par M. Delage, Inspecteur du service des enfants assistés de la Gironde, donne des détails intéressants sur cette création. « Les enfants admis à la crèche prennent des bains-douches, le mardi et le samedi de chaque semaine. Depuis environ deux mois, les bébés sont soumis à ces mesures d'hygiène et de propreté avec l'assentiment de leurs parents. J'ai assisté à une séance de balnéation et tous sont venus gaillardement se placer sous la pomme d'arrosoir qui versait sur leur corps un jet en pluie d'une eau à la température de 36 à 38 degrés centigrades ».

Après avoir décrit l'appareil dont le prix varie entre 150 et 300 francs, M. Delage démontre *que le coût de chaque bain-douche revient à peine à un centime.*

Et il termine en exprimant le désir que toutes les crèches de Bordeaux entrent dans cette voie, par suite des avantages de toutes sortes qu'elles trouveront dans l'application de cette mesure.

Ce rapport fut transmis par M. le Préfet de la Gironde, à M. le Président du Conseil, ministre de l'Intérieur, qui adressa des félicitations aux administrateurs de l'œuvre, pour leur excellente initiative.

Les bains-douches fonctionnent toujours régulièrement à la crèche où, à la date du 31 décembre 1901, 4.735 bains ont été donnés.

Depuis longtemps, M^lle^ Élise Lafon, directrice de l'école maternelle de Caudéran, commune suburbaine de Bordeaux, qui avait constaté le *défaut de propreté corporelle* des enfants qui lui étaient confiés, regrettait de n'avoir point dans son école une installation quelconque qui lui permît de donner à ces bébés les soins maternels dont quelques-uns étaient privés et qu'ils ignoraient complètement.

Aussi le comité trouva-t-il chez cette intelligente et dévouée directrice, l'accueil le plus favorable pour l'installation d'un appareil dans son école.

Voilà le bain-douche installé, le premier dans une école. Mais il reste à vaincre les résistances des parents qui craignent pour leurs petits, les rhumes, les bronchites ; les petits ne font pas tant de façons : ils tendent

leurs menottes pour se faire déshabiller et recherchent déjà l'honneur de passer le premier, récompense accordée au plus sage en classe. Et, enveloppés dans leurs petits peignoirs, près du poêle bien chauffé, ils attendent impatiemment leur tour de passer sous « la douce » comme ils disent dans leur langage enfantin.

Nombre de bains-douches donnés au 31 décembre 1901 à l'école maternelle de Caudéran : 3.576 bains.

Cette première expérience était trop décisive pour que nous n'eussions pas, au comité, le vif désir de la renouveler ailleurs. La municipalité de Talence, autre commune suburbaine de Bordeaux entendit notre appel ; et dans sa séance du 19 août 1898, le conseil municipal de cette commune, sur la proposition de M. Huc, adjoint au maire, vota les fonds nécessaires pour une cabine de bains-douches qui fut installée dans le réfectoire de l'école maternelle.

L'inauguration en fut faite le 16 octobre 1898, sous la présidence de M. Georges Picot, membre de l'Institut, et en présence de M. Berniquet, préfet de la Gironde.

Là aussi, les mamans craintives évoquèrent les rhumes, les bronchites, les fluxions de poitrine ; M^me^ veuve Maiseau, la zélée directrice, soutenue, encouragée par M. Migné, inspecteur primaire, parvint à vaincre toutes les résistances, et les bains-douches suivirent une progression croissante qui ne s'est pas un seul instant démentie. Au 31 décembre 1901, on comptait 3.600 bains-douches.

L'action bienfaisante des bains-douches s'étendit bientôt à l'enseignement secondaire : il en fut successivement créé au lycée de Bordeaux, chez les Jésuites de Tivoli, et au Petit Séminaire. Ces bains-douches fonctionnèrent à la grande satisfaction de tous.

La Société bordelaise des Habitations à bon marché ne pouvait rester indifférente aux merveilleux résultats obtenus par la société des bains-douches dans laquelle elle compte tant d'amis. Elle adjoignit des bains dans certaines maisons des groupes qu'elle avait déjà fait construire, et elle décida que désormais des cabines de bains seraient comprises dans le plan de chacune de ses constructions. C'est ce qui a été fait, à la grande satisfaction et au grand profit des locataires acquéreurs.

La cause qui nous est chère, la propreté par les bains, y gagnera également, car beaucoup de particuliers, une centaine environ tinrent à honneur d'avoir chez eux, leur cabine de bains-douches. Le nombre de ces particuliers augmente chaque année.

M. Bayet, directeur de l'enseignement primaire, présidant le 31 octobre 1898, le banquet de l'Union des Sociétés de gymnastique de France, exprimait le vœu que partout où l'on ouvrira une salle de gymnastique, il y ait, à côté, une salle de bains-douches.

Ce vœu n'a pas tardé à être réalisé au gymnase de la Société de gymnastique, *La Bastidienne*, à Bordeaux. Et avec quel entrain les jeunes gens accouraient, après les exercices du soir, se placer sous la pomme d'arrosoir, afin de recevoir la bienfaisante pluie dont le corps, un peu las, se ressentait si agréablement.

Certains gymnases de France ont suivi cet exemple qui, nous le souhaitons ardemment, sera généralisé dans un avenir prochain.

Nous allons maintenant examiner notre œuvre au point de vue physique, hygiénique et moral, en ce qui concerne l'enfant.

Les résultats que nous venons d'indiquer ont leur importance, car ils démontrent, d'une façon évidente combien les bains-douches sont devenus populaires à Bordeaux.

Mais il est un côté de la question que nous devons envisager, puisqu'il fait l'objet de ce mémoire; c'est « la vulgarisation par l'école, des notions d'hygiène corporelle ».

Nous croyons que les bains-douches sont une des meilleures leçons d'hygiène. Nous ne nous contentons pas, en effet, de donner aux enfants quelques notions sommaires d'hygiène, La théorie est une bonne chose, mais la pratique vaut encore mieux, et c'est à cette pratique que nous habituons les enfants dès leur âge le plus tendre, c'est-à-dire dès leur entrée à la crèche. L'influence heureuse de nos bains-douches sur le physique et le moral des enfants est incontestable ainsi que nous allons le démontrer.

Commençons par la crèche de La Bastide où comme nous l'avons déjà dit, nous avons installé, en juillet 1898, un de nos appareils.

A l'Assemblée générale de la crèche du 16 mars 1899, M. le Dr Gautier présentait un rapport d'où nous extrayons ce qui suit :

« Nous avons eu, cette année, bien moins de malades que les années précédentes, l'état sanitaire de 1898 a été généralement bon; ce n'est pas pourtant dans cette heureuse coïncidence que je veux trouver la raison de la grande diminution de nos malades, cette raison se trouve surtout dans les améliorations hygiéniques considérables apportées au fonctionnement de la crèche... Après avoir doté la ville de Bordeaux de plusieurs installations de bains-douches dont bénéficient si heureusement la population ouvrière, la jeunesse de nos écoles et même le paisible bourgeois, M. Charles Cazalet ne pouvait manquer de doter la crèche de cette innovation hygiénique de premier ordre. L'appareil est des plus simples; en revanche, il procure un bien immense à ces pauvres enfants si mal tenus dans leur famille et dont le corps témoignait d'une malpropreté habituelle. Quiconque a fait, ces temps derniers, une visite à la crèche a pu être frappé de l'air de propreté générale, de la bonne tenue des pensionnaires et de l'absence de toute odeur malgré l'agglomération et la présence de vingt-

cinq enfants dans un espace un peu réduit... Les résultats des bains-douches sont parfaits. Le système nerveux si excitable du jeune enfant se trouve calmé, détendu, et le sommeil si souvent agité redevient calme, paisible, réparateur. Les échanges nutritifs sont facilités, activés et la peau débarrassée de ces impuretés de toutes sortes, n'a plus tendance à se trouver le partage d'éruptions variées, telles que l'eczéma, l'impétigo, etc. »

M. le Dr Phelippot, médecin chargé également du service de la crèche, constatait, l'année suivante, comme son collègue, que les bains-douches donnés aux jeunes enfants continuaient leur action bienfaisante sur le physique et le moral de ces êtres si intéressants.

Dans son rapport du 24 septembre 1898, déjà cité, M. Delage, inspecteur du service des enfants assistés dans la Gironde, s'exprimait ainsi, après avoir rappelé un rapport antérieur présenté à M. le Préfet de ce département :

« Depuis cette époque, un fait considérable s'est produit dans une des crèches de Bordeaux, comme il peut avoir *une influence très grande et très heureuse pour la santé de ses petits pensionnaires*, et qu'il peut inciter les établissements similaires à suivre l'exemple qui leur a été donné, je considère qu'il est de mon devoir de vous le signaler... Ainsi pour une somme dérisoire (un centime par bain-douche), on obtient les résultats les plus avantageux pour la santé des enfants. M. le Dr Phelippot, médecin de la crèche de La Bastide, mentionne par l'attestation annexée à ma lettre qu'aujourd'hui, *l'odeur spéciale commune à toutes les crèches a totalement disparu des salles*, et il m'a été donné de constater que son appréciation était absolument fondée. »

A la suite de ce rapport, M. Delage adressa aux présidentes de toutes les crèches de la Gironde, une lettre-circulaire les invitant à examiner si une amélioration de ce genre pourrait être apportée à la crèche qu'elles présidaient.

Du premier rapport (10 octobre 1898) présenté par Mlle Élise Lafon, alors directrice de l'école maternelle de Caudéran nous extrayons ce qui suit :

« J'ai constaté, depuis que nous avons le rare bonheur de posséder un bain-douche, que l'enfant a plus de gaîté, il apporte à la leçon plus d'attention, de docilité, il est plus reposé et surtout plus calme, on comprend que la leçon sera bonne et c'est, en effet, ce qui a lieu. Le bain-douche, on ne peut le contester, apporte une heureuse influence, et développe les dispositions de l'enfant. L'effet moral se découvre en même temps...

» Le bain-douche rend à l'école maternelle, aux enfants de deux à six ans, des services inappréciables à tous les points de vue... Je constate avec plaisir l'effet moral produit sur les parents. Les enfants sont plus propres, mieux tenus. »

Dans son deuxième rapport (15 octobre 1899), M^lle Élise Lafon renouvelle les mêmes constatations :

« Aujourd'hui, dit-elle, le grand pas est fait; nos enfants sont changés de linge le samedi, les mamans acceptent et demandent la douche pour leurs bébés, assurées d'avance qu'elle sera bienfaisante et fera de leurs enfants malingres et chétifs, des enfants bien portants, robustes et aguerris aux divers changements de température. »

Dans son rapport du 28 septembre 1899, M^me veuve Maiseau, directrice de l'école maternelle de Talence s'exprimait en ces termes :

« Était-ce donc faire œuvre d'amélioration physique et morale que de créer un bain-douche dans l'école? Assurément, et très grande encore! car habituer l'enfant, dès le plus bas âge, à être propre, non seulement de la figure et des mains, mais aussi et surtout du corps, c'est le fortifier au point de vue physique, la propreté corporelle amenant la bonne circulation du sang, et c'est en même temps le moraliser, car c'est lui apprendre que, par la propreté, nous respectons les autres en nous respectant nous mêmes.

» Pas un accident, pas un malaise; tous les enfants douchés, des plus petits aux plus grands, ont paru contents du bien être que leur apportait chaque douche et, c'est avec une joie, vraiment plaisante à voir que le jour des bains-douches était accueilli dans chacune des écoles. »

Si nous passons dans les écoles primaires, les résultats obtenus n'en sont pas moins satisfaisants. Ils ont été constatés dans un remarquable rapport présenté le 30 juin 1894, au Comité des bains-douches par M. Sendrès, inspecteur primaire, un ami de la première heure, et son distingué successeur M. Migné, a par la suite, confirmé ces constatations.

M. l'inspecteur Sendrès disait :

« Aujourd'hui nous sommes bien près de pouvoir affirmer que la pratique du bain est entrée dans les habitudes scolaires de Bordeaux. Mais c'est aussi une question d'éducation qui est mêlée à la question du bain. Je crois que le bain peut faire à nos enfants non seulement de la santé physique, mais encore de la santé morale. Propre, l'enfant sera, cela n'est pas douteux, plus dispos, plus alerte d'humeur, plus vif d'esprit, plus vaillant à l'effort. Mieux que cela, il sera plus moral, ou tout au moins, plus accessible à l'influence morale... Dans une école, neuf fois sur dix, les élèves les meilleurs, au sens excellent du mot, les plus laborieux, les plus sincères, sont également ceux qui se tiennent le mieux : à la lettre et au figuré, ils sentent bon... La propreté développe et fortifie dans l'enfant le sentiment de la dignité personnelle : elle est une sorte de noblesse physique qui assure ou prépare une noblesse morale. Presque toujours l'une est unie à l'autre. »

Ces observations ont été confirmées par les rapports de plusieurs directeurs d'écoles. Nous ne les citerons pas tous. L'un d'eux disait :

« J'ai à vous présenter mieux qu'une comparaison de chiffres; c'est l'effet moral vraiment surprenant dû à cette mesure hygiénique; j'ai régulièrement constaté qu'au retour du bain, les élèves apportaient à la leçon du maître, une spontanéité d'attention, une fraîcheur d'esprit, d'excellent augure pour l'enseignement. »

Tous les rapports, en un mot, peuvent se résumer à merveille par cette phrase typique : *Le bain-douche vaut une classe.*

Ces magnifiques résultats officiellement enregistrés par M. l'inspecteur Sendrès et par les directeurs d'écoles, furent confirmés publiquement à Bordeaux, par M^me^ Kergomard, inspectrice générale des écoles, dans une intéressante conférence dont chacun a gardé le souvenir.

Non seulement, les enfants profitaient des bienfaits des bains-douches; mais ils tenaient à faire profiter leurs parents des mêmes avantages. Ils se faisaient et ils se font encore les propagandistes de notre œuvre. Que de fois il nous est arrivé de constater que le père, la mère, qui venaient dans nos locaux, y avaient été entraînés à l'exemple de l'enfant qui, lui-même, devenu grand, conservait ces habitudes d'hygiène qu'il avait contractées à l'école.

Nous ne pouvons résister au désir de reproduire quelques passages, d'un remarquable discours prononcé à notre Assemblée générale du 30 mars 1898, par M. Couat, l'éminent et regretté recteur de l'Académie de Bordeaux :

« Vous avez rendu aux enfants de nos écoles, un service qu'aucun autre ne pourrait remplacer; notre intérêt était d'accord avec nos sentiments pour vous aider, dans la mesure de notre pouvoir, à réaliser une œuvre nouvelle qui est scolaire autant que sociale, et l'un et l'autre en même temps. Votre intelligente initiative a résolu le problème pour les enfants des écoles primaires. C'est pour eux un bienfait inestimable. Et je ne parle pas seulement des précieux avantages qu'ils en retirent au point de vue de l'hygiène. La chose est assez évidente en elle-même, et a été suffisamment démontrée pour qu'il soit inutile de la démontrer une fois de plus; je me placerai au point de vue moral; toute œuvre sociale doit être avant tout, une œuvre morale... Il importe donc, avant tout; de donner à l'être humain de saines habitudes morales. Le souci de la propreté est une de ces habitudes. Il est nécessaire surtout, j'ose le dire, dans les milieux pauvres.,. Si l'on a raison de juger les mœurs d'une famille par la tenue d'une maison, aurait-on bien tort de juger celles d'un homme du peuple, par le nombre de visites qu'il fait chez vous? Dis-moi comment tu te laves, pourrait-on dire de l'homme du peuple, je te dirai qui tu es, ce que tu vaux.

» De même que les membres de l'enfant prennent peu à peu certaines attitudes dont il sera difficile de le corriger plus tard, de même son âme prend tels ou tels plis qui ne s'effaceront plus. Le façonner dès le plus

jeune âge à la propreté, c'est lui donner un de ces plis heureux qui rendent plus facile l'exercice de l'honnêteté.

» Ce que je suis heureux de redire, après tous ceux qui m'ont précédé à cette place, c'est que vous avez créé une œuvre féconde. Je vous en ai déjà remerciés au nom des enfants de nos écoles, permettez-moi de vous en remercier aussi, en terminant, au nom de tous ceux qui croient à la contagion du bien au moins autant qu'à celle du mal. »

On ne pourrait, croyons-nous, montrer en termes plus élevés et plus éloquents, les bienfaits des bains-douches scolaires et l'influence exercée par une hygiène corporelle bien entendue, sur le moral des enfants.

La haute approbation de M. le recteur Couat nous a été bien précieuse, et elle n'a pas été étrangère, avec celle de son distingué successeur M. le recteur Bizos, au développement considérable qu'ont pris les bains scolaires à Bordeaux.

Nous avons conscience que notre œuvre, en s'occupant aussi activement des soins de propreté de l'enfance, travaille à la régénération de notre race et à la grandeur de la Patrie.

Aussi en terminant, souhaitons nous ardemment la réalisation du vœu de M. le Dr du Mesnil, adopté le 19 décembre 1892, par le Conseil d'hygiène publique de France.

« Dans toutes les écoles, collèges, lycées, gymnases publics à construire, on devra installer un service de bains-douches permettant le lavage hebdomadaire de tous les enfants ; au fur et à mesure des ressources budgétaires, tous les établissements existants en seront pourvus. »

---

M. le Dr A. FESTAL (d'Arcachon)

Ancien interne des hôpitaux de Paris.

---

## DES LYCÉES CLIMATIQUES [3719:613.12]

*— Séance du 13 août —*

C'est une question d'hygiène appliquée à l'enseignement secondaire que je désire ébaucher devant vous, espérant que la tribune du Congrès enflera suffisamment ma voix pour que cette communication soit entendue des Pouvoirs publics.

En France, le mot *lycée* est presque synonyme de construction massive

à plusieurs étages, d'architecture décorative, élevée à grands frais dans les centres urbains sur des emplacements que le prix du terrain restreint forcément.

Il s'ensuit qu'on réduit les dimensions des cours, que les constructions rattrapent en hauteur ce qu'elles ne peuvent étaler en superficie ; les lycées ayant ainsi plusieurs étages, l'air et la lumière accèdent imparfaitement dans les pièces destinées à l'instruction — études et classes — où les élèves résident tout le jour.

Qu'il soit désirable de remédier à cet état de choses, cela ne peut faire doute pour personne ; que ce soit possible nous semble également hors conteste. Voyons par quels moyens.

Le lycée climatique, tel que nous le concevons, répondrait à tous les desiderata et offrirait à l'État une source importante d'économies, tout en respectant les intérêts du corps enseignant.

Je m'explique : par *lycée climatique* j'entends un lycée situé en air pur, dans un climat salubre, à la campagne ou au bord de la mer.

Le choix d'une telle situation topographique aurait pour premier résultat de doter les lycées de vastes emplacements ; le terrain étant supposé à très bon marché, on y taillerait largement, en sorte que les cours, par exemple, seraient d'immenses champs d'exercices où les jeux de plein air et les libres ébats deviendraient la distraction choisie. Les élèves, au lieu de s'étioler dans d'exigus quadrilatères, auraient l'espace, la lumière et le soleil pour s'y ébrouer et s'y délecter au plus grand profit de leur développement physique.

Comme corollaire, les bâtiments scolaires seraient édifiés d'après des données nouvelles : au lieu d'étages superposés, on adopterait une réforme architecturale pratique et hygiénique ; il n'y aurait que des pavillons en rez-de-chaussées surélevés ou surmontés au plus d'un étage ; ils seraient économiquement construits en fer et briques, prenant le jour de toutes parts à l'aide de larges baies ; l'extérieur en serait riant grâce aux briques de couleurs différentes ; à l'intérieur, les murs seraient doublés de cloisons en retrait de quelques centimètres, de façon à ménager un espace libre, sorte de chambre à air isolante. préservant de toute humidité et restreignant les échanges de température entre le dedans et le dehors ; la ventilation en serait assurée par un des nombreux systèmes connus mais d'un usage beaucoup moins général en France que dans les Gymnasiums allemands.

L'ensemble des pavillons recevrait l'orientation la plus conforme au pays, à son climat, aux vents habituellement régnants.

Enfin, des passages couverts uniraient entre eux les divers pavillons. Ce serait, en somme, l'application aux constructions scolaires des principes si heureusement adoptés par les hôpitaux modernes pour lesquels le sys-

tème des pavillons isolés, bâtis en dehors des agglomérations urbaines, largement éclairés et aérés, est devenu comme un dogme inviolable.

Il ne manquera pas, croyons-nous, d'architectes soucieux des intérêts de notre jeunesse pour chercher et trouver la formule nouvelle ayant pour but primordial l'hygiène et y subordonnant humblement toute considération secondaire.

Nous connaissons, à Arcachon, un établissement d'enseignement fondé par des congréganistes et dirigé par eux ; situé dans un climat très salubre, il occupe un vaste emplacement, possède des cours très spacieuses, des bosquets, potagers et jardins, peut recevoir 200 élèves internes.

Son prix de revient total, y compris les constructions, aménagements, achat de terrains, etc., n'excède pas 500.000 francs, soit environ 2.500 francs par élève.

Nous sommes loin — bien loin — des millions dépensés pour les grands lycées de Paris (1) et même de province.

Cet établissement est à ce point prospère que les prévisions de ses fondateurs sont dépassées depuis longtemps, qu'on a dû l'agrandir et que les demandes d'inscriptions doivent être adressées d'avance sous peine de n'y pouvoir être admis faute de places.

C'est qu'il y a, selon nous, une telle importance pour les enfants à passer en air pur et dans des conditions climatiques de choix les années de leur jeunesse, où l'effort intellectuel qu'on leur demande coïncide justement avec leur maximum de croissance, qu'il est inconcevable qu'on se soit si longtemps attardé aux antiques errements des lycées-casernes en milieu urbain, véritable sacrilège physiologique.

Et qu'on n'invoque pas les exigences du corps enseignant désireux de vivre dans un milieu intellectuel : ce desideratum, très légitime, ne doit pas être négligé ; mais tout se trouvera concilié si l'on a soin de choisir, comme emplacement des futurs lycées climatiques, des régions assez rapprochées de centres universitaires pour que les professeurs, sans longs ni coûteux déplacements, puissent user des bibliothèques et des laboratoires des Facultés.

(1) Le *Collège Rollin* a coûté 7.520.313 francs.
Nombre d'élèves prévu : 1.000.
Prix de revient par élève : 7.250 francs.
Le *Collège Chaptal* a coûté 3.800.000 francs.
Nombre d'élèves prévu : 1.000.
Prix de revient par élève : 3.800 francs.

| | | |
|---|---|---|
| *Lycée de Montauban.* — Dépenses de construction . . . . . | Fr. | 1.140.000 |
| — Achat de terrain . . . . . | | 160.000 |
| TOTAL . . . . . | Fr. | 1.300.000 |

Nombre d'élèves prévu : 320.
Prix de revient par élèves : 3.562 francs.

A côté de ces chiffres, je citerai ceux du Sanatorium d'Arcachon dont la construction revient, mobilier et aménagements compris, à 1.855 francs environ par enfant, et qui est destiné à recevoir 200 pensionnaires.

Il faut reconnaître, d'ailleurs, qu'ils bénéficieraient eux-mêmes de ces conditions hygiéniques éminemment aptes à les retremper après leurs années d'École normale et le dur labeur qu'ils y ont fourni.

C'est donc une double réforme dont je signale ici l'impérieuse nécessité : réforme de l'hygiène des lycées et réforme corollaire de leur architecture pour le plus grand bien de notre jeunesse et de sa renaissance physique.

La question de l'internat s'y rattache étroitement : cette institution tant décriée, et qui pourtant offre de si précieux avantages, cessera d'être méconnue et retrouvera, chez nous, la faveur dont elle jouit à l'étranger, dès qu'on placera les internes dans des conditions hygiéniques satisfaisantes. Il est bon, pour les enfants, d'habiter en commun, ils font ainsi un utile apprentissage de la vie ; les parents le comprendront et rechercheront pour leurs fils les bénéfices de cette cohabitation le jour où il leur sera démontré qu'ils n'ont plus à payer ces avantages au prix de dangereuses concessions hygiéniques. Du même coup, l'accroissement du nombre des élèves internes augmentera les profits de l'État et allégera d'autant le budget de l'Instruction publique puisque, nous le savons, c'est l'internat seul qui rapporte, tandis que *l'externat* (c'est-à-dire l'enseignement proprement dit) ne couvre pas ses frais. Il y a lieu de ne pas négliger ce côté pratique de la question.

Les lycées climatiques sont appelés à un succès considérable et rapide : les enfants délicats, à hérédité suspecte, y trouveront des conditions physiques assez favorables pour pouvoir, tout en s'instruisant, franchir la période d'adolescence surtout redoutable pour les frêles tempéraments.

Pendant les mois de vacances, les bâtiments des lycées climatiques pourraient donner l'hospitalité aux colonies scolaires et aider ainsi puissamment à l'essor de cette institution philanthropique déjà si prospère.

Lorsque les Drs Le Gendre, Mathieu et Thomas ont fondé leur *Ligue des médecins et des familles pour l'amélioration de l'hygiène dans les écoles*, ils ont obéi à des considérations de même ordre, c'est le même péril qu'ils signalent et veulent combattre, nous collaborons à la même œuvre.

En 1901, quelques mois avant l'éclosion de cette Ligue, nous fondions un Comité d'Initiative pour la création d'un lycée climatique à Arcachon. M. Léon de Rosny, le savant Directeur adjoint de l'École des Hautes Études, Vice-Président de la Société d'ethnographie, non content d'approuver notre idée, s'y associa avec une ardeur d'apôtre et y intéressa M. Léon Bourgeois qui nous fit l'honneur d'accorder son haut et puissant patronage à notre jeune Comité.

Arcachon nous semblait particulièrement indiqué à cause de sa situation exceptionnelle, avec son sol sablonneux perméable, l'abri de ses dunes et l'égalité de sa température due au voisinage de la mer et de la forêt de pins ; nous pensions que là, mieux que partout ailleurs, devait être tentée

la première expérience de lycée climatique. Mais un nouvel argument fut mis en relief par M. de Rosny et le Dr Pauliet : la proximité de Bordeaux et les relations de ce port avec les pays exotiques nous attireraient forcément une clientèle d'enfants étrangers qui, venus en France pour leur instruction, trouveraient à Arcachon une température égale, apte à leur faciliter l'acclimatement. Mis journellement en contact avec nos enfants, ils leur parleraient de leur pays, leur en feraient des descriptions détaillées, éveilleraient peu à peu dans leur esprit le goût des explorations, en sorte que le lycée climatique deviendrait comme une pépinière préparant des élèves aux Écoles coloniales et nous permettant de reprendre la tradition colonisatrice de nos ancêtres dont notre patriotisme nous fait souhaiter la renaissance et que bientôt peut-être des considérations d'économie sociale nous imposeront.

Je terminerai par le vœu suivant: que l'État, chaque fois qu'il y aura lieu pour lui de créer un lycée, s'inspire des considérations qui précèdent.

---

## M. le Dr H. FOLET

Professeur à la Faculté de Médecine de l'Université de Lille.

---

### LES DEUX MEILLEURES ARMES CONTRE L'ALCOOLISME [616.861]

---

*— Séance du 13 août —*

Tous les médecins sérieux sont convaincus et effrayés des méfaits de l'alcool, détestable poison qui tue lentement des millions d'hommes, crée la misère, détruit la famille, accroît la criminalité, la folie et le suicide, raréfie la natalité et abâtardit la race.

Cette conviction commence à pénétrer aussi dans l'esprit du grand public extra médical éclairé ; mais il n'y a pas très longtemps que cette pénétration s'effectue.

On commence cependant à savoir que la France tient presque la tête de la statistique internationale avec 5 litres environ d'alcool *absolu* par tête d'habitant, au lieu de 2 litres qu'elle consommait il y a vingt ans. Et, dans certaines régions (Normandie), la consommation atteint le chiffre énorme de 14 litres par tête.

Ce qu'il y a de particulièrement effrayant, c'est l'augmentation de la

consommation de l'absinthe en France ; en 1880, on en buvait, chez nous, 18.000 hectolitres. En 1897, on en boit plus de neuf fois plus : 168.000 hectolitres ; c'est plus qu'il ne s'en consomme dans le reste du monde. Et le mal a grandi depuis cinq ans.

Aussi la fréquence des cas de folie par alcoolisme augmente-t-elle en France depuis vingt ans dans des proportions dont le public n'a généralement pas la moindre idée.

Si l'on prend en bloc le nombre des aliénés internés dans les asiles, on trouve qu'il y en avait, en chiffres ronds, 13.000 en 1875 ; il y en avait le double, soit 26.000 en 1897. Le chiffre des suicides a aussi presque doublé : 5.400 en 1875, 9.200 en 1896. Le nombre s'accroît sans cesse des crimes ou délits commis par les alcooliques. Le jour approche où l'alcoolisme compromettra à tout instant la tranquillité de la rue et la sécurité de tous les citoyens.

D'autre part, la tuberculose fauche les intempérants par milliers ; sur 100 phtisiques soignés dans les hôpitaux de Paris, il y en a 71 qui doivent leur phtisie à l'alcool.

La conséquence de tout cela c'est que si l'on ne trouve pas un procédé efficace, non pour corriger les buveurs, mais pour empêcher l'armée des alcooliques de se renouveler et de grandir par l'adjonction de recrues puisées incessamment parmi les jeunes générations, la France tombera toute seule, sans guerre, sans cataclysme, au dernier rang des nations.

A cela quels remèdes ?

Il ne faut pas compter chez nous sur l'action légale et gouvernementale.

L'intérêt électoral d'une part, l'intérêt fiscal de l'autre, font que les anti-alcoolistes ne peuvent en rien compter sur l'action légale, parlementaire ou gouvernementale. Cela est triste, cela est scandaleux, mais cela est ainsi.

Reste donc l'initiative privée. Comment peut-elle agir seule ?

Elle s'exerce par la parole, les conférences, les brochures. Malheureusement tous ces conseils excellents ne sont écoutés que par ceux qui n'en n'ont nul besoin. Il en est de cela comme des sermons auxquels n'assistent que les fidèles.

L'action privée se manifeste encore par l'enrôlement dans les Sociétés de tempérance, se divisant en Sociétés d'abstinents qui s'engagent à n'user d'aucune boisson alcoolique, et Sociétés de tempérants qui usent modérément des boissons fermentées et ne renoncent qu'aux distillées.

A côté et, à mon avis, au-dessus de ces moyens de propagande, s'en place un autre. Je me suis souvent demandé pourquoi l'on n'applique pas, dans la lutte contre l'alcool, une méthode dont la puissance indiscutable s'étale aux yeux de tous. Cette méthode, c'est la *réclame*.

Chacun sait comment, aujourd'hui, on *lance* commercialement un produit quelconque.

Dans les journaux à grand tirage de toutes opinions, insertions quotidiennes d'annonces dithyrambiques. Dans les rues, innombrables affiches incessamment renouvelées et variées ; charrettes-affiches et hommes-sandwiches parcourant les boulevards ; transparents lumineux, lanternes magiques, allumages intermittents de lettres polychromes, etc.

Si vous faites cela, non seulement à Paris mais dans les grandes villes, voire dans les moyennes et dans les petites, durant deux, trois, quatre ans, si vous y mettez le temps et l'argent, vous arriverez à vendre des quantités considérables du produit ainsi annoncé, et vous rentrerez dans vos frais, lesquels, je l'avoue, auront été énormes.

Ce que je dis là c'est de l'histoire, de l'histoire courante. Le mécanisme psychologique de la réclame, c'est la répétition incessante, à satiété, la scie, l'obsession du cerveau de chacun par une affirmation tranchante, infatigablement ressassée.

Eh bien, cette force énorme, indiscutable, indiscutée, pourquoi ne l'appliquerait-on pas à la propagande antialcooliste?

Supposons que l'on affiche dans tous les bourgs, villages et villes, dans les mairies, dans les écoles, sur les marchés, des placards de couleurs éclatantes, de caractères typographiques tirant l'œil, où l'on énumérerait en quelques aphorismes simples, courts, frappants, typiques, les méfaits de l'alcool. Supposons que ces mêmes aphorismes soient imprimés au dos de toutes les ordonnances délivrées aux malades par les bureaux de bienfaisance, les consultations gratuites et dispensaires de tout ordre, les services médicaux des Compagnies de chemins de fer, des mines, des sociétés de secours mutuels, etc ; — au dos des livrets de famille que distribuent beaucoup de municipalités, des livrets militaires, des livrets d'ouvriers, des livrets de caisse d'épargne ; sur les couvertures des cahiers scolaires et des livres de classe ; sur les sacs, papiers d'enveloppement, étiquettes cartons, boîtes, cornets d'épiciers, charcutiers, merciers, marchands de tabacs (auxquels on les fournirait gratuitement ou à peu près) ; — que l'on fasse, en un mot, contre l'alcool, cette publicité outrancière, obsédante, qui carctérise la *réclame* commerciale moderne.

N'aurait-on pas chance d'inspirer, au bout de quelques années, la terreur et le dégoût de l'alcool aux générations nouvelles? Des vieilles, il n'y a guère lieu de s'inquiéter, les contaminés étant, sauf exceptions rarissimes, sacrifiés et perdus.

Pour réaliser largement ce programme, il faudrait beaucoup, beaucoup d'argent. Mais, sous prétexte que l'organisation d'une réclame intensive coûterait bon, faut-il s'endormir dans l'inertie absolue? Ne peut-on commencer sur une petite échelle et démontrer le mouvement en marchant?

C'est ce que nous avons pensé, quelques hommes de bonne volonté et

moi ; et, avec nos très modestes ressources, voici ce que nous avons fait à Lille.

Nous avons loué le droit d'affichage sur une vitre de chaque tramway circulant par les rues et nous y avons collé nos placards. Notre manifeste anti-alcoolique se promène donc quinze heures par jour, à une bonne centaine d'exemplaires, à travers les rues de la cité et s'offre quotidiennement aux regards de plusieurs milliers de personnes. Agira-t-il sur les esprits? Je ne sais. Toujours est-il que plusieurs de ces placards ont subi des égratignures et des lacérations ; évidemment de la main de gens que cette publicité inquiète. C'est un bon symptôme.

Nous avons également loué une case d'affichage dans quelques gares et y avons collé nos placards. Nous avons encore fait coller de grandes affiches sur lames de zinc, et les avons apposées sur des murs loués *ad hoc*.

Comme, au point de vue de l'alcoolisme, la ville de Lille peut se diviser en deux espèces de quartiers, les *quartiers à apéritifs* et les *quartiers à genièvre* ; l'affiche destinée aux premiers est ainsi conçue :

TOUS LES APÉRITIFS SONT DES POISONS.

*La France boit à elle seule*

AUTANT D'ABSINTHE

*que le reste du monde.*

*C'est pourquoi, en 20 ans, le nombre*

DES CRIMES, DES FOLIES, DES SUICIDES Y A DOUBLÉ.

Dans les quartiers ouvriers l'affiche porte :

EN BUVANT TOUS LES JOURS DU GENIÈVRE

*on devient alcoolique*

SANS S'ÊTRE JAMAIS GRISÉ.

L'ALCOOL ENGENDRE BEAUCOUP DE MALADIES,

SURTOUT LA PHTISIE.

DANS LES HOPITAUX, SUR 100 PHTISIQUES

IL Y A 71 ALCOOLIQUES.

Enfin, étendant notre action au delà de la cité, notre Association, qui a pris le nom d'*Œuvre de la réclame anti-alcoolique*, a obtenu l'apposition de placards dans tous les bureaux de poste *parisiens* et dans ceux des principales villes du Nord.

Voilà ce que nous avons tenté ici ; mais il faudrait que ce que nous ébauchons à Lille fût fait sur une beaucoup plus vaste échelle ; il faudrait

que ce fût fait dans toutes les grandes villes, et à Paris surtout, d'où le système aurait chance de rayonner et de s'étendre à tout le pays. Nous n'avons d'autre prétention que d'amorcer une propagande qui est, j'en suis persuadé, la seule tactique réellement efficace dont puisse user l'initiative privée.

## II

Je l'ai dit plus haut, en passant, la *réclame* n'a pas la prétention de corriger l'alcoolique invétéré.

En matière d'alcoolisme, on est à peu près incapable de guérir ; on peut espérer prévenir. Qui a bu boira ; le proverbe est généralement vrai. L'ignorance du danger, les préjugés touchant l'alcool considéré comme tonique, l'aveuglement volontaire des gens qui, ne se grisant guère, ne peuvent se croire alcooliques, ferment les oreilles d'une foule de buveurs aux salutaires conseils qu'on leur prodigue. Et, quand bien même ils nous croiraient, quand on arriverait à leur démontrer que l'alcool excite mais ne nourrit pas ; que les liqueurs, et en particulier les apéritifs, sont des poisons ; que l'on peut, par l'usage quotidien de l'alcool, mourir d'alcoolisme sans s'être jamais enivré ; l'expérience de tous les jours prouve que les tentations incessantes, les camaraderies d'atelier et de cabaret, la crainte des railleries, les habitudes prises, tout concourt à faire retomber dans son vice le buveur qui a pris vingt fois la résolution de se corriger. Il a d'ailleurs d'autres obstacles à surmonter que les obstacles moraux : l'alcoolique est un intoxiqué dont le système nerveux, habitué à un excitant, se détend et fléchit dès qu'il n'est plus soutenu par cette stimulation artificielle. Il reprend son équilibre en ingérant quelques verres d'alcool ; de la même façon que le morphinomane, à qui l'abstinence de son poison chéri occasionne de cruels malaises, les calme par une piqûre de morphine. S'ils résistent à la tentation, le malaise continue, dure un et même plusieurs jours et ne s'atténue qu'à la longue. C'est dire qu'il faut, pour engager et soutenir cette lutte, une énergie, dont peu d'alcooliques, — et encore moins de morphinomanes, — sont capables.

Quelques-uns cependant, par un effort véritablement héroïque, arrivent à se tirer du gouffre. Mais combien sont-ils ? Un sur dix mille, peut-être. Pratiquement, cela ne compte pas. Non, c'est à l'adolescence qu'il faut s'adresser. C'est d'elle qu'il faut dès aujourd'hui façonner le cerveau, de manière à former une génération de jeunes hommes pour qui l'alcool sera un stimulant sans valeur et un dangereux poison, aux yeux desquels il ne sera plus ridicule ni honteux de s'abstenir d'eau-de-vie et d'absinthe, et qui prendront l'alcoolique en pitié et en dégoût. Voilà l'idéal à poursuivre.

De là découle le rôle de l'éducation et de l'enseignement ; et, par voie de conséquence, celui de l'Université.

Il ya lieu d'ancrer solidement dans l'esprit des jeunes gens la conviction de l'alcool poison. Pour cela, il importe de ne pas leur présenter l'idée exclusivement comme un sujet de devoir, mais bien de la mêler sans cesse à la trame de l'enseignement. C'est à propos de compositions françaises, de dictées, que l'on s'attachera à faire comprendre aux enfants qu'en dehors de l'ivrognerie, forme répugnante de l'alcoolisme, il y a une façon du vice, d'apparence moins choquante, mais tout autant, sinon plus dangereuse ; — à propos d'arithmétique, où des problèmes seront posés sur les dépenses qu'entraîne l'alcool, ou les économies qu'il empêche ; — à propos d'histoire, de morale, de géographie, etc., etc.

Dans les écoles primaires élémentaires de garçons, la croisade anti-alcoolique est commencée depuis 1899.

Dans les écoles de filles, la propagande, pour affecter une forme un peu indirecte et impersonnelle, n'en est pas moins effective et n'en sera pas moins efficace. Si, dans quelques années, les anti-alcoolistes pouvaient faire fond sur le concours dévoué des femmes, ce ne serait pas là une force à dédaigner. On s'attache à persuader aux fillettes que, si nous répétons à satiété que l'alcool est un abominable toxique, c'est afin de préserver leurs pères, leurs frères, leurs futurs maris d'un péril grandissant ; et pour faire régner l'aisance et la gaîté en leur maison où l'alcoolisme apporterait la tristesse et la misère ; que leur bonheur, à elles, y est donc directement intéressé ; et que d'ailleurs la femme peut beaucoup, par ses qualités sérieuses d'ordre et d'économie, par ses qualités aimables de douceur et d'enjouement, pour fixer le père et les garçons à la maison.

C'est du reste une justice à rendre aux instituteurs et aux institutrices que de reconnaître qu'ils sont très disposés à être de vaillants soldats de l'anti-alcoolisme ; et l'on peut rendre la même justice aux professeurs de l'enseignement secondaire des lycées et des collèges.

En leurs mains réside le succès de la campagne anti-alcooliste ayant pour but de sauver notre pays d'un des plus réels et des plus grands dangers qui le menacent.

En résumé, la réclame anti-alcoolique et la propagande scolaire sont, à cette heure et à défaut de mesures légales, les deux meilleures armes que nous ayons à notre disposition pour combattre le fléau effroyable et grandissant de l'alcoolisme en France.

M. le Dr Adrien LOIR

Ancien Préparateur de M. Pasteur.

## L'INSTITUT PASTEUR DE TUNIS — FONCTIONNEMENT ET STATISTIQUES

[614.09:61.1]

*— Séance du 13 août —*

Lors du Congrès de Carthage, en 1896, l'Institut Pasteur de Tunis fut visité par les membres de l'Association française pour l'Avancement des Sciences. Au moment où nous rentrons en France, après un séjour de près de neuf ans dans notre colonie, qu'il nous soit permis de signaler l'état des services qui fonctionnent sous la dénomination d'Institut Pasteur dans ce pays de protectorat français.

Au mois de mai 1893, M. le Résident général de France en Tunisie s'adressa à l'Institut Pasteur de Paris, dans le but d'aider les viticulteurs tunisiens à améliorer leurs procédés de vinification. M. Duclaux, alors sous-directeur de l'Institut, proposa la création d'une station destinée à faire profiter la colonie des acquisitions récentes de la science. Depuis cette époque, le Ministère de l'Agriculture a doté de laboratoires analogues les différentes régions viticoles de la France.

A la fin de juin 1893, au moment où nous quittions la direction de l'Institut Pasteur de Sydney, après un séjour de quatre années, en Australie, M. Duclaux, sur la demande du Gouvernement tunisien, nous désigna pour étudier sur place l'établissement d'un laboratoire à Tunis, et en même temps, M. le ministre de l'Instruction publique nous donnait, sur la demande de M. Pasteur, une mission scientifique pour étudier les maladies contagieuses de l'homme et des animaux dans la Régence. Cette double mission aboutit à la fondation d'un laboratoire de vinification qui fut définitivement créé par décret de Son Altesse le Bey, en date du 17 septembre 1893. Nous en prîmes la direction et, depuis cette époque, nous nous sommes efforcés de faire profiter les viticulteurs tunisiens des applications pratiques de la science des ferments, tout en cherchant à grouper autour de notre laboratoire les services permettant la vulgarisation en Tunisie des découvertes faites par Pasteur et ses disciples.

Furent adjoints successivement au laboratoire primitif par décret de Son Altesse le Bey :

Un laboratoire de bactériologie, le 4 avril 1894;

Un Institut antirabique, le 15 juin 1894;

Un centre vaccinogène, en novembre 1894;

Un service antidiphtéritique fut créé en octobre 1895, à la suite d'une souscription publique dont l'initiative est due au journal *La Dépêche tunisienne.*

Ces différents laboratoires dépendent de la Direction de l'Agriculture et du Commerce de la Régence, et sont groupés sous le nom d'Institut Pasteur de Tunis.

Depuis que cet établissement est créé, sans parler des services qu'il rend tous les jours à la Régence, de réelles économies ont été faites au point de vue budgétaire.

En effet, les dépenses nécessitées pour permettre le fonctionnement de l'institution tout entière sont bien moindres, en comparaison des frais énormes qu'entraînait le voyage en France des personnes mordues par des chiens enragés et l'acquisition du vaccin de la variole préparé aujourd'hui au centre vaccinogène de Tunis.

Par décret de Son Altesse le Bey, en date du 27 juin 1898, le directeur de l'Institut fait de droit partie du Conseil central d'hygiène de la Régence.

## LABORATOIRE DE VINIFICATION

Depuis la création du laboratoire de vinification, le 17 septembre 1893, le directeur se tient constamment à la disposition des colons pour leur fournir les renseignements qu'ils peuvent désirer au sujet des procédés de vinification et de conservation des vins.

Des conférences sur les microbes en général, la fermentation, la vinification, le vin, ses maladies, son hygiène, ont été faites dans ce but à la Chambre d'Agriculture de Tunisie, qui les a publiées dans ses comptes rendus.

Au moment des vendanges, on a distribué gratuitement aux propriétaires qui en ont fait la demande, des levures sélectionnées, produites par le laboratoire. De nombreuses analyses ont permis de déterminer la nature des maladies qui atteignent certains vins.

De plus, des essais faits pendant trois ans, chez les colons et à l'École coloniale d'Agriculture de Tunis, sur la vinification, après stérilisation des moûts, tendent à démontrer la possibilité de remplacer la vinification traditionnelle par cette nouvelle méthode. La Direction de l'Agriculture nous a chargé de nous rendre à l'exposition et au concours des pasteurisateurs des vins, qui ont eu lieu à la fin de 1896, à Bordeaux, et à Beaune en 1901, sous la direction du Ministère de l'Agriculture. Cet examen a prouvé que la pasteurisation pouvait rendre les plus grands services aux viticulteurs tunisiens; l'emploi de cette excellente méthode n'est en rien préjudiciable

à la qualité reconnue de nos vins, certains des plus grands crus de France étant soumis à cette opération.

La Direction de l'Agriculture et du Commerce, afin d'encourager l'usage de cette pratique et de mettre des appareils à la disposition des colons, s'est engagée à garantir au fabricant un minimum de recettes et a fait venir en Tunisie l'appareil stérilisateur ayant donné les meilleurs résultats. La garantie n'a été d'ailleurs que purement nominale, car les colons comprenant tout l'intérêt qui s'attache à la pasteurisation ont fourni à cette dernière une quantité dépassant celle qui avait été exigée par le fabricant.

Fait sur une plus grande échelle, cet essai contribuera à généraliser une méthode dont l'utilité est reconnue à l'heure actuelle.

L'Administration de la Guerre ne pouvant conserver ses vins pour les distribuer aux postes du sud de la Tunisie, la ration de vin était remplacée par une indemnité en argent. Une expérience faite sous les auspices du laboratoire, par ordre du ministre de la Guerre, a démontré l'efficacité de la pasteurisation et, depuis ce moment, les postes du sud peuvent s'approvisionner de vin pasteurisé.

Enfin, le vinaigre consommé en Tunisie vient de l'étranger, en plus grande partie; le vin étant une des principales productions du pays, le vinaigre devrait, par conséquent, être fabriqué sur place. Pour amener ce résultat, la Direction de l'Agriculture a chargé le directeur du laboratoire de résumer les travaux de M. Pasteur sur l'acétification. Ce résumé, publié par la Direction de l'Agriculture, dans la série des guides destinés aux colons, contient tous les renseignements nécessaires au propriétaire qui voudrait essayer de faire du vinaigre.

### LABORATOIRE DE BACTÉRIOLOGIE

Le laboratoire de bactériologie répond à de nombreuses demandes d'analyses de colons désirant avoir des conseils sur la qualité des eaux d'alimentation, sur les maladies contagieuses des animaux de ferme et de basse-cour.

En outre, le laboratoire fait aussi des examens pathologiques de toute sorte (crachats tuberculeux, examen du pus, etc.).

Plusieurs fois par an ont été faites les analyses bactériologiques des eaux d'alimentation de Tunis, de celles du lac, des égouts et des différents centres de la Régence.

A la fin de 1893, une légère épidémie de choléra sévit sur Tunis, mais reste limitée à une portion très circonscrite de la ville, offrant des caractères qui rendaient douteux le diagnostic du choléra indien. Le laboratoire eut à se prononcer; le microbe du choléra asiatique fut mis en évidence, des mesures sévères de désinfection furent appliquées, et l'épidémie dis-

parut après avoir occasionné 35 décès en octobre, 80 en novembre, 19 en décembre.

Le ministre de l'Intérieur, sur la proposition du Comité consultatif d'hygiène publique de France, a désigné le directeur du laboratoire pour les recherches à faire, si jamais la peste était importée en Tunisie.

## INSTITUT ANTIRABIQUE

L'Institut antirabique a été inauguré le 15 juin 1894. Avant sa création, les personnes mordues par des animaux enragés étaient envoyées en France pour y subir le traitement pasteurien. L'anxiété morale, les mauvaises conditions matérielles dans lesquelles elles voyageaient et séjournaient à Paris, le grand éloignement du pays natal, le retard apporté par ce long voyage au début des inoculations, étaient autant de raisons réclamant impérieusement la création, à Tunis, d'un établissement de ce genre. D'autre part, de nombreux Arabes, surtout des femmes, refusaient de quitter le pays, tandis qu'ils acceptent de subir le traitement à Tunis.

A la séance d'inauguration, M. le chargé d'affaires de France en Tunisie. qui présidait cette cérémonie, donna lecture d'une lettre de M. Pasteur, précisant les avantages que la population tunisienne retirerait de la présence de cette institution dans la Régence. L'illustre savant y joignait ses vœux pour le succès du nouvel établissement.

Voici cette lettre :

» Vichy, le 8 mai 1894.

» *A Monsieur le Dr Loir,*
*directeur de l'Institut antirabique, Tunis.*

» Monsieur le Directeur,

» Je vous adresse tous mes vœux pour les nouveaux services que vous voulez inaugurer, En fondant à Tunis un établissement antirabique, vous épargnez aux personnes mordues la fatigue et les angoisses d'un voyage jusqu'à Paris.

» Les méthodes que vous avez étudiées dans nos laboratoires sont de celles qui préparent les succès certains. Mettez-vous à l'œuvre avec confiance, et que cet Institut de Tunis soit comme le prolongement de celui où vous avez été témoin de tout ce qui s'est fait dans nos salles d'étude et de recherches, pour l'honneur de la France et le bien de l'humanité.

» Recevez, Monsieur le Directeur, mes compliments les plus affectueux, ainsi que tous mes vœux pour vous et vos collaborateurs.

» *Signé :* L. PASTEUR. »

A la date du 13 juin 1894, M. le Ministre de la Guerre voulait bien charger l'Institut antirabique de Tunis, de traiter les militaires d'Algérie

et de Tunisie. Depuis l'installation de l'Institut d'Alger, en novembre 1894, il n'y a plus, en Algérie, que les individus affectés aux troupes des divisions de Constantine qui viennent, en cas de morsure, subir les inoculations à Tunis.

Bien qu'il n'existe aucun document antérieur à la fondation de l'Institut Pasteur, relatant une statistique, la rage a été de tout temps une maladie fréquente et assez répandue en Tunisie.

Ce qui en fait foi, c'est le nombre considérable de moyens mis en pratique par les indigènes pour guérir cette maladie. La superstition même attribue, à quelques marabouts, la faculté de prévenir la rage chez les mordus, et à l'eau de certains puits des qualités thérapeutiques à l'égard de cette maladie.

De tout temps, les toubibs (médecins arabes) se sont occupés de remédier à ce fléau et ont eu recours pour le faire aux panacées les plus extraordinaires.

La tête du chien mordeur carbonisée, pulvérisée et absorbée dans du vinaigre est un remède préconisé, ainsi que la fiente de chameau. A Gabès, le remède considéré comme le plus efficace par les indigènes est celui-ci : vingt-trois jours après la morsure, on fait absorber au blessé du bouillon fait avec de la viande d'un agneau d'un an, le poids d'un grain de blé d'une variété de coléoptère vésicant appelé dzernouth. Le malheureux ne tarde pas à uriner du sang dans lequel, au dire des Arabes, on retrouve sept petits vers qui seraient des embryons de chiens engendrés dans le corps humain par le virus. Ceux-ci une fois expulsés, le malade guérit.

Tous ces faits prouvent combien la rage est fréquente en Tunisie où elle se manifeste indifféremment, comme partout, en été ou en hiver. Nous n'avons pas remarqué une fréquence plus grande de la rage furieuse ou de la rage mue dans les différentes saisons.

Sur les 827 personnes soignées à l'Institut, du 15 juin 1894 au 15 juin 1901, on trouve 287 Français, dont 88 soldats ; 161 Italiens ; 30 Maltais ; 218 Arabes (hommes) ; 42 Arabes (femmes) ; 1 Grec ; 6 Espagnols.

On compte 73 morsures à la tête, 468 aux mains et 286 aux membres.

Les mordeurs ont été : chiens 762, chats 39, chacals 2, ânes 2, chevaux 2, mulet 1, hommes 19.

Cette quantité anormale de personnes contagionnées par des hommes et qui sont venues se faire traiter, s'explique par les usages d'une partie de la population tunisienne, les Siciliens, qui vont rendre visite au moribond, le chargent de commissions pour l'autre monde, l'embrassent et peuvent ainsi s'infecter.

Deux personnes ont été prises de la rage pendant le traitement, une autre est morte dix jours après la fin du traitement. D'après les règles adoptées à l'Institut Pasteur de Paris, on ne doit pas compter ces trois décès

dans le calcul de la mortalité ; ne doivent y figurer, en effet, que les personnes prises de rage plus de quinze jours après le dernier traitement. Elles sont au nombre de 3.

Un homme est mort onze mois après avoir subi les inoculations, un autre trois mois et un troisième quatre mois après le traitement.

Sur les 827 personnes traitées, la mortalité est donc de 0,36, c'est-à-dire à peu près le chiffre de la mortalité donné par presque toutes les statistiques des différents Instituts Pasteur.

La statistique de ces sept années nous montre la nécessité de l'application de la loi française qui veut que tout chien mordu, ou simplement roulé, par un chien enragé, soit immédiatement tué.

Cette loi n'existe pas en Tunisie : aussi voit-on de véritables épidémies se produire à la suite de la morsure d'un chien enragé. Cet état de choses provient de ce que, au lieu de détruire les chiens mordus, on les met, dit-on, en observation. Or, le propriétaire de l'animal ne s'aperçoit jamais que son chien mis en observation offre des symptômes de rage. Le 2 décembre 1899, deux personnes mordues par un chien viennent de Kairouan pour se faire traiter, L'animal atteint de rage a mordu un autre chien. Celui-ci est mis en observation, disent ces personnes,

Le 21 janvier 1900 arrivent à l'Institut deux nouveaux malades mordus par le second chien, en observation.

Le 6 décembre une autre personne se présente à l'Institut. Elle a été mordue par un chien qui en a mordu cinq autres qui sont aussi mis en observation. Enfin, le 17 janvier, trois personnes mordues par un de ces chiens en observation viennent demander les inoculations antirabiques. Voilà plusieurs personnes qui auraient été à l'abri de la contamination, si la loi qui veut que tout chien mordu par un chien enragé soit immédiatement abattu était en vigueur.

Le propriétaire d'un chien refuse toujours de reconnaître celui-ci pour suspect, et alors même qu'apparaissent des signes pouvant faire présumer l'hydrophobie, il ne veut pas les voir.

Tout dernièrement, nous avons été témoin du fait suivant. Un officier possédait deux chiens qui, ayant été roulés par un chien enragé, étaient en observation depuis un mois. Un jour, sur le point de sortir, il appela un de ses chiens à plusieurs reprises. Celui-ci n'obéit pas à l'appel de son maître qui, pour le punir, le cingla d'un léger coup de fouet. A son retour, au lieu de japper et d'accourir comme d'habitude, le chien restait immobile et abattu et, comme son maître s'approchait de lui pour le caresser, il le mordit à la main. Durant la nuit, éveillé par un bruit sourd, il trouva le chien qui était tombé du fauteuil sur lequel il dormait habituellement ; en le relevant, il fut mordu à l'autre main : le lendemain matin le chien fut trouvé mort, et ce ne fut que lorsque les mêmes symptômes se manifes-

tèrent, dix jours après, sur le second chien, et après l'avoir fait examiner par un vétérinaire qui reconnut la rage, que cet officier vint se faire traiter à l'Institut Pasteur,

La petite épidémie suivante, survenue à Sousse, montrera combien les mesures sanitaires sont efficaces pour arrêter l'évolution de la rage.

Il a été traité à Tunis, venant de Sousse, 3 personnes en 1894, 4 en 1895, 2 en 1896, 16 en 1897 et, enfin, 41 en 1898.

Le 9 février 1898, arrivent à Tunis 11 personnes qui ont été mordues à Sousse, le 6 février, par un chien enragé. Ce chien a mordu plusieurs autre chiens qui ont été tués, mais l'un d'eux, après être resté en observation pendant trois mois, est rendu à son maître et reprend sa place dans la maison.

Le 31 août, c'est-à-dire sept mois après qu'il avait été mordu, ce chien mord un enfant de neuf ans, fils de son maître ; on le met en observation, la nuit il casse sa chaîne et mord, dans la journée du 1er septembre, 5 personnes, dont 4 enfants.

Enfin, on le reconnaît atteint de la rage. Voilà 6 personnes obligées de subir le traitement antirabique. Je signale cette épidémie à l'administration : on prend des mesures et les mordus diminuent, puisque 6 personnes seulement viennent se faire traiter en 1899, 2 en 1900 et 7 en 1901. Souvent on signale la mort d'individus qui n'ont pas voulu venir se faire traiter ; d'autres viennent pendant un jour ou deux, puis ne veulent plus continuer à subir les inoculations parce que, fidèles aux traditions dont nous avons parlé plus haut, ils ont été se plonger dans l'eau d'un puits célèbre par ses guérisons. On ne tarde pas à apprendre la mort de ces malheureux quelque temps après.

Deux musulmans des environs de Tunis vinrent se faire traiter en 1898. Ils subirent le traitement pendant deux jours consécutifs, puis cessèrent de se présenter à l'Institut pour les inoculations. Je les fis avertir que le traitement n'était pas achevé ; mais ils refusèrent de revenir s'y soumettre. L'un et l'autre moururent de la rage à quinze jours d'intervalle, un mois et demi après.

Nous pouvons ajouter que, pendant ces sept années, nous n'avons pas vu un seul abcès sur les personnes inoculées.

### SERVICE BACTÉRIOLOGIQUE DE L'HOPITAL FRANÇAIS DE TUNIS

Le directeur de l'Institut Pasteur a été chargé du service bactériologique de l'hôpital civil français de Tunis. De nombreuses analyses de pus, de crachats, de sang, etc., sont faites pour cet établissement.

### SERVICE MUNICIPAL ANTIDIPHTÉRIQUE

Le laboratoire est en possession permanente d'une provision de sérum antidiphtérique frais qui est livré aux pharmaciens au fur et à mesure de leurs besoins. Les flacons de sérum trop anciens peuvent être échangés contre d'autres neufs sans aucun frais. Ce service fournit le sérum antidiphtérique à toute la Régence.

Lorsqu'un médecin se trouve en face d'un cas de diphtérie douteuse, il peut se procurer, à l'Institut, des boîtes contenant tout ce qui est nécessaire pour récolter, ce qui permettra au laboratoire d'établir le diagnstic bactériologique.

Le médecin n'inoculera donc le sérum qu'à bon escient et une fois fixé sur la nature du mal.

### CENTRE VACCINOGÈNE

La création du centre vaccinogène fut décidée en novembre 1894, à la suite d'une épidémie de variole qui enleva à Tunis 870 personnes sur une population de 160.000 âmes. Outre l'économie budgétaire, l'utilité de ce service, où l'on produit le vaccin sur des génisses, est suffisamment prouvée par ce fait, qu'à la suite de l'installation d'un de ces instituts dans une région, on voit toujours la petite vérole diminuer d'intensité.

En effet, le vaccin employé par les médecins est toujours plus frais, et partant plus efficace, de plus, la présence de ces centres crée toujours un mouvement en faveur de la vaccination.

Plus de 30.000 doses sont distribuées chaque année.

### LABORATOIRE DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES

A côté de ces services publics, le laboratoire est un centre de recherches scientifiques faites par le directeur ou par des visiteurs autorisés à travailler dans ses salles.

Ces différents travaux ont été publiés dans les principaux recueils scientifiques à l'Académie de Médecine où ils furent l'objet de plusieurs récompenses.

### ENSEIGNEMENT

Outre les conférences sur la vinification faites sous les auspices de la Chambre d'Agriculture de Tunis, le directeur de l'Institut Pasteur a été nommé professeur de bactériologie et d'hygiène coloniale à l'École Coloniale d'Agriculture de Tunis; les élèves de cette école suivent des

applications pratiques à l'Institut Pasteur. D'autres cours d'hygiène sont faits par le directeur au Lycée de Tunis, à l'École normale de Tunis et à l'École secondaire des filles de Tunis.

### PERSONNALITÉ CIVILE

Vu les services rendus par cette institution et pour permettre son développement, le 16 février 1900, par décret de Son Altesse le Bey, l'Institut Pasteur de Tunis a été doté de la personnalité civile.

Cet Institut continue à recevoir, comme par le passé, des subventions du gouvernement tunisien, mais il est autorisé à recevoir des legs et des subventions, et à se créer des ressources en recevant des particuliers le produit de la vente des divers vaccins, sérums et levures sélectionnées, ainsi que le prix des différentes analyses.

Une somme de 40.000 francs est inscrite au budget tunisien de 1902 pour construire de nouveaux laboratoires.

A l'occasion de l'Exposition Universelle de Paris, en 1900, l'Institut Pasteur de Tunis a obtenu deux médailles d'or, l'une dans la classe de l'hygiène et l'autre dans la classe des procédés de colonisation.

---

## M. le Dr Adrien LOIR

Professeur d'hygiène à l'École Supérieure d'Agriculture Coloniale.

---

## LE COMITÉ POUR LA DESTRUCTION LÉGALE DES RATS EN DANEMARK AU CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA MARINE DE COPENHAGUE [614.481.48.9]

*— Seance du 13 août —*

Depuis que le rôle des rats, qui sont les premiers agents infestés, a été démontré dans la propagation de la peste, les personnes responsables de la santé publique cherchent par tous les moyens à en détruire le plus grand nombre.

A Copenhague, depuis 1898, il existe une ligue, fondée par M. le conseiller de justice Zuschlag, sous le nom de Comité pour l'extermination rationnelle des rats en Danemark. Elle a pour but de faire connaître les dégâts causés par les rats et de démontrer l'utilité qu'il y aurait à en poursuivre la destruction. Sans parler des récoltes qu'ils dévastent, des poulaillers

qu'ils dépeuplent, s'introduisant dans les magasins et les entrepôts, ils se nourrissent de toutes sortes de marchandises, en abîment, en gaspillent une énorme quantité. On compte, en Danemark, qu'un rat consomme en un jour, pour environ 14 centimes de marchandises. A bord des bateaux qui apportent des chargements de café, on estime que souvent ils font pour 8 à 10.000 francs de dégâts. Les sacs qui contiennent le café sont souvent au nombre de 70 à 80.000 dans un chargement. Sur ce chiffre, ils éventrent 8 à 10.000 sacs. Le café se répand dans la cale, les différentes espèces se mélangent, il faut raccommoder les sacs, trier le café. De là une dépense d'environ 1 franc par sac. M. le docteur Bang, directeur du Collège d'agriculture de Copenhague, qui est membre du Comité de destruction des rats, nous disait que, non seulement les rongeurs sont les agents de propagation de la peste, de la fièvre aphteuse, mais encore ceux du rouget des porcs, et probablement de la tuberculose et de bien d'autres maladies de l'homme ou des animaux.

Dernièrement, à bord d'un bateau anglais qui n'avait qu'une année de construction, on a tué, par le gaz sulfureux Clayton, 1.660 rats. Il est vrai que ce navire transportait du bétail et du fourrage. En Danemark, on a cherché à établir le compte total des pertes occasionnées par les rats, et M. Zuschlag, qui nous donnait ces détails, nous disait qu'on arrivait au chiffre de 15 millions de francs en une seule année. Comme la population du Danemark est de 2 millions 500.000 habitants, c'est un tribut de 6 francs par tête et par an.

Les rats sont dans nos pays européens depuis dix siècles environ, mais depuis peu d'années la pullulation de ces animaux, qui se fait avec une progression effrayante, prend le caractère d'un véritable fléau. En Danemark, le rat noir domestique (*mus rattus L)*, répandu partout autrefois, a complètement disparu ; il a été refoulé et détruit par le rat émigrant *(mus decumanus Pall.)* que l'on trouve maintenant partout. Vers l'année 1727, ce dernier rat est parti de l'Inde ou de la Perse d'où il a émigré en Europe. Des multitudes de ces animaux passèrent le Volga à la nage. En 1750, ils apparurent sur la frontière orientale des pays allemands; Paris les vit en 1735; en Suisse, ils ne pullulèrent que vers 1809, tandis qu'ils sont en Danemark depuis le XVIIIe siècle. Le rat noir chassé de la Zélande passa en Fionie, puis il dut aussi quitter le Jutland.

Dans quelques îles du Linfiord, spécialement dans celle de Morsoa, l'on ne trouvait encore, en 1898, que le rat noir domestique ; mais en une seule nuit, des milliers de rats émigrants passèrent le Limfiord à la nage et ne tardèrent pas à rester seuls maîtres du petit nombre de parages encore épargnés ; de sorte que, à l'heure actuelle, le rat noir domestique doit être considéré comme entièrement mort en Danemark; son vainqueur, le rat émigrant, domine partout.

En Angleterre, les rats ont aussi leur histoire.

On trouvait autrefois à Londres des petits rats noirs indigènes. Peu à peu ceux-ci ont été remplacés par des rats plus gros, de couleur grise, venus de Norwège. Puis ces derniers, à leur tour, ont fait place à des rats d'Orient qui arrivaient à bord des bateaux de Smyrne et du golfe Persique, un peu plus gros que les rats gris, mais beaucoup plus foncés, sans l'être cependant autant que les anciens rats noirs indigènes.

Vers 1858, les petits rats noirs indigènes avaient disparu de l'Angleterre. Toutefois, on en trouvait encore en Écosse, dans les écuries ; mais bientôt ils disparurent à leur tour, remplacés par les rats gris de Norwège, qui envahirent d'abord les docks des grands ports, et se répandirent dans toute l'Angleterre et dans toute l'Écosse.

Ces rats norwégiens ont été chassés à leur tour par les rats d'Orient, qui apparurent d'abord dans les docks de Londres et de Liverpool, ports ayant le plus de relations avec l'Orient. Dans l'avant-dernier rapport biannuel du directeur de la santé du port de Londres, on trouve que certain dock, comme celui de Millwall, est rempli de rats ; qu'on ne peut traverser ce dock sans en voir plusieurs se sauver. Ils sont de deux espèces : les rats gris et les gros rats foncés d'Orient. On en capture plusieurs centaines chaque semaine dans cet endroit.

Dans l'intérieur du pays, les rats foncés d'Orient n'ont pas encore pénétré et on ne trouve que les rats gris. Ces rats, de différentes espèces, ne fusionnent pas entre eux. On les trouve en même temps dans les mêmes magasins des docks, mais on dit qu'ils se font la guerre. Ils colonisent, comme disent les Anglais, ce qui équivaut à dire que les plus forts font disparaître les plus faibles.

Dans les bateaux frigorifiques, les rats prennent une fourrure épaisse et peuvent vivre dans les endroits les plus froids du navire ; on trouve, paraît-il, des nids contenant des petits dans les carcasses des animaux congelés.

La femelle du rat a des portées de sept à neuf petits ; on trouve des femelles qui en mettent bas jusqu'à quatorze. Les portées se répètent trois fois par an ; enfin, un raton de trois mois est déjà à même de se reproduire. Grâce à M. Zuschlag et au Comité danois, ces notions ont été répandues à Copenhague et dans les provinces par des conférences, des articles de journaux. En 1901, une exposition de tous les engins et moyens destinés à détruire les rats a été inaugurée à Copenhague. La ligue est devenue populaire et vient d'être transformée en une réunion pour l'extermination légale des rats en Danemark. Un curieux projet de loi vient d'être déposé sur le bureau de la Chambre. D'après ce que le ministre de l'intérieur a dit au Congrès international de la marine marchande, qui vient de se tenir à Copenhague du 8 au 14 juillet 1902 ; ce projet sera

bientôt voté, car il a l'assentiment de l'unanimité des membres de la Chambre haute et de la Chambre basse. Ce projet de loi a été adressé aux Chambres revêtu de la signature de nombreux représentants de la science, du commerce, de l'agriculture, de l'industrie, des membres du bureau de l'Association générale des propriétaires d'immeubles dans les villes et de l'Union des associations rurales du Jutland et de Fionie; ces associations représentent environ 40.000 propriétaires; enfin les administrations municipales de toutes les villes du Danemark ont suivi le mouvement.

Pour la rédaction de ce projet de loi, qui consiste à rendre obligatoire la destruction des rats, on s'est inspiré, en partie, de celui qui concerne la destruction des hannetons et qui est actuellement en vigueur.

Tout propriétaire sera tenu, sous peine d'une amende de 14 à 140 francs, de procéder à la capture des rats sur son terrain ou de la laisser faire.

Pour chaque rat tué, il sera payé une prime déterminée par les autorités locales suivant le nombre des rats avec un maximum de 14 centimes par rat.

Les frais seront supportés à charge égale par le Trésor et la commune.

L'importation des rats que l'on ferait passer d'une commune où l'on paie une prime faible, dans une autre commune où le taux de la prime est plus élevé, donne lieu à des peines légales.

Au bout de trois ans, la loi doit subir une revision.

Ce système, dit l'exposé des motifs, présente l'avantage que les primes payées bénéficient surtout aux classes sans ressources de la population. En voici un exemple : deux ouvriers entreprenants ont occupé leurs loisirs à établir, dans un entrepôt de voirie, un appareil construit par eux-mêmes, dans lequel ils ont pris 5.000 rats en deux mois, ce qui leur a fait gagner 700 francs. Ces primes servent donc tout à la fois à délivrer le monde d'un fléau et à fournir des revenus aux habitants relativement peu fortunés d'une commune.

Ce procédé de destruction par les primes a été essayé, l'an dernier, à Copenhague et à Frederiksberg; une souscription publique avait donné environ vingt mille francs; il fut décidé que la prime pour chaque rat serait de 14 centimes. Pour assurer au comité le meilleur appui possible, les autorités s'entendirent pour que le recensement des rats tués fût confié au poste des pompiers, sous le contrôle du comité. La situation des postes des pompiers est connue de tous, ils sont au centre de chaque quartier. Les pompiers qui ont en général le temps de tenir au courant les comptes journaliers jouissent d'une grande popularité. Si l'on se servait des agents de police, beaucoup de gens qui se mettent à la chasse des rats, ne se soucieraient guère de se trouver en contact avec la police et d'attirer son attention sur telle et telle situation délicate.

En dix-huit semaines, on a ramassé plus de 103.000 rats.

Quand on remet un rat à la station des pompiers, la personne qui le présente lui coupe elle-même la queue et s'en sert comme de reçu pour la prime touchée. Cette formalité a l'avantage d'empêcher qu'un rat déjà payé soit frauduleusement présenté une seconde fois ; les rats sans queue ne donnent droit à aucune prime. Les rats sont ensuite jetés dans un réservoir en tôle galvanisée et leurs cadavres enterrés chaque matin par les soins du service de la voirie ; les queues sont conservées dans une boîte en fer-blanc, jusqu'au passage de l'inspecteur.

A Maribo, on a pris environ 16.500 rats dans l'année, ce qui fait plus de cinq rats par habitant de cette ville ; la prime n'était que de 7 centimes et on brûlait les cadavres des rats à l'usine à gaz.

Pour prendre les rats, on se sert de nombreux moyens : les poisons, les chiens ratiers, les ratières, les pièges, etc.

Pour détruire 100.000 rats à Copenhague, la dépense a été de 18.840 francs.

| | | |
|---|---|---|
| Primes à 14 centimes . . . . . | Fr. | 14.000 » |
| Gratification aux pompiers, inspecteurs, voituriers, dépenses de réservoirs en tôle, etc. . . . . | | 4.840 » |
| TOTAL. . . . . | Fr. | 18.840 » |

Supposons que le dégât causé par un rat vivant soit seulement de 14 centimes par jour, les pertes occasionnées par les 100.000 rats ainsi détruits représenteront 1.400 francs par jour, soit 500.000 francs par an. Et certainement il n'y a aucun doute qu'un rat dévaste bien davantage. Néanmoins ces deux chiffres de 18.840 francs d'un côté et 500.000 francs de l'autre sont suggestifs.

En Suède, on vient, pendant l'année 1901, d'adopter le même moyen de destruction des rats par les primes.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A Stockholm, on a tué plus de | . . . . . | | 150.000 | rats. |
| A Gothembourg | — | — . . . . . | 33.000 | — |
| A Malmoé | — | — . . . . . | 15.000 | — |

Le Congrès international de la Marine de Copenhague s'est occupé de la prophylaxie de la peste et par conséquent de la destruction des rats et a demandé la réunion d'une conférence internationale sanitaire pour indiquer les mesures à prendre contre la peste, maintenant que l'on connaît le rôle des rats dans la propagation de cette maladie. Le lendemain du jour où cette discussion eut lieu, le Comité danois de destruction des rats fit une communication sur ses travaux et demanda au Congrès de vouloir bien créer une agitation internationale pour faire connaître le rôle des rats qui sont dangereux non seulement dans la propagation de la peste, mais encore à bien d'autres points de vue.

Le Congrès international de la Marine, sur la proposition de MM. les Drs Langlois et Loir, a voté à l'unanimité le vœu suivant :

« Considérant les dégâts causés par les rats, l'intérêt qui s'attache au point de vue de l'hygiène à la disparition de ces animaux dans tous les pays du monde, le Congrès international de la Marine réuni à Copenhague, est d'avis qu'il y a lieu de répondre à l'appel du comité pour l'extermination légale des rats en Danemark et décide en conséquence d'aider, dans la mesure de ses moyens, à l'extension internationale des mesures prises par le Comité danois. »

Nous espérons que ce vœu ne restera pas lettre morte et que, en France et dans tous les autres pays, nous imiterons l'Allemagne, qui cherche, en ce moment, s'inspirant des idées danoises, à organiser une semblable lutte. Dans une pareille entreprise, il ne suffit pas de faire la destruction d'une façon isolée, c'est une campagne générale à entreprendre, à laquelle nous sommes tous intéressés, autant au point de vue économique, qu' au point de vue de la santé publique.

---


# M. Ed. FORESTIÉ

Correspondant du Ministère des Beaux-Arts, Lauréat de l'Institut.


## PLANCHES GRAVÉES DES CONFRÉRIES [271:44.75]

*— Séance du 8 août —*

Il y a un demi-siècle à peine, si quelqu'un se fût avisé de rechercher dans les anciennes imprimeries à brevet, c'est-à-dire dans ces vieilles et honorables maisons qui, de père en fils, se transmettaient des traditions d'honneur et de probité, si quelqu'un eût eu l'idée de rechercher, dans les vieux tiroirs, les bois gravés, les anciens outils typographiques, on aurait pu facilement constituer un musée qui eût présenté presque autant d'intérêt que celui de la maison Plantin, en Flandre.

Malheureusement, lorsque eut lieu l'apparition des machines, dues au génie inventif de M. Marinoni, on s'empressa de déboulonner les vieilles presses en bois et de les mettre au feu et de jeter à la fonte les parties susceptibles d'être transformées.

C'est ainsi que je me souviens dans mon jeune temps, vers 1860, d'avoir vu fonctionner encore une presse à bras qui datait certainement du XVIe

siècle, et que je voudrais bien avoir le plaisir de vous montrer comme un vénérable spécimen de notre ancienne typographie.

A son défaut, j'ai eu le bonheur de conserver précieusement les planches de bois gravés qui, depuis 1575, ont été employés dans notre maison et qui, pour certains, offrent un intérêt particulier.

J'ai déjà publié une série de ces bois gravés : les emblèmes officiels de la royauté, de la révolution et de l'empire, qui forment une collection importante de planches.

Une autre série, peut-être plus précieuse, est celle des lettrines gravées qui offrent des particularités que mon père a fait valoir dans son livre sur l'Imprimerie à Montauban.

Pour aujourd'hui, c'est des planches à sujets religieux que je veux vous entretenir ; de ces planches qui, à défaut de gravures ou de dessins plus artistiques, conservaient dans les maisons le souvenir d'un pèlerinage ou l'adhésion à une confrérie.

Trois de ces planches proviennent de mon imprimerie, les deux autres m'ont été communiquées par M. l'abbé de Reyniès, membre de la Société archéologique, et proviennent de quelque atelier toulousain.

La première est celle de la confrérie du Purgatoire, établie à Montauban. Cette gravure est très curieuse par la manière originale dont elle est traitée ; les traits et les ombres dénotent un graveur qui n'a pas la notion de la perspective ou plutôt qui ne se rend pas compte des effets qu'il produira après la taille. L'ensemble est noir et lourd.

Le Christ jette un de ses rayons sur les âmes plongées dans les flammes, tandis que l'autre rayon, partant de ses yeux, va vers l'Eucharistie placée sur un autel, orné d'une croix pattée. A gauche, un ange enlève une âme, tandis que d'autres séraphins présentent des rosaires aux âmes du Purgatoire. Suivant l'usage, à droite de la croix, la Vierge est à genoux avec deux autres personnages.

Au-dessous, on lit *Purgatoire*; dans l'angle gauche, un écusson portant les armes de Montauban est souligné de ce mot : *Mons Candor*. Traduisez Mont Blanc, *Mons Albus*, Montauban. C'est une traduction libre mais exacte. Cette gravure remonte au début du XVII^e^ siècle.

La seconde en date, et qui est due également à un graveur local, fut faite pour perpétuer le souvenir du pélerinage, restauré il y a quelques années, de Notre-Dame de Lorm à Castelferrus. Elle représente l'ormeau traditionnel, *l'orm* où est placée la statue miraculeuse, une *pieta*, et sur les côtés on voit appendus les béquilles, les ex-voto et autres objets attestant les miracles obtenus.

En exergue on lit au-dessous : *Sancta Maria, ora pro nobis*, et autour : « La Capelle de Nostre-Dame de Lorm, Castelferrus » et une date que je crois être 1646, avec une lettre R qui pouvait être la signature de l'un des

Raynaud, graveurs de Toulouse, qui furent une pléiade jusqu'au XVIII^e^ siècle.

Notons une idée originale : à gauche de l'arbre, on remarque une fleur de lotus fermée, portant le chrisme IHS et, à gauche, la même fleur ouverte d'où sort un enfant Jésus portant une croix.

Cette image a été très populaire dans la contrée ; on la reproduit encore à l'occasion des pélerinages.

Une autre gravure sur bois, celle-ci portant la signature de *Raynaud*, représente la Chambre angélique de Notre-Dame de Montserrat.

Au sujet de cette planche, la question se pose de savoir s'il y eut une confrérie de ce nom dans notre ville. Nous ne le pensons pas ; cependant, il y a des raisons de croire qu'elle fut gravée en souvenir de quelque pèlerinage au célèbre monastère catalan. Elle est fort curieuse par les détails qu'elle fournit : la vierge mère reproduit d'un peu loin la statue de Montserrat, et, dans le paysage du fond, on remarque, avec leurs noms, les diverses stations que l'on fait aux chapelles placées dans la montagne.

Arrivons maintenant aux deux planches qui proviennent de Toulouse. L'une des deux est datée 1630. Elle a pour objet de glorifier saint Nazaire et saint Celse ; elle est divisée en sept cartouches, avec un sujet principal, accompagnés de légendes. Malheureusement, depuis 1630, d'innombrables tirages successifs ont usé la planche, en même temps que les vers la travaillaient,

En tête, on lit assez difficilement : *La gloire soye à Dieu et à la Vierge mère, à l'église l'honneur...*

Puis, successivement, les dessins représentent les épisodes de la vie des deux saints qu'une inscription explique :

« Comme saint Nazaire, après avoir vendu ses biens, les distribua aux pauvres, preschant partout,

» Anolius, présidant pour l'empereur Néron dans Milan, fait fouetter saint Nazaire pour ne vouloir adorer les faux dieux.

» Saint Nazaire passe en Normandie où, dans la ville de Melle, Marianelle lui donna son enfant de l'âge de dix ans.

» Comme saint Nazaire baptisa l'enfant que Marianelle naguère lui avait donné, le nommant Celse et le fit son compagnon.

» Denovaux? président de Normandie, les fait prisonniers et conduire à Rome, vers Néron, empereur, qui les fait jeter dans la mer.

» Saint Nazaire et saint Celse marchent à pied sec sur la mer au lieu d'être noyés, ce que voyant, les bourreaux leur demandent pardon.

» Saint Nazaire et saint Celse revenant à Milan, en preschant, Néron, empereur, les fait décapiter. »

Au milieu de la gravure, sous un portique à colonnes torses, avec fronton, le saint et son compagnon avec cette légende :

« Saint Nazaire, natif de Rome, disciple de saint Pierre, a été baptisé par saint Lin, confesseur. »




Fig. 1.

Le caractère de cette gravure est particulièrement naïf et dénote un

manque de dessin et de perspective. Elle est néanmoins très curieuse par les détails qu'elle présente et surtout par la date qui en fixe l'âge.

La seconde gravure toulousaine est beaucoup plus artistique et pourrait être de quelques années antérieure à la précédente. Elle rappelle ces grandes premières pages illustrées des beaux livres français du XVI^e^ siècle, dont M. Claudin vient de donner les reproductions dans son bel ouvrage sur l'Imprimerie en France.

Par le dessin des figures et des détails, on voit que c'est un artiste qui, tout au moins, a donné le dessin de cette planche, qui rappelle dans certaines de ses parties les gravures de l'*Almanach ou Compost des Bergiers*, qui pendant un siècle, depuis 1480, eut d'innombrables éditions et dont les planches étaient attribuées à une dynastie de graveurs, les Le Rouge.

Dans une grande composition formant un portique avec des cariatides à gaine, saint Jean-Baptiste porte l'agneau pascal, ayant à ses côtés saint Roch et son chien, et saint Sébastien percé de flèches *(fig. 1)*.

On lit en exergue : « La confrarie de Sa Roch et Sa Sébastien en la capella de Saint Jehan Baptiste en la esglise Saint Nicolas, à San Subra.

Un confrère en costume du XVII^e^ siècle et une femme tenant un chapelet sont à genoux à droite et à gauche.

La gravure porte les armes de France et celles de Toulouse.

Par ces spécimens, on peut juger que l'art du graveur sur bois n'eut pas dans nos provinces des maîtres ; néanmoins, il y aurait lieu de rechercher et de recueillir ces vestiges typographiques, qui présentent d'ailleurs un double intérêt : celui de rappeler les croyances pieuses de nos pères, et de fixer certains détails historiques et de costume, de traditions ; en un mot, de jeter une lueur sur le passé dont nous cherchons toujours à soulever le voile, mais qui garde encore pour longtemps des surprises à ceux qui en sondent les profondeurs.

---


# M. A. MASFRAND

Président de la Société *Les Amis des Sciences et Arts* de Rochechouart.


## MOTHE FÉODALE DE MERLIS, COMMUNE DE VAYRES (HAUTE-VIENNE)

*— Séance du 9 août —*

En-suivant la route qui conduit de Vayres à Oradour, on rencontre, à 1.800 mètres de la première localité, à gauche de la route, un tertre planté d'arbres. Cet énorme monticule a sa partie supérieure formée de terres

rapportées. Ses proportions sont les suivantes : hauteur 9m,40, circonférence 135 mètres, diamètre au sommet 35 mètres.

Un large et profond fossé entoure le mamelon. M. Pouyaud et moi avons fait creuser, transversalement au fossé, une tranchée ayant 4 mètres de large sur 1m,80 de profondeur. Ce travail nous a permis de constater que le fossé avait la forme figurée sur le plan et désigné par la lettre O. Un petit bronze recouvert d'une profonde patine et un bouton double en cuivre ont été découverts dans la couche supérieure *(fig. 1)*.

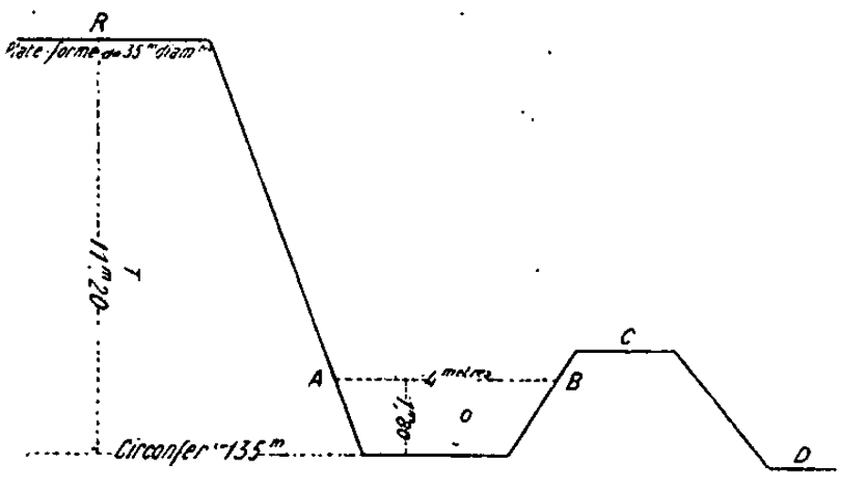



FIG. 1. — Le fossé était comblé suivant la ligne AB.
O, terres enlevées; C, levée de terres; D, petit chemin; T, mothe; R, plate-forme.

Nous avons également fait pratiquer au sommet du tertre une tranchée, ayant 2 mètres de largeur sur 4 mètres de longueur.

Arrivés à 50 centimètres de profondeur, les ouvriers ont rencontré, sous d'énormes blocs de pierre, provenant de l'écroulement du mur d'enceinte, une couche de cendres et de charbons, ayant 10 centimètres d'épaisseur. Cette couche semble s'étendre sur toute la surface de la partie supérieure du monticule. Aucun objet n'y a été découvert. Arrivés à 2 mètres de profondeur, nous avons fait arrêter les fouilles.

La plate-forme était entourée d'un mur fait en pierres sèches.

Les gens du pays rapportent qu'un puits existe au centre de cette plate-forme. Au fond de cette cavité se trouve, disent-ils, une peau de bœuf remplie de pièces d'or. Cette mothe féodale porte le nom de *Touratte* ou *Tourasse*.

Le village de Chez-Beygard, qui se trouve à 800 mètres de là, est dominé par un monticule au sommet duquel se trouve un oppidum pourvu de deux fossés concentriques. Des restes de murailles, faites en pierres sèches, ont été observés au sommet de ce monticule.

# M. Léon DELAIR

Professeur de clinique de prothèse restauratrice bucco-faciale à l'École dentaire de Paris.


## PRINCIPES DE PHONÉTIQUE ET D'ORTHOLOGIE. — LEURS RAPPORTS AVEC LA PROTHÈSE RESTAURATRICE VÉLO-PALATINE [617.525:612.78]

*— Séance du 8 août —*

J'ai présenté, l'an dernier, au Congrès d'Ajaccio, mon voile à clapet de forme toute particulière, basé sur ce principe fondamental de la prothèse restauratrice qu'il faut, selon moi, pour arriver à remplacer par un appareil de prothèse un organe absent ou perdu, s'appliquer, pour l'exécution de celui-ci, à observer bien moins les dimensions et formes anatomiques de l'organe naturel que son action physiologique.

J'ai présenté à la Société d'Odontologie de Paris, plusieurs sujets parlant intelligiblement ; je me fais un devoir de venir ici vous dire que je ne suis arrivé à ces résultats que par l'étude et la pratique d'une science peu connue du dentiste : *l'orthophonie*, et surtout *l'orthologie*.

Je passerai sous silence (de savants auteurs, plus autorisés que moi, ayant traité la question dans des ouvrages spéciaux), l'anatomie du larynx et des organes accessoires de la parole ; je ne vous imposerai pas la théorie de la physique du son, en ce qui concerne la voix humaine ; je ne vous parlerai pas non plus de la physiologie de la voix, étude pourtant attachante entre toutes ; je ne m'occuperai ici que du mécanisme de la parole, cette question étant celle qui intéressera surtout ceux qui voudront désormais travailler à adoucir le sort d'une foule d'affligés.

Tout être humain possède la voix : l'enfant vagissant, le simple d'esprit, émettent avec leur voix des sons simples ou voyelles qui, exprimés seuls, ne peuvent avoir qui, exprimés seuls, ne peuvent avoir qu'une signification très restreinte. Ainsi A leur servira à exprimer la douleur, O la crainte, É l'hébétation, la surprise. I le rire, U et E un besoin quelconque. Les sons composés EI. AI. EU. OU: et les diphtongues n'auront dans leur bouche qu'un sens vague indéfini. Pour l'émission de ces sons simples, inarticulés ou voyelles, le courant d'air expiré fait, à sa sortie de la glotte, vibrer les cordes vocales inférieures et produit le son. Le larynx est donc le siège exclusif du son, et par conséquent l'organe principal de la phonation ou de la voix. Ce son laryngien poussé par la colonne d'air s'élève dans le pharynx sous forme de matière première en quelque sorte, que les

organes accesses vont transformer en modifiant, selon les besoins, la capacité et la forme du passage vocal. Ces organes accessoires sont : le pharynx, le voile du palais, les joues, les lèvres, les dents et la langue.

Du pharynx, après avoir franchi, en se renforçant, les ventricules de Morgagni et les bandes ventriculaires, le courant d'air vient heurter le voile du palais, plus ou moins relevé et appliqué contre la paroi du pharynx, et produit alors les sons A. E. I. O. U. suivant la forme donnée à la cavité de résonnance buccale. Cette cavité doit être portée à son maximum de dimension pour l'émission du son U, à son minimum pour le son I. Le son le plus naturel produit par le larynx est l'A, qui ne nécessite l'effort d'aucun organe accessoire, l'épiglotte seule restant abaissée.

Suivant que le son laryngien devra être modifié par tel ou tel organe, nous classerons les sons en trois groupes. A. É, È. I., qui se prononcent du larynx rien que par la projection de la colonne d'air contre la voûte palatine, seront des palatales ; U. O., qui exigent pour leur émission le rapprochement des lèvres, seront des labiales ; enfin, E, qui se prononce en même temps des lèvres et du palais, sera un son intermédiaire. D'après Czermak, l'émission pure de ces sons exige une conformation anatomique parfaite du voile du palais. Pendant la production de ces sons, la partie postérieure du voile du palais s'élève et s'applique, à des degrés différents, contre le bourrelet formé par le constricteur supérieur du pharynx, à la paroi postérieure de celui-ci.

S'il existe la plus petite ouverture sur l'étendue du voile du palais, la colonne d'air expiré pénètre, par cette fissure, au delà, dans la cavité de résonnance nasale, par conséquent le son devient nasal, et, au lieu des sons purs A. I. O. U., ces sons deviennent An. In. On. Un. Ces sons nasonnés caractérisent l'infirmité vélo-palatine et frappent notre oreille d'une façon plus ou moins désagréable, tandis que chez le sujet dont le voile est normalement constitué, celui-ci doit s'abaisser pour laisser librement la colonne d'air pénétrer dans la cavité de résonnance nasale, y vibrer contre les parois et produire les sons nasaux.

C'est donc la résonnance du son, à la fois dans les cavités nasale et buccale, qui donne à la voix de chacun son timbre particulier et qui fait qu'il est possible de reconnaître, sans le voir, un individu, au timbre de sa voix.

Ces principes élémentaires d'orthophonie nous permettront d'étudier plus facilement ceux de l'orthologie, qui est l'art de parler correctement. Nous laisserons de côté la didactique pour ne nous préoccuper que de l'obtention mécanique des articulations qui sont les consonnes, et des sons articulés qui sont les voyelles unies aux consonnes et qui se forment dans le pharynx et les cavités de résonnance pour produire la parole.

D'après le physiologiste J. Béclard, « la parole est un produit de l'intel-

ligence qui ne reçoit du larynx que le son ». En effet, la parole n'est pas une fonction naturelle comme la respiration, c'est une fonction acquise par l'éducation de certains muscles ou organes qui sont exercés à produire différents sons articulés.

Les articulations ou consonnes de notre langue sont de deux sortes :

1° Celles qui sont émises sans voix, c'est-à-dire rien que par la sortie du souffle avec plus ou moins de force, sans qu'il soit nécessaire que les cordes vocales entrent en vibration.

P. F. T. S. Ç. L. CH. K. C. Q. X ;

2° Celles, pour la production desquelles il est essentiel que l'orifice de la glotte, en se resserrant, oppose un obstacle à la sortie de l'air qui, en s'échappant, fait vibrer les cordes vocales.

B. V. D. Z. R. J. G. X. H.

Les articulations n'expriment un son qu'avec le secours des voyelles, et elles sont produites en trois points différents et définis du passage vocal, par l'interruption de la colonne d'air : les lèvres, le bord palatin et le voile du palais.

Pour la production de la plupart de ces différentes articulations, un organe secondaire de la parole joue un très grand rôle, quoique non prépondérant, c'est la langue. La langue, par ses multiples mouvements antéro-postérieurs, par son extension en épaisseur et par son rapetissement, modifie plus ou moins la capacité de la cavité buccale. Tantôt elle se fait petite, mince, elle s'aplatit sur le plancher de la bouche ; tantôt elle se porte toute en avant et s'appuie derrière les dents supérieures ; ou bien elle vibre la pointe relevée au milieu de la bouche ; parfois elle s'étale derrière toutes les dents à la fois ; ou bien encore elle se creuse pour laisser passer les sons ; enfin, quelquefois, elle se relève en arrière et s'appuie contre le voile du palais. Suivant qu'elle se place dans ces différentes positions et qu'en même temps les autres organes s'écartent ou se rapprochent, elle agit, comme l'a si bien remarqué le Dr Moura, de même que la main introduite plus ou moins par le sonneur dans le pavillon d'un cor de chasse. Ainsi elle modifie la cavité de résonnance buccale et permet de varier à volonté les sons articulés.

L'instinct naturel suggère à l'enfant d'exprimer ses besoins par le son de sa voix, et, à mesure que son intelligence se développe et qu'il peut définir ces besoins, il imite de ses parents les sons simples et les sons articulés qui les expriment. Il grandit et acquiert peu à peu la fonction de la parole à mesure que son cerveau se développe, car l'image de chaque chose s'y grave, et, par l'habitude, il arrive, en grandissant, à considérer ses idées et les mots qui les expriment comme identiques ; il ne peut ni penser ni raisonner sans que ses idées se formulent en mots, lesquels sont le produit de l'effort pour exprimer les idées par le son, et les combinaisons de sons.

Le nouveau-né, dont le voile du palais est normalement constitué, apprend d'abord à se servir de sa langue en tétant. Plus tard, de même qu'un jeune oiseau s'exerce par de doux gazouillements à imiter la voix de ses parents, il écoute les siens avec attention, il babille d'abord tous les sons simples, et enfin il vient un jour où, voulant lui aussi, — faire du bruit — et comprenant que, pour cela, il lui faut à la fois faire agir sa bouche et ses lèvres, il émet, en soufflant presque sans effort, le son articulé le plus facile à produire, puisque pour cela tous les organes se trouvent à leur position normale PA. Il s'amuse à clore et à rouvrir sa bouche en répétant le son A et chaque interruption rapide du son lui permet de prononcer PA. PA. PAPA. S'il arrête sa langue dans la même position, ainsi que ses lèvres, mais que cette fois, faisant entrer son larynx en action, il vocalise le mot papa, il articulera BA. BA. Pour l'émission de ces deux mots, son voile du palais est entièrement relevé et appliqué contre son pharynx. S'il l'abaisse et qu'il émette ce même son A en faisant faire à ses lèvres le même mouvement, il articulera MA. MA. puis MAMAN, parce que le son, en pénétrant dans la cavité nasale, résonnera à la fois dans celle-ci et dans la bouche. Encouragé par ce succès, il cherchera de lui-même à produire d'autres variétés de sons, et d'abord, au lieu de faire, avec ses lèvres, obstacle au courant d'air, il l'arrêtera cette fois en appliquant le bord de sa langue contre sa gencive supérieure, et sans effort, rien que par le souffle, il articulera TA. TA. S'il vocalise, TA. TA, deviendra DA. DA, s'il abaisse son voile, il dira NANA. Ainsi, guidé par son oreille, il imitera successivement tous les sons entendus. Sa langue s'accoutumera à se faire toute petite pour la libre et facile transformation de la colonne d'air, jusqu'au jour où, assez habile, elle permettra enfin à l'enfant l'émission des sifflantes et des gutturales, qui exigent l'action de la langue.

Que se passe-t-il, au contraire, chez l'enfant atteint de fissure congénitale du voile?

D'abord, l'allaitement lui est extraordinairement difficile ; mais l'instinct lui suggère de placer sa langue d'une façon toute différente de celle qu'elle devrait adopter pendant cet acte : il la retourne sur le côté et comprime le bout du sein, avec le dessous de sa langue, contre ses gencives inférieures. Plus tard, lorsqu'il commence à babiller, les sons inarticulés se forment dans sa cavité naso-pharyngienne où la colonne d'air est projetée immédiatement dès sa sortie du larynx, et l'enfant nasonne ainsi avant même d'être en âge de parler. Lorsque, guidé par son oreille, il cherche à imiter les sons articulés qu'il entend, il n'y réussit qu'en habituant peu à peu sa langue à se bouler au fond de sa bouche, puis à s'arcbouter contre les moignons ou débris postérieurs de la fissure, pour en diminuer l'étendue, afin de permettre au son de résonner moins dans les fosses nasales. Il

s'accoutume ainsi à ne se servir qu'à peine du bout de la langue, et il arrive insensiblement à accomplir ce tour de force de parler avec la base de sa langue, alors que les enfants du même âge s'habituent, sans effort, à articuler normalement avec l'autre extrémité. Mais cette position anormale de la langue lui fait vocaliser et nasonner toutes les consonnes, alors que normalement, comme je l'ai dit plus haut plus de la moitié devraient être émises rien que par le souffle. Púis l'âge arrive où l'enfant a besoin d'une alimentation solide. Les aliments ayant tendance à pénétrer dans les fosses nasales, ce qui pour lui est douloureux, il accentue encore l'obturation de la fissure avec le dos de sa langue, pour éviter cet ennui. Ainsi s'acquiert forcément dans le jeune âge, et d'une façon inévitable, le timbre nasonné, qui est dû bien plus au retentissement de la voix dans la cavité nasale et les sinus qu'à la sortie de l'air par les fosses nasales. Corriger cette infirmité de la parole est impossible sans appareil. Les proches de l'enfant s'y accoutument à tel point qu'ils sont à la longue convaincus que l'être qu'ils chérissent parle à peu de chose près, comme tout le monde. Ce n'est généralement qu'à l'âge adulte que l'adolescent, livré souvent à lui-même, se rend compte des obstacles que lui crée cette infériorité physique et qu'il commence à en souffrir. On ne s'imagine généralement pas ce que ces malheureux souffrent, surtout lorsqu'ils sont obligés de vivre dans un centre laborieux.

Que pouvons-nous faire pour eux ?

Laissons de côté l'intervention opératoire, méthode Brophy ou autre, staphylorraphie et uranoplastie, puisque notre rôle à nous est plutôt de remédier à cette infirmité par la prothèse. Appliquons d'abord un appareil auquel le sujet puisse s'accoutumer ; que cet appareil diminue le plus possible la cavité de résonance nasale et qu'il augmente au contraire celle de la bouche. J'ai obtenu ce double résultat en agrandissant la cavité buccale de toute la partie concave de mon clapet, et inversement en diminuant la cavité nasale de toute l'éminence convexe de ce même clapet ; le timbre de la voix s'en trouve modifié d'une façon heureuse. Je n'entrerai pas davantage dans la description de mon voile, vous le connaissez, vous en avez constaté et apprécié les résultats.

Mais il me reste à vous dire ce que nous pouvons faire, et comment nous pouvons faire pour améliorer la parole d'un sujet auquel nous avons placé un voile artificiel à clapet en caoutchouc mou.

Je me suis étendu peut-être un peu longuement sur le mécanisme de la parole, mais vous allez juger combien étaient indispensables ces explications préliminaires. Le voile étant reconstitué par la prothèse, il nous faut apprendre à notre sujet à se servir de cet organe artificiel en caoutchouc mou. Et la plus grande difficulté pour cela est de lui faire comprendre le mécanisme de la parole, et de bien lui persuader qu'il doit à

l'avenir se servir de sa langue d'une façon contraire à celle adoptée par lui jusque-là. Pour cela, prêchons d'exemple : exécutons d'abord devant lui et faisons-lui répéter les exercices de la voix ou phoniques, en déplaçant la base de la langue et en étalant celle-ci à plat le plus possible hors de la bouche.

Commençons par le son A, qui n'exige l'action d'aucun organe autre que le larynx, et faisons-le s'exercer, comme nous, sans que la langue touche au palais, jusqu'à ce que cet exercice puisse être fait sans que la langue bouge, et que ce son inarticulé soit prononcé sans nasonnement ; qu'enfin cet A phonique satisfasse l'oreille la plus subtile.

Répétons le même exercice sur les voyelles palatales É. Ê. I., ensuite sur les labiales U. O., enfin sur E. AI. EI. EU. OU. Inutile d'étudier les sons nasaux an, in, on, etc.

Passons maintenant aux sons articulés.

Conseillerons-nous à notre sujet de s'exercer à articuler grammaticalement Ba, be, bi, bo, bu, jusqu'à ce qu'il prononce ces sons articulés sans nasonnement ? Aucun, au bout d'un certain temps, ne s'astreindra à dire, redire, répéter et répéter encore un si monotone exercice n'ayant aucun sens qui frappe l'esprit.

J'ai donc imaginé de composer, en y mettant le plus de sens possible, une série de phrases que chacun peut modifier et changer à son gré, pourvu que ces phrases aient un sens logique, et que, dans leur construction, il puisse être groupé le plus possible de sons articulés du type de l'articulation à apprendre, quelques jours après la pose du clapet pour en parfaire l'accoutumance.

Nous commencerons donc cette gymnastique de la langue par les labiales, et nous insisterons pour que la langue, au lieu de rester normalement derrière les dents inférieures, vienne au contraire d'une façon exagérée les recouvrir et appuyer sa pointe derrière la lèvre ; cette position obtenue, nous ferons exécuter les exercices sans que, autant qu'il est possible, la langue bouge de place. Il est bien entendu que l'adoption de cette position anormale de la langue ne s'appliquera qu'aux exercices sur les consonnes labiales P. B. F. V. M.

Exemple :

1 1 9 8 13 8 1 2 9 12 8
Papa, Paule a peur et pleure ; peut-on lui passer sa petite poupée pour avoir
6
la paix ?

10 11 5 4 7 9 3 2 14 14
Le père du pêcheur a pu poser sans peine son pouce sur sa pipe propre.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
a e i o u — ai ei eu ou — è é ée l r

Vous remarquerez, en y prêtant attention, que tous les sons simples et composés sont groupés dans ces deux phrases. Nous exceptons, bien entendu, l'étude des sons articulés nasaux, ceux-ci étant toujours trop bien prononcés par les sujets qui font l'objet de notre sollicitude : pan, pin, pon. L et R sont considérés comme demi-voyelles.

Nous ferons dire ces exercices de souffle tant que l'articulation n'en sera pas satisfaisante. Puis nous alternerons par un exercice avec le son articulé similaire de P, qui est B, en faisant entrer les cordes vocales en vibration avant l'émission de la consonne.

Exemple :

« A l'ombre des bouleaux, à l'abri de la bise, le bon buveur est bien là-bas, sur le banc de son beau berceau herbeux, à boire la bonne bière blonde. »

C'est donc ainsi, en plaçant les organes accessoires de la parole dans la même position, que nous apprendrons la prononciation normale des sons articulés de souffle ou de voix.

L'articulation labiale de souffle F et sa similaire vocale V sont obtenues en faisant obstacle à la sortie de la colonne d'air par l'application du bord de la lèvre inférieure contre le bord coupant des incisives supérieures, et en provoquant la sortie de l'air, entre les lèvres, au niveau des canines.

Les dentales T. D, N. sont obtenues par l'arrêt du courant d'air, avec la langue appuyée derrière toutes les dents supérieures à la fois. Au moment où la langue se retire brusquement, le son de souffle ou de voix éclate en son articulé. S et Z s'obtiennent comme T et D, en plaçant la langue derrière toutes les dents supérieures, sauf les incisives; ainsi pendant l'émission du son articulé l'air s'échappe en sifflant. Il est indifférent que le son voyelle suive ou précède l'articulation : on articulera aussi bien TA. DA. SA. ZA que AT. AD. AS. AZ.

Mais, pour bien faire comprendre au sujet dont nous aurons entrepris l'éducation phonétique le mécanisme de l'articulation, nous mettrons sous ses yeux divers moulages en plâtre de sa bouche, ou plutôt de sa mâchoire supérieure, et sur ces moules nous marquerons en couleur les points de contact nécessaires de la langue, et nous lui enseignerons à appliquer sa langue de même. Et afin de lui faire distinguer ce qu'il fait de ce qu'il devrait faire, il ne sera pas pour lui de meilleur guide que de le lui faire constater *de visu*. Pour cela ôtons-lui son appareil, et après l'avoir bien essuyé, badigeonnons-le de craie pulvérisée délayée dans l'alcool et laissons sécher. Replaçons l'appareil et faisons émettre la seule articulation à contrôler, puis retirons l'appareil. Le point où la langue aura touché n'aura plus de blanc, celui-ci ayant été enlevé par la langue humide. Notre sujet ayant toujours tendance à appliquer sa langue plus au fond du palais qu'il ne le faut normalement, nous le lui ferons constater facilement ainsi, et peu à peu nous l'amènerons à placer normalement sa langue.

Ici j'ouvrirai une parenthèse pour donner un avis à mes imitateurs. Que notre sujet ignore, tout en étudiant avec nous une soufflante, quelle vocale il articulera en vocalisant cette soufflante, il y arrivera de lui-même sans efforts. Bien plus, qu'il ne sache pas, après s'être exercé parfois pendant une ou deux semaines à bien dire un couple de sons articulés, quels seront ceux que nous lui conseillerons de travailler ensuite.

Autrement, de même que l'enfant feuillette les dernières pages de son livre pour en regarder plus vite les gravures, de même il croira pouvoir tout de suite s'exercer aux dernières articulations difficiles, et alors nous n'arriverons qu'à un médiocre résultat.

La palatale de souffle L est émise en plaçant la pointe de la langue un peu en arrière des incisives. Le CH s'obtient, ainsi que le J, en appuyant la langue derrière toutes les dents sur le bord palatin et en chassant la colonne d'air par les côtés. Le R en posant la base de la langue contre les secondes petites molaires et les deux premières grosses, pendant que l'extrémité vibre relevée au milieu du palais, sans aucun contact avec lui, pendant le passage de la colonne d'air expiré.

A chaque manœuvre nouvelle, notre sujet, parfois effrayé par les difficultés à vaincre, nous répétera : « Je ne peux pas, je n'y arriverai jamais! » Multiplions nos encouragements, donnons-lui l'exemple, persuadons-lui qu'il le peut et qu'il fait des progrès, et bientôt nous pourrons exiger de nouveaux efforts.

Ce n'est pas sans une réelle fatigue pour chacun que sont faits ces exercices ; aussi il est bon de ne pas travailler ainsi plus de trente minutes chaque jour.

Nous aborderons enfin l'étude des gutturales de souffle K. C. Q. X. et de voix G. X. H., d'autant plus difficiles à articuler sans nasonnement que, contrairement au principe de cette méthode, qui nous aura réussi par cette raison que nous aurons forcé pour ainsi dire la langue à placer la voix sur les lèvres, nous serons obligés de faire obstacle à la colonne d'air par l'application de la base de la langue contre le voile artificiel du palais. C'est surtout pour l'émission correcte de ces articulations que l'action du clapet est indispensable. La base de la langue s'appliquant intimement contre la partie postérieure du voile artificiel et contre les moignons du voile naturel, l'occlusion de la cavité buccale sera complète. Celle de la cavité nasale le sera également, d'autant plus que le clapet de caoutchouc mou s'appuiera de toutes parts contre les parois du pharynx et les piliers postérieurs. La colonne d'air chassée du larynx s'emmagasinera, pour ainsi dire, dans ce cul-de-sac, et aura tendance encore, en opérant une poussée sur les bords du clapet, à faire joindre celui-ci davantage. Puis, au moment de l'abaissement du maxillaire inférieur, toute la colonne d'air éclatant dans la cavité buccale, les sons articulés K. G. X. seront émis d'autant

plus clairement que le caoutchouc de suspension du clapet continuera à maintenir celui-ci en contact avec le constricteur supérieur du pharynx aussi longtemps que les moignons du voile naturel resteront élevés. Ainsi sera évitée la vibration de la colonne d'air contre les parois de la cavité naso-pharyngienne et par conséquent le timbre nasonné.

La langue, enfin domptée et ayant perdu ses mauvaises habitudes, nous devrons l'exercer à émettre indistinctement tous les sons articulés. Pour cela, des exercices variés seront utiles, dans lesquels, au cours de phrases plus longues que celles des exercices orthologiques, nous nous appliquerons à intercaler le plus possible de sons articulés choisis. Ce seront donc des exercices de diction en même temps que des exercices orthophoniques. Nous les classerons en trois groupes bien distincts : lenteur, difficulté, agilité.

Dans les premiers, nous grouperons telles ou telles articulations et nous les ferons dire avec expression et tonalité. Ces exercices donnent de la confiance en lui-même au sujet, habitué, le plus souvent, à garder le silence au milieu d'un entourage non intime. Il se persuade ainsi peu à peu qu'il parle comme tout le monde et s'enhardit de plus en plus.

Nous nous efforcerons donc d'abord, pour les exercices de lenteur, à composer des phrases sensées où il n'entrera, si possible, que des sons articulés faciles à émettre sans nasonnement.

Exemple :

**Sur les sons articulés P. B. F. V. T. D.**

**S** articulations soufflantes — **V** articulations vocales

LA CHARITÉ

L'enfant, tout en haillons — à peine à son aurore —
Gémit sous les baisers du froid et de la faim ;
Et la veuve, sa mère, au riche qu'elle implore,
Murmure sur ses pas : pitié ! du feu ! du pain !
Etc.

Puis, après divers exercices de ce genre portant sur les articulations dentales et palatales, nous arriverons aux exercices de difficulté sur les K. Q. C. G. ILL. GN. NG. GL. GR. HA. J. CH.

La répétition voulue de ces diverses articulations, obligeant la langue à exécuter une gymnastique que je ne puis comparer qu'à celle que font les doigts du violoniste sur les cordes de son instrument, donne à la langue la souplesse et la légèreté de contact qu'elle ne possédait pas.

Vous avez entendu, à la Société d'Odontologie, la personne que j'ai fait parler devant vous, dire quelques strophes de l'exercice compliqué que j'ai

composé dans ce but et qui roule sur les articulations ci-dessus. J'espère que cette expérience a pu vous convaincre de la perfection à laquelle on peut atteindre avec un sujet persévérant.

Exercice de difficulté :

**Sur les sons articulés**

**K. Q. C. G. ILL. GN. NG. GL. GR. HA. J. CH.**

**S** articulations soufflantes — **V** articulations vocales

LES GUEUX

A la clarté vague, indécise
De l'aube, par le vent, la bise,
Les Gueux cheminent en tout temps ;
Ils vont vieux, hâves et moroses,
Les paupières glauques, mi-closes,
Les dents claquantes, grelottants.
Etc.

Enfin, pour vaincre les dernières résistances de la langue, qui, parfois, se cabre devant une articulation heurtée, il n'est rien de tel que de faire réciter une poésie plus ou moins difficile, comme articulation, dans un temps donné. Les organes principaux et accessoires de la parole normalement constitués pouvant émettre cinq syllabes à la seconde, l'exercice doit être dit ligne par ligne et de plus en plus vite jusqu'à ce qu'il puisse être achevé dans le temps voulu.

Exemple : Les oisillons, que le sujet que vous avez entendu à la Société d'Odontologie est arrivé à réciter en moins de quarante secondes, et dont nous donnons seulement le début.

Articulations **S** *de souffle*, **V** *vocales*, **N** *nasales*.

Articulations de difficulté **Re CHe Gue**

LES OISILLONS

Au nid c'est un grand jour de fête,
Chaque oiselet dresse la tête
Depuis l'aurore, et puis s'apprête,
A s'envoler à qui mieux mieux.
Sur une branchette perchée,
La pauvre mère effarouchée,

n v s s s v ns
Module à sa chère nichée,
n s n, v v n s n v v
Un tendre et dernier chant d'adieux.

Cet exercice doit être fait sur une gamme rythmée, c'est-à-dire par la voix chantée, le chant fatiguant moins l'appareil phonateur que la récitation et celle-ci que la lecture ; quinze minutes quatre fois par jour en dehors des heures pendant lesquelles s'opère la digestion. Les organes principaux et accessoires de la parole, normalement constitués, pouvant émettre cinq syllabes à la seconde, l'exercice doit être articulé d'abord ligne par ligne et de plus en plus vite en élevant le ton sur chaque dernière syllabe, jusqu'à ce que chaque quatrain puisse être chanté dans l'espace de huit secondes. Le but de cet exercice étant surtout de faire faire aux lèvres, à la langue et au voile artificiel une gymnastique combinée et parfois fatigante, ne le commencer qu'après avoir terminé ceux de la voix et de la parole et en avoir obtenu séparément l'émission correcte et douce à l'oreille, surtout pendant l'articulation de R. CH. G.

Pardonnez-moi, messieurs et chers confrères, de vous avoir entretenus si longuement des principes d'une science aussi abstraite ; mais je l'ai fait dans l'espoir que vous, professeurs et représentants des écoles dentaires françaises ou membres de nos différentes Associations régionales, vous reconnaîtrez la nécessité et la possibilité pour le chirurgien-dentiste de s'initier aux notions de cette science. Le dentiste exécute en dentisterie et en prothèse de véritables œuvres d'art ; il pourra donc — le jeune surtout, qui dispose de plus de temps que ses aînés — s'adonner davantage à la prothèse vélo-palatine, que je me suis efforcé de simplifier. Il saura désormais ce qu'il lui faudra faire pour arriver à un résultat parfait, après l'application d'un appareil de prothèse vélo-palatine, qui, quelque bien fait qu'il soit, ne saurait jamais, sans une éducation spéciale, améliorer la parole. Des milliers d'êtres affligés de fissures congénitales vélo-palatines et d'incorrection de la parole ne peuvent mettre leur espoir qu'en nous. Cet espoir sera-t-il donc déçu ? Non, n'est-ce pas ? Car tous nous avons à cœur de travailler pour l'humanité, pour l'art, pour la science.

# M. le Dr SIFFRE

Professeur à l'École Odontotechnique, à Paris


## LA MIGRATION PHYSIOLOGIQUE DES DENTS [617.60]

*— Séance du 8 août 1902 —*

Du point où tout primitivement elle se forme, au point où elle remplira sa fonction physiologique dans l'arcade dentaire, chaque dent effectue une migration que la rubrique capitulaire « Éruption » a la prétention d'indiquer.

Il semblerait donc logique d'étudier cette migration sous le titre : « Éruption ».

Mais, à moins de faire dire aux mots ce qu'ils ne peuvent dire, on conviendra qu' « éruption » est impropre à désigner tout le processus de l'évolution dento-maxillaire, puisque ce mot veut dire seulement « sortie », sans pouvoir exprimer autre chose; c'est qu'en effet l'éruption n'est qu'une phase de l'évolution, qu'une étape de la migration évolutive totale du germe dentaire vers le point où, complètement développé, il concourt utilement à l'acte masticatoire.

Dès sa sortie, la dent subit l'influence de forces nouvelles pour elle, et différentes de celles qui l'ont fait sortir : forces qui vont la faire « *migrer* », pour, en définitive, la maintenir en un point terminus de son évolution.

La sortie, ou mieux l'éruption d'une dent, doit être considérée comme un acte d'ordre personnel et interne, comme une automigration interne, en quelque sorte active.

Mais, dès qu'elle est sortie, elle subit les nouvelles influences dynamiques extérieures se traduisant par une migration externe, en quelque sorte passive.

On peut donc déjà dire que, pendant son évolution totale, une dent effectue deux sortes de migrations, qu'on peut formuler ainsi :

1° Migration interne, de la formation à la sortie de l'organe;

2° Migration externe, de la sortie au placement définitif de l'organe.

La période prééruptive et l'éruption elle-même ne nous retiendront pas.

La migration externe, qui suit l'éruption, n'est pas évidemment indéfinie, elle se termine par la stase de la dent : stase synonyme d'un équilibre des forces qui l'ont fait migrer, et correspondant, dans une arcade

dentaire régulière, au point d'élection, pour que les organes dentaires participent utilement aux actes incombant à l'organe maxillo-dentaire.

En principe, on peut dire que la migration cesse :

1° Quand les forces qui la déterminaient deviennent insuffisantes ;

2° Quand la résistance opposée à ces forces, soit par les dents, soit par d'autres causes, leur est supérieure ;

3° Enfin quand l'équilibre entre les forces et les résistances est établi. (Début de la stase.)

La position que la dent occupe pendant la « stase » est relative aux conditions normales ou anormales dans lesquelles la force a fait migrer la dent et l'équilibre qui suit s'est effectué. C'est donc dire que la position d'une dent peut être normale ou anormale.

Je n'insiste point sur ce fait qu'il nous est donné de constater, hélas! si souvent : les anomalies, ou pour mieux dire, les irrégularités dentaires.

Ce qui a été dit jusqu'ici s'applique donc à l'arcade dentaire régulière comme à l'arcade dentaire irrégulière.

Je donne à cet ensemble de forces organiques, produisant la migration, le nom de « dynamisme buccal ». Comme ce dynamisme est la cause, il est logique de l'étudier avant la migration, qui est l'effet.

## LE DYNAMISME BUCCAL

Il faut rechercher les facteurs de ce dynamisme, non point seulement dans la région bucco-dentaire, mais bien dans un territoire organique plus vaste, parce que ces facteurs dynamiques ne sont pas exclusivement locaux et que leur action, comme leur origine, si elle est pour certains, limitée à la bouche, pour les autres, et non des moindres, elle rayonne autour d'elle.

Pour la commodité du travail, le domaine du dynamisme buccal sera limité ainsi :

1° Supérieurement, par une ligne horizontale d'une mastoïde à l'autre, passant par l'apophyse zygomatique, l'os malaire, la médiane nasale ;

2° Inférieurement, par une ligne horizontale sterno-claviculaire comprenant la région d'insertion des muscles sternocléido-mastoïdiens ;

3° Antérieurement par une ligne perpendiculaire aux deux précédentes : ligne naso-sternale passant par l'épine nasale inférieure, le bord des lèvres, le menton et corps thyroïde ;

4° Postérieurement par deux lignes latérales postérieures parallèles à la précédente (à peu près parallèles) limitant un plan compris entre les apophyses transverses des vertèbres cervicales et premières dorsales.

Ce plan ayant à son milieu les corps vertébraux, sur les côtés approximativement les cléido-mastoïdiens.

On voit un peu schématiquement que les lignes limites inscrivent une sorte de pyramide à base supérieure et sommet inférieur.

La base représentée d'arrière en avant, par le cavum, le plancher des fosses nasales (voûte palatine), le massif alvéolo-dentaire et la région naso-labiale supérieure, et d'un côté à l'autre par les zygomatiques joignant les mastoïdes aux malaires, et la région sous-orbito-canine; le sommet représenté par la colonne vertébrale en arrière, les premières dorsales; le sternum et les clavicules en avant. Les organes intermédiaires : œsophage, trachée, artères, veines, etc., s'échappent de la pyramide pour plonger dans la cavité thoracique.

La présence, justement, de ces organes mous, commande une protection effective évitant leur aplatissement ou leur compression réciproque, tout au moins, à l'occasion de leurs actes fonctionnels, et nous trouvons en effet ces protecteurs nécessaires représentés par des arcs rigides incompressibles : la trachée et l'os hyoïde, le maxillaire inférieur, tous organes mobilés et mobilisés par les facteurs dynamogènes que sont les organes et les fonctions mêmes des organes contenus dans la pyramide.

Cette pyramide se trouve donc divisée par l'intermédiaire de ces arcs rigides, en trois portions :

1° Une portion supérieure de la base de la pyramide au premier arc, le maxillaire inférieur : portion maxillo-crânienne, puisque, somme toute, c'est la portion comprise entre le bord inférieur du maxillaire inférieur et le crâne par sa région ethmoïdale, sphénoïdale et occipitale (apophyse basilaire).

2° Une portion moyenne, du bord inférieur du maxillaire inférieur à l'hyoïde, portion sus-hyoïdienne classique.

3° Une portion inférieure, de l'os hyoïde au sternum-clavicules, région sous-hyoïdienne classique.

Nous pouvons ajouter, pour montrer l'étendue de notre dynamogénie, que l'os hyoïde donne attache à un muscle qui, d'autre part, s'insère sur l'omoplate : l'omo-hyoïdien, mais pour mémoire seulement et pour montrer que le dynanisme buccal a des origines très éloignées, ce muscle participant à la fonction d'un des arcs rigides de notre pyramide, l'os hyoïde, compris dans une portion très importante de notre région en général.

En réalité, nous voyons que la pyramide organique a de solides points d'attaches, puisque tous les os de la face, une grande partie des os du crâne, la colonne vertébrale, le sternum et la clavicule les lui fournissent, et ces attaches ne sont-elles pas les points d'appui des énergiques moteurs musculaires qui font mouvoir dans ses complexes fonctions notre pyramide même?

A tous ces os s'insèrent donc des muscles dont les principaux sont :

Digastrique, temporal, masséter, rétro-pharyngien, péristaphylins in-

terne et externe, stylo-hyoïdien, stylo-glosse, stylo-pharyngien, ptérygoïdiens interne et externe, constricteur supérieur du pharynx, élévateur propre de la lèvre supérieure, canin transverse, pinnal transverse, myrtiforme, buccinateurs, orbiculaire des paupières, releveur commun, petit oblique de l'œil, palato-staphylin, grand zygomatique, houppe du menton, triangulaire, carré du menton, génio-hyoïdien, génio-glosse, mylo-hyoïdien, sterno-hyoïdien, sterno-thyroïdien, scapulo-hyoïdien, etc.

Enfin, en rapports physiologiques avec ces muscles, les organes contenus dans la pyramide tels que : langue, lèvres, pharynx (mastication, déglutition), larynx (phonation, respiration), etc., etc.

Il n'est pas contestable que l'ensemble de ces organes comme l'ensemble de leurs fonctions constituent une force, un dynamisme dont l'énergie détermine un équilibre général résultant de l'harmonieuse solidarité fonctionnelle des dits organes, obéissant en cela aux belles lois de la biologie, et cette obligation de solidarité organique pour le constant maintien de l'équilibre n'est-elle pas démontrée quand un organe ne veut plus être solidaire? paralysie, ataxie, aphasie, fracture du maxillaire, type du dynamisme déséquilibré, chaque fragment tiré par les muscles qui s'y attachent.

Je n'insiste pas davantage et je renvoie au chapitre des traités de physiologie pour l'exposé et l'étude de tous ces actes vitaux et de leurs facteurs en général, et plus particulièrement au chapitre « digestion », pour l'étude détaillée de cette importante fonction, depuis la préhension de l'aliment jusqu'à son passage à l'état de bol alimentaire dans le pharynx, ces diverses phases, si bien du domaine odontologique, perdraient de leur importance si on les écourtait dans une revue trop succincte, ce qui serait le cas ici.

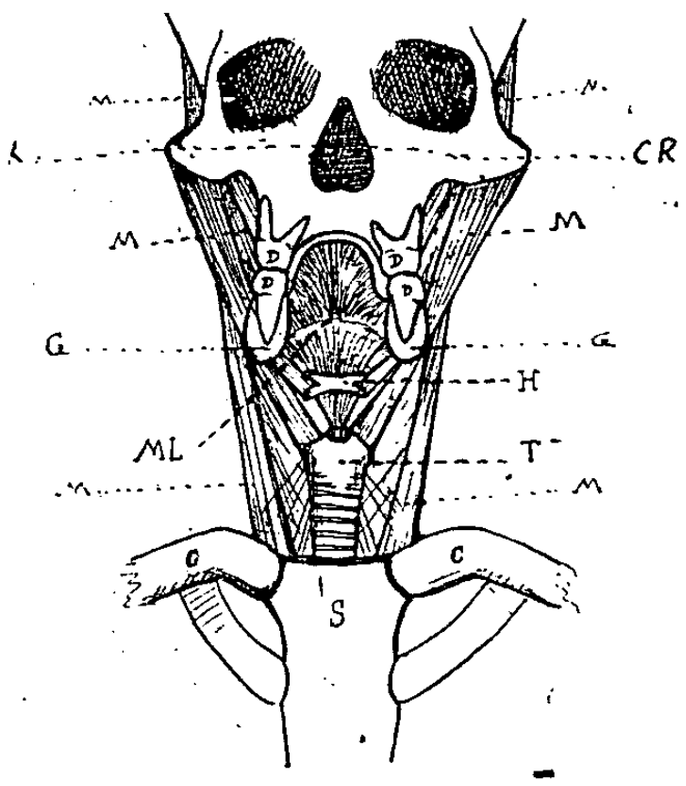



Fig. 1. — Schéma du dynamisme buccal.
DD, dents. — MM, muscles et organes musculaires. — CR, région crânienne; base de la pyramide. — GG, maxillaire. — ML, muscle lingual. — H, os hyoïde. — T, thyroïde et trachée. — S, sternum. — CC, clavicules.

De ces données anatomo-physiologiques nous déduirons en résumé, que cet ensemble organique accomplit des actes ayant sur la région dento-maxillaire une double action en rapport avec la forme même de cette région.

En effet, l'arc osseux moyen, le maxillaire inférieur, dans son puissant rôle, actif ou passif, divise, par sa forme même, les éléments dynamogènes en deux groupes, un groupe intra-

maxillaire, un groupe extra-maxillaire. Le premier contenu dans la concavité de l'os, le second appliqué sur sa convexité, ce qui permet d'établir de suite le schéma suivant résumant très bien tout ce qui précède (fig. 1).

Le dynamisme représenté par les muscles MM, ML, etc., moteurs des arcs GH entre les points fixes CRCR os cranio-faciaux, et CSC, sterno-clavicule, et la dent DDDD posée dans cet ensemble dynamique.

Mais il est un schéma encore plus clair démontrant mieux cette action :

Nous venons de voir que nos éléments dynamogènes sont internes ou externes par rapport aux maxillaires, et surtout par rapport aux arcades dentaires ; leur action s'exerce donc sur les dents de dedans en dehors par les organes internes, de dehors en dedans par les organes externes.

Entre ces groupes dynamogènes se trouve la dent pendant toute son évolution, mais surtout depuis son éruption, sa sortie des maxillaires.

Dans de telles conditions, quoi de plus simple de représenter le dynamisme intra-maxillaire par la langue et le dynamisme extra-maxillaire par les lèvres, la dent occupant la zone d'équilibre ?

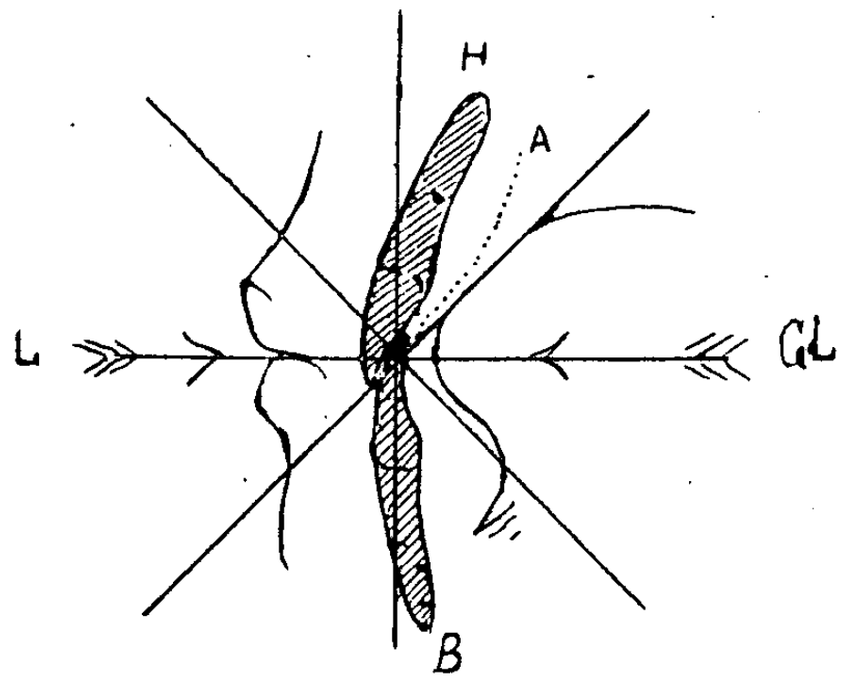



FIG. 2. — Le dynamisme buccal et son équilibre (schéma). L, lèvres (leur action dynamogène est indiquée par les flèches). — GL, langue (son action dynamogène est indiquée par les flèches). — A, point d'équilibre du dynamisme synthétisé par lèvres et langue ; ce point est l'arc dentaire, la ligne articulaire. — H, dent supérieure (en antagonisme normal). — B, dent inférieure (en antagonisme normal).

Nous aurons ainsi le schéma définitif et très clair que nous donne la figure 2.

Mais si clair et si démonstratif soit-il, ce schéma ne doit point nous masquer les autres organes et le contingent dynamogène qu'ils apportent à ceux que, pour la commodité d'exposition, j'ai choisis pour type.

Magitot, dans son résumé des lois de disposition, nous dit que (1) :

. . . . . .

« A l'égard de la disposition réciproque, les arcades dentaires sont en rapport fixe, l'inférieure étant circonscrite par la supérieure.

. . . . . .

» 3° La rencontre réciproque des arcades dentaires est donc à l'état normal et pendant l'occlusion de la bouche rigoureusement complète sans

(1) *Des lois de la dentition chez les vertébrés. Journal d'Anat. et de Physiol.*, janvier-février 1883.

interposition possible d'aucune substance ou corps étranger quelconques.

» Ces dispositions se montrent dans la première comme dans la deuxième dentition, chez l'individu de race supérieure comme chez celui de race inférieure, et elles se montrent même chez les anthropomorphes. »

Ces rapports sont justement la représentation de l'équilibre du dynamisme buccal.

Mais ce dynamisme buccal existe déjà, et, sans sortir du cadre tracé, il est bien permis cependant de constater qu'une loi doit présider à l'évolution buccale avant l'apparition des dents et que les maxillaires de l'homme sont tels qu'ils sont non pas par pur hasard, mais bien en vertu de cette loi ou d'évolution, ou d'accommodation, ou de transformation ou autre, mais loi tout de même, puisque les individus d'une même espèce ont des organes identiques dans leurs formes embryologiques, évolutives, et définitives.

En somme, les dents viennent s'ajouter simplement et passivement à un état de choses existant sans y apporter un notable changement.

Aussi, dès leur sortie des maxillaires, les dents temporaires n'ayant aucun moyen biologique autre qu'une individuelle passivité à opposer à l'énergie des forces qui les entourent, prendront-elles logiquement la position correspondant à la zone d'équilibre existant déjà, à la résultante de toutes ces forces.

Les dents permanentes, à leur sortie des maxillaires, sont dans des conditions identiques. Mais alors que pendant la période d'éruption temporaire, la « résultante » était « fictive » pendant la période permanente, elle est « effective », puisqu'elle est représentée par les organes temporaires à racines entières (pour ceux non en période de remplacement) solidement attachées à l'os et dont la force de résistance est souvent accrue par des organes permanents : les premières grosses molaires.

C'est donc sur la base arciforme préexistante, prédentaire, que les dents, temporaires d'abord, les permanentes les remplaçant, vont prendre une position particulière à chaque organe, mais dont l'ensemble constituera l'arcade dentaire.

Du dynamisme buccal, la « cause », résulte donc bien l'arcade dentaire, « l'effet » ; l'un des effets, car tel que nous le connaïssons maintenant, le dynamisme buccal ne peut, avec ses si complexes fonctions organiques, limiter son action à la seule migration des dents. Mais le cadre du présent travail ne nous permet pas de voir ce qu'il est et ce qu'il fait en plus, nous sommes limités par l'arcade dentaire, aussi, contentons-nous de voir ce qu'est cette arcade.

*
* *

Comme en architecture, l'arcade dentaire est composée d'un arc soutenu par deux colonnes. L'arc est constitué par les dents de bouche : bicuspides, canines, petites et grandes incisives. Les colonnes sont constituées par les grosses molaires. Mais alors que les colonnes mettent plus de douze ans à se constituer (de la dent de six ans à la dent de sagesse, dix-huit ans minimum), l'arc proprement dit est constitué en moins de trois ans (dentition temporaire).

La figuration de l'arc dentaire s'obtient en faisant écraser entre les dents une mince plaque de cire qui conservera une série de perforations corres-

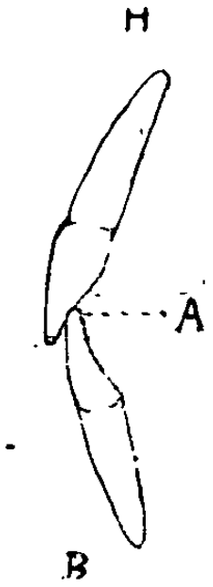



Fig. 3. — Antagonisme normal.
A, point de contact, arc dentaire (ligne articulaire, dents antérieures).

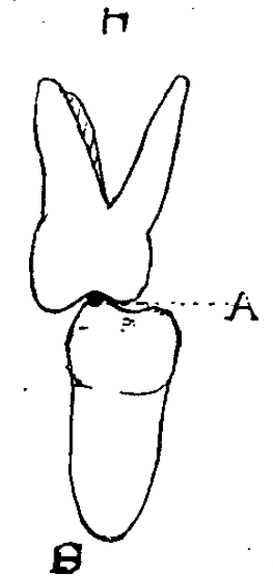



Fig. 4. — Antagonisme normal.
A, point de contact, arc dentaire (ligne articulaire, dents molaires).

pondant aux points de contact des dents des deux maxillaires et leur antagonisme *(fig. 3 et 4)*.

Si l'on joint par une ligne tous ces points de perforation, on obtiendra

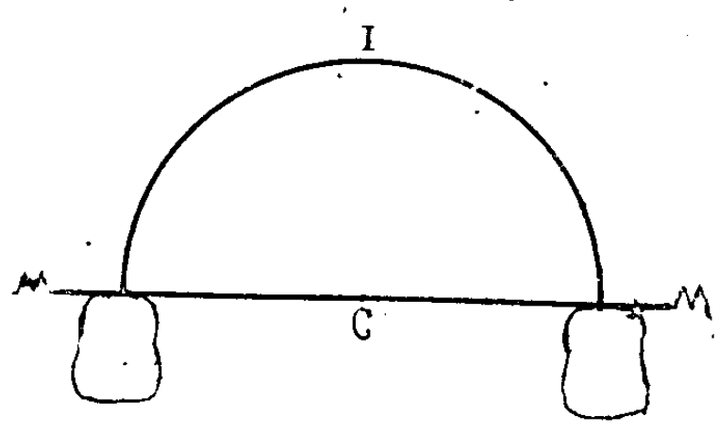



Fig. 5. — Arc dentaire.
MIM, ligne articulaire.

une courbe représentant ce qu'en terme de prothèse nous appelons « l'articulation » *(fig. 5* M' IM).

Pour cette raison, je nommerai la courbe : ligne articulaire.

Cette ligne articulaire est la base de l'une des lois de Magitot sur la dentition.

Les dents supérieures sont en dehors, les inférieures en dedans de la

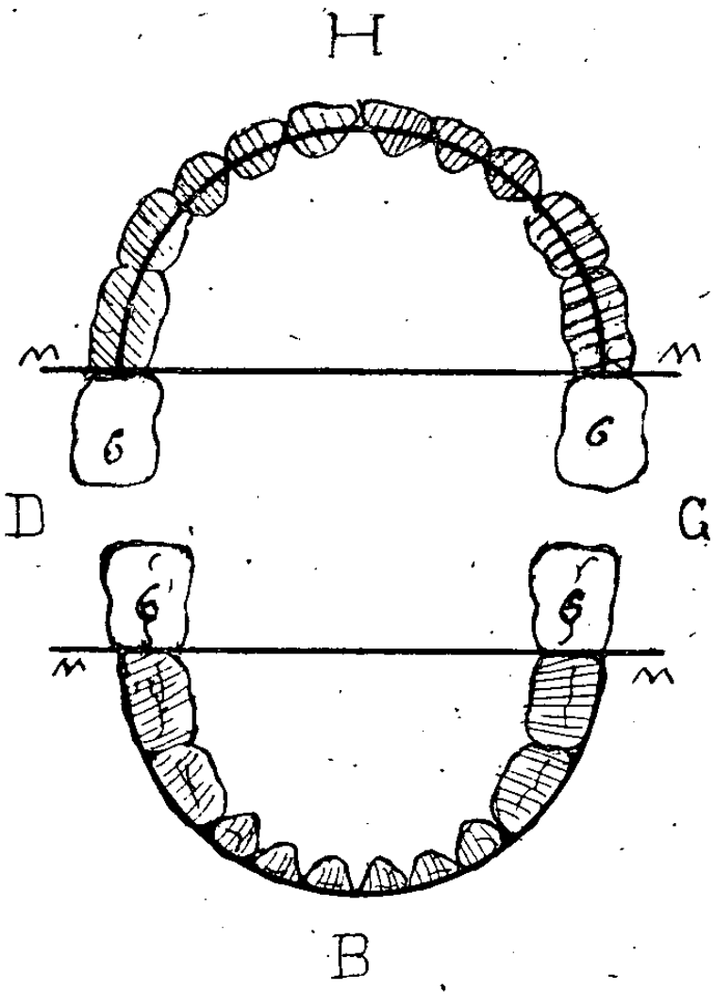



Fig. 6. — Arc dentaire, période temporaire. 666, dent première molaire permanente. — H, arcade supérieure. — B, arcade inférieure.

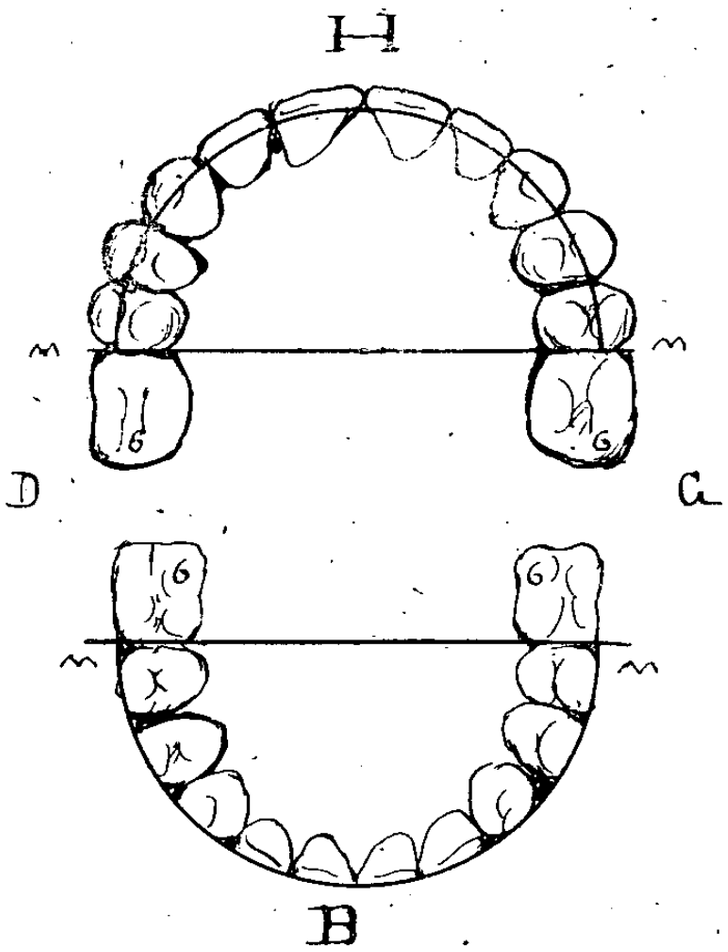



Fig. 7. — Arc dentaire permanent. 6666, Dent première molaire permanente. — H, arcade supérieure. — B, arcade inférieure. — L'arc est identique à celui représenté par la figure 6.

ligne articulaire. La mâchoire supérieure inscrit la mâchoire inférieure *(fig. 6 et 7)* (1).

Une ligne divisant l'arc dentaire des colonnes, sera la corde de cet arc *(fig. 5, 6, 7,* MM'). Cette corde sera tangente mésiale bi-première molaire.

Une perpendiculaire passant par son centre et l'intervalle incisif médian sera un rayon qui affectera avec la corde des rapports proportionnels identiques dans les deux dentitions.

C'est donc dire que l'aire de l'arc dentaire est identique aussi dans ces deux dentitions (2).

Dans toute arcade dentaire normale, la ligne articulaire correspond au point d'équilibre, nous l'avons vu, mais de plus, le centre de gravité de chaque dent passe par cette ligne.

(1) Les dents temporaires seront hachurées dans toutes les figures.
(2) *L'antagonisme inverse,* Th. Doct, janvier 1901, Dr Siffre.

Le centre de gravité d'une dent est le point de rencontre de ses axes méso-distant et buccо-lingual. Ces axes, dans une arcade normale, sont: le premier, la ligne articulaire même, l'art dentaire; le second, un rayon de cet arc *(fig. 8)*.

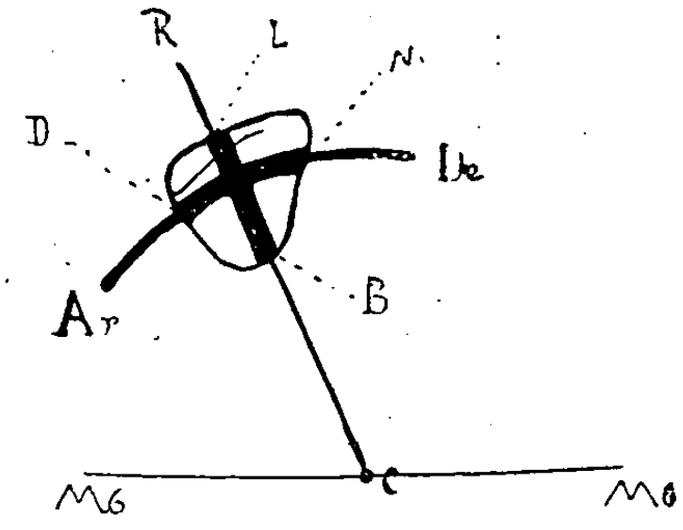



Fig. 8. — Rapports des axes des dents avec l'arc dentaire.
Ar De, arc dentaire. — DM, axe méso-distant. — CR, Rayon de l'arc dentaire. — BL, axe bucco-lingual. — M6, M6, corde bi-molaire permanente.

Tous autres rapports constituent l'« irrégularité » traduisant l'équilibre relatif aux modifications apportées dans le dynamisme buccal physiologique.

Pour que les rapports qui constituent l'état normal puissent s'établir, la dent doit exécuter deux mouvements :

1° Un mouvement parallèle à l'axe même ;

2° Un mouvement parallèle au rayon de l'axe.

La figure 9 est la démonstration de ce qui précède ; elle montre les rapports normaux et relatifs des axes des dents avec l'arc dentaire.

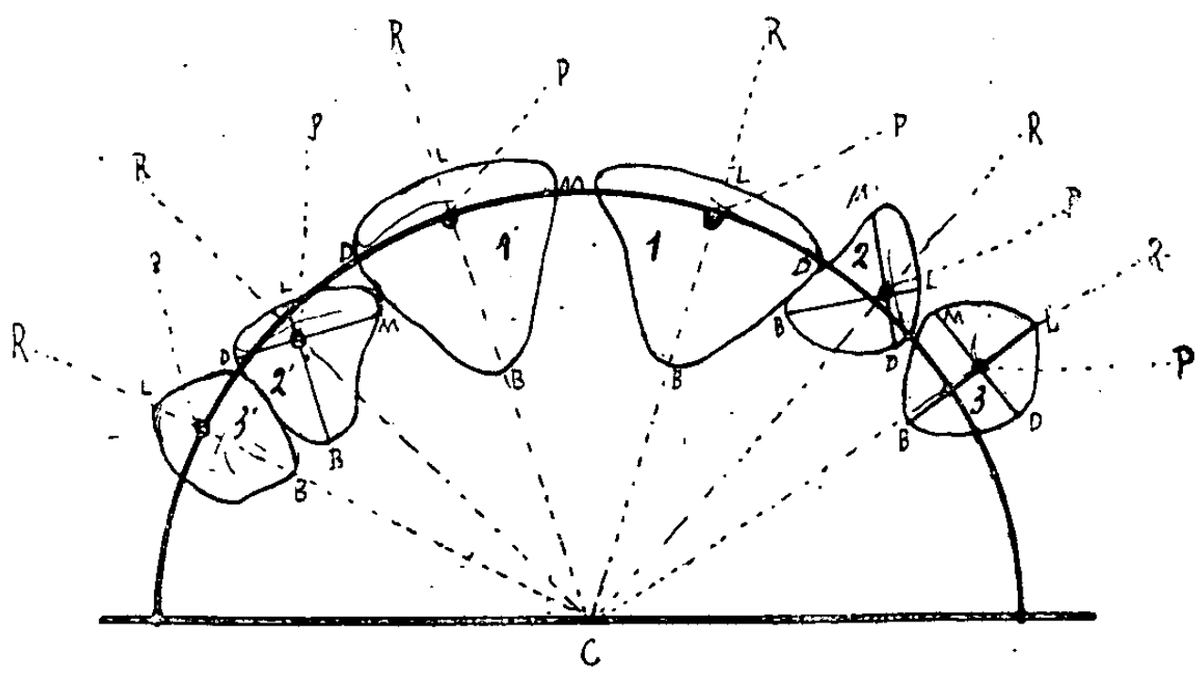



Fig. 9. — Rapports normaux et rapports relatifs des dents avec la ligne articulaire.
RC, rayon de l'arc. — MD, axe méso-distant. — BL, axe bucco-lingual. — P, centre de gravité au point d'antagonisme. — 1 1′, 3′; dents en position normale, en équilibre normal. — 2 3 2′. dents en équilibre relatif, position anormale.

En 1, 1′, 3′, on voit la dent constituant, par sa position normale, l'arc dentaire régulier ; les axes LB et MB sont bien avec lui dans les rapports que je viens d'indiquer plus haut.

En 2′, 2, 3, nous voyons que les rapports des axes n'existent plus comme en 1, 1′, 3′ ; le simple examen de la figure montre mieux cet équilibre relatif que je ne pourrais le faire en description écrite.

* * *

L'étude de la migration physiologique des dents est trop complexe, trop étendue, pour que j'aie la prétention de la faire en entier ici : je veux simplement la signaler en tant que facteur préventif ou correcteur d'anomalies dentaires, en plaçant un peu pêle-mêle les quelques idées que m'a suggérées son étude jusqu'ici.

Je pense que lorsque d'autres auront apporté leur part à cette étude, nous pourrons voir disparaître ces horribles grosses machines qui tirent, poussent, tordent les dents des pauvres martyrs qui les portent, quand il aurait suffi, pour une irrégularité donnée, d'en obtenir la régularisation en s'adressant à cette migration physiologique. N'oublions pas que nous devons être d'abord biologistes avant que mécaniciens, et c'est ce que le présent travail tend à démontrer, aidé par des observations prises sur des sujets porteurs d'irrégularités dont la correction est la démonstration même de la migration physiologique des dents, aussi bien que son utilisation pour la prévention et la correction des irrégularités dentaires.

### PREMIÈRE OBSERVATION

*Pseudo-prognathisme supérieur.*

Victorine F..., douze ans. École dentaire, 21 août 1900. Projection des dents supérieures, par rapport à la mâchoire inférieure, qui est plutôt *concentrée*. La projection est assez prononcée, et l'on peut dire : prognathisme alvéolo-dentaire supérieur moyen.

Le 21 août 1900, extraction des deux premières petites molaires supérieures, et quelques jours après, pose d'une cuvette élévatrice de l'articulation.

J'ai revu Victorine F... deux fois depuis le 21 août, en mars 1901 et en mai 1902, elle a porté l'appareil très peu, très irrégulièrement ; il y a un notable changement dans le groupe dentaire supérieur antérieur.

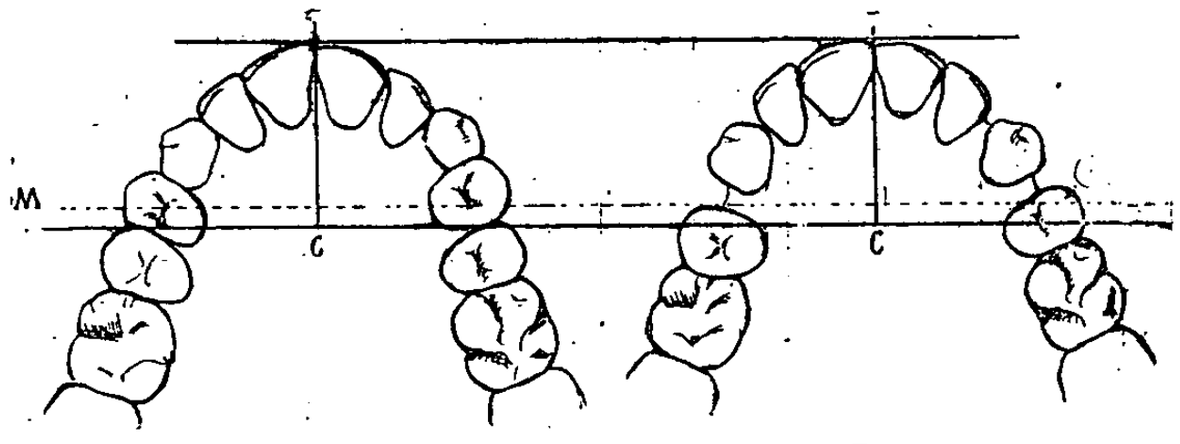



FIG. 10. FIG. 11.

*Première observation.* Pseudo prognathisme supérieur (alvéolo-dentaire). Migration après extraction

La ligne bi-molaire de six ans (*fig. 10 et 11* M-M'), et le point médian du bord libre des incisives centrales C.-I., ont vu leur distance diminuer de deux millimètres. Il est nécessaire de constater que ce n'est pas le groupe molaire qui a migré vers le groupe antérieur, mais bien l'inverse.

Si l'on prend le profil des deux mâchoires supérieures représentées dans les figures 10 et 11, on constate par cette coupe médiane antéro-posté-

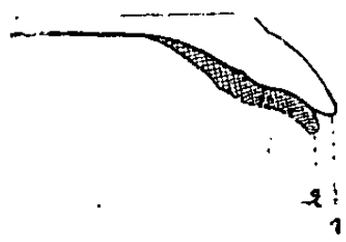


FIG. 12. — *Première observation.* Pseudo-prognathisme supérieur (alvéolo-dentaire). Migration de la masse ostéo-dentaire.
1, position des dents avant l'extraction des bicuspides. — 2, position des dents après l'extraction. — On peut voir que la dent et son tissu osseux environnant ont ensemble changé de position.

rieure que les dents dans la figure 11 sont plus rapprochées de la verticale, et que la partie du palais comprise entre le collet postérieur et le trou palatin est plus concave, ce que donne la figure 12.

### DEUXIÈME OBSERVATION

Jeanne D..., quatorze ans et demi. Saillie de la canine supérieure droite en dehors et en avant de sa place normale.

Espace insuffisant pour la loger, entre la première petite molaire et l'incisive latérale supérieure droites *(fig. 13)*.

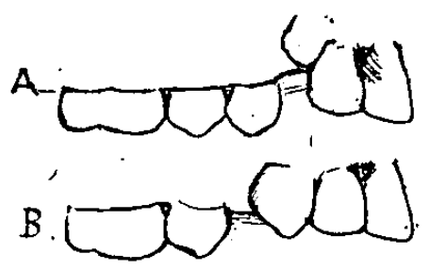



FIG. 13. — Migration de la canine.
A, avant l'extraction de la première bicuspide. — B, après cette extraction.

Extraction de la première petite molaire supérieure le 2 janvier 1901.

En juillet de cette année 1902, la canine est descendue et a reculé pour prendre sa place.

### TROISIÈME OBSERVATION

Albert R..., sept ans trois quarts, m'est présenté en décembre 1892, pour une irrégularité de l'incisive latérale supérieure droite. J'indique un traitement : on doit le lui faire suivre, mais Albert R... ne m'est plus présenté qu'en janvier 1899, plus de six ans après, alors âgé de quatorze ans moins trois mois.

La figure 14 montre la mâchoire supérieure en décembre 1892. Il y a les quatre incisives et la première petite molaire permanentes (cette dernière à gauche).

A droite, la canine et les deux molaires de lait existent.

A gauche, la canine de lait manque, la deuxième molaire de lait existe.

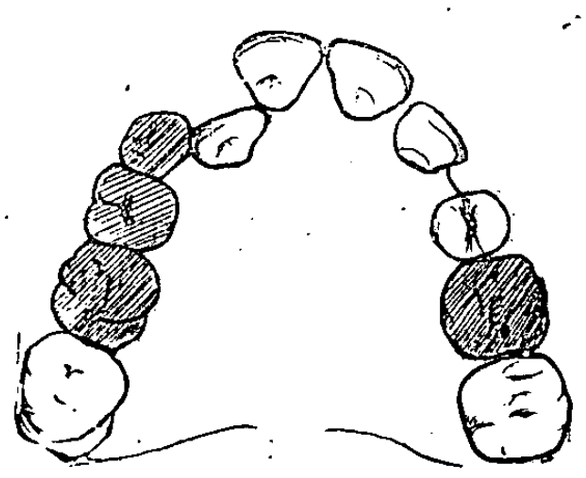


FIG. 14. — *Troisième observation.*
Les dents hachurées sont temporaires.

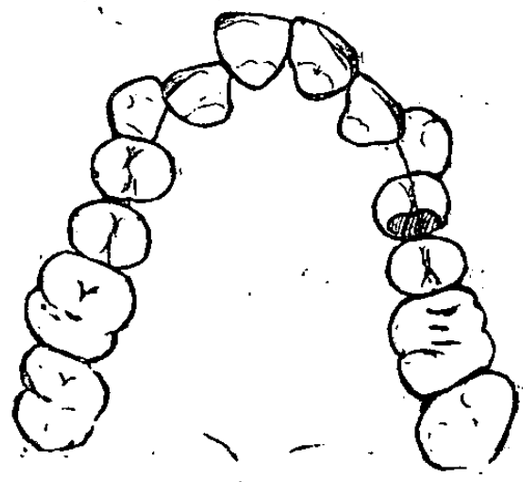


FIG. 15. — *Troisième observation.*
Arcade supérieure avant toute intervention.

Les dents de six ans existent.

L'incisive latérale supérieure droite en dedans de la ligne articulaire est en antagonisme inverse.

En janvier 1899, la mâchoire supérieure contient tous les organes permanents correspondant à quatorze ans. Incisives, canines, prémolaires, molaires de six ans et molaires de douze ans *(fig. 15)*. La première petite molaire supérieure gauche très profondément cariée.

L'incisive latérale supérieure est toujours en antagonisme inverse et en dedans de la ligne articulaire. Les deux canines sont en saillie en haut, en avant et presque au niveau par leur pointe, du collet des autres dents voisines. Le groupe incisif fait saillie (prognathisme supérieur), il y a en réalité projection alvéolo dentaire de cette région.

La mâchoire inférieure *(fig. 16)* est privée de la dent de six ans gauche extraite, la dent de douze ans est rapprochée de la deuxième petite molaire. Le côté gauche de cette mâchoire est à peu près régulier ; le côté droit voit l'incisive centrale et latérale en dehors de la ligne articulaire, puisqu'elles passent en avant de l'incisive latérale supérieure droite (antagonisme inverse).

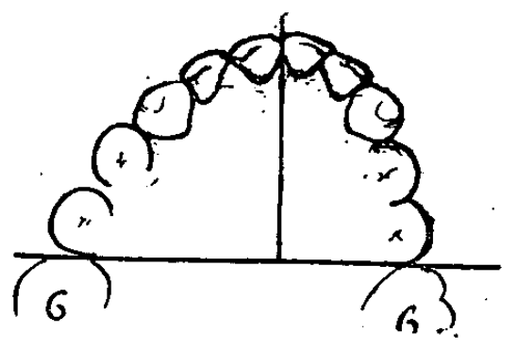


FIG. 16. — *Troisième observation.*
Arcade inférieure avant toute intervention.

Trois points sont la clef de la régularisation de cette bouche :

1° L'antagonisme inverse de l'incisive latérale supérieure droite, qui est et demeurera définitif, permanent, empêchant aussi tout changement dans les rapports de cette dent avec les inférieures antagonistes ;

2° Un cingulum énorme à chaque incisive centrale supérieure empêchant les dents de reculer, puisque les dents inférieures touchent cette saillie par leur bord libre et leur face labiale ;

3° Le maintien de l'état actuel par les canines, calant les dents incisives puisqu'elles ne peuvent rentrer entre l'incisive latérale et la première petite molaire dans la ligne articulaire, l'espace qui leur est donné étant insuffisant pour les contenir.

En supprimant ces trois obstacles, on change le dynamisme buccal, et conséquemment son point d'équilibre, et si, d'autre part, nous savons que les dents sont invitées à occuper ce point d'équilibre, parce qu'il est un point neutre, c'est-à-dire un point où elles ne subissent plus l'influence dudit dynamisme, on devra obtenir la régularisation de l'arcade par migration secondaire physiologique.

Partant de ce principe, j'ai donc : 1° supprimé les deux petites molaires supérieures ; 2° limé le bord libre de l'incisive latérale supérieure et des deux incisives inférieures centrale et latérale (ce qui désengrène les organes) ; 3° supprimé les cingules des incisives centrales, et pour que le massif « molaire » n'avance pas et comble l'espace produit par l'extraction des prémolaires, j'ai placé une cuvette avec deux pattes en métal (*fig. 17* PP) appliquées sur la face médiane des deuxièmes bicuspides. De ce moment, j'ai laissé l'organisme agir seul.

La figure 16 montre l'arcade supérieure avant toute intervention (janvier 1899).

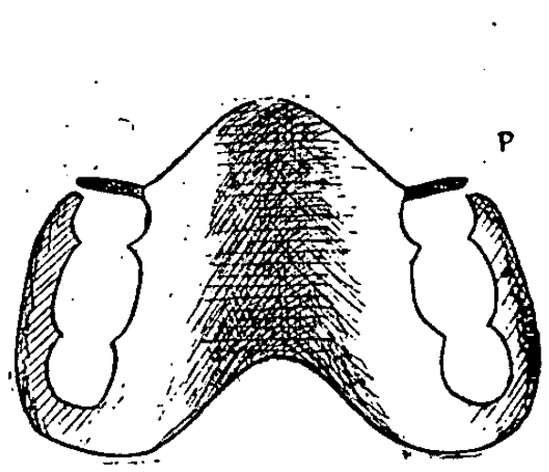



Fig. 17. — Cuvette en caoutchouc portant deux pattes (PP) destinées à maintenir le massif molaire.

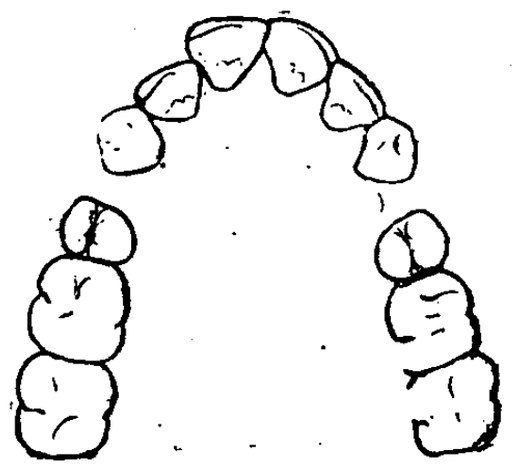


Fig. 18. — *Troisième observation*. — Arcade supérieure. Migration après l'extraction des deux premières bicuspides (comparer à la fig. 16).

La figure 18 montre le changement qui s'est opéré dans l'arcade par migration des organes, depuis l'extraction des deux petites molaires (janvier 1899) en quatre mois; ce modèle étant pris en avril de la même année.

Enfin les figures 19 et 20 sont les modèles de la bouche pris en mai 1902.

En A on constate la carie de la molaire de six ans supérieure gauche.

Toutes ces dents se touchent et sont parfaitement régulières. L'articulation est normale.

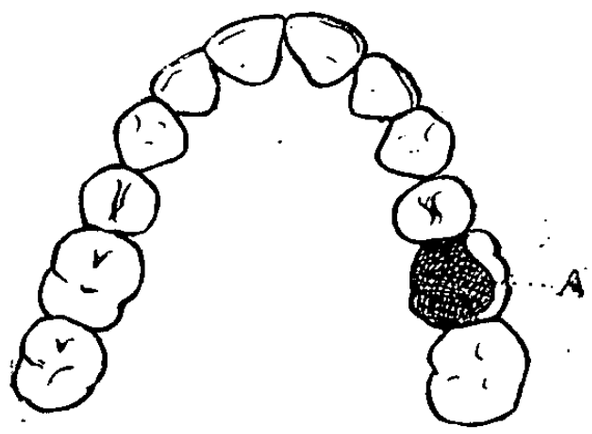



FIG. 19.— *Troisième observation.*
Arcade supérieure après la migration.
(A, molaire de six ans cariée.)

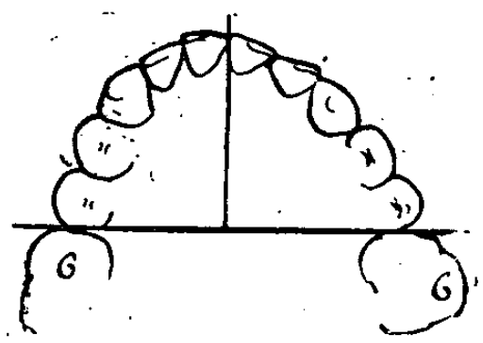



FIG. 20. — *Troisième observation.*
Arcade inférieure après la migration.

La figure 20, comparée à la figure 16, montre bien le changement de forme survenu dans l'arcade dentaire inférieure.

I

Pour le moment, je ne veux pas tirer de conclusion, mais déjà cependant il est possible de faire les propositions suivantes :

Dans toute arcade dont l'évolution est achevée, la position définitive des dents représente le point d'équilibre des forces au milieu desquelles les dents ont évolué.

Cette position est indéfinie.

Elle ne change que par un changement apporté auxdites forces.

Le « dynamisme buccal » désigne l'ensemble de ces forces.

La position définitive d'une dent est donc l'équilibre ou résultante de ce dynamisme buccal.

II

Si, pendant toute son évolution, si pendant que sa migration s'effectue, rien ne modifie le dynamisme buccal physiologique, si, en un mot, l'organisme agit seul, la migration sera « primitive ».

Si, au contraire, une intervention quelconque, une extraction, par exemple, est pratiquée, le dynamisme buccal est changé et conséquemment son point d'équilibre, l'orientation de la migration de l'organe dentaire ne sera plus, dans la recherche par ce dernier du nouveau point d'équilibre, ce qu'elle était primitivement : elle sera, secondairement, différente, la « migration sera secondaire ».

Si, enfin, nous ajoutons au dynamisme buccal organique un dynamisme mécanique, un appareil de prothèse corrective, nous forçons l'organe dentaire à migrer dans une direction donnée, « la migration sera forcée. »

III

En résumé, nous avons donc deux sortes de migration :

1° La migration physiologique spontanée. = Primitive.
La migration physiologique provoquée. = Secondaire.
2° La migration mécanique. . . . . = Forcée.

---

M. FAYOUX

à Niort.

---

## LE CIMENT-TRAITEMENT POUR LES CARIES DOULOUREUSES DU SECOND DEGRÉ

[617:67]

---

*— Séance du 9 août —*

Je vous demande la permission de vous entretenir un instant d'un ciment que j'emploie depuis cinq ou six ans et dont j'ai retiré les plus grands avantages.

J'ai toujours été l'adversaire des petits cotons comme pansements; aussi ai-je été heureux le jour où j'ai pu les remplacer par une pâte qui ne durcit, il est vrai, qu'au bout de vingt à trente minutes, mais qui, néanmoins, peut s'appliquer immédiatement dans les cavités dentaires, sans être pour cela diluée ou désagrégée par la salive.

Cette pâte, comme je me propose de vous le démontrer, durcit dans l'eau, et, par conséquent, dans la salive; elle ne se laisse pas pénétrer par les liquides et atteint un degré de dureté analogue à celui d'une bonne gutta-percha; elle est aussi facile à retirer d'une dent que la gutta elle-même.

Elle a, d'ailleurs, comme cohésion une telle ressemblance avec cette dernière que, lorsqu'on l'enlève à la fraise ou à la rugine, on se demande parfois si ce n'est pas une gutta.

Cette pâte, que nous nommerons le ciment-traitement, sert surtout à obturer d'emblée, pour une durée de huit jours, quinze jours, trois semaines, un mois, plusieurs mois, les caries douloureuses du second degré.

Nous l'employons, par exemple, lorsque nous nous trouvons en face d'une carie à dentine pathologique tellement douloureuse que nous ne pouvons y toucher avec un instrument.

Après un simple lavage antiseptique d'une de ces caries, nous y appliquons le ciment-traitement pour une durée que nous fixons à notre patient.

Nous avons ainsi tout d'abord le plaisir de soulager immédiatement celui-ci. Et, plus tard, après enlèvement de ce ciment provisoire, nous avons la satisfaction de constater que cette dentine molle s'est desséchée, durcie, et qu'elle se laisse cette fois enlever sans causer de douleur.

Si la douleur se produit exceptionnellement, elle est toujours très supportable.

La préparation de la cavité terminée, nous pouvons remettre, si nous le jugeons nécessaire, une petite quantité de ce même ciment-traitement dans le fond de cette cavité pour éviter la conductibilité d'un amalgame ou d'une aurification, absolument comme on le ferait avec un ciment ordinaire.

Il nous arrive même fréquemment d'employer cette nouvelle préparation comme antiseptique, et comme non conductrice pour toutes les cavités un peu profondes, chaque fois que nous obturons d'emblée, et vous comprendrez tout de suite, messieurs, toutes les combinaisons qu'on peut faire ainsi, lorsque je vous aurai dit que ce ciment-traitement est simplement composé d'*acide eugénique* et d'oxyde de zinc *sublimé*.

On peut également l'utiliser pour recouvrir tous les pansements et en particulier ceux d'acide arsénieux, parce qu'il donne une occlusion complète et qu'il se laisse enlever avec une grande facilité.

On peut également s'en servir pour recouvrir les pansements dans les quatrièmes degrés, de la même façon que nous nous servons de la gutta.

L'acide eugénique ou eugénol n'est autre chose que l'essence de girofle oxydée à l'air; mais il faut surtout prendre garde que, si l'on employait l'essence de girofle, la pâte resterait pâte, il n'y aurait pas combinaison et par conséquent pas de ciment.

Je prie tous mes confrères présents de m'excuser de leur présenter une communication d'une si grande simplicité; j'ai désiré surtout leur faire connaître et leur démontrer le côté pratique de cette méthode, et pour eux et pour leurs patients.

Je suis convaincu que ce ciment agit par son eugénol, qui est un puissant antiseptique, non caustique, et par l'oxygène qu'il fait dégager lentement à l'oxyde de zinc en se combinant. Je dis lentement parce que la combinaison est lente à se faire, et c'est ce qui expliquerait que ce ciment ne devient pas très dur.

Mais je laisse à d'autres le soin de nous éclairer au point de vue scientifique.

M. B. KRITCHEVSKY

M. D., D. D. S., à Paris.

## DE LA NÉCESSITÉ D'UNE CLASSIFICATION DANS LES MALOCCLUSIONS DENTAIRES

[617.64

*— Séance du 9 août —*

A la suite d'un échange d'opinions sur un cas d'occlusion vicieuse qui s'est présenté chez le Dr Sauvez et sur les conseils de ce dernier, je me suis décidé à exposer dans un rapide résumé les principes et idées admis à présent dans la science sur les malformations dentaires et leur classification.

On sait combien une nomenclature exacte et une classification logique facilitent toute étude ; cela est d'autant plus important dans l'orthodontie, où une définition exacte des malformations est déjà une indication pour leur traitement. Or, jusqu'à ces derniers temps, nous n'avions pas de classification facile et compréhensible, nous donnant la possibilité de nous reconnaître dans tous les cas de notre pratique. Chaque cas a été décrit séparément et deux auteurs différents, parlant du même cas, lui donnaient des noms dissemblables, ce qui produisait une confusion dans l'esprit et rendait fort difficile l'étude de l'orthodontie. Le nombre considérable des appareils inventés pour chaque cas y contribuait également pour une large part.

En 1899 parut, dans le *Dental Cosmos*, un article du Dr Angle, de Saint-Louis (Amérique), qui changea cet état de choses. Le Dr Angle donna non seulement un nom exact et très simple à chaque cas pathologique, mais encore fit une classification très ingénieuse de ces cas. Comme cette classification a pour objet l'étude des malformations et l'écart du type normal de l'articulation de la mâchoire et de l'occlusion dentaire, il est de toute nécessité de faire précéder cet exposé d'un aperçu plus ou moins détaillé des points les plus importants de nos connaissances actuelles sur l'anatomie et la physiologie de l'articulation temporo-maxillaire et c'est ce que j'ai fait dans mon article primitif et que je me propose de répéter dans mon article imprimé.

Mais comme le temps nous manque, et comme l'anatomie et la physiologie normale de l'articulation temporo-maxillaire sont le sujet d'une communication qui sera faite par mon ami M. Choquet et d'autres, qui certai-

nement ne manqueront pas de la faire mieux que moi, j'aborde pour le moment directement mon sujet.

Quand nous rencontrons une occlusion vicieuse, il faut tout d'abord porter le diagnostic exact du vice. Une fois le diagnostic exact nettement posé, les éléments du traitement s'imposent aussitôt. Nous savons comment doivent se présenter l'arcade et l'occlusion normales, nous connaissons les mouvements que toutes les deux peuvent subir, et c'est sur ces deux considérations qu'on doit diriger le choix de l'appareil. Nous éviterons, grâce à cette conduite, des extractions inutiles et souvent nuisibles, auxquelles on procède actuellement lorsqu'on ne se base pas sur les principes scientifiques.

L'importance de l'occlusion correcte une fois établie, nous chercherons à rétablir cette occlusion dans tous les cas d'occlusion vicieuse. C'est aussi l'écart de cette occlusion normale qui nous servira de base dans notre classification des occlusions vicieuses. Cette classification, proposée par le Dr Angle, fait de l'orthodontie presque une science exacte et la tire de la confusion dans laquelle elle se trouvait jusqu'ici.

## LIGNE D'OCCLUSION

Lorsqu'on veut porter le diagnostic d'un cas d'occlusion vicieuse, on doit toujours avoir dans l'esprit la ligne d'occlusion normale ; cette ligne, sur le parcours de laquelle les dents correspondantes des deux mâchoires sont le plus en contact, est une courbe parabolique passant par les surfaces inclinées distales et médianes des cuspides buccales des molaires et prémolaires, le bord coupant des canines et incisives des dents inférieures, et par le milieu du sillon formé par les cuspides buccales et linguales des molaires et prémolaires supérieures, se dirigeant ensuite un peu en avant en coupant les tubercules qui se trouvent sur la face linguale de la canine supérieure et sur la surface linguale des incisives à la distance d'un tiers à partir du bord coupant.

Cette ligne d'occlusion varie un peu selon la race, le type, etc., de chaque individu, et doit être déterminée, dans chaque cas d'occlusion vicieuse, après une étude soignée de la figure, de la ligne faciale et de la forme des dents..

## NOMENCLATURE DE L'OCCLUSION VICIEUSE

Toutes les dents qui se trouveront en dehors de cette ligne d'occlusion seront dans une position de mauvaise occlusion, et chaque dent, en particulier, peut se trouver dans une des sept formes d'occlusion vicieuse ou même dans une combinaison de plusieurs de ces sept formes.

Une nomenclature définie est nécessaire en orthodontie aussi bien qu'en

anatomie. Les termes qui désigneront les différentes formes d'occlusion vicieuse doivent être si précis qu'ils donnent tout de suite une idée nette du cas présent.

Ainsi une dent placée hors de la ligne d'occlusion peut se trouver dans une occlusion :

1° Buccale ou labiale ;
2° Linguale quand elle est dans l'intérieur de la ligne d'occlusion ;
3° Médiane si elle est placée plus médianement que dans l'état normal ;
4° Distale dans le cas contraire ;
5° De rotation quand la dent est tournée sur son axe ;
6° Infra-malocclusion quand elle n'est pas suffisamment sortie de l'alvéole ;
7° Supra-malocclusion dans le cas contraire.

Ces différentes formes d'occlusion vicieuse peuvent présenter différents degrés à partir de la plus petite déviation de l'occlusion normale jusqu'à une malformation complète qui donne souvent à la figure du malade un air repoussant.

### CLASSIFICATION D'OCCLUSIONS VICIEUSES

Comme on voit, il y a sept positions différentes que les dents peuvent occuper dans une malformation et ces sept positions, avec leurs variations, peuvent donner un nombre infini de combinaisons qui sont, pour l'observateur attentif, tellement distinctes les unes des autres, qu'il ne trouve aucune ressemblance entre elles. Le manque de principes généraux a fait naître l'idée d'inventer et de construire des appareils spéciaux pour chaque cas, vu le peu de ressemblance apparente des cas entre eux. Cela n'est pas nécessaire, car heureusement, tous les cas de malformation peuvent être réduits à quelques formes bien définies, de même qu'on a classé les plantes, les animaux et les éléments chimiques, et, quand on a bien appris les caractères distinctifs de l'occlusion et la ligne faciale de chaque classe, le diagnostic de chaque cas donné est fort simplifié.

Pour porter le diagnostic d'un cas d'occlusion vicieuse, la première chose à considérer est la relation médio-distale des deux arcades dentaires, puis la position individuelle de chaque dent.

Pour déterminer l'occlusion médio-distale des arcades, il faut certainement prendre en considération toutes les dents des deux mâchoires, mais pour plus de commodité, on peut se servir des deux points principaux suivants :

1° Les cuspides des canines supérieures entrent dans l'interstice des canines (inférieures) et premières petites molaires inférieures. Ainsi, une ligne droite, passant par la surface labiale des canines supérieures et les coupant en deux, rencontrera cet interstice.

2° La cuspide médio-buccale de la première grosse molaire supérieure entre dans le sillon formé par les cuspides médian et distales buccales des premières grosses molaires inférieures.

Ici, de même, une ligne qui passe par la cuspide médio-buccale de la première grosse molaire supérieure divisera les deux cuspides de la première grosse molaire inférieure.

Ces deux points bien présents à l'esprit, nous pouvons trouver les classes suivantes d'occlusion vicieuse.

*Classe I.* — Les deux arcades sont en position médio-distale, c'est-à-dire normale. Généralement, la première grosse molaire est dans l'occlusion normale, bien qu'une ou même plusieurs dents puissent être dans la position linguale ou buccale. Cette classe est la plus nombreuse et elle comprend toutes les difformités, depuis la plus simple inflexion d'une incisive sur l'autre jusqu'aux déformations les plus complexes, entraînant dans une fausse position toutes les dents des deux arcades.

*Classe II.* — Relation médio-distale anormale de deux arcades dentaires : toutes les dents du bas sont en occlusion distale, en produisant une absence d'harmonie dans la région des incisives et dans la ligne faciale. Cette classe présente deux divisions dont chacune a une subdivision.

1° La première division est caractérisée par l'arcade supérieure comprimée par l'allongement et la propulsion en avant des incisives supérieures, le tout accompagné de la fonction anormale des lèvres, de l'obstruction nasale et de la respiration par la bouche. La subdivision consiste dans la difformité moins prononcée avec malocclusion distale, unilatérale seulement. Les sujets, porteurs de cette difformité, respirent également par la bouche ;

2° La deuxième division se caractérise par des arcades moins comprimées, par l'inclinaison linguale des incisives et par une ligne faciale plus ou moins irrégulière.

La fonction des lèvres et du nez est normale. La subdivision est aussi caractérisée par une occlusion distale, mais unilatérale, l'autre côté restant normal.

*Classe III.* — La relation des mâchoires est anormale. Toutes les dents d'en bas sont en relation médiane avec les dents d'en haut, avec la distance d'une petite molaire ou même plus, dans les cas de difformité trop prononcée.

La position des dents dans cette classe est très variable, depuis une position des dents à peu près correcte jusqu'à l'irrégularité extrême, surtout dans l'arcade supérieure. Généralement, nous trouvons une inclinaison

linguale des incisives et des canines inférieures et cet état s'aggrave avec l'âge, en raison de la compression par les lèvres pendant l'occlusion de la bouche.

Cette inharmonie dans les dimensions de l'arcade est généralement causée par le développement inégal des os maxillaires. L'angle de la mâchoire inférieure est, dans ces cas, plus obtus qu'à l'état normal. Cet état peut également résulter du développement exagéré du corps du maxillaire inférieur. On trouve aussi des cas où la mâchoire inférieure est normale et la propulsion provient alors de la fausse position de l'articulation temporo-maxillaire, qui est plus antérieure qu'à l'état normal et il est possible que ce changement soit dû au glissement du condyle en avant, qui modifie sa position dans la cavité glénoïde, ce qui est démontré par la possibilité de faire le redressement au moyen du saut de l'articulation.

Dans les cas de malocclusion de cette classe, la difformité de la ligne faciale est très prononcée.

Cette classe comprend aussi une subdivision dont les caractères généraux consistent dans la malformation moins prononcée et la localisation unilatérale. Dans cette classification rentrent tous les cas qu'on peut rencontrer dans la pratique, quoiqu'on puisse ajouter encore les cas très rares, il est vrai, où un côté est en occlusion médiane et l'autre en occlusion distale. Il résulte de cette classification que chaque côté latéral doit être considéré comme un cas distinct.

Il peut se présenter des cas où les cuspides articulent par opposition directe, si bien qu'on peut croire avoir affaire aux deux classes d'occlusion à la fois ; mais, après un examen plus attentif, on constatera que la plupart des plans inclinés se rapprochent de l'une ou de l'autre de ces deux classes.

La perte d'une dent par extraction ou par accident, avec changements consécutifs dans la position des dents, complique et le diagnostic et le traitement. Un examen attentif et approfondi s'impose dans tous ces cas.

En résumé :

*Classe I.* — Position relative des deux arcades dentaires médio-distale normale. La malocclusion se rencontre généralement dans les dents antérieures.

*Classe II.* — Propulsion de la mâchoire supérieure. Les dents inférieures sont dans une occlusion distale.

### DIVISION I

A. L'arcade dentaire supérieure est comprimée latéralement, les dents antérieures sont allongées et projetées en avant, la fonction normale des lèvres et du nez est compromise, la respiration se fait par la bouche.

B. Mêmes phénomènes que dans A, mais d'un côté seulement, l'autre côté restant normal, la respiration se fait également par la bouche.

DIVISION II

A. La compression latérale de l'arcade supérieure est peu prononcée. Les incisives s'entassent l'une sur l'autre, elles s'inclinent dans le sens lingual. La fonction nasale et labiale est normale.

B. Mêmes phénomènes que dans A, mais atteignant un côté seulement, l'autre côté restant normal. Fonctions nasales et labiales normales.

*Classe III.* — A. Propulsion de la mâchoire inférieure, occlusion médiane des dents inférieures, incisives et canines inférieures, inclinées dans le sens lingual.

B. Même chose que dans A, mais d'un côté seulement, l'autre côté restant normal.

Sur mille cas de malocclusion, examinés par le docteur Angle, la proportion relative de ces trois classes se présente comme suit :

| | |
|---|---|
| Classe I | 692 |
| Classe II | |
| Division 1 | 90 |
| Subdivision | 34 |
| Division 2 | 42 |
| Subdivision 2. | 100 |
| Classe III. | 34 |
| Subdivision. | 8 |
| | 1.000 |

Nous avons déjà remarqué quelle influence exercent les lèvres, les joues et les plans inclinés des cuspides des dents sur la formation de la malocclusion. Si ces agents ne sont pas surveillés et dirigés pour nous aider dans la correction de la malocclusion, ils maintiennent la difformité quand elle est formée. Ceci doit être pris en considération lorsqu'on entreprend un redressement et il faut souvent employer une force beaucoup plus considérable pour contrecarrer l'action de ces agents, qui dans une occlusion normale servent à maintenir la régularité et dans une malocclusion maintiennent de même l'irrégularité.

Il ne faut pas, dans les cas de malocclusion, compter sur une correction spontanée ; la nature ne peut intervenir d'une façon utile lorsque la malocclusion est déjà constituée.

### LIGNE FACIALE NORMALE

Il n'y a pas une branche de notre art où l'on puisse avoir une action aussi efficace que dans l'orthodontie, où, en changeant la position vicieuse des dents et même des mâchoires, on peut obtenir un changement de la ligne faciale tel que la figure se trouve complètement transformée et, de repoussante qu'elle est souvent, devient d'une régularité se rapprochant de l'idéal. En présence d'un cas de redressement, il est nécessaire de prendre en considération non seulement la position vicieuse des dents dont nous avons déjà parlé, mais encore la déformation que cette position imprime à la figure. Et, à cet effet, il est bon d'avoir présente à l'esprit la ligne faciale idéale telle que nous l'a léguée l'art ancien.

A notre époque, il est rare de trouver une figure qui soit parfaite ; il y a certainement des beautés, mais on peut toujours leur trouver quelques imperfections et, si nous prenons comme idéal la figure d'Apollon, chaque trait y est d'une telle perfection que, si l'on changeait d'un millimètre seulement la longueur du nez de ce dieu, sa beauté ne serait déjà plus idéale.

Les caractères généraux d'une figure idéale sont les suivants : lèvre supérieure courte, un peu proéminente et bien courbée, la lèvre inférieure moins proéminente, avec une dépression bien marquée à la base, ce qui forme la rondeur du menton et lui donne l'expression. Ces caractères de la partie inférieure de la figure sont des éléments de beauté constants. La différence entre la figure du type grec et celle du type moderne réside seulement dans la partie supérieure, la partie inférieure restant toujours identique.

Si nous prenons le profil d'Apollon et si nous menons une ligne droite partant du point proéminent du front au menton, cette ligne coupera l'aile de la narine en son milieu. Cette ligne réunissant les trois points principaux de la figure est appelée la ligne d'harmonie.

C'est cette ligne qui peut aider, dans une large mesure, notre diagnostic, de même que la ligne d'occlusion normale doit nous guider dans le diagnostic d'une occlusion vicieuse. Tout récemment, le Dr W. O. Falbon a donné quelques autres règles pour trouver l'harmonie de la figure. Les données demandent encore nombre d'expérimentation pour être probantes, et l'auteur lui-même reconnaît qu'il n'avait pas fait un nombre suffisant d'expériences.

Mais si elles sont exactes, elles peuvent nous aider beaucoup pour déterminer si les déformations siègent à la mâchoire supérieure ou inférieure ; s'il s'agit d'un développement exagéré de la mâchoire supérieure ou d'un manque de développement de la mâchoire inférieure ou *vice versa*.

Cet auteur constate que dans une occlusion normale, on trouve la ligne d'harmonie et cette ligne passe par les proéminences frontale et mentonnière et par le milieu de l'aile du nez. En prenant comme centre d'une circonférence le condyle du maxillaire inférieur la circonférence sera délimitée par les trois points suivants :

1° La proéminence du menton ;

2° La proéminence du nez ;

3° Le point proéminent du front à peu près à 2 centimètres au-dessus des sourcils.

II. — Quand les dents supérieures sont dans une position normale et les mâchoires développées normalement, on trouve que le point placé sur le bord coupant des incisives centrales et le point dans la concavité de l'os nasal sur le rebord nasal sont à égale distance du condyle de la mâchoire inférieure.

III. — Lorsque la première mensuration est applicable et que la mensuration II ne l'est pas, la déformation siège dans la mâchoire supérieure.

S'il y a développement exagéré des molaires supérieures, en se rapportant à la mensuration II on voit que la distance de la racine du nez au condyle du maxillaire inférieur est plus petite que celle qui sépare le condyle du bord coupant des incisives centrales. Si, au contraire, la mâchoire supérieure n'est pas assez développée, cette distance sera plus grande et dépassera les incisives centrales.

IV. — Quand la mensuration II est applicable et que la mensuration I ne l'est pas, la déformation siégera dans la mâchoire inférieure. S'il y a développement exagéré, en plaçant une pointe du compas sur le condyle et l'autre sur le point proéminent du menton, si l'on décrit une circonférence, ce point ne touchera pas la pointe du nez et passera beaucoup plus haut sur le front et même dans les cas extrêmes ne touchera même plus le front. Si, au contraire, la mâchoire inférieure n'est pas assez développée, lorsqu'on place le compas de façon qu'il repose sur le condyle d'une part et sur l'éminence frontale ou sur la pointe du nez de l'autre, il ne touchera pas le menton et le dépassera.

Dans la première mensuration, les pointes se trouvant au centre des éminences frontales, celles du condyle du menton déterminent un triangle équilatéral.

Dans le cas d'une occlusion médio-distale, comme les dimensions IV varieront peu, on pourra déterminer l'occlusion vicieuse par l'examen de l'occlusion. Il est utile de se servir d'un compas à bouts arrondis et d'inscrire les dimensions dans le but de les comparer avec celles prises après la correction de la difformité.

Le Dr Davelle a préconisé l'emploi de ces mensurations pour définir certaines variations locales de la figure normale et le Dr Angle propose les

termes *pro* et *sub* pour la définition du développement exagéré ou du manque de développement local.

Par exemple un excès de développement du bourgeon intramaxillaire sera appelé *pro-intramaxillaire*, la condition contraire *sub-intramaxillaire*.

Pour le maxillaire inférieur *sub-inférieur maxillaire ; pro-inférieur maxillaire*.

La propulsion ou la rétropulsion du menton sera :

Pro-mentale. } Développement.
Sub-mentale. }

Sub-dentale. } Développement.
Pro-dentale. }

Ces termes serviront à désigner protrusion ou rétrusion des dents et des lèvres.

Ces termes sont plus clairs pour un orthodontiste que les termes employés par les chronologistes : prothognathisme et orthognathisme, parce qu'ils nous indiquent la place exacte du vice.

---


## M. J. CHOQUET

Professeur suppléant à l'École dentaire de Paris.


---

### SUR LES DIFFÉRENTES SORTES D'ARTICULATION DES DENTS ENTRE ELLES [617.6]

---

*— Séance du 9 août —*

On a tout avantage, croyons-nous, à définir l'articulation dentaire de la façon suivante :

« Les rapports existant à l'état d'occlusion normale entre les dents du maxillaire supérieur et celles du maxillaire correspondant. »

Une semblable définition ne risque pas d'entraîner une confusion forcée dans l'esprit de l'étudiant lorsqu'il lit par exemple la description de cette articulation donnée par Tomes.

Cet auteur dit en effet ceci :

*Chez l'homme les dents s'élèvent toutes au même niveau, sans solution de continuité entre elles.*

Si cette définition était vraie, un maxillaire supérieur pourvu de toutes ses dents, posé à plat sur une surface plane, devrait présenter les bords tranchants ou les cuspides de *toutes* ses dents avec cette surface plane.

Il n'en est pas ainsi et lorsque l'on vient à se trouver en présence d'un cas semblable, on peut dire que c'est une anomalie très rare, entraînant avec elle des altérations particulières des dents caractérisées par de l'abrasion mécanique et provenant :

1° Du genre d'alimentation de l'individu ;

2° Des mouvement de latéralité plus ou moins accentués pouvant exister pendant la mastication.

Cette ligne droite idéale, qui, d'après Tomes, devrait passer par toutes les pointes des cuspides des dents, n'existe donc pas, mais est remplacée par une ligne plus ou moins sinueuse partant de l'incisive centrale pour aboutir à la troisième grosse molaire, ligne sinueuse, entraînant comme conséquence l'inclinaison en dedans, du côté lingual des dents du maxillaire inférieur au point où la courbe du maxillaire supérieur est le plus accentuée. Au maxillaire supérieur il y a au contraire projection du côté jugal des dents qui dépassent le plus la ligne droite envisagée par Tomes.

Si l'on considère les rapports des dents entre elles au point de vue axial, et que l'on prenne comme point de départ la base du maxillaire inférieur, on voit que chez les sujets non prognathes les incisives centrales considérées sur une de leurs faces latérales, soit la mésiale, soit la distale, sont perpendiculaires à la base de cette mâchoire.

Dans l'occlusion normale des dents les incisives correspondantes doivent présenter leur axe parallèle à l'axe de l'incisive inférieure.

Le second cas pouvant se présenter, c'est l'articulation bout à bout dans laquelle les deux axes se confondent. Le troisième, c'est le brachygnatisme ou menton de galoche dans lequel le premier cas est retrouvé, mais dans l'ordre inverse.

Le quatrième cas, enfin, présente une déviation complète de l'axe des incisives supérieures qui, au lieu de recouvrir un tiers de la couronne des dents correspondantes, les cachent entièrement.

Si l'on vient donc à considérer simplement les dents de bouche au point de vue axial, on est forcé de reconnaître que les variations pouvant exister sur ces dents se répercuteront forcément sur les autres dents en entraînant des modifications plus ou moins grandes, se traduisant par une ligne plus ou moins sinueuse existant entre les dents du maxillaire supérieur et celles du maxillaire correspondant.

# M. le Dr Léon FREY

Ancien interne des Hôpitaux de Paris, Professeur à l'École dentaire de Paris.


## RAPPORTS PATHOLOGIQUES ENTRE L'ARTICULATION TEMPORO-MAXILLAIRE ET LES DENTS [617.6]

*— Séance du 9 août —*

Il est un chapitre de notre pathologie spéciale auquel nous ne prêtons pas une attention suffisante, à mon avis, et qui, cependant, mérite à plusieurs points de vue de n'être pas négligé dans nos observations et examens cliniques : je veux parler des rapports qui existent entre l'état pathologique des dents et celui de l'articulation temporo-maxillaire.

Dans cette communication je vais vous soumettre seulement une esquisse, attirer simplement votre attention sur ces rapports et plus tard, par un nouveau classement d'un plus grand nombre d'observations, peut-être pourra-t-on donner à ce chapitre l'importance qu'il semble comporter.

Je considère trois cas, donc trois sous-chapitres.

I. — Il y a *arthrite temporo-maxillaire; celle-ci est primitive;* les manifestations dentaires, quand elles existent, sont pseudo-dentaires.

II. — Il y a *arthrite temporo-maxillaire*, mais *secondaire* à un état pathologique des dents ou de leurs articulations.

III. — Il n'y a plus arthrite, inflammation plus ou moins douloureuse de l'articulation, il y a viciation dans la fonction, *déformation physiologique secondaire à une articulation dentaire défectueuse.*

*
* *

I. — De par l'anatomie des nerfs de la région *(fig. 1*, Pl. XI*)*, vous pouvez vous expliquer les manifestations douloureuses, les irradiations névralgiques pseudo-dentaires, qui peuvent accompagner l'arthrite primitive de l'articulation temporo-maxillaire. Vous connaissez le nerf maxillaire inférieur, dépendance du trijumeau; au nombre de ses multiples branches, sans parler des rameaux temporaux et massétérins assez éloignés de l'articulation, il en est qui la frôlent, pour ainsi dire, et qui pourront être touchés par l'arthrite : c'est le nerf auriculo-temporal, qui contourne le condyle, non loin de son col, d'avant en arrière et de dedans en dehors ;

plus loin, en avant et en bas, c'est le nerf dentaire inférieur qui va s'engager dans le canal dentaire.

Que de fois n'avons-nous pas à invoquer ce voisinage nerveux quand nos malades viennent nous trouver se plaignant de névralgies, qui leur semblent provenir des molaires du bas et qui irradient vers l'oreille et vers la tempe! Nos moyens ordinaires d'investigation sur les dents ne donnent rien : au chaud, au froid, à la palpation, à la percussion, aucune douleur; mais faites ouvrir largement la bouche de votre malade, appuyez avec la pulpe du pouce sur l'articulation ou les articulations temporo-maxillaires : une douleur, un craquement, une exacerbation névralgique vous auront mis sur la trace de l'organe malade : c'est l'articulation temporo-maxillaire atteinte d'arthrite qui est le point de départ de ces irradiations douloureuses pseudo-dentaires.

Le cas est trop banal pour tous, je n'y insiste pas.

Plus rare est l'observation suivante que j'ai fait paraître dans la *Revue de Stomatologie*, de 1896, t. III, p. 198, et dont le diagnostic ne s'imposait pas dès le début. Permettez-moi de la reproduire ici :

### ARTHRITE AIGUË TEMPORO-MAXILLAIRE AVEC SYMPTOMES DE PSEUDO-ACCIDENT DE DENT DE SAGESSE

En janvier dernier je fus appelé auprès d'un de mes clients que je trouvai dans l'état suivant : visage pâle, traits tirés, impossibilité absolue d'ouvrir la bouche, haleine extrêmement fétide, déglutition des plus pénibles et 39 degrés de température; gonflement assez léger de la joue à droite avec léger engorgement ganglionnaire de ce côté.

Cet état s'était produit subitement un jour avant ma visite, en débutant par un violent mal de gorge surtout à droite. C'était d'ailleurs à droite qu'il localisait tous ses phénomènes douloureux à la moindre tentative d'ouverture de la bouche, à la moindre pression sur la région massétérine.

Cet état particulier de cachexie buccale, cet engorgement ganglionnaire à droite me firent songer immédiatement à un accident de la dent de sagesse inférieure de ce côté avec angine consécutive; mais je me rappelai que *l'année précédente j'avais extrait cette dent très cariée.*

Dans l'impossibilité de faire un diagnostic précis, je commençai par ordonner une antisepsie buccale intensive.

Le lendemain, le malade ouvrait légèrement la bouche, assez pour me permettre de constater l'absence de toute carie des molaires à droite, soit en haut, soit en bas; l'angine diminuait, le gonflement ganglionnaire également.

La température, le matin, était encore de 38 degrés, mais je pus nettement constater que la localisation douloureuse la plus intense avait lieu au niveau de l'articulation temporo-maxillaire, soit quand mon malade essayait d'ouvrir la bouche, soit à la pression avec le doigt. Cette douleur se propageait à tout le masséter et remontait dans la région temporale.

Je savais mon malade sujet à des attaques de rhumatisme articulaire aigu; le diagnostic devenait facile : il s'agissait d'une crise de ce genre, ayant débuté par une angine, s'étant localisée à une articulation temporo-maxillaire et ayant entraîné des symptômes de pseudo-accident de dent de sagesse.

D'accord avec le médecin traitant, j'ordonnai du salicylate de soude, 6 grammes par jour. La guérison fut très rapide; le soir même la température était normale. Et après deux jours de traitement, l'articulation n'était plus douloureuse, les mouvements étaient seulement entravés par une certaine impotence du muscle masséter.

*Conclusions.* — Arthrite temporo-maxillaire aiguë chez un rhumatisant, aucun trouble dentaire, mais symptômes de pseudo-accident de dent de sagesse, empêchant pendant un jour de faire un diagnostic précis.

Incidemment laissez-moi signaler en pareil cas les services que pourraient rendre les *injections sous-cutanées de salicylate de soude*, préconisées par le professeur Bouchard dans le traitement du rhumatisme : 1 centimètre cube d'une solution à 5 0/0. Une pareille dose a une sphère d'action de 6 centimètres de diamètre; donc elle agirait sur l'articulation tout entière et particulièrement vite puisque cette articulation est si superficielle.

***

II. — Dans ce deuxième chapitre, il y a encore arthrite temporo-maxillaire, mais secondaire à un trouble dentaire.

Ce trouble peut être de deux ordres :

1° Inflammatoire;

2° Articulaire.

1° *Inflammatoire.* — A cette catégorie appartiennent tous les cas si connus de carie compliquée ou d'évolution compliquée de dent de sagesse entraînant de l'ostéite de la branche montante avec arthrite temporo-maxillaire consécutive.

2° *Articulaire.* — Une articulation dentaire défectueuse peut entraîner secondairement de l'arthrite temporo-maxillaire.

Permettez-moi de vous signaler à l'appui l'observation suivante :

M^me^ V... est âgée de trente ans; bonne santé générale; sujette cependant de loin en loin à des manifestations de rhumatisme tantôt musculaire, tantôt articulaire.

Depuis un an, M^me^ V... se plaint d'un endolorissement continuel de toute la région périauriculaire à droite et à gauche, mais beaucoup plus particulièrement à droite, surtout après les repas, avec des exacerbations névralgiques, de temps en temps très violentes vers la tempe et la mâchoire.

M^me^ V... a consulté plusieurs confrères spécialistes pour ses oreilles, croyant que les douleurs avaient cette origine. Aucun n'a rien trouvé d'anormal.

Son médecin, le docteur Darras, me l'amène. Cette dame, dont les dents sont fort bien entretenues, porte à la mâchoire supérieure une pièce en or, qui va bien, mais qui ne sert pas à grand'chose dans la mastication, car à droite trois petites molaires, à gauche deux autres petites molaires ne sont que de simples plaques, *sans le moindre talon pour la mastication.*

Inférieurement manquent à droite la dent de six ans, à gauche la deuxième prémolaire et la première grosse. Pas d'appareil.

La dent de douze ans à droite et la troisième grosse molaire présentent, la première surtout, cette inclinaison en avant caractéristique après l'avulsion de la molaire de six ans.

Comment mastique Mme V...? Exclusivement, ainsi que vous pouvez vous en rendre compte sur ces modèles, puisque l'appareil n'est d'aucune utilité, à droite avec la molaire de douze ans du haut et les deux molaires restantes en bas, à gauche avec la molaire de douze ans en haut et la molaire de douze ans en bas.

Voilà donc une mastication bien limitée comme surface, bien fatigante pour les dents, fatigante aussi pour l'articulation temporo-maxillaire.

Les dents ne sont nullement douloureuses spontanément, ne le sont nullement à la percussion, les gencives sont absolument saines et normales.

Si cette mastication anormale n'a pas encore touché les grosses molaires, je n'en dirai pas autant des articulations temporo-maxillaires, surtout la droite : celle-ci est endolorie, endolorie à la pression du doigt, endolorie quand je fais ouvrir et fermer les mâchoires au maximum.

Pourquoi cet endolorissement ?

La mastication normalement étendue sur toutes les molaires représente un levier qui ne fatigue pas au même degré suivant que ce sont les prémolaires, première, deuxième ou troisième grosses molaires qui mastiquent.

Je m'explique et ici je m'inspire du travail du docteur Mora paru dans *l'Odontologie* de mars 1895, p. 136.

Sur cette figure très simplifiée (*fig.* 2, Pl. XI), soit O le point d'appui centre de rotation, point d'intersection des lignes de tirage du masséter et du temporal, qui font un angle aigu, de sorte que le sommet de cet angle est en quelque sorte immobilisé et que le levier coudé formé par le maxillaire inférieur se meut en tournant autour d'un axe idéal passant par ce point, à peu près à la hauteur du trou dentaire.

Soit P le point d'application de la puissance (masséter et muscle temporal); soit R le point d'application de la résistance, constituée par les muscles sus-hyoïdiens, la pesanteur de la mâchoire et les aliments.

Projetons ces points d'application sur une ligne horizontale XY.

La projection OP est le bras de levier de la puissance, la projection OR est celui de la résistance.

Pour fixer les idées, dit le docteur Mora, admettons que OP = 1 centimètre et OR = 5 centimètres. Nous aurons :

$$P \times 1 = R \times 5,$$

$$R = \frac{P \times 1}{5}$$

$$R = \frac{1}{5}.$$

» Donc à l'extrémité du maxillaire inférieur, c'est-à-dire au sommet de l'arcade dentaire, le rendement n'est que le 1/5 de la puissance dépensée; si l'on rapproche successivement R de P dans la mastication, par exemple à 4, 3, 2, 1 centimètre, le rendement augmentera, deviendra successivement 1/4, 1/3, 1/2, 1. »

Eh bien, Mme V..., *toutes les fois qu'elle mastique*, fait un effort de rendement égal approximativement à 1, quand normalement pour des aliments mous ou demi-durs, son effort, *pour le même résultat*, ne devrait être que de 1/2 ou 1/3.

Donc fatigue, et qu'est-ce qui fatigue? Ce ne sont pas encore les molaires très solides, indolores, ce ne sont pas les muscles élévateurs qui se sont accomodés à cet effort, c'est l'articulation temporo-maxillaire. Mme V est sujette aux rhumatismes; voilà une articulation fatiguée, constamment traumatisée qui s'enflamme d'une façon subaiguë et devient douloureuse spontanément, à la pression du doigt et par les mouvements.

Le remède? Un appareil du haut qui, avec des talons bien faits, surélève très légèrement l'articulation, soulage les molaires et permet à Mme V... de ne faire que l'effort de rendement 1/3 ou 1/2 quand cet effort suffit.

La suite vint heureusement confirmer le diagnostic et le remède.

Trois mois après l'ajustage de sa nouvelle pièce, quand Mme V... se fut bien habituée à son nouveau mode de mastication, ou plutôt eut complètement perdu ses habitudes anciennes de mastication trop fatigantes, les douleurs périauriculaires avaient complètement disparu.

J'avais la satisfaction de l'avoir rationnellement soulagée, d'avoir guéri son arthrite temporo-maxillaire, et de l'avoir mise à l'abri des manifestations dentaires qui auraient fini par se produire.

*
* *

III. — J'arrive au troisième chapitre de ces rapports pathologiques entre les dents et les articulations temporo-maxillaires. Il peut se faire qu'*un vice de l'engrènement dentaire entraîne toute la mâchoire dans sa totalité en avant* dans un mouvement de *protrusion*, ou *en arrière*, dans un mouvement de « *rétrotrusion* », si je puis ainsi parler. Dans le premier cas, il y a déformation de l'articulation temporo-maxillaire par le maintien du condyle en avant et la mâchoire est en état de *prognathisme*; dans le deuxième, cette déformation se fait par retenue du condyle trop en arrière et la mâchoire est en état d'*opistognathisme*.

Donc, vous le voyez, notre sujet est ainsi limité : nous allons envisager le prognathisme et l'opistognathisme par vice de l'articulation des dents entre elles; nous laissons de côté *le prognathisme de race, héréditaire ou familial, qui ne nous intéresse pas ici*, les *prognathismes chirurgicaux* encore mal connus et qui peuvent être l'aboutissant de diverses lésions de la face (squelette et parties molles); de même pour *l'opistognathisme familial et chirurgical*.

Commençons par le prognathisme du maxillaire inférieur le mieux connu. Nous ne considérons donc ici que le *prognathisme par vice d'articulation dentaire* et nous ne craignons pas d'affirmer, avec Claude Martin (de Lyon), que c'est le plus fréquent; par conséquent, je vous mets en garde (pour que vous ne les rangiez pas dans le prognathisme du maxillaire inférieur) contre ces cas où il y a simplement rétroversion des incisives

supérieures ou antéversion des incisives inférieures; peut-être l'articulation temporo-maxillaire pourra-t-elle finir par être touchée, déformée, et alors nous rentrerons dans le chapitre que nous cherchons à établir, mais jusqu'à ce moment-là il y aura simplement anomalie dans la direction des incisives du haut en arrière ou de celles du bas en avant, il y aura un prognathisme d'apparence, *un faux prognathisme*, simplement justiciable du redressement des dents.

Nous disons donc, pour revenir à notre sujet, que le plus souvent le prognathisme du maxillaire inférieur était dû à un vice de l'engrènement des dents qui entraîne le condyle de l'articulation temporo-maxillaire trop en avant.

Voyons d'abord, *au point de vue anatomo-pathologique*, comment le condyle peut ainsi se déplacer. Vous connaissez tous *(figures 3 et 4*, Pl. XI*)* cette articulation temporo-maxillaire avec son condyle surmonté du ménisque fibro-cartilagineux, sa cavité glénoïde, son arrière-fond en arrière, son apophyse transverse en avant; vous connaissez cette articulation si mobile qui permet au condyle, comme un battant de cloche ou mieux comme un heurtoir, d'entraîner la mâchoire inférieure en haut, en bas, légèrement sur les côtés; des freins puissants seuls le retiennent dans sa cavité articulaire et limitent ses mouvements : les uns, supérieurs, partent du temporal pour s'attacher au ménisque fibro-cartilagineux; les autres, inférieurs, partent du ménisque pour s'attacher au condyle; les premiers sont les *freins temporo-méniscaux antérieur et postérieur*, les deuxièmes sont les *freins ménisco-maxillaires antérieur et postérieur*. L'extrême abaissement est limité par la tension du ménisco-maxillaire antérieur et du ménisco-temporal postérieur, les deux autres étant relâchés; au contraire, l'extrême enfoncement, qui empêche la pénétration dans le tissu cellulo-graisseux de l'arrière-fond de la cavité glénoïde, est limité par la tension du ménisco-maxillaire postérieur et du ménisco-temporal antérieur, les deux autres étant relâchés.

Dans le prognathisme que nous étudions, quand un vice d'articulation dentaire a entraîné toute la mâchoire inférieure en avant, le ménisque ne rentre plus dans la cavité, il reste fixe sous l'apophyse transverse, n'étant plus tiré en arrière par le frein ménisco-temporal postérieur qui s'est allongé peu à peu; le condyle, lui, continue ses mouvements de heurtoir pour élever et abaisser la mâchoire, mouvements qui se passent *exclusivement* dans la petite articulation ménisco-maxillaire (1).

Au contraire dans l'opistognathisme par vice d'articulation dentaire, le

(1) Le col du condyle est-il susceptible de flexion ou de déflexion suivant qu'il y a opistognathisme ou prognathisme? C'est là une question qu'avec Mac-Bride et Angle nous considérons comme n'étant pas résolue. Claude Martin semble croire à la flexion du col dans le traitement du prognathisme chez l'enfant.

frein ménisco-temporal antérieur s'est plus ou moins relâché, le ménisque a des mouvements souvent très étendus dans la glénoïde jusque dans son arrière-fond.

Voyons à présent, *au point de vue pathogénique*, comment de telles malformations peuvent se produire :

Elles se dessinent seulement dans la première dentition ;

Elles s'accusent et s'installent dans la deuxième dentition.

Cl. Martin (de Lyon) dans son lumineux Mémoire sur le prognathisme de la mâchoire inférieure a établi que, pendant l'évolution de la première dentition, les deux maxillaires se développaient en masse dans la région alvéolaire, mais que, en plus, le maxillaire inférieur, si peu développé à la naissance par rapport au supérieur, présentait un accroissement dans le sens antéro-postérieur. Par conséquent, s'il y a un *retard général de cette première dentition*, le maxillaire inférieur, en raison de cet accroissement antéro-postérieur, au lieu de rester en retrait sur le supérieur, va se trouver au moins au même niveau, d'où tendance au prognathisme; et l'évolution dentaire va la confirmer de la façon suivante : normalement la première poussée dentaire se fait par les incisives médianes inférieures, qui croissent en dirigeant leur grand axe en haut et en arrière; la deuxième poussée par les incisives médianes supérieures dont le grand axe se dirige en bas et en avant, de façon à recouvrir les inférieures; mais si l'évolution dentaire est généralement retardée, le maxillaire inférieur aura eu le temps de s'accroître d'arrière en avant de façon à ne plus laisser ses incisives médianes (quand elles feront leur poussée) s'articuler avec les supérieures et derrière elles; l'articulation se fera au moins bout à bout, sinon en avant; le prognathisme va aller en se dessinant de plus en plus, puisque les incisives inférieures auront tendance à glisser en avant des supérieures, et dans l'articulation temporo-maxillaire le condyle commencera déjà à être bridé dans son mouvement de retrait.

*Si, plus tard, les molaires de lait étant profondément cariées, l'articulation dentaire s'abaisse*, le prognathisme se confirmera et le ménisque fibro-cartilagineux restera de plus en plus fixé sous l'apophese transverse.

Donc, dès la première dentition, par le seul fait de son retard général, il pourra y avoir un prognathisme de la mâchoire inférieure capable de défigurer déjà quelque peu l'articulation temporo-maxillaire.

Mais si le plus souvent cette malformation n'est que dessinée dans la première dentition, *elle s'accuse de plus en plus dans la deuxième*; le développement des cuspides des grosses et petites molaires maintient un *engrènement dentaire anormal*, le frein ménisco-temporal postérieur se détend de plus en plus et l'articulation ménisco-maxillaire va agir sur un plan plus ou moins projeté en avant suivant l'intensité du prognathisme.

*Comment traiter ce prognathisme?*

*Chez l'enfant, pendant la première dentition*, je suis d'avis, comme l'articulation n'est pas encore déformée, de surveiller simplement les molaires de lait; il faut éviter leur carie, leur diminution de hauteur et leur disparition, qui, par abaissement de l'articulation dentaire, augmente la tendance au prognathisme; donc, soins dentaires, capsules métalliques, appareils de prothèse même, s'il y a lieu. Je partage absolument en cela l'opinion du Dr Cl. Martin.

*Plus tard, au moment de la poussée des incisives permanentes*, il faudra élever l'articulation et agir sur la temporo-maxillaire par la mentonnière avec traction élastique légère, mais continue; la mentonnière du professeur Angle ou toute autre pourra rendre d'utiles services.

Enfin, *plus tard encore, quand les dents permanentes ont toutes fait leur éruption*, l'usage prolongé de la mentonnière, combiné avec un appareil dentaire, sera indispensable.

Cet appareil dentaire, quel qu'il soit, *movible ou inamovible*, devra élever l'articulation, en laissant s'allonger les molaires permanentes; il abaissera la mâchoire inférieure et contribuera à l'effacement du menton.

Un plan incliné supérieur, tel que le pratique mon chef de laboratoire, M. Philippoteaux, c'est-à-dire assez élevé et s'appuyant par sa base sur toutes les molaires du haut, rendra d'utiles services en maintenant la bouche ouverte, en forçant le patient à mordre plus en arrière, aidé en cela par la mentonnière.

On pourra adjoindre à ces moyens d'action qui opèrent sur l'articulation temporo-maxillaire le traitement classique dont on se sert couramment pour provoquer l'antéversion des dents de la mâchoire supérieure (1).

*Opistognathisme.* — Tout ce que nous venons de dire sur le prognathisme par vice d'engrènement dentaire, nous facilite singulièrement la tâche en ce qui concerne l'opistognathisme de même nature, c'est-à-dire dégagé de tout opistognathisme familial par hérédité de race, ou chirurgical par lésions de la face (squelette ou parties molles), laissant également de côté le faux opistognathisme par rétroversion des incisives inférieures, ou antéversion des incisives supérieures, justiciable simplement du redressement des dents.

Nous savons déjà que dans l'opistognathisme que nous considérons, il y a un relâchement plus ou moins considérable du frein ménisco-temporal

(1) Pour être complet, il me faut signaler une forme de *prognathisme vrai* qui ne nous intéresse ici qu'indirectement par son mode de traitement chirurgical, car le condyle n'est nullement déplacé dans l'articulation : il s'agit du développement exagéré de la mâchoire inférieure d'arrière en avant, trouble d'évolution de la face. Ici, le traitement nous intéresse au point de vue de l'articulation temporo-maxillaire en ce sens que le chirurgien, par une résection bilatérale en deux temps des condyles, peut reporter la mâchoire en arrière dans sa totalité. Rappelons que dans cette intervention, Ollier (*Traité des résections*, t. III) conseille de combattre les chances d'ankylose par l'interposition d'un lambeau musculaire ou tendineux entre les deux surfaces osseuses de la résection. (*Rev. de Stomat*, tome V, p. 321, et *Presse méd.*, 1898.)

antérieur, permettant des mouvements très étendus en arrière dans la cavité glénoïde jusque dans son arrière-fond.

Cet opistognathisme, bien moins fréquent que le prognathisme, est moins connu dans sa pathogénie; articulation primitivement lâche, *freins articulaires mous*, ne mettant pas l'enfant à l'abri des mauvaises habitudes d'engrènement dentaire trop en arrière, plus ou moins favorisées elles-mêmes *par le suçage du pouce*.

Le traitement consistera à faire avancer toute la mâchoire inférieure de l'espace d'un cuspide au moins.

Je vous signale l'appareil de Rubbrecht (de Bruges), combinaison du plan incliné supérieur pour forcer le patient à porter ses incisives inférieures en avant, derrière les incisives du haut : une bague en maillechort très fin entoure une incisive centrale supérieure; une bande de maillechort plus fort, pliée en S, vient par une extrémité se souder à la bague, tandis que l'autre prend appui sur la muqueuse du palais; la partie centrale de l'S forme plan incliné pour les incisives inférieures; grâce à une élevure métallique, soudée à ce plan incliné de telle façon qu'il devient impossible de reculer les incisives inférieures derrière elle, le patient se trouve constamment forcé (au risque d'appuyer sur cette élevure, qui par contre-coup appuie sur la muqueuse et provoque de la douleur) de porter ses incisives du bas en avant suivant le plan incliné jusque derrière les incisives supérieures.

Rubbrecht a présenté à la *Société odontologique belge, en janvier 1902*, des cas de guérison obtenus en six mois chez des enfants de treize à quatorze ans.

Je vous signale également le *plan incliné supérieur de Kingsley*.

Mac Bride (*Dental Review*, de Chicago, septembre 1901) entoure de matrices métalliques des molaires antagonistes et y dépose des lames qui se font mutuellement plans inclinés de façon que l'engrènement de ces lames oblige le patient à avancer la mâchoire inférieure.

Enfin il est un mode de traitement de l'opistognathisme sur lequel on ne me semble pas avoir suffisamment insisté, *c'est la méthode psychique ou éducatrice*.

Nous savons par l'anatomie pathologique combien les freins sont relâchés; les mouvements de l'articulation temporo maxillaire sont anormalement étendus. Apprenons à notre patient à tenir le plus possible sa bouche fermée, les incisives inférieures aussi rapprochées qu'il est possible derrière les supérieures; apprenons-lui à mâcher dans les mêmes conditions; qu'il en prenne l'habitude et il guérira.

C'est le résultat que nous sommes en train d'obtenir sur un jeune homme de dix-sept à dix-huit ans, très intelligent et très tenace.

N'oublions pas, pour finir, qu'il ne faudra pas négliger, s'il y a lieu, le redressement de l'antéversion des incisives supérieures.

Vous voyez donc combien ce troisième chapitre des rapports pathologiques de l'articulation temporo-maxillaire et les dents est important. Si cet exposé peut contribuer à attirer votre attention sur ce point de notre orthopédie dento-faciale, j'en serai très heureux, car *actuellement nos moyens de redressement peuvent nous rendre maîtres du tiers inférieur de la face*, nous en sommes les architectes, pour ainsi dire, autant au point de vue esthétique qu'au point de vue fonctionnel; lisez les observations de Calvin Case, de Mac Bride et de tant d'autres de nos distingués confrères, voyez les figures qui les illustrent et vous en serez convaincus.

---

M. le Dr PONT

A Lyon.

---

## TUMEUR DE LA PULPE DENTAIRE SANS CARIE DE LA DENT [617.61]

---

*— Séance du 9 août —*

J'ai eu l'occasion d'observer un cas qui m'a paru assez intéressant et en même temps assez rare pour mériter de vous être communiqué. Voici, en quelques mots, cette observation :

Le patient M. X..., ingénieur, était un homme de trente-cinq ans, bien portant et ne présentant rien de particulier dans ses antécédents héréditaires et personnels.

Il vint me consulter, il y a environ six mois, pour une douleur qu'il ressentait au niveau de la deuxième prémolaire supérieure droite. J'examinai la dent soigneusement et aucun moyen ne me permit de découvrir la moindre trace de carie. Bien entendu je refusai de procéder à l'extraction malgré les supplications du malade. Je me contentai de faire quelques pointes de feu; je lui ordonnai un traitement local lui recommandant de revenir me voir dans quelques mois, s'il souffrait encore.

Au bout de trois semaines, il revint, en effet, me disant que le traitement l'avait soulagé quelques jours, mais que les douleurs étaient revenues bientôt plus intenses et il me demanda encore de lui extraire cette dent.

Je l'examinai de nouveau et cette fois elle me présenta le caractère suivant:

Elle était toujours absolument indemne de carie, même en examinant à la loupe; mais à l'éclairage je constatai qu'elle présentait par transparence une couleur rouge vineux, tranchant nettement sur la couleur normale des dents voisines. Je me décidai à faire une trépanation de la dent; mais, dès que ma

fraise eut dépassé les limites de l'émail, elle ne rencontra plus de résistance et le patient accusa une légère douleur.

Au moyen du ciseau à émail, je fis sauter, pour ainsi dire sans effort, toute la face triturante. Je pus alors constater que toute la couronne était occupée par la pulpe, qu'il n'y avait plus pour ainsi dire de dentine, l'émail formant une sorte de coque remplie complètement et exclusivement par le tissu mou de la pulpe ; cette dernière présentait les caractères suivants:

Sa coloration était rouge foncé; elle était molle, se laissant dilacérer facilement et n'était pas trop douloureuse. Son extirpation immédiate fut assez facile et ne provoqua pas une grande hémorragie.

Quel diagnostic fallait-il porter en présence d'un cas semblable? Il ne fallait pas songer à une pulpite chronique hypertrophique, car le malade n'avait jamais souffert antérieurement de cette dent et l'examen à la loupe n'avait pas permis de constater la moindre trace de carie.

On aurait pu croire à la rigueur à un anévrisme de l'artère pulpaire. Ce diagnostic expliquait en effet la coloration rougeâtre et la disparition de la dentine; on sait que les anévrismes provoquent la résorption même du tissu osseux lorsqu'ils sont en contact avec lui. Mais cette affection ne pouvait pas être admise, car l'ouverture et l'extirpation de la masse pulpaire ne provoquèrent pas d'hémorragie. Il fallait donc admettre que nous étions en présence d'une tumeur primitive de la pulpe.

L'examen microscopique permettait seul de dire quelle était la nature de cette tumeur et je me propose de vous le faire connaître ultérieurement.

Après avoir fait l'extirpation immédiate de la pulpe, je fis les pansements classiques en pareil cas et, à la séance suivante, j'obturai le canal avec un cône de gutta et je fis un ciment par-dessus.

Je n'ai pas voulu mettre une dent à pivot, parce que je ne sais pas si la tumeur ne va pas récidiver et, dans ce cas, je ne voudrais pas que le pivot pût être incriminé.

J'ai donc mis le malade en observation et j'attends les résultats.

Je n'ai jamais vu de cas semblables et les quelques recherches bibliographiques que j'ai pu faire ont été négatives; aussi je serais très reconnaissant à ceux d'entre vous qui pourraient me dire s'ils ont observé ou s'ils ont lu des observations de maladies analogues.

Nous pourrions ainsi compléter dès maintenant cette communication et savoir ce que l'avenir réserve à mon patient.

# M. A. BLATTER

Chef de Clinique à l'École dentaire de Paris.


## NOUVELLE DENT ARTIFICIELLE [6197.69]

de M. Evslin, D. D. S.

*— Séance du 9 août —*

La « dent moderne » que nous vous présentons, au nom de notre confrère, M. Evslin, D. D. S., réalise, d'après notre conviction, un type tout à fait nouveau, destiné à rendre les plus signalés services, un type définitif.

Je ne crains pas de le dire, cette création suscitera une véritable révolution dans la prothèse dentaire en général.

Afin de vous permettre d'apprécier les réels avantages que la dent moderne présente sur les différentes espèces de dents employées aujourd'hui, il importe d'abord d'établir une comparaison entre la structure de l'une et la structure des autres ; ensuite, et après avoir simplement signalé les nombreux ennuis qui résultent de l'emploi des secondes, de faire ressortir les inconvénients graves de la dent à crampons ; enfin de montrer qu'elles sont destinées à disparaître toutes au bénéfice de la « dent moderne ».

Si nous visons spécialement la dent à crampons, c'est parce qu'elle est d'un usage continu et universel. Quant aux autres types de dents (diatoriques, dents à tube, etc.), nous nous bornons à observer que la dent à tube assure, lorsqu'elle peut être choisie, une solidité qu'on ne saurait obtenir de la dent à crampons.

La dent à crampons est fixée à l'appareil par deux points d'attache seulement. Ces deux points sont, mécaniquement parlant, tout à fait insuffisants, parce qu'ils ne sont pas en proportion avec la surface totale de la dent et avec le degré de résistance qu'ils doivent offrir. Prenons un exemple : il n'existe aucune proportion entre les points d'attache d'une incisive du bas et ceux d'une grosse molaire. Qu'en résulte-t-il ? Que la dent se détache de l'appareil en laissant ses crampons soit dans la contre-plaque, soit dans le caoutchouc ou bien encore, dans quelques cas plus rares, que les crampons se rompent en leur milieu. Il s'ensuit des réparations très fréquentes qui coûtent aussi bien au dentiste qu'au patient. Si l'appareil est en caoutchouc et qu'il s'agisse d'ajouter ou de remplacer une ou plusieurs dents, de nouvelles vulcanisations en compromettent la soli-

dité, parce qu'elles rendent le caoutchouc cassant. Si l'appareil est en métal et qu'il faille, par suite d'accident, remplacer une dent, les autres dents courent le risque d'être fêlées ou même brisées par le travail de la soudure. Ajoutez à ces inconvénients que, par la haute température que la soudure exige, l'appareil subit un travail moléculaire exagéré et qu'il peut en résulter des modifications et déformations fâcheuses. De plus, la dent à crampons change inévitablement de couleur après qu'elle a été soudée.

Quant aux couronnes et travaux à pont, les dents du fond, bicuspides et molaires, doivent avoir généralement leur face triturante protégée par un revêtement métallique, de même que le bord coupant des dents de bouche; ce revêtement protecteur a pour but d'augmenter et de garantir autant qu'il est possible la solidité des dents du bridge contre les chocs de l'articulation. Il en résulte que l'or est trop visible. Par surcroît et malgré ces précautions, les dents cassent.

Comment réparer ces dégâts et à quel prix? La soudure des dents au pont lui-même compromet fort chaque unité d'un bridge étendu. Qu'une ou deux dents craquent ou éclatent sous l'intensité de la chaleur, voilà pour l'opérateur un travail long et délicat à reprendre de toutes pièces. Combien de praticiens, après avoir scellé un pont, n'ont-ils pas éprouvé la désagréable surprise de voir leur client revenir avec une dent cassée, détachée!

En pareil cas, la seule ressource est de desceller le bridge. Or ce descellement ne se borne pas à faire encourir les plus grands risques au pont lui-même et à ses points d'attache, mais le patient endure un cruel martyre pendant ce travail difficile et même dangereux.

Je vous demanderai encore si vous connaissez rien de plus désagréable, de plus compromettant qu'une fracture de couronne, le pivot dans la racine et la contre-plaque fixée au pivot?

L'emploi des dents à pivot, quelle que soit d'ailleurs la couronne employée, nous expose chaque jour aux déboires les plus divers.

D'ingénieux travaux ont bien été accumulés, mais les meilleurs n'ont pas donné le résultat attendu. A cette heure aucune autre dent n'a pu remplacer la dent à crampons. Pour appuyer cette dernière affirmation, nous citerons en une revue rapide quatre de ces tentatives: celle du Dr Mason, celle de Cassuolo, celle de Freeschen-Schlager et celle du Dr Roach, de Chicago.

Le 28 avril 1896, le Dr Mason, de Red Bank, New-Jersey (États-Unis), présentait à l'Académie de Stomatologie un travail intitulé: « *Porcelaines détachables pour couronne et travail à pont.* » Cette couronne détachable du Dr Mason, peu usitée depuis, consiste d'une part en une forte contre-plate d'or dans laquelle est creusée une rainure verticale en queue d'a-

ronde, d'autre part, en une couronne en porcelaine. A la face postérieure de cette couronne se trouve une barrette de platine également en queue d'aronde, laquelle, scellée en partie dans la dent même, au moment de la cuisson (comme cela se pratique pour la dent à crampons), glisse à frottement doux dans la rainure de la contre-plaque.

Le Dr Mason est bien le premier professionnel qui ait conçu la dent détachable. Mais il n'a pu résoudre qu'incomplètement le problème et son invention n'a pas acquis d'autre valeur que celle d'un essai ingénieux : 1° son épaisseur la rend dans la pratique inutilisable pour beaucoup de cas mais surtout pour les dents de bouche ; 2° son prix est trop élevé.

En 1899, un dentiste italien, du nom de Cassuolo, imaginait aussi une dent détachable.

La couronne de porcelaine était ici creusée à la face postérieure de deux rainures parallèles dans le sens vertical de la dent. A ces rainures correspondaient des barrettes munies de contre-plaques, ce qui est fort compliqué. A ces contre-plaques il était loisible de souder des lamelles pouvant se noyer dans le caoutchouc.

Cette dent n'a obtenu aucun succès : 1° parce que les deux rainures l'affaiblissent et présentent un minimum de solidité ; 2° parce qu'elle exige une contre-plaque spéciale ; 3° parce qu'il faut souder des lamelles pour le travail du caoutchouc ;

Albin Freeschen-Schlager, de Gratz, a perfectionné la dent de Cassuolo en la simplifiant ; au lieu de deux rainures, la couronne n'en présente qu'une, dans laquelle pénètre une barrette en platine. A cette barrette s'adapte une contre-plaque. Ce perfectionnement montre les efforts du praticien, mais l'emploi d'une contre-plaque spéciale et le prix de revient de cette dent en limitent considérablement l'usage.

C'est par un article du plus grand intérêt intitulé : *The band and dowel crown* et publié dans le journal *Items of interest* que nous avons été mis au courant de la nouvelle dent détachable due au Dr Roach. Elle consiste en une couronne de porcelaine ayant à sa face postérieure une tige cylindrique en partie scellée dans la dent même. Cette tige se glisse dans une contre-plaque présentant une rainure-coulisse en forme de diaphragme.

Peut-être objectera-t-on à notre thèse que nous parlons de ces différentes espèces de dents détachables avec partialité et préoccupé uniquement de faire saillir les mérites de la *dent moderne*.

C'est une objection de mise en tout débat et qui n'a de valeur que soutenue par des preuves. Nous sommes prêt en l'occurrence à discuter par le détail la valeur de tel ou tel type et nous n'hésiterions pas à reconnaître l'excellence de l'un ou de l'autre si on nous la démontrait. Toutefois nous croyons être à l'abri d'un événement de ce genre. De même nous ne craindrions pas de faire ressortir les derniers perfectionnements de

la dent à crampons, si par hasard on voulait nous reprocher de les passer sous silence et nous dirons que nous n'ignorons ni la dent de Logan Read, ni la dent du Dr Bryan. La dent de Logan Read, dont les crampons au lieu d'être cylindriques, sont en queue d'aronde, reçoit entre l'espace des crampons une tige de métal qui se soude à l'appareil de métal; pour les pièces de caoutchouc on y ajoute de petites ailettes.

Le Dr Bryan, de Washington (*Items of interest* de Juillet), a imaginé, lui, une contre-plaque de construction spéciale pour la fixation des crampons. Nous citerons encore le modèle du Dr Dwight, de Le Mars (Iowa).

Il est fort probable, au surplus, qu'il existe, soit en Amérique, soit en Europe des travaux nombreux rentrant dans la catégorie dont nous venons de parler. Le tout est de savoir s'ils représentent un progrès, ce qui est douteux, car, à moins d'être très récents, leur mérite leur aurait assuré une réputation immédiate et universelle.

Un fait clair comme le jour ressort des recherches que nous vous rappelons, de la lecture des journaux spéciaux et des communications aux Sociétés savantes, c'est le besoin qu'éprouve tout praticien de posséder à sa disposition une dent artificielle détachable. Il semble, d'après les tentatives incessantes pour la remplacer, que la dent à crampons ait bien fait son temps et qu'il soit l'heure de trouver quelque chose de mieux.

D'autre part, nous sommes convaincu que ni la dent de Mason, ni celle de Cassuolo, ni celle de Freeschen-Schlager, encore moins celles de Roach, de Bryan, de Logan Read, de Dwight n'ont répondu à notre attente et nous en avons laissé entrevoir les diverses raisons.

***

Cela établi, j'en viens à dire que M. Evslin, lui, après avoir travaillé de longues années à la solution du problème, y est parvenu, qu'il a construit une dent interchangeable, que cette dent offre des joints d'attache plus puissants que la dent à crampons, qu'elle est d'un emploi au moins aussi facile et qu'à tout prendre elle est indemne des inconvénients que les divers types jusqu'ici proposés présentaient aux dentistes.

***

La dent moderne est entièrement en porcelaine; on peut l'obtenir de toute forme et de toute dimension; sa face antérieure ou externe est semblable à celle des dents naturelles; la face postérieure où étaient fixés les crampons de l'ancienne dent peut, selon les indications, présenter six types différents.

***

PREMIER TYPE A RAINURE ET A LANGUETTE

Ce premier type consiste en une rainure verticale, de forme rectangulaire, qui occupe en largeur un tiers de la surface postérieure de la dent et les trois quarts ou la totalité de la hauteur, du bord cervical au bord triturant *(fig. 1.)*

Cette rainure en profondeur est en queue d'aronde, c'est-à-dire en forme de cône renversé ou de « V » ; elle occupe à peu près les trois quarts de l'épaisseur totale de la dent. En thèse générale, cette rainure (profondeur, hauteur ou largeur) est directement proportionnée au volume de la dent; proportion de trois quarts en épaisseur et d'un tiers en largeur (exemple : pour une incisive du bas, la rainure sera d'un volume inférieur à celui d'une grosse molaire et cela dans tous les sens). Une languette d'or de forme correspondante s'engage et glisse dans la rainure en pénétrant par le bord cervical de la couronne. A la face postérieure de cette languette sont fixées deux lamelles de même métal, de longueur et de largeur variables, médianes et perpendiculaires à la languette et à peine séparées l'une de l'autre, ces deux lamelles pouvant se rabattre à droite et à gauche sur la languette, remplaçant ainsi les crampons de platine auprès desquels elles offrent des points d'attache de beaucoup supérieurs *(fig. 2)*.

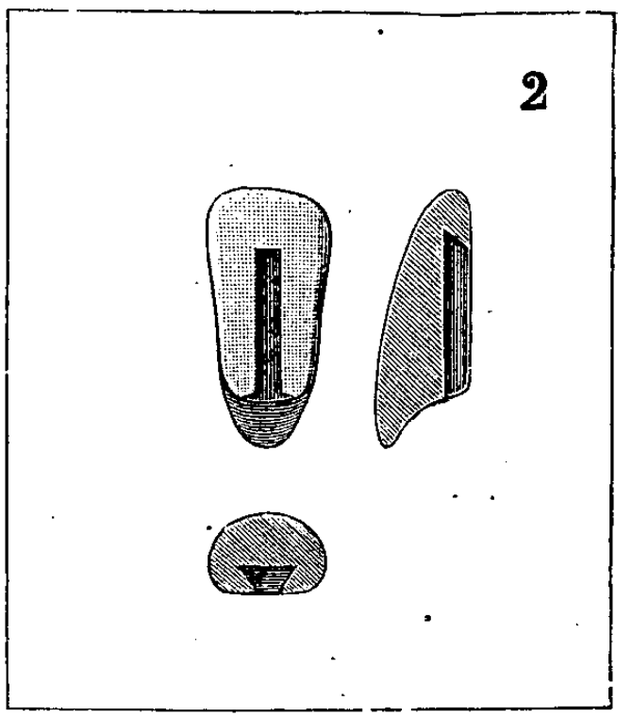



FIG. 1. — Rainure.

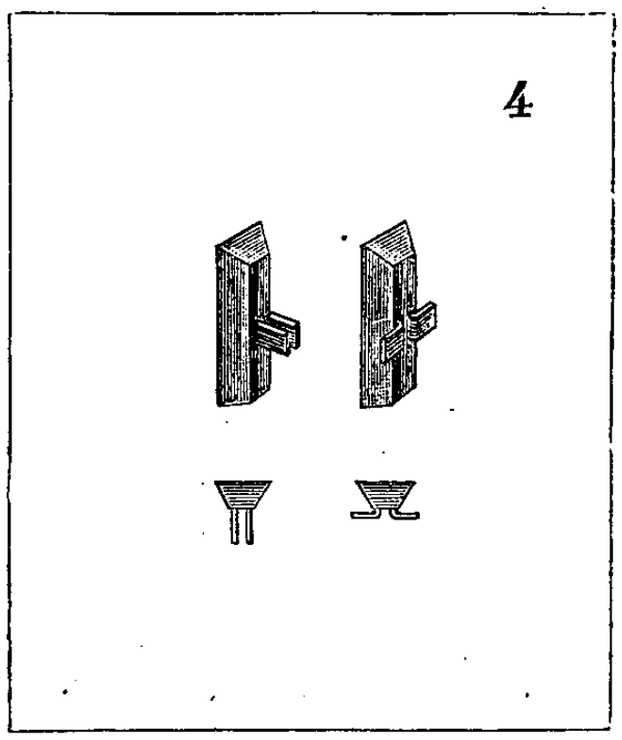



FIG. 2. — Languette correspondante.

Pour les appareils de métal, bridges ou dents à pivot, ces deux lamelles traversent la contre-plaque par une fente de même dimension; une fois la contre-plaque posée, à l'aide d'une lame mince introduite entre les deux lamelles, celles-ci se rabattent sur la contre-plaque; le tout est soudé *(fig. 3)*.

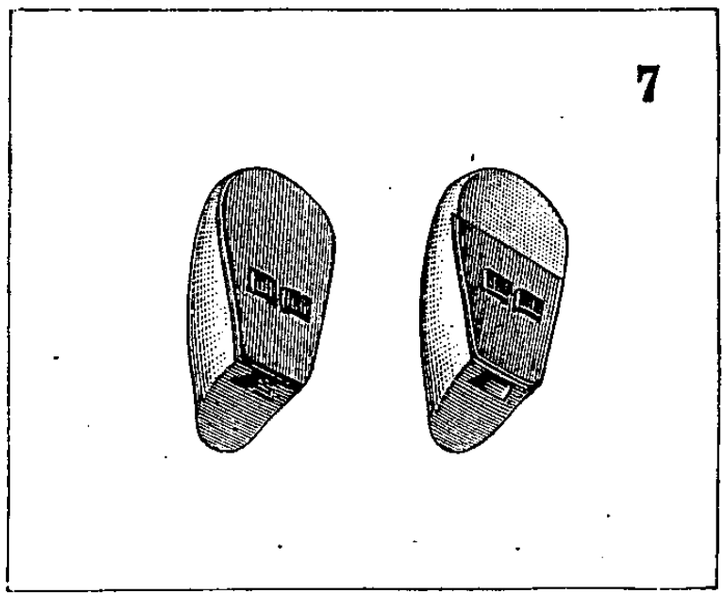



FIG. 3. — Dents avec la languette munie de sa contre-plaque.

Pour les pièces en caoutchouc, les lamelles sont à crans et plus larges ou plus longues selon le cas, afin d'assurer une rétention plus forte de la languette

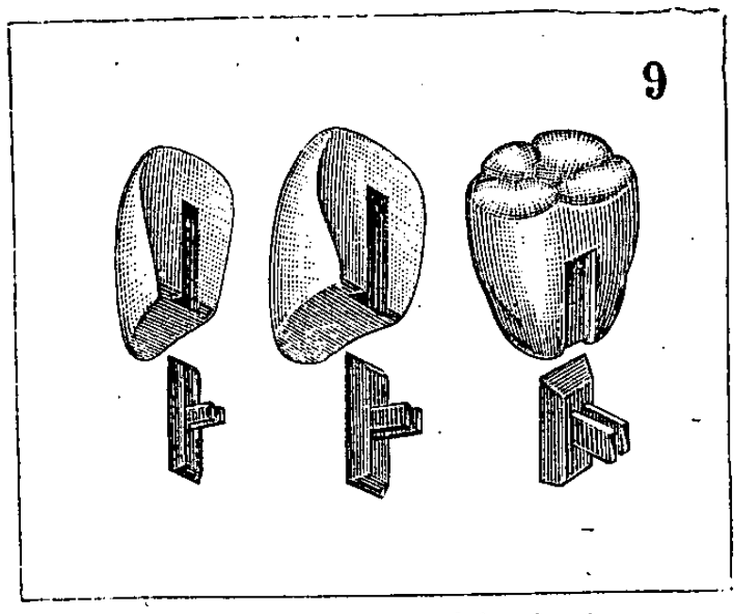



FIG. 4. — Incisives et molaires à rainure et languette.

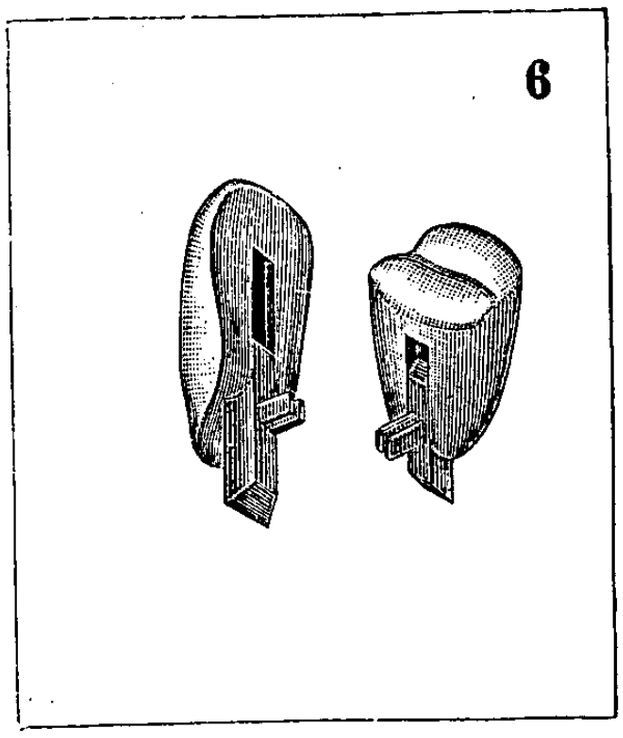



FIG. 5. — Dent avec languette en place.

à l'appareil. En outre, ladite languette peut présenter des crochets destinés à être noyés dans le caoutchouc (*fig. 4 et 5*).

### DEUXIÈME TYPE

La rainure et la languette prennent la forme d'un « T » (*fig. 6 et 7*).

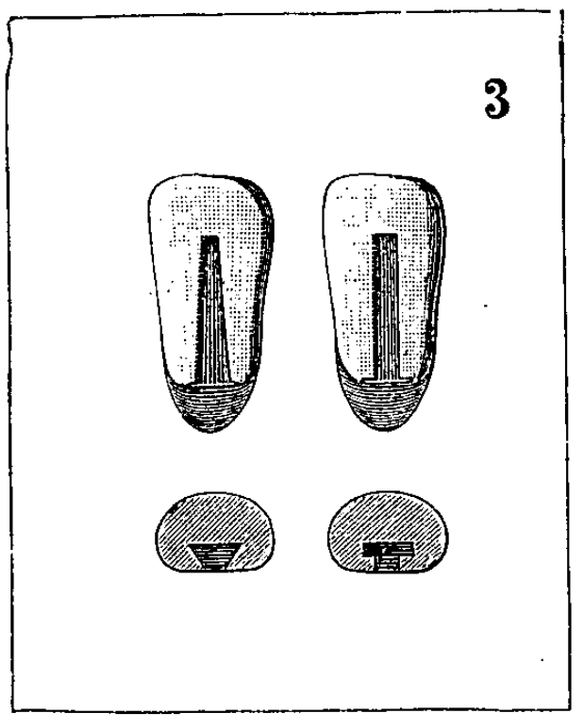



FIG. 6. — Rainures.

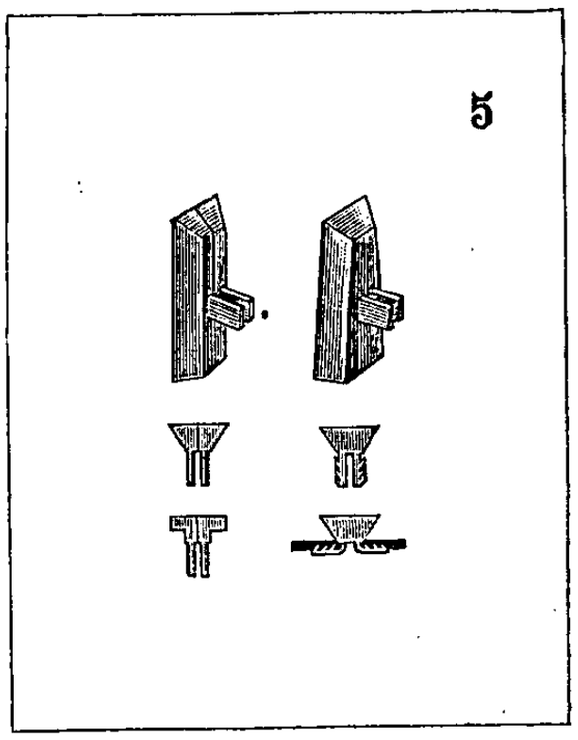



FIG. 7. — Languettes correspondantes.

### TROISIÈME TYPE

La rainure et la languette, au lieu d'être rectangulaires comme pour les deux types précédents, sont en forme de coin dans le sens vertical. La rainure en profondeur est soit en forme de « V », soit en forme de « T » (*fig. 6 et 7*).

QUATRIÈME TYPE

La rainure est semblable à celle des autres types. La languette de métal, par contre, diffère sensiblement ; elle est en forme de queue d'aronde double (schématiquement en X) dont une moitié est scellée dans la rainure à l'aide de ciment, ou de soufre, et l'autre moitié, en plan incliné, reste libre à la face postérieure de la dent. L'inclinaison de ce plan va en décroissant du bord cervical au bord triturant. Cette construction particulière a été établie pour ne point gêner l'articulation et pour ne pas augmenter l'épaisseur de la dent. Une contre-plaque en or, creusée d'une rainure de forme similaire à la languette, glisse sur la face postérieure de la dent *(fig. 8)*.

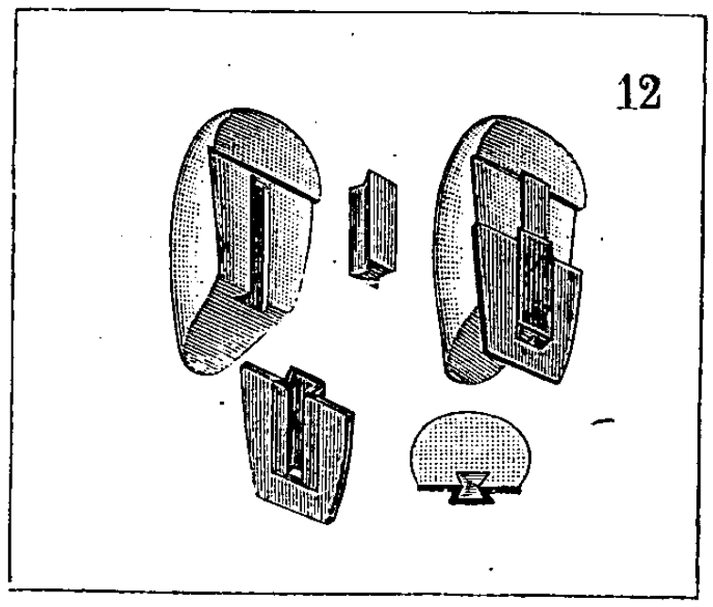



FIG. 8. — Languette en queue d'aronde double en X et contre-plaque à rainure.

CINQUIÈME TYPE

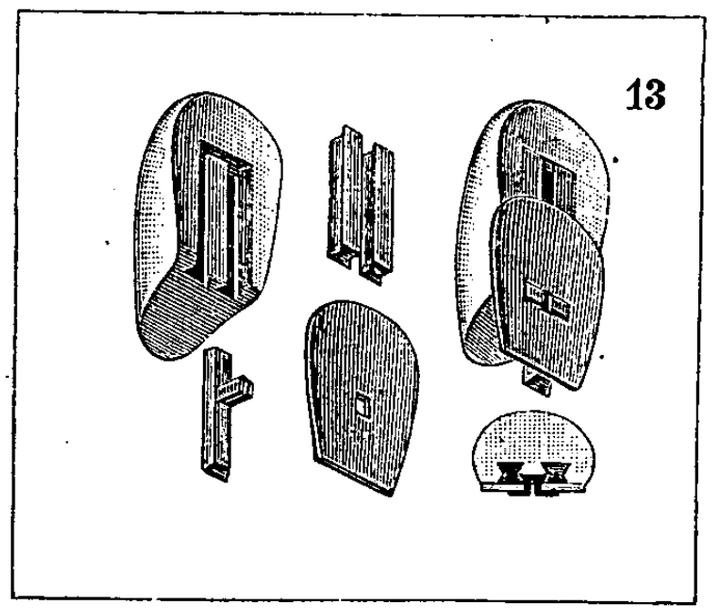



FIG. 9. — Dent à deux rainures bilatérales. — Deux languettes en queue d'arronde double en X. — Rainure médiane. — Languette médiane avec contre-plaque.

Ici trois rainures et trois languettes.

Deux rainures sont bilatérales, parallèles entre elles, séparées l'une de l'autre et à une certaine distance des bords latéraux de la dent. Dans ces rainures pénètrent deux languettes en queue d'aronde double (en X) : une moitié de la languette est scellée, à l'aide du ciment, dans la rainure et l'autre moitié reste libre. Les deux languettes, séparées l'une de l'autre, contribuent à la formation d'une troisième rainure médiane, en queue d'aronde, dans laquelle viendra glisser une languette de forme correspondante munie de deux lamelles, comme pour le premier type; ces deux lamelles crampons traverseront la contre plaque qui doit recouvrir la face postérieure de la dent *(fig. 9)*.

SIXIÈME TYPE

La rainure, quelle que soit sa forme, est doublée de platine.

*
* *

Chacune de ces variétés de forme a ses raisons d'être. Ainsi la rainure en « T » sera réservée aux dents très minces, celle en « V » aux épaisses, celle en coin aux dents larges, celle en rectangle et droite pour les dents étroites.

La languette peut être fendue dans toute son épaisseur et jusqu'à la moitié de sa hauteur. Cette division a pour but d'assurer, si l'on vient à écarter les deux branches, une élasticité précieuse en vue de la rétention (*fig. 5*).

Le platine tapissant la rainure sert à augmenter la solidité de la dent.

Pour ne pas trop détériorer la rainure par le travail de l'ajustage sur le modèle, le bord sur lequel porte la meule présente une obliquité plus grande, un bec de flûte plus long que dans les autres dents, de telle sorte que la face labiale sera de beaucoup plus longue que la face postérieure où se trouve la rainure. Cette dernière sera ainsi peu diminuée par l'ajustage.

*
* *

### MODE D'EMPLOI

Pour les appareils en caoutchouc, les dents montées sur leurs languettes sont disposées et ajustées sur le modèle. Les lamelles ou les crochets sont rabattus et noyés dans la cire. Une fois l'appareil monté, on retire les dents de leur attache. La pièce supportant encore les languettes est mise en moufle, bourrée et vulcanisée. Lorsque la pièce est réparée, il n'y a plus qu'à glisser les dents à leur place respective et à les fixer avec du ciment, ou avec du soufre.

*
* *

Pour les pièces en métal, ajuster les dents sur le modèle, contreplaquer les languettes, fixer à l'aide de la cire toutes les languettes contreplaquées avec leurs dents sur la plaque-base, retirer les dents, mettre la pièce en terre, puis souder les contre-plaques à la plaque. Quand la pièce est réparée, mettre les dents à leur place respective, les sceller avec du ciment ou avec du soufre.

*
* *

Lorsqu'une dent vient à casser et qu'il s'agit soit d'un appareil en caoutchouc ou en métal, soit d'une couronne ou d'un bridge, il suffit de choisir une dent de même nuance, de même forme, de l'ajuster et de la fixer avec du ciment à la place de la dent brisée. Ces réparations peuvent s'effectuer

dans la bouche, lorsqu'on a à réparer la fracture d'une dent portant sur un bridge ou sur une couronne.

***

L'emploi de la rainure et de la languette de métal appelle quelques indications spéciales.

Ainsi une incisive du bas aura une rainure et une languette d'un volume très inférieur à celle d'une grosse molaire. En voici d'ailleurs le classement établi par l'inventeur :

N° 1. Les rainures et les languettes les plus étroites s'emploient pour les incisives du bas, les latérales supérieures et les bicuspides étroites.

N° 2. Les rainures et les languettes d'une dimension moyenne pour les centrales, les latérales larges, les canines et les bicuspides.

N° 3. Les rainures et les languettes d'une largeur plus grande pour les centrales larges, les canines larges et les molaires.

Il en résulte que pour les dents pleines, les rainures et les languettes sont d'une profondeur et d'une épaisseur de beaucoup supérieures à celles des dents plates.

### AVANTAGES

La « dent moderne » offre des avantages de premier ordre. Le principal est la mobilité, l'interchangeabilité. Ensuite et par ordre d'importance :

1° La solidité des joints d'attache faits avec la languette de métal qui s'adapte exactement à la rainure, au centre de la dent, et augmente sa résistance ;

2° La sécurité : la dent n'étant jamais soumise à l'action de la chaleur, il s'ensuit que tous les risques que fait courir le travail de cuisson ou de la soudure disparaissent d'eux-mêmes ;

3° La couleur fixe et immuable de la dent ;

4° La facilité du travail dans les pièces en caoutchouc, comme s'il s'agissait d'une dent à crampons, mais avec cette notable différence qne la « dent moderne » par sa languette et ses lamelles de forme variable assure une fixation plus grande de la dent à la plaque-base, et qu'elle est, par surcroît, amovible ;

5° La possibilité de retirer la dent (pour certains travaux sur métal où le placage entier est nécessaire), si l'on a soin d'employer une dent dont la rainure occupe toute la hauteur, de manière à pouvoir amener cette dent de bas en haut ;

6° La grande facilité s'il s'agit de réparer des dents cassées d'une pièce en métal ; plus de mise en terre, plus de soudure qui compromettent souvent les autres dents de la pièce et même celle qu'on remplace. Son indi-

cation absolue fait les pièces combinées; bref la réduction du travail à son minimum ;

7° L'inutilité de la vulcanisation pour la réparation des dents d'un appareil soit en caoutchouc, soit métal et caoutchouc ;

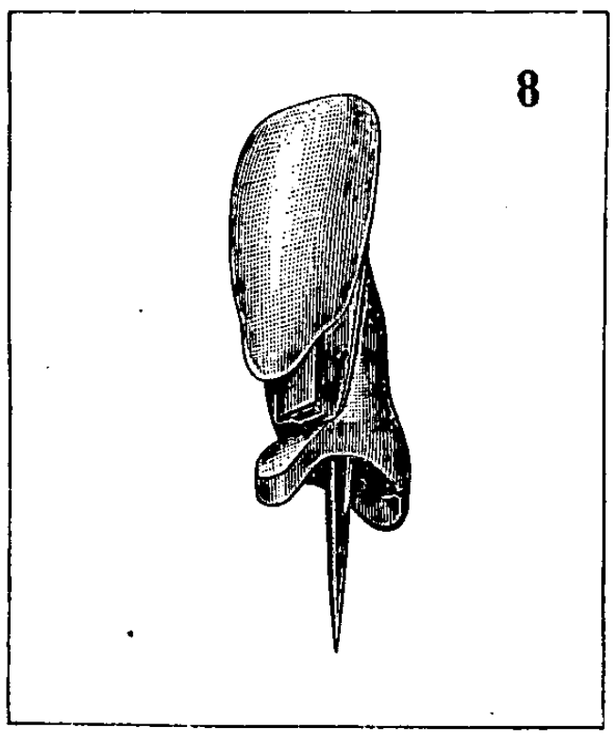



FIG. 10. — Couronne Richmond avec dent à rainure.

8° La possibilité de remédier aux accidents d'un bridge ou d'une couronne pivot, dans la bouche même ;

9° La supériorité de la « dent moderne » sur la meilleure couronne de dent à pivot, celle de Richmond (*fig. 10*).

Tandis que dans la couronne de Richmond, le revêtement protecteur d'or des bords libres ne répond pas aux nécessités de l'esthétique et la réparation des fractures de la couronne est presque impraticable, avec la « dent moderne » ces deux gros inconvénients sont écartés, le revêtement proteeteur est supprimé, et la réparation dans la bouche s'opère très facilement.

Voilà ce que j'avais à vous dire de la construction de la « dent moderne », du mode opératoire qui lui est propre et des avantages qu'elle présente. Encore une fois, elle me semble appelée à remplacer, non pas seulement la dent à crampons, mais aussi la dent à tube, la dent diatorique et les diverses espèces de couronnes en porcelaine que nous avons citées tout à l'heure.

---

M. RIGOLET

Dentiste de l'hôpital, à Auxerre.

## DE L'ACTION ANTISEPTIQUE DE LA CATAPHORÈSE EN ART DENTAIRE

[615.84:617.6]

*— Séance du 9 août —*

Comme suite aux observations que j'ai présentées au Congrès dentaire de 1897 à Paris, je donnerai l'observation suivante dont je puis vous présenter le sujet.

En octobre 1898, je souffrais depuis six semaines environ de la canine

supérieure droite, chaque fois que je prenais du potage ou d'autres aliments chauds, et cela durait un quart d'heure ou même une demi-heure. Je dois noter qu'il y avait bien six mois que le froid m'y faisait mal, puisque je maintenais continuellement de la ouate dans la cavité de la dent.

J'avais certainement une carie très avancée, presque une carie pénétrante. Je pris mon petit accumulateur, chargé pour la cataphorèse, et j'allai trouver, à Tonnerre, mon confrère M. Eustache, à qui il fut impossible de fraiser et de ruginer dans ma carie du collet, tellement le contact des instruments était douloureux.

La carie étant située en face postérieure et sous la gencive et les dents étant assez serrées, il était impossible de mettre la digue. Mon distingué confrère et ami M. Eustache fit donc usage de la cataphorèse dans les conditions que j'ai indiquées au Congrès de 1897, et après 6′ de courant, allant jusqu'à 3 milliampèremètres, il put en une première fois nettoyer la cavité ; une seconde séance de cataphorèse de 8′ lui permit d'enlever le reste des éléments pathologiques, au point de voir circuler le sang dans la pulpe, tellement la couche de dentine la protégeant était mince. Il obtura au ciment aussitôt, tant bien que mal, au milieu de la salive.

Nous comptions bien, vu l'état avancé de la carie, voir ultérieurement apparaître des phénomènes de carie pénétrante. Je puis dire, en montrant la dent qui est toujours en place, que je n'ai jamais rien ressenti, et il y a de cela bientôt quatre ans. J'adresserai en passant un mot d'éloges à l'adresse du ciment Contenau, qui ne s'est pas trop altéré, de même qu'au praticien qui a su l'employer.

Depuis, j'ai eu quantité de fois l'occasion de faire de semblables opérations, qui m'ont toujours donné le même résultat satisfaisant. Si ce n'était la perte de temps que ce procédé occasionne, je l'emploierais journellement.

Donc, je soutiens, en principe, que ce procédé opératoire, pratiqué d'abord dans un but anesthésique, exerce aussi une action antiseptique, d'abord par le médicament chlorhydrate de cocaïne, et peut-être plus encore par l'action du courant électrique qui fait pénétrer plus profondément ce médicament dans les canalicules de la dentine.

# M. le Dr G. ROLLAND

Directeur de l'École dentaire de Bordeaux.


## DU SŒMNOFORME. — SON EMPLOI DANS LES LONGUES ANESTHÉSIES, GRADUATION ET SIGNES DE L'INTENSITÉ DES ANESTHÉSIES SŒMNOFORMIQUES, TENSIONS SANGUINES, ÉTUDE HÉMATOLOGIQUE DU SŒMNOFORME ET DE QUELQUES ANESTHÉSIQUES GÉNÉRAUX. [617.68]

*— Séance du 9 août —*

L'an dernier, j'eus l'honneur de présenter pour la première fois, au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences tenu à Ajaccio et à votre Section d'Odontologie, un anesthésique général nouveau de ma composition, le sœmnoforme. Je ne pus à cette époque que vous donner connaissance des sept ou huit cents cas d'anesthésies de courte durée tirées de ma pratique qui justifiaient l'objet de ma communication et me permettaient d'expliquer en même temps le fait clinique par sa concordance avec les données générales et élémentaires de la physiologie.

Je suis heureux d'avoir pu mettre à profit l'année qui vient de s'écouler et d'apporter aujourd'hui à Montauban, le résultat de mes nouvelles recherches et de les soumettre encore une fois à la haute et bienveillante appréciation de votre Section d'Odontologie.

Comme toujours, j'ai étudié le sœmnoforme au point de vue clinique et au point de vue scientifique.

* * *

Étude clinique. — Tout d'abord j'ai étudié le sœmnoforme au point de vue de la durée anesthésique qu'on en pouvait attendre. En ceci je tâchais de préparer une réponse à la première question qui me fut posée au Congrès d'Ajaccio par mon confrère et ami M. le professeur Louis Seigle, de Bordeaux.

A cette heure je puis faire cette réponse, m'appuyant d'expérimentations sur des animaux ou d'observations tirées de la pratique chirurgicale sur l'homme sœmnoformé.

*Dans la série animale.*

J'ai tenu sœmnoformés une heure une douzaine de cobayes. Sur ce nombre je n'en ai perdu qu'un.

Tout le monde connaît la fragilité anesthésique de ces petits animaux. J'ai voulu voir aussi quels seraient les effets extrêmes d'une sœmnoformisation d'une heure répétée tous les jours. Et de mes cobayes, les uns sont morts après quatre jours, cinq jours, six jours, huit jours.

Il aurait été intéressant de répéter comparativement ces expériences sur d'autres animaux; mais le temps m'a manqué. Les premières expériences ne m'avaient pris rien moins que quatre mois.

J'ai endormi encore des lapins, des chiens, des chats une heure, deux heures, trois heures, quatre heures de suite sans en avoir vu périr aucun. Enfin, je signalerai pour terminer qu'ayant recueilli sur la voie publique un jeune chat dont les reins venaient d'être cassés, je soumis au sœmnoforme cet animal déjà condamné par son traumatisme, bien décidé à le conduire à la mort par un sommeil prolongé. Je l'ai maintenu anesthésié pendant huit heures, mais je dus interrompre mes recherches, appelé que j'étais d'urgence auprès d'un malade, et voulant sacrifier cet animal, il me fallut 4′ et 27″, une dose de 12 centimètres cubes de sœmnoforme et le bloquage absolu des voies respiratoires.

*Sur l'homme.*

Le sœmnoforme permet assez facilement l'observation d'une dissociation successive des phénomènes qui s'accomplissent; quelquefois cependant ceux-ci surviennent avec une telle rapidité qu'il faut une grande habitude pour les enregistrer.

1° *Fixité du regard ou perte d'expression de l'œil.*

C'est le premier phénomène. Quelquefois, bien rarement avec le sœmnoforme, contrairement à ce qui se passe avec le chlorure d'éthyle, la pupille est dilatée. Au début de notre pratique nous attendions ce signe pour commencer nos opérations.

Généralement, en ce moment, le malade est encore en état de subconscience; il s'analyse, il a souvent la sensation des contacts; il entend, il se débat et, quoique analgésié, il pousse des cris par action réflexe.

2° *Phase des contractures;*

Les façons variées dont se compose la période d'excitation et qu'il sera intéressant de décrire plus tard, se traduisent souvent par des contractures, des mouvements cloniques. Le bras soulevé, reste soulevé, en contracture. Un mouvement commun se poursuit automatiquement.

Alors l'état de subconscience est très amoindri, mais les actions réflexes ou médullaires n'en sont qu'augmentées, mais le sensorium commune n'enregistre rien et l'opéré peut réagir violemment, crier beaucoup, l'anesthésie a été obtenue.

3° *Phase de résolution.*

Les paupières se ferment, les membres sont inertes, la main soulevée retombe. L'anesthésie est complète; c'est à ce moment que nous conseillons l'intervention chirurgicale. La conscience et tous les réflexes sont perdus, sauf le réflexe conjonctival.

4° *Réflexe conjonctival.*

Il faut pousser l'anesthésie plus loin encore pour faire perdre ce réflexe. L'œil est alors indifféremment en strabisme convergent ou divergent, en rotation sur son axe en haut ou en bas. La pupille reste contractée ou normale.

5° *Dilatation de la pupille.*

Avec une dose plus grande de sœmnoforme et une obturation plus immédiate on dépasse l'état précédent. J'ai obtenu ceci sur des animaux et parfois, lorsqu'au gré des chirurgiens, dans les opérations ventrales, je poussais l'anesthésie. Mais dès que je constatais le phénomène, il me suffisait de laisser respirer mon malade deux ou trois fois à l'air libre pour que la pupille reprit ses dimensions normales; aussi n'ai-je jamais vu se produire d'accidents bulbaires.

6° *Arrêt de la respiration.*

C'est le premier des accidents bulbaires. Mais si je n'ai pas pu le produire chez l'homme, je l'ai produit chez les animaux. J'ai arrêté la respiration en inspiration. Et il m'a suffi de laisser l'animal à l'air libre pour voir survenir quelques secousses respiratoires, spontanément d'autres fois de lui souffler légèrement sur le museau, de lui jeter quelques gouttes d'eau sur le corps ou enfin de faire la respiration artificielle par quelques pesées sur la région thoracique. Ceci, je l'ai obtenu après 1′, quelquefois 2′ d'apnée.

Dastre et Morat prétendent que la suspension de la respiration détermine l'arrêt mortel du cœur. Cette opinion me semble dépasser la réalité. L'arrêt respiratoire n'est pas une cause, mais une étape d'un processus dont le terme ultime est l'arrêt du cœur et la mort.

D'ailleurs l'un ne produit pas l'autre et il est bien rare, si l'on avise, que l'arrêt respiratoire soit suivi de l'arrêt cardiaque.

En ceci, je suis d'accord avec tous les physiologistes et Lauder Brunton, président de la Commission d'Hyderabad dans l'Hindoustan. Quand il y a syncope respiratoire, le noyau bulbaire qui commande les inspirations est paralysé avant celui qui commande au cœur, très souvent assez longtemps avant pour être averti et pouvoir remédier.

La Commission savante d'Hyderabad expérimente sur 171 chiens et constate que l'arrêt respiratoire précède l'arrêt cardiaque de 1′, 2′, 3′, 4′

et ainsi de suite jusqu'à 11′, temps considérable, on en conviendra, pour intervenir utilement. Et sur 26 singes, l'arrêt du cœur vient après l'arrêt du poumon, 2′, 3′ et même 10′.

Avec le sœmnoforme, c'est ma seule expérience, le cœur du chat que je sacrifiai battait encore 6′ après la cessation de la respiration.

7° *Arrêt du cœur.*

Dans la septième phase, c'est l'invasion bulbaire totale, c'est la suppression des battements du cœur, c'est la mort. Celle-ci ne doit se produire que lorsque le noyau bulbaire du cœur est atteint, en même temps que celui du poumon, par une brusque intoxication.

Naturellement, tous les degrés ne se sont pas produits avec cette netteté dans les lignes de démarcation pour tous les cas que j'ai observés. Je n'ai la prétention que de donner la forme la plus générale des faits qu'ont pu contrôler avec moi les chirurgiens-dentistes, les docteurs, les physiologistes qui nous font l'honneur d'assister à nos cliniques anesthésiques du jeudi, à Bordeaux. Et je soumets ceci au contrôle de tous, aussi bien de mes confrères, que des docteurs dès différents pays qui ont assisté à mes démonstrations.

Le fait que j'avance, c'est que je n'ai jamais eu sur plus de dix mille cas le moindre incident dans la période initiale, induction dans la période d'état (anesthésie opératoire), et que je n'ai à signaler qu'un cas de phénomène nauséeux, à tendance lipothymique chez un sujet prédisposé, après une opération de 20′ et où j'avais administré une grande quantité de sœmnoforme. Ces incidents survinrent à la période d'élimination, deux heures environ après l'opération, tandis que la généralité de nos opérés se relève immédiatement après l'opération, mange presque tout de suite et peut vaquer à ses occupations.

***

Comment s'explique cette innocuité du sœmnoforme pendant ces trois périodes ?

*A la période initiale* (induction) :

1° A la non-causticité du sœmnoforme ;

2° A son action énergique sur la tension artérielle.

*A la période d'état (anesthésie chirurgicale) :*

A l'élévation de la tension artérielle se maintenant en plateau.

*A la période post-opératoire :*

Aux conditions normales dans lesquelles le sang est resté.

Pour les tensions artérielles, les tracés suivants vont pouvoir répondre.

L'examen hématologique fait par M. Sabrazès dans le laboratoire des

cliniques de la Faculté de Médecine de Bordeaux répondra à la deuxième question.

Tout d'abord, regardez ces premiers tracés pris au sphygmographe de

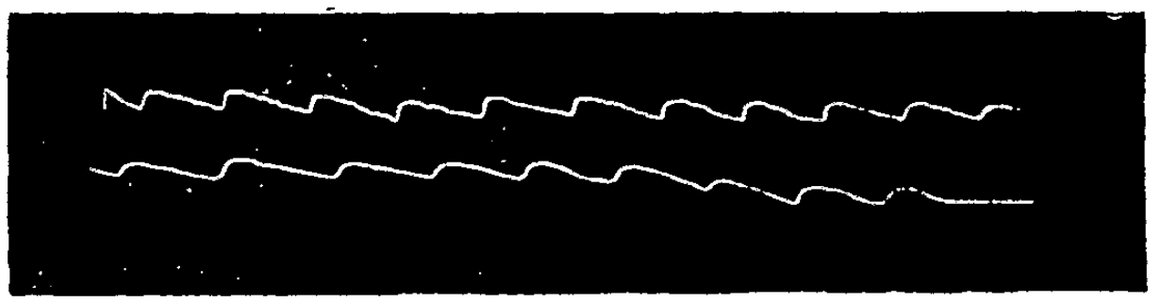


Fig. 1. — Avant le sommeil.

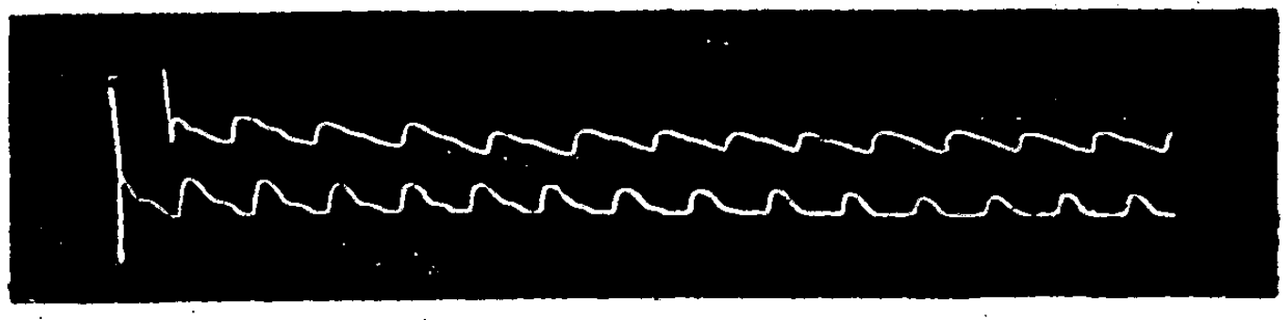


Fig. 2. — Pendant le sommeil.

Marey et dont j'ai donné communication, le 27 décembre 1901, à la Société de Médecine et de Chirurgie de Bordeaux *(fig. 1 et 2.)*

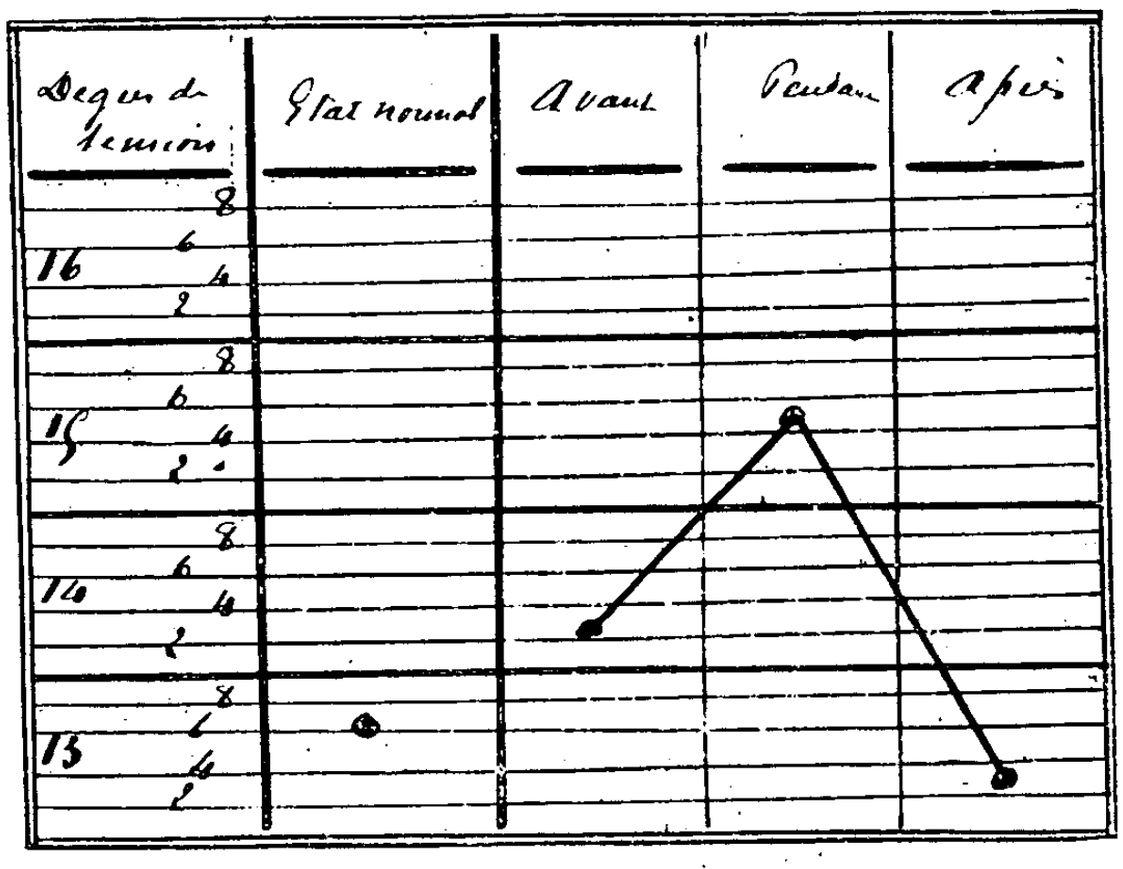



Fig. 3. — Schéma de la tension artérielle sans l'anesthésie sœmnoformique.

Ils ont été publiés par divers journaux.

Mais voici une observation de deux anesthésies où l'examen des tensions

artérielles a été fait au sphygmo-manomètre de Potain, par M. le professeur agrégé Sabrazès et son aide le Dr Muratet.

Ces courbes ont été déjà présentées au Congrès de Shrewsbury en Angleterre, tenu le 22 mai 1902 par la British dental Association.

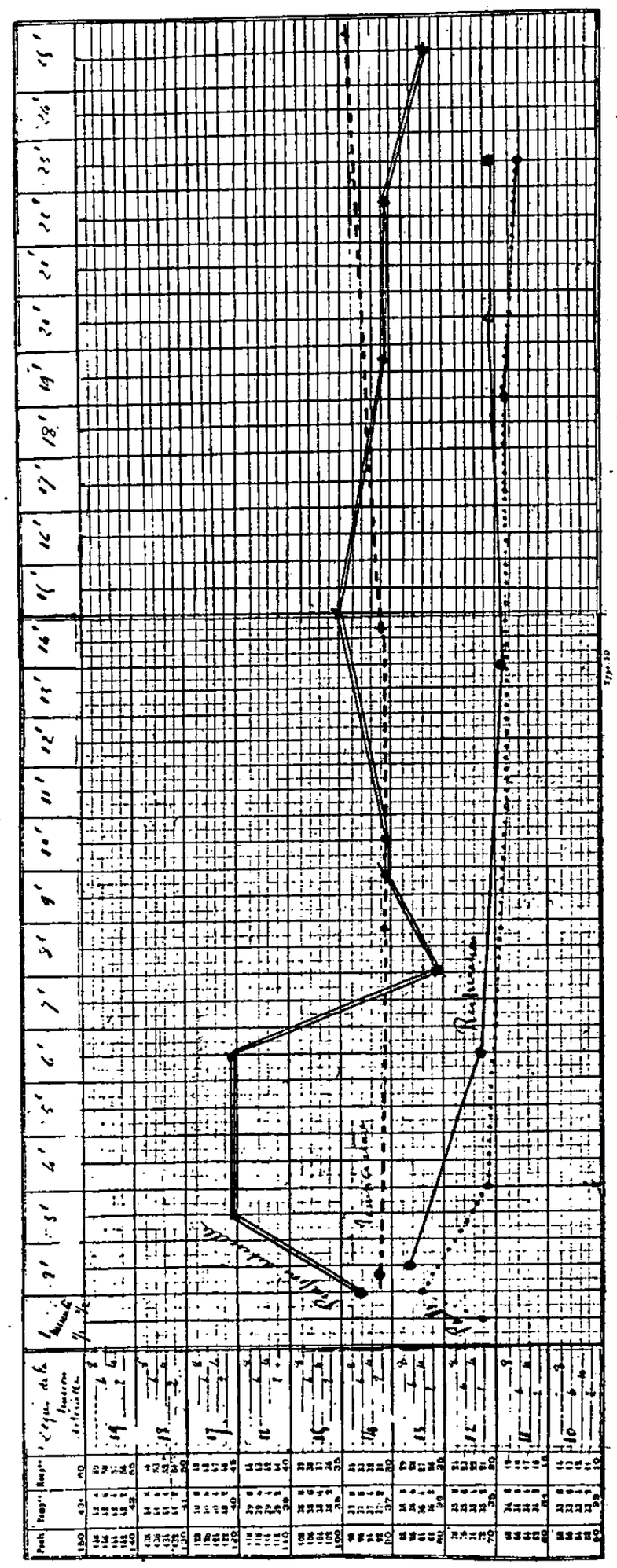


Fig. 4. — Pression artérielle = Pouls... Température.... — Respiration —

Dans une première expérience on ne s'est occupé que de la pression, sans tenir compte du temps. On y voit, dès que l'anesthésie commence une ascension de 1° environ sur la tension normale, puis, dès que l'anesthésie finit, une dépression de 1° environ. Ce mouvement naturel de phénomènes d'excitation auxquels font suite des phénomènes de dépression semble dans le premier cas se balancer presque exactement *(fig. 3.)*

Dans la deuxième expérience, malgré des détails plus nombreux et une étude plus prolongée des phases de l'anesthésie, la courbe se ramène au type précédent : ascension de 2° 1/2 au-dessus de la normale pendant la phase d'induction, le plateau se fait à cette hauteur pendant toute la phase d'anesthésie durant 3′ 1/2, dépression de 1° 1/2 après le retour à la connaissance avec quelques oscillations pendant une vingtaine de minutes.

Rien de particulier à signaler sur le pouls, la température, la respiration soigneusement suivis.

Enfin, après 25′ l'apnée volontaire est de 29″ 2/5.

Je dois signaler que dans ces deux expériences je suis le sujet observé, que ces deux expériences ont lieu à une demi-heure d'intervalle, le même jour, que je relève à peine d'une atteinte assez grave d'influenza et que je suis assis pour l'une comme pour l'autre anesthésie.

Ces observations ne resteront pas uniques, je les répéterai dans de nouvelles anesthésies et dans de longues interventions, si je le puis, d'une heure ou même plus *(fig. 4.)*

*Examen du sang.*

L'étude du sang est faite, le 14 mai, sur moi-même (Dr Rolland), âgé de quarante-cinq ans, le matin, à jeun, avant et après une courte anesthésie, puis enfin après une longue anesthésie de 18′, le 14 mai 1902, par MM. Sabrazès et Muratet.

Le lendemain, 15 mai, ils évaluent le pouvoir hématolytique du chloroforme, de l'éther et du sœmnoforme.

*Technique expérimentale.*

C'est celle qui a été adoptée et réglée par M. le professeur agrégé Sabrazès et qui est employée journellement au laboratoire des cliniques de la Faculté de Médecine de Bordeaux qu'il dirige.

Les prises de sang sont faites au lobule de l'oreille lavé à l'alcool à 95° distillé.

L'hémoglobine a été dosée avec l'appareil colorimétrique de Fleischl.

Les numérations des globules blancs et rouges ont été effectuées avec l'appareil de Hayem-Nachet, le sang ayant été dilué dans le sérum :

1° Formules du sérum pour la numération des globules :

| | | |
|---|---|---|
| Eau distillée. . . . . | D = 1020. . . | 100 cc. |
| Sulfate de soude . . . . . | | |
| Chlorure de sodium . . . . . | | 1 gr. |
| Formol à 40 0/0. . . . . | | 3 cc. |

L'étude des globules rouges est faite avec des frottis sur lame après fixation par l'alcool absolu et coloration par le bleu boraté.

2° Formule du bleu boraté :

| | |
|---|---|
| Bleu de méthylène médicinal pur en solution à 2 0/0 dans eau de fontaine. . . . . | 10 cc. |
| Borate de soude. . . . . | 0 gr. 90 |
| Alcool absolu. . . . . | VIII gouttes |

L'étude morphologique des globules blancs est faite avec des frottis fixés par la chaleur à 115° par l'éosine.

3° Éosine aqueuse (dite française) sol. à 1 0/0 dans eau distillée et par le mélange éosine, bleu de méthylène, méthylal.

4° Sol. aqueuse de :

| | | |
|---|---|---|
| Bleu de méthylène à 1 0/0. . . | } ââ. . . . . | 20 |
| Alcool absolu. . . . . | | |
| Sol. aqueuse d'éosine 1 0/0 . . . . . | | 12 |
| Acétone pure. . . . . | | 28 |

Toutes ces solutions sont faites à l'eau distillée. Quoiqu'elle soit longue, je n'indique cette technique que pour favoriser les études nouvelles que mes recherches pourraient provoquer.

Entrons maintenant dans nos études :

1° *Recherche.*

Sujet à jeun. Sang physiologique examiné avant l'anesthésie.

| | | |
|---|---|---|
| Hémoglobine. . . . . | 102 0/0 | |
| Globules rouges. . . . . | 4.991.000 | par mm. cube |
| — blancs. . . . . | 6.000 | — |

Les globules rouges sont normaux.

*Globules blancs.*

| | |
|---|---|
| Polynucléés neutrophiles. . . . . | 67,48 0/0 |
| Lymphocytes . . . . . | 26,60 — |
| Mononucléés . . . . . | 1,90 — |
| Eosinophiles . . . . . | 1,52 — |
| Mastzellen . . . . . | 0,38 — |
| Formes de transition . . . . . | 1,14 — |

***

2° *Recherche.*

Pendant une anesthésie de courte durée (5 minutes).

| | | |
|---|---|---|
| Hémoglobine. . . . . | 94 0/0 | |
| Globules rouges. . . . . | 4.470.200 | par mm. cube |
| Globules blancs. . . . . | 5.580 | — |

Les globules rouges sont normaux.

*Globules blancs.*

| | |
|---|---|
| Polynucléés neutrophiles. . . . . | 66,50 0/0 |
| Lymphocytes . . . . . | 29,26 — |
| Mononucléés . . . . . | 0,76 — |
| Éosinophiles . . . . . | 0,76 — |

*Conclusion.* — Les différences sont dans les limites des oscillations physiologiques.

***

3° *Recherche.*

Au cours d'une anesthésie prolongée (18 minutes).

| | | |
|---|---|---|
| Hémoglobine . . . . . | 94 0/0 | |
| Globules rouges. . . . . | 4.501.200 | par mm. cube. |
| Globules blancs. . . . . | 4.960 | — |

Les globules rouges sont normaux.

*Globules blancs*

| | |
|---|---|
| Polynucléés neutrophiles . . . . . | 65,92 0/0 |
| Lymphocytes . . . . . | 31,84 — |
| Mononucléés . . . . . | 0,63 — |
| Éosinophiles . . . . . | 1,60 — |

*Conclusion.* — Ici encore nous ne constatons aucune modification présentant quelque importance entre le sang qui est examiné avant l'anesthésie et celui qui est examiné après. Les différences sont dans les limites des oscillations physiologiques.

***

4° *Recherche.*

Une demi-heure après la longue anesthésie.

| | | |
|---|---|---|
| Hémoglobine . . . . . | 97 0/0 | |
| Globules rouges. . . . . | 4.898.000 | par mm. cube. |
| Globules blancs. . . . . | 2.480 | — |

Les globules rouges sont normaux.

*Globules blancs.*

| | |
|---|---|
| Polynucléés neutrophiles. . . . . | 72,91 0/0 |
| Lymphocytes . . . . . | 23,09 — |
| Mononucléés . . . . . | 0,49 — |
| Éosinophiles . . . . . | 2,70 — |
| Formes de transition . . . . . | 0,80 — |

*Conclusions.* — Après une longue anesthésie, les modifications hématologiques sont très peu marquées. On note :

1° Un lèger accroissement des polynucléés neutrophyles ;

2° Une légère diminution des lymphocytes ;

3° Une très légère augmentation des éosinophiles.

En somme, l'anesthésie au sœmnoforme d'une durée de 5′ à 18′ ne produit aucune modification importante de l'état du sang.

***

RECHERCHES SUR L'HÉMATOLYSE

1° *Expérience.*

Une goutte de sang est incorporée à du sérum physiologique (solution isotonique).

Un jet de sœmnoforme agissant par refroidissement seul ne produit pas l'hématolyse.

Plusieurs gouttes de sœmnoforme sont nécessaires pour produire une légère hématolyse par coagulum.

L'action de l'éther est beaucoup plus rapide.

Il n'y a pas de formation de méthémoglobine.

***

2° *Expérience.*

On incorpore à une solution physiologique de sel marin à 90 0/0 deux gouttes de sang dans une série de quatre tubes ouverts contenant à peu près la même quantité de liquide.

On ajoute le même nombre de gouttes de chloroforme, éther, sœmnoforme.

On agite, on centrifuge et l'on voit que les tubes contenant le chloroforme ont seuls cédé de l'hémoglobine (trois gouttes), les tubes auxquels on a ajouté éther et sœmnoforme ne sont nullement laqués.

On ajoute cinq gouttes de substance active et l'on voit que le tube contenant l'éther est complètement laqué après centrifugation, tandis que le tube contenant le sœmnoforme a cédé de l'hémoglobine au milieu, mais beaucoup moins. Il y a un dépôt de globules appréciable, il n'en existe pas dans le tube précédent, éther.

On ajoute trois gouttes de sœmnoforme et le tube est alors complètement laqué.

On trouve un coagulum dans les tubes éther et chloroforme et de petits coagula poudreux dans le tube sœmnoforme.

***

3° *Expérience.*

Quand on opère un tube bouché dans les mêmes conditions, on voit que le chloroforme produit le premier l'hématolyse, le sœmnoforme le second, l'éther vient en troisième lieu.

***

*Conclusion.* — A tube ouvert, le sœmnoforme, plus volatil que le chloroforme, ne produit pas d'hématolyse alors que, à même dose, le chloroforme et l'éther la produisent. A tube fermé à doses progressivement croissantes, le chloroforme laque le premier, le sœmnoforme le second, l'éther le troisième.

Pour terminer, je vous dirai qu'un fait domine tout ici : cette nombreuse pratique sans incidents. C'est ce qui m'a encouragé à entreprendre

des recherches où m'ont gracieusement aidé mes anciens camarades d'études, les jeunes maîtres de notre Faculté de Médecine. Je ne m'illusionne toutefois pas, et en soumettant ces travaux à votre bienveillante critique, je sais qu'il me reste à travailler encore beaucoup avant d'oser affirmer en anesthésie la plus simple des propositions.

---

## M. H. MARRONNEAUD

à Bordeaux.

### UN CAS DE VITALITÉ DE LA PULPE APRÈS EXTRACTION DE LA DENT ET RÉIMPLANTATION IMMÉDIATE

*— Séance du 9 août —*

C'est le 18 janvier 1902 à la clinique de M. Marronneaud, professeur adjoint à l'École et Clinique dentaire de Bordeaux, que s'est présenté le cas qui fait l'objet de la communication.

Cette observation a été relevée par M. Marronneaud et transcrite par M. Ducuing, démonstrateur.

Le sujet, actuellement âgé de vingt-cinq ans, accomplissait son service militaire quand le Dr X..., médecin-major à Bordeaux, lui arracha la seconde prémolaire supérieure droite. La dent, saine encore, fut plongée immédiatement dans une solution antiseptique dont le patient ne connaît pas la nature, puis presque aussitôt réimplantée dans sa cavité alvéolaire avec l'aide des doigts qui exercèrent ensuite une pression de quelques minutes. Tel fut le *modus operandi* raconté par le sujet lui-même.

A la suite de la réimplantation se déclara une périostite légère qui ne fut pas soignée et passa au bout de cinq jours.

Depuis cette époque jusqu'à hier le sujet ne ressentit plus rien.

Aujourd'hui, c'est-à-dire plus de quatre ans après, le patient se présente à nous se plaignant de douleurs aiguës et nous demande l'extraction de cette dent. La carie ayant détruit toute la dentine de la couronne et une partie de l'émail, nous accédons à son désir. Très fragile, la couronne se brise à la première prise de l'élève, mais la racine vient sans difficulté à la reprise.

L'extraction cause une légère perte de sang et le malade, pourtant vigou-

reux, a un léger mal d'estomac que la position horizontale fait disparaître presque aussitôt.

En examinant la dent ou plutôt la racine (que nous avons conservée pour vous la présenter) nous avions trouvé la pulpe hypertrophiée et sensible. Après l'extraction nous voyons la racine séparée seulement à son extrémité et terminée par deux pointes d'aspect normal; sur le côté externe, au niveau du collet, nous remarquons une légère adhérence alvéolaire. Aujourd'hui encore au niveau de la chambre pulpaire vous pouvez voir du sang desséché provenant de la pulpe.

Et si nous devons nous en rapporter aux affirmations très catégoriques d'un sujet d'une intelligence plutôt au-dessus de la moyenne, la présence des dents voisines nous mettant en garde contre une erreur de sa part, nous nous trouverions en présence de la « greffe pulpaire complète », ce qui nous a paru curieux, et c'est la raison qui nous a engagé à vous en faire part.

Les observateurs voudront bien nous répondre et les chercheurs pourront pousser leurs investigations de ce côté et nous apporter dans une future réunion des faits intéressants sur cette question, à savoir :

1° Si ces exemples ont été déjà observés;

2° Si dans les expériences les réussites sont nulles, rares ou fréquentes.

---

## Première séance de Démonstrations pratiques

Tenue au Dispensaire du bureau de bienfaisance de Toulouse.

— 11 août —

### DÉMONSTRATIONS DIVERSES

#### 1° Anesthésie générale par le soemnoforme, par M. le Dr Rolland.

*Observation I.* — M. X..., onze ans, durée de l'inhalation 35″, anesthésie parfaite, durée de l'anesthésie 1′. Extraction laborieuse de la première molaire supérieure droite découronnée. Le malade n'a rien senti. Réveil rapide sans aucun malaise.

*Observation II.* — Mlle X..., vingt ans, nerveuse, très timorée, crie, se débat, respire mal, cependant anesthésie parfaite, durée de l'inhalation 45″, durée de l'anesthésie 40′. Extraction de l'incisive centrale supérieure droite. La malade n'a rien senti.

*Observation III.* — Mme X..., névrosée, très impressionnable, au début de l'inhalation; violente, mais courte contracture, puis vasodilatation de la face, enfin résolution musculaire. Quatre extractions difficiles; la malade crie et se

réveille aussitôt à la dernière extraction. Elle dit n'avoir rien senti, mais avoir tout entendu. Durée de l'inhalation 35″, durée de l'anesthésie 55″.

### 2° Anesthésie de la pulpe par la cataphorèse.

M. Rigollet (d'Auxerre) fait une démonstration peu concluante à l'aide de ce procédé.

### 3° Emploi d'un ciment spécial pour le traitement des caries du deuxième degré.

M. Fayoux (de Niort) montre l'emploi de ce ciment, composé d'oxyde de zinc et d'eugénol, qui a la propriété de durcir dans l'humidité et qu'il laisse dans les cavités sensibles huit, quinze jours et même un mois. (Voir communication p. 1318.)

### 4° Technique opératoire pour l'emploi de l'acide sulfurique dans les caries du quatrième degré.

M. le Dr Siffre (de Paris) opère sur un malade ayant une canine atteinte d'un quatrième degré très infecté. Il procède au nettoyage rapide du canal au moyen de mèches trempées dans l'acide sulfurique pur. Les mèches sortent rapidement immaculées et le canal est bouché avec de la gutta. (Voir communication p. 1367.)

### Emploi du Xyléna.

M. Choquet (de Paris) indique les changements qu'il a apportés dans l'emploi du xyléna en lui adjoignant l'hydronaphtol.

### Présentation d'un anesthésique pour la dévitalisation indolore de la pulpe.

M. Blatter (de Paris) présente un nouveau médicament, l'Obtunda, dont il a obtenu d'excellents résultats pour la dévitalisation indolore de la pulpe.

---

## Deuxième séance. — Démonstrations diverses.

### 1° Mode de fabrication des voiles palatins artificiels.

M. Delair (de Nevers) montre le manuel opératoire très simple pour arriver à la confection très rapide de son voile à clapet; une série de moules en métal de diverses grandeurs et formant moufle permet de faire immédiatement ces voiles ; le temps employé est réduit à son minimum. Une simple feuille de caoutchouc mou est placée dans le moule, poli ultérieurement pour que le voile sorte tout poli, et l'on procède à la vulcanisation.

### 2° Emploi de nouvelles dents en porcelaine détachables.

M. Blatter (de Paris) présente une nouvelle dent creusée d'une mortaise de forme spéciale dans laquelle vient glisser un tenon en or, platine ou alliage. Ces

dents sont scellées sur ce tenon comme les dents à tube avec du souffre et peuvent être employées pour le métal comme pour le caoutchouc. La réparation des appareils en métal ou caóutchouc peut donc se faire très rapidement et sans abîmer la plaque par la vulcanisation ou une nouvelle soudure.

### 3° Méthode de bourrage du caoutchouc sans presse. — Couronnes et travaux a pont.

M. Luis Subirana (de Madrid). Au moyen d'un moufle spécial, M. Subirana procède au bourrage d'un appareil; il suffit pour cela de chauffer progressivement le moufle dans l'eau bouillante.

1° *Machine « Kidder » pour estamper mécaniquement les couronnes.* — Cette machine, des plus simples à faire manœuvrer, est certainement la meilleure à notre connaissance pour faire nettement, rapidement et sans soudure, les couronnes les plus difficiles, en ne réduisant pour ainsi dire pas l'épaisseur du métal *(or, platine ou autres)*.

Elle développe à l'aide d'un levier une force considérable qui d'abord permet de découper en une rondelle juste le métal nécessaire à la confection de chaque couronne. Cette rondelle, en passant successivement par quatre différentes matières, donne instantanément une cape au diamètre et à la longueur désirés et ceci sans faire le moindre déchet. Ensuite, à l'aide de petits anneaux de cuivre, garnis intérieurement de bois tendre (du pin par exemple) qui pourra être changé à volonté, on place sous le compresseur le moule garni de la cape dont on a préalablement obtenu une reconstitution s'articulant exactement.

En forçant ensuite avec le levier on

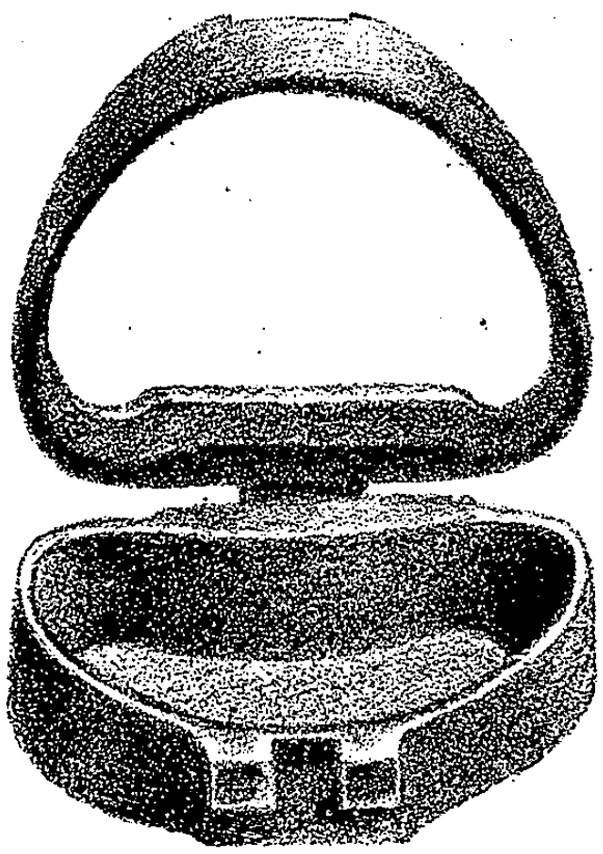


Fig. 1.



Fig. 2.

obtient ensuite une première couronne que l'on a plus qu'à estamper, dans un cylindre spécial, avec de la grenaille de plomb et avec un pilon taillé coniquement interieurement, afin que les dits plombs pénètrent bien dans les plus infimes sinuosités de la surface mastiquante de la couronne.

L'appareil se compose d'un compresseur à crémaillère et à levier ; de différentes plaquettes d'acier formant en tout dix-neuf matrices auxquelles correspondent dix-neuf bouteroles; de différents anneaux de cuivre et de plusieurs

autres accessoires permettant de faire une couronne complète en quelques minutes.

Cet appareil a été très remarqué en raison de la simplicité et de la rapidité de son fonctionnement. Il permet de faire une couronne en métal s'ajustant exactement sur le modèle et rendant fidèlement les tubercules de la surface masticuante et ceci sans nécessiter aucune soudure;

2° *Meuble aseptique en opaline et cristal.* — Ce meuble (étagère) répond merveilleusement aux exigences modernes de l'antisepsie. Sa charpente solide et stable est en cuivre nickelé. Il a trois ou quatre plateaux en cristal ou en opaline, dont celui du haut est entouré d'une garniture crénelée en cuivre nickelé, destinée à supporter les instruments. Il se recommande surtout pour la facilité de son entretien;

3° *Stérilisateur Witkonski avec lampe à gaz ou à alcool.* — Les expériences ont prouvé que, pour les instruments du dentiste, la stérilisation la plus sûre et la plus rapide se fait à l'eau bouillante. Ce stérilisateur répond entièrement à ce principe. Un couvercle avec grands et petits trous permet de maintenir debout les instruments qui sont trempés dans l'eau bouillante. En outre, un plateau percé, sur lequel on peut placer tous les instruments, entre dans le stérilisateur et permet de plonger les instruments complètement dans l'eau. A l'un des deux bouts existe un petit réservoir contenant de l'eau chaude propre pour la bouche et pour ramollir le stent. Pour preserver les instruments de la rouille on fait bien d'ajouter à l'eau, un peu de soude en poudre.

4° *Tabouret mobile « Idéal ».* — Ce tabouret offre des perfectionnements appréciables sur les anciens modèles connus. Il s'incline aux moindres mouvements du corps et permet donc à l'opérateur de s'asseoir et d'éviter une fatigue inutile, tout en conservant un grand rayon d'évolution qui lui supprime l'inconvénient de se lever à tout instant pour se déplacer;

5° *Mandrin et caoutchouc pour nettoyage des dents à la place des brossettes qui éclaboussent, des coupes en caoutchouc trop souples et trop coûteuses, etc. etc.* — Ce système, qui consiste en un petit bout de tuyau de caoutchouc très bon marché qui s'enfile sur un mandrin spécial, permet d'obtenir un nettoyage des dents bien plus efficace, bien moins désagréable au patient et n'éclaboussant pas l'opérateur. Comme d'habitude, on se sert de pierre ponce, etc., etc.;

6° *Four électrique de « Weiss » démontable à volonté et permettant une réparation instantanée du fil de platine brûlé.* — L'intérieur a la forme d'une petite gouttière en spirale sur laquelle est placé le fil de platine protégé de tous côtés par la terre réfractaire.

Ce modèle, dans lequel peuvent être cuits des blocs et de petites pièces partielles, parait être des plus pratiques.

***

La société chimique des usines du Rhône a présenté ses produits, notamment le Kéléne (chorure d'éthyle pur).

M. le Dr SIFFRE

Professeur à l'École odontotechnique.

## L'ACIDE SULFURIQUE PUR POUR LA STÉRILISATION DES CANAUX DENTAIRES [617.61]

*— Séance du 11 août —*

Depuis novembre 1897, j'emploie l'acide sulfurique pur pour stériliser les canaux dentaires et j'ai dans tous les cas obtenu un succès immédiat et persistant dans l'avenir.

J'ai publié les deux premiers cas dans lesquels j'ai appliqué ce procédé. C'est sur deux malades de l'École dentaire, qu'en décembre 1897 et janvier 1898, j'ai stérilisé les canaux d'une petite molaire supérieure avec abcès et fluxion, et d'une incisive supérieure avec fistule gingévale. Il n'a été fait qu'une seule application de $SO^4\ H^2$, puis d'alcool à 90° ; obturation étanche des canaux avec mèche de traumaticine iodoformée et obturation immédiate de la cavité cariée.

Ces deux cas ont été présentés à la Société odontologique de France. J'ai indiqué au Congrès de Marseille, mai 1898, au Congrès de Lyon, août 1898, et depuis cette époque j'ai dans toutes les circonstances appliqué cette méthode. J'ai démontré, dans la séance de démonstrations pratiques, faites à l'occasion de la réunion générale de la F. D. N., mon mode opératoire. J'ai, dans l'enseignement que je fais à l'École odontotechnique été suivi par quelques élèves, qui ont, comme moi, les mêmes constants et bons résultats.

Enfin, aujourd'hui devant vous je viens encore de vous exposer mon mode opératoire.

L'acide sulfurique est un puissant déshydratant, détruisant par simple contact toute cellule vivante ; si donc on l'introduit dans un canal infecté, tout ce qu'il touchera sera décomposé. Cette action décomposante s'accomplira tant que les matières contenues dans le canal seront hydratées ; elle cessera quand l'eau aura été absorbée par l'acide.

Il s'échappe dans la réaction des gaz, dont l'odeur la caractérise et dont la disparition indique que la stérilisation est obtenue. Si l'on maintient cette déshydratation par l'obturation étanche des canaux et de la cavité de carie, aucun liquide ne peut plus pénétrer dans le canal et permettre aux germes qui n'auraient pu être touchés par $SO^4\ H^2$, de vivre, de se reproduire et de continuer l'infection extra radiculaire vers l'organisme.

Toute cellule ayant surtout besoin d'eau pour vivre, en supprimant cette eau, on entraîne la mort aussi bien pour la cellule organique que pour la cellule pathogène, ceci est un principe de physiologie générale, connu de tout temps et de tous ; ainsi, ne suis-je point, pas plus que mes autres confrères, qui basent le traitement des canaux infectés sur la siccité ou la déshydratation, l'inventeur de la théorie : c'est une simple application.

Je considère le canal infecté comme un tube de culture introduit dans l'organisme.

Les microbes ou leurs toxines sortant par le foramen ont leur route barrée par l'organisme, dont la manifestation visible est schématisée par le kyste, apical.

Mais la réaction a toujours le dessus, car l'infection est toujours limitée à la dent ; un équilibre entre l'infection canaliculaire et l'organisme s'établit. C'est le quatrième dégré indolore ou indifférent que nous constatons tous les jours, soit avec, soit sans fistule. Dans ces cas, $SO^4$ $H^3$ supprime le contenu septique du canal, et donne *ipso facto*, toute liberté à l'organisme de maintenir indéfiniment l'état d'équilibre déjà acquis puisqu'on vient de lui supprimer les ennemis contre lesquels il luttait avec avantage, avantage indéfini, à une condition, c'est qu'il ne puisse plus entrer d'éléments susceptibles de donner une nouvelle infection ; d'où nécessité absolue d'obturer le canal immédiatement.

Ce simple aperçu est, je le redis pour prendre date. Je me réserve de donner à cette question dans un travail prochain toute l'étendue que son importance comporte.

---

M. le Dr SIFFRE
Professeur à l'École Odontotechnique.

0

---

## DENT DE SIX ANS ET DENT DE SAGESSE [617.60]

---

*— Séance du 11 août —*

L'extraction de la dent de six ans a donné à ses partisans et à ses adversaires l'occasion de fournir ce qué les uns et les autres croient être des arguments péremptoires.

Partisan de l'extraction, j'ai apporté à ses adversaires, non point des arguments, mais des faits, précis et irréfutables, démontrant le bénéfice que l'on retire de la suppression de la première molaire.

En effet, j'ai publié une série d'observations desquelles il ressort que la dent de six ans a fait une éruption précoce et physiologique, justement chez des sujets dont la première molaire avait été supprimée.

Certaines de ces observations montrent même que, d'un côté, la première molaire existant encore, la dent de sagesse a donné, à l'occasion de son éruption, des accidents. (*Revue Odontologique*, novembre 1901, février 1902.)

C'est seulement pour démontrer cette influence sur l'éruption de la dent de sagesse, que j'ai donné une partie des documents que je possède.

Je ne veux, pour le moment, reprendre un à un les arguments qu'on oppose à cette pratique, je me réserve d'y revenir dans un travail d'ensemble ; je veux seulement en retenir deux que je veux combattre :

1° L'inclinaison de la deuxième molaire dans l'espace laissé libre par l'extraction de la première molaire, transformant ainsi cette dent de douze ans en canine (1) ;

2° La régression de la dent de sagesse.

Sur le premier point, un mot suffit. L'inclinaison de la deuxième molaire ne se produit jamais, et je souligne ce mot, si l'extraction de la première molaire est pratiquée, à l'époque de choix que j'ai indiquée, c'est-à-dire au moment de l'éruption de la deuxième molaire ou pendant son éruption ; si l'extraction est faite à ce moment, toujours (et je souligne encore ce mot) la deuxième molaire remplace exactement la première disparue sans solution de continuité de contact entre elle et la deuxième bicuspide.

L'inclinaison se produira si l'extraction est faite après l'évolution, après l'engrenage avec les antagonistes de la deuxième molaire.

Mais, extraire une molaire de six ans quand la molaire de douze est engrenée avec ses antagonistes est tout simplement absurde, si on a en vue de faciliter l'éruption de la dent de sagesse par cette opération.

Sur le deuxième point, je me contenterai de quelques lignes faisant présager de ce que devra être le débat, pour que la victoire soit remportée par les partisans ou les adversaires de l'extraction.

Avec une grande facilité, beaucoup de confrères, pour consolider leurs faibles arguments conservateurs, n'hésitent pas à dire que la dent de sagesse est en voie de régression, que c'est une dent problématique !

A ceux-là je dirai, qu'à l'heure actuelle, il est absolument impossible d'établir que la dent de sagesse disparaisse, même dans la race blanche.

Affirmer la disparition de la dent de sagesse, même dans la race blanche, c'est simplement prendre pour une manifestation évolutive, physiologique, ethnique, d'ordre général, une manifestation d'ordre pathologique, individuelle.

(1) Voir procès-verbal de la *Societé d'Odontologie*, 6 mai 1902. *L'Odontologie*, n° 18 ; septembre 1902.

A cette prétendue régression de la dent de sagesse, on peut opposer un nombre égal et même supérieur de cas de réversion et, pour ma part, je possède d'assez nombreuses observations de sujets ayant une formule dentaire de $\frac{18}{16}$, soit deux molaires supérieures supplémentaires de sagesse.

Et encore, combien nombreux sont les cas de dent de sagesse présentant des tubercules et des racines supplémentaires, dont nous ne retrouvons l'existence que chez les singes inférieurs, après les anthropoïdes, les mandrilles, par exemple, tubercules et racines qui vont encore plus bas dans l'échelle animale, former une véritable dent chez les carnivores!

Mais où sont donc les documents démontrant que la troisième molaire disparaît?

Pas un seul des crânes que nous offrent nos musées ne nous permet de constater que la dent de sagesse disparaît, qu'elle va même disparaître!

Je ne ferai pas l'injure à mes adversaires de supposer même qu'ils perdent de vue l'énorme quantité de siècles qu'il faut pour qu'un organe se transforme ou disparaisse. Je leur dirai seulement de comparer : 1° les dents des hommes préhistoriques; 2° les dents de nos aïeux, les Gaulois par exemple; 3° celles de nos contemporains blancs et noirs, sans tares pathologiques bien entendu, entre elles, et, tirant les conclusions de cette comparaison, de ne pas être amenés à cette conviction, à savoir :

Que la dent de sagesse ne manifeste pas si visiblement son désir de nous quitter qu'on veut bien le dire. Ce qui disparaît, ce n'est pas la dent, c'est le territoire osseux qui doit la loger, qui, manifestement, devient insuffisant, et cela sera la complémentaire déduction de l'examen et des comparaisons que je viens d'indiquer.

« Si, à l'heure actuelle, nous avons ces troisièmes molaires aussi bien constituées que nos précurseurs, à peu de chose près, nous n'avons pas une quantité de tissu osseux maxillaire équivalent au leur et conséquemment proportionné au tissu dentaire. »

Et voilà pourquoi dans l'immense majorité des cas, on affirme la régression de la dent de sagesse, quand cette dent est plus petite que ses génératrices, les première et deuxième molaires, alors que simplement son volume normal n'a pu se constituer de par l'insuffisance de terrain de germination.

Je vous présente aujourd'hui deux exemples de ce que je viens d'exposer à savoir : 1° Que la deuxième molaire ne s'incline pas si l'extraction de la première est pratiquée au moment voulu;

2° Que la dent de sagesse ne disparaît pas si vite que l'on veut bien le dire.

Le premier exemple est tiré de la bouche des sujets faisant l'objet de la troisième observation relative à la migration physiologique des dents, dont je viens de vous entretenir.

La première molaire inférieure a été extraite vers onze ans. La figure (?), donne l'arcade à l'âge de quatorze ans ; or on voit que la deuxième molaire s'est déjà rapprochée. La figure (?), donne l'arcade à l'âge de seize ans ; on voit que la deuxième molaire touche la deuxième bicuspide, et le profil de cette arcade montre que les rapports de cette dent avec ses antagonistes sont parfaits. On peut aussi constater les mêmes faits sur les figures du travail de notre confrère Förberg, de Stockholm, paru dans *l'Odontologie*, 15, IV, 02.

Le deuxième exemple nous est donné par les deux molaires que je vous présente.

L'une des deux est une dent de sagesse droite, l'autre une molaire de six ans gauche.

La dent de sagesse a une couronne plus volumineuse que la molaire de six ans, leurs racines sensiblement semblables.

Cet exemple nous ramène vers les hommes inférieurs ou les singes supérieurs : augmentation de volume de la première à la troisième molaire.

Nous ne sommes pas là en état de régression !

Je n'ai pas la prétention avec ces deux exemples d'établir une loi, mais je n'en possède pas qu'un seul, j'en ai d'autres, et je n'ai l'intention en vous les soumettant que de vous remémorer tous ceux que vous avez constatés dans votre longue pratique et surtout ceux que vous constaterez à l'avenir et que vous publierez.

Ainsi se trouvera justifiée la pratique de l'extraction de la première molaire cariée pour donner plus de champ de germination à la troisième.

---

M. le Dr Léon FREY

Ancien interne des hôpitaux de Paris, Dentiste des hôpitaux.

---

## OBSERVATION DE PROTHÈSE IMMÉDIATE DU MAXILLAIRE INFÉRIEUR

[617.525]

---

*— Séance du 13 août —*

Le 1er mai 1900, M. le professeur Mignon, chef du service des blessés au Val-de-Grâce, voulut bien me demander de l'assister pour un jeune soldat, victime, le 31 mars, donc un mois avant, d'un accident de tir qui l'avait atrocement défiguré.

Agé de vingt-deux ans, doué d'une excellente constitution, le nommé C... avait reçu un coup de fusil qui lui avait emporté toute la portion horizontale du maxillaire inférieur, jusqu'aux troisièmes grosses molaires droite et gauche et



FIG. 1.

toutes les parties molles qui y attenaient : le plancher buccal, la lèvre inférieure, le menton avaient disparu ; par un immense hiatus de cinq centimètres dans sa plus grande largeur, pendait la langue, énorme, tuméfiée, bridée par la cicatrice d'une vaste section transversale. La rétraction cicatricielle immobilisait en haut et en dedans les branches montantes avec les portions restantes de la branche horizontale. La mâchoire supérieure avait subi un véritable éclatement dans ses deux tiers antérieurs, mobiles en trois fragments, un incisif, deux latéraux. Elle redevenait normale et résistante, immobile, à partir de la deuxième grosse molaire à droite, de la première grosse molaire à gauche.

C... était nourri par la sonde œsophagienne ; la parole, la déglutition étaient impossibles ; la salive s'écoulait le long des bords de la langue.

Mon excellent maître, le Dr Claude Martin (de Lyon), que je consultai et qui voulut bien venir voir le malade au Val-de-Grâce, me conseilla de mobiliser tout d'abord les deux fragments postérieurs de la mâchoire inférieure.

Mon très distingué chef de laboratoire, M. Philippoteaux, me fit immédiatement deux coins-glissières en caoutchouc vulcanisé, vissées sur une

tige métallique en fer à cheval et qui venaient s'appliquer sur les deux dents de sagesse restantes. Notre malade maintenait la tige avec sa main et il ne tarda pas à constater que les fragments rétractés se relâchaient de leur immobilité, et permettaient peu à peu aux coins-glissières de s'enfoncer d'avant en arrière jusqu'à leur plus grande épaisseur sur les deux troisièmes molaires.

Pendant les mois de mai et juin 1900, je me contentai de mobiliser ainsi ces fragments ; durant cet intervalle, les fractures du maxillaire supérieur se reconsolidaient et la langue reprenait peu à peu un volume à peu près normal. Le 2 juillet 1900, c'est-à-dire trois mois après le traumatisme, l'intervention devient possible.

M. le professeur Mignon, avec l'assistance de M. le professeur agrégé Sieur, ouvre largement l'hiatus dans la direction de la base des branches montantes et je puis y visser le squelette prothétique qui tout à l'heure devra guider la reconstitution chirurgicale des parties molles.

M. Philippoteaux, suivant très exactement les indications du Dr Martin dans son magistral traité de la prothèse immédiate et celles du Dr Roy dans sa thèse, avait fait le maxillaire en caoutchouc vulcanisé que je vous fais passer sous les yeux : portion basilaire avec canaux d'irrigation, portion alvéolaire s'enfonçant à frottement dur par deux pivots dans la première. *(voir fig. 2.)*

Je n'insiste pas sur les détails de fabrication et de cuisson que vous connaissez tous, en particulier cuisson très lente et très longue : quatre heures à 145 degrés en mettant une heure pour atteindre cette température.

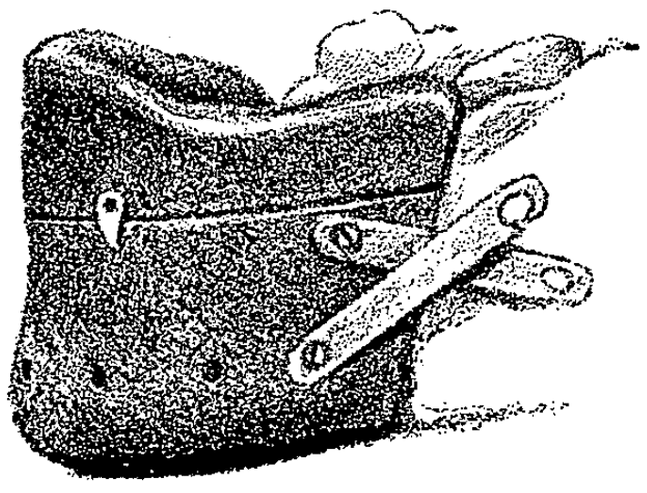


Fig. 2.

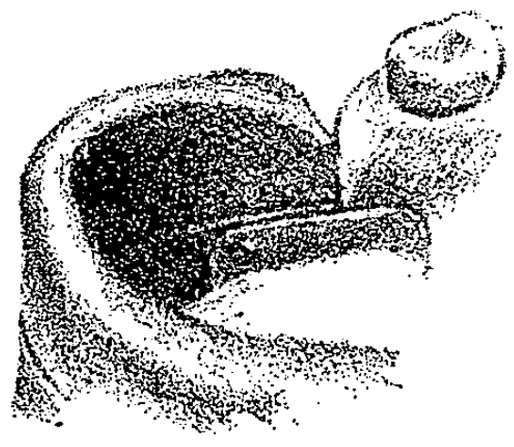


Fig. 3.

Les moyens de fixation étaient les suivants : en dedans deux plaques d'acier étamé (larges de 1cm,1/4, longues de 2 centimètres), vissées sur la partie basilaire, devaient venir simplement s'appliquer sur la face interne de la base de la branche montante *(voir fig. 3)* ; en dehors, deux lames entrecroisées, larges d'un demi-centimètre, longues de 2 centimètres d'une part, étaient, à droite comme à gauche, vissées sur la pièce, et d'autre part

elles devaient l'être sur la face externe de la base de la branche montante *(voir fig. 1)*.

Je place donc mon appareil assez facilement; mon foret, mes vis étant exactement calibrés, je puis en quelques minutes immobiliser ma pièce en bonne position.

Sur ce squelette prothétique, le Dr Mignon, opérant par glissement, empruntant du tissu au cou et à la partie supérieure de la région présternale, vient refaire un plancher buccal, un menton, une lèvre inférieure.

Les suites opératoires furent assez simples : pendant trois semaines environ, la circulation veineuse, bridée par le tiraillement des tissus, eut du mal à s'établir ; puis l'œdème qui en avait été la conséquence disparaissait peu à peu et, un mois après, notre malade ne gardait plus pour tout pansement qu'une mentonnière destinée à éponger la salive qui s'échappait par une fistule du plancher buccal. Le docteur Mignon ne tardait pas à la réparer.

La propreté de la bouche était obtenue au moyen des canaux d'irrigation, pendant les premiers jours ; mais peu à peu ils fonctionnèrent mal en raison des bourgeons charnus qui s'y enfonçaient et les lavages durent être complétés et faits presque exclusivement avec la poire.

Le soldat C... recommençait à se nourrir normalement ; il pouvait boire, prendre des aliments liquides et mous, il déglutissait très bien et reprenait l'habitude de la parole. Il fumait avec la plus grande facilité.

J'ai laissé le premier appareil pendant un an, de juillet 1900 à juillet 1901, et, fait remarquable, il fut constamment bien supporté. Je l'ai laissé pendant un temps aussi long, contrairement aux recommandations du docteur Martin, d'abord parce qu'il était très bien toléré, ensuite parce que je voulais permettre à tous ces tissus bridés par la rétraction cicatricielle de s'assouplir.

Tout allait à notre gré, sauf que l'ouverture buccale était un peu petite et que la lèvre inférieure, non loin de la commissure gauche, était légèrement éversée. L'intervention chirurgicale, pour y remédier, eût été fort simple, mais C..., d'une intelligence médiocre, se déclarait satisfait depuis que des poils un peu longs dissimulaient à peu près les cicatrices et il se refusait à toute nouvelle opération.

M. Philippoteaux, en raison des difficultés pour entrer et sortir la pièce définitive, dut s'écarter des indications du traité de Martin. Il fit un appareil en caoutchouc amalgamé très lourd (la cuisson peut se faire alors comme pour les pièces ordinaires, c'est-à-dire à 165° pendant une heure). Cet appareil est divisé en deux parties, droite et gauche, qui sont réunies sur la ligne médiane, dans l'épaisseur du caoutchouc (pour éviter de blesser la muqueuse) par une articulation à charnière pour en permettre

l'introduction plus facilement, et un ressort pour lui faire reprendre sa courbure normale *(voir fig. 4)*.

Impossible de mettre des ressorts s'accrochant en haut sur un appareil

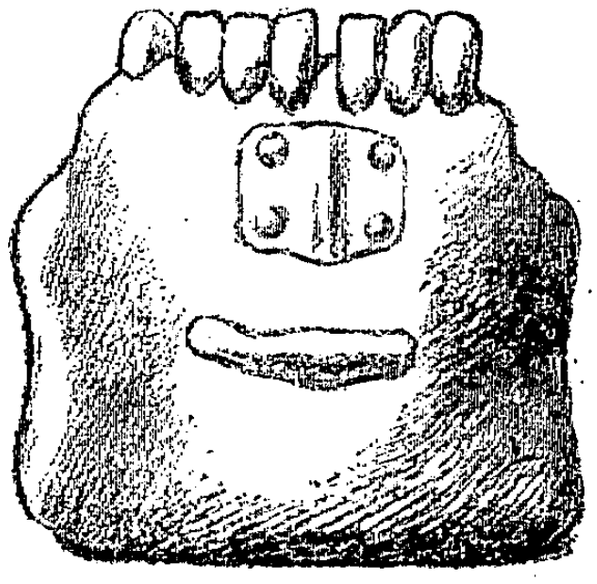


FIG. 4.

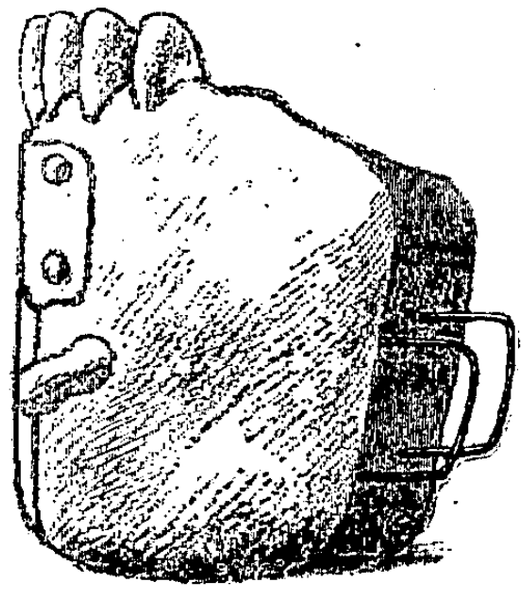


FIG. 5.

adapté à la voûte palatine en raison de l'étroitesse buccale ; postérieurement, s'appuie sur la muqueuse de la face interne des branches montantes et sans la blesser, un fil rond en alliage de platine, faisant fer à cheval, et ajusté sur l'appareil par deux œillets et un clou porte-ressorts qui fait rivet. Pas de molaires, mais des surfaces en caoutchouc blanc, qui ont été ultérieurement articulées très exactement avec les dents correspondantes de la mâchoire supérieure *(voir fig. 5)*.



FIG. 6.

Je fis assez péniblement sauter l'appareil provisoire pour introduire cet appareil définitif.

Au bout d'un mois, celui-ci avait pris sa place sur le plancher buccal néo-formé et nous arrivions à faire postérieurement une articulation parfaite.

C... ne peut pas manger d'aliments durs, mais il se nourrit d'aliments mous et demi-durs. En janvier 1902, il quittait le Val-de-Grâce parlant bien, fumant, mangeant dans les conditions particulières

que nous venons de dire, se déclarant tout à fait satisfait, mais nous, regrettant toujours qu'il se fût refusé à une intervention chirurgicale, qui nous aurait donné toute satisfaction au point de vue prothétique.

De cette observation, permettez-moi de tirer quelques conclusions intéressantes :

1° Il est possible de mobiliser par des coins les fragments postérieurs de la mâchoire inférieure retenus en haut et en dedans par la rétraction cicatricielle et par la contracture musculaire ;

2° Un appareil, vissé à la base de la branche montante, a pu rester une année entière sans entraîner la moindre complication osseuse ;

3° Dans un cas semblable, je suis d'avis de ne pas faire de canaux d'irrigation. Les grands lavages buccaux suffisent ;

4° Une masse prothétique peut prendre sa place sur le plancher buccal, s'y accommoder (comme le font, sur la portion basilaire de la mâchoire chez les vieillards, certains dentiers du bas) et permettre une mastication relativement facile des aliments demi-durs par une bonne articulation des molaires.

---

M. le Dr Léon FREY

Ex-Interne des hôpitaux, Professeur à l'École dentaire de Paris.

ET

M. Georges LEMERLE

Externe des hôpitaux, Préparateur à l'École dentaire de Paris.

---

## LES LEPTOTHRIX DE LA BOUCHE. — APERÇU MICROBIOLOGIQUE. — LEUR ROLE DANS L'ÉTIOLOGIE DE LA CARIE DENTAIRE. — LEPTOTHRIX RACEMOSA

[617.62]

---

*— Séance du 13 août —*

L'étude des lepththrix a toujours présenté le plus grand intérêt pour ceux qui s'occupent de la pathologie buccale. C'est à ces organismes que beaucoup d'auteurs ont reconnu la propriété d'attaquer l'émail des dents, et la carie, d'après les théories nouvelles, ne peut progresser que lorsque cette porte d'entrée est ouverte. Donc il nous semble important de mettre au point cette question des leptothrix, cause occasionnelle de la carie dentaire par la voie qu'ils ouvrent à travers l'émail aux agents décalcifiants de l'ivoire.

Il résulte des recherches faites dans ces dernières années, qu'il n'existe pas dans la bouche de l'homme *un* leptothrix, mais bien au contraire plusieurs espèces que l'on a fait rentrer dans le genre des leptothrichées et qui diffèrent soit par leur morphologie, soit par leurs réactions chimiques.

Déjà Leuwenhoëck (1), en dépit des instruments primitifs qu'il avait à sa disposition, avait remarqué, en examinant des dépôts recueillis sur la langue et les dents, des formations filamenteuses auxquelles il donnait le nom de *bâtonnets segmentés*.

En 1847, Ch. Robin (2) reprit cette étude et donna le nom de *leptothrix buccalis* aux *bâtonnets segmentés* de Leuwenhoëck.

Ce leptothrix se présente sous la forme de longs filaments mesurant 1 μ de large sur 15 à 100 μ de long.

Un filament est formé essentiellement d'une mince gaine gélatineuse remplie de protoplasma hyalin sans granulations. Ces éléments observés dans la chambre humide présentent de légères ondulations.

Lorsqu'un filament atteint un certain âge, il se segmente en plusieurs articles qui vivent isolément.

L'emploi des couleurs d'aniline rend évidente cette segmentation de très bonne heure.

Vignal (3) est parvenu à obtenir des cultures pures de leptothrix buccalis auxquelles il décrit les caractères suivants :

Sur la gélatine en plaques, après trois ou quatre jours, on observe une saillie arrondie, blanc grisâtre, dont le bord dentelé est semi-transparent.

La gélatine se ramollit sous la colonie.

Sur la gélose, il se forme à 37 degrés une membrane d'un blanc mat un peu jaunâtre, présentant des plis radiés; sur la pomme de terre, des taches blanches plates; sur le bouillon enfin, on observe un trouble, mais point de voile.

Ce leptothrix possède une réaction caractéristique indiquée par Miller (4) : il se colore en violet par l'iode en présence d'un acide même faible.

Il est très commun dans la bouche où on le rencontre dans l'enduit blanchâtre qui recouvre la langue et le collet des dents, dans les débris qui remplissent les cavités des caries dentaires.

On peut l'observer sur les amygdales sous forme de petits points jaunâtres se laissant détacher facilement par le fil de platine servant à faire les prélèvements.

(1) LEUWENHOECK : *Arcana naturæ detecta. Delphis Batavorum*, 1680.
(2) Ch. ROBIN : *Histoire naturelle des végétaux parasites qui croissent sur l'homme et sur les animaux vivants*. Paris, 1853.
(3) VIGNAL : *Recherches sur les micro-organismes de la bouche. Archives de physiologie*, 1886 et 1887.
(4) MILLER : *Die Microorganismen der Mundhöhle*. Leipzig, 1889.

Laboulbène (1) a vu du leptothrix abondamment développé sur la couche pultacée des amygdales et du pharynx chez une femme atteinte de scarlatine.

Il doit avoir, probablement associé à d'autres bactéries, un rôle important dans la formation du tartre dentaire (2).

Miller (3) a pu obtenir ce leptothrix du tartre des dents de momies égyptiennes.

Mais on ne trouve pas dans la bouche qu'une seule espèce de leptothrix.

Miller en a décrit plusieurs : tout d'abord il donne le nom de *leptothrix innominata* au *leptothrix buccalis* de Robin, trouvant avec raison ce nom impropre à désigner un organisme ne vivant pas seul de son espèce dans la bouche. Ensuite il distingue un *leptothrix buccalis maxima* et un *bacillus buccalis maximus*, ce dernier ne prenant pas le Gram et présentant un mode de segmentation différent.

En 1889, Arustamow parvient à distinguer une espèce anaérobie et une espèce aérobie.

M. Choquet (4), professeur à l'École dentaire de Paris, trouva trois nouvelles espèces de leptothrix dont il parvint à faire des cultures pures par l'emploi des bouillons phéniqués que M. Perret avait préconisés pour l'étude du colibacille.

Il résulte des recherches de Choquet que ces trois espèces diffèrent uniquement par des caractères chimiques.

« Dans un cas la gélatine est liquéfiée, tandis que dans les deux autres elle ne l'est pas.

» Dans deux cas on trouve de la fermentation, tandis que dans l'autre il n'y en a pas.

» Enfin un cas donne la réaction de l'indol, tandis que les deux autres ne la donnent pas. »

Choquet n'a trouvé ces différentes espèces que dans la bouche de trois idiots malpropres.

Il serait disposé à croire que les arriérés et les gâteux ont une flore buccale beaucoup plus riche que les individus sains. Mais il avoue n'avoir pu trouver de leptothrix dans la bouche des idiots de Bicêtre, forcés par les surveillantes des services à se brosser les dents chaque jour.

M. Filandro Vicentini (5), de Naples, décrivit en 1897 un micro-organisme de la bouche auquel il donna le nom de *leptothrix racemosa* et qui

(1) LABOULBÈNE : *Recherches sur les affections pseudo-membraneuses*, p. 466, pl. 5, fig. 2, 1861.

(2) GALIPPE : *Journal des connaissances médicales*, 1880.

(3) MILLER : *Der Einfluss der Microorganismen auf die Carie der Zahne. (Archiv für experimentelle Pathologie*, 1882).

(4) CHOQUET : *Quelques considérations sur le leptothrix buccalis. Troisième Congrès national.* Paris, 1897.

(5) FILANDRO VICENTINI : *Bacteria of the sputa and cryptogamie flora of the mouth. from the « Atti della R. Academia Medico-Chirurgica di Napoli »*. Londres, 1897.

présente des différences bien plus tranchées avec les autres espèces dont nous avons parlé, surtout par ses caractères morphologiques.

Ce *leptothrix racemosa* se rencontre dans les interstices dentaires, au collet des dents, et se présente sous l'aspect de touffes blanchâtres attachées à l'émail.

C'est lui probablement qui doit participer à ces formations spéciales rencontrées sur la surface de l'émail et que Black (1) désigne sous le nom de *plaques gélatineuses*.

Lorsqu'on examine un filament de leptothrix racemosa on constate qu'il se compose essentiellement d'une tige ou pédoncule formé d'une gaine contenant un protoplasma hyalin. Ces filaments sont onduleux et forment un feutrage épais appliqué sur l'émail. L'extrémité libre de ces filaments se renfle en massue par l'addition d'une petite masse de substance gélatineuse. Au sein de cette gélatine on aperçoit de petites formations arrondies.

On peut, par la potasse, dissoudre cette gélatine : on constate alors que ces corps arrondis sont rattachés au pédoncule central par des fils très délicats ressemblant à des stérigmates (2) et qu'ils présentent une grande similitude avec des spores rangées en séries verticales et régulières.

Ces spores sont mises en évidence par la coloration à la gentiane violette. Ce sont des globules d'une couleur pâle dans la solution d'iode et plus ou moins colorés dans l'aniline.

Sur la gélatine en plaque les cultures de *leptothrix racemosa* présentent un aspect très spécial : il se forme des taches blanches croissant par places en hauteur et déterminant ainsi de grosses villosités à sommet arrondi.

En 1893, M. Mummery (3) examinait la substance blanchâtre déposée sur les dents, en même temps que le professeur Miller, auquel le docteur Vicentini avait demandé de corroborer ses remarques.

Suivant les indications données par le savant italien, ils purent découvrir des corps en forme de massue et l'arrangement régulier des corps sporadiques sur la tige centrale, mais ils ne purent voir les stérigmates qui attachaient les spores à cette tige.

En 1898, le Dr Léon Williams (4) n'ayant pas lu les travaux du Dr Vicentini, ni le travail de M. Mummery (publié dans les comptes rendus de la Société d'Odontologie de la Grande-Bretagne pour 1894), observa ces formes de cocci groupées autour de ce qu'il a considéré comme des filaments de leptothrix.

(1) BLACK : *Dental Cosmos*, 1899.

(2) On donne le nom de stérigmate au filament ou pédicule qui provient du filament mère et qui supporte une spore.

(3) MUMMERY : *Considérations sur le leptothrix racemosa. Troisième Congrès dentaire international.* Paris, 1900.

(4) WILLIAMS : *Dental Cosmos*, avril 1899.

Pour lui également, il ne pouvait y avoir là accumulation accidentelle, et il fallait conclure à l'existence d'un organisme distinct.

Williams montra d'ailleurs par la photographie l'existence de petits filaments ou stérigmates reliant les spores ou cocci à la tige centrale.

Jusqu'à présent, en effet, on ne peut affirmer que l'on se trouve en présence de spores, car on n'a pas encore obtenu de *leptothrix racemosa* par l'ensemencement de ces spores. D'autre part, la mise en évidence de stérigmates supportant les formations globulaires observées par Vicentini ne permet guère de penser à une simple accumulation de cocci.

Au point de vue de la classification de ce nouveau micro-organisme, des réserves doivent être faites. Présente-t-il assez d'analogies avec le leptothrix buccalis de Robin, qui ressemble à une algue, pour être rangé parmi ces plantes? La forme ondulée et l'enchevêtrement de ses filaments, le renflement qui termine leur extrémité libre et qui contient des spores déterminant ainsi une formation semblable à un sporange, tous ces divers caractères ne rapprochent-ils pas plutôt le racemosa de certains champignons tels que les Mucorinées et parmi celles-ci le *mucor mucedo* et surtout *l'aspergillus fumigatus glaucus?*

Ce sont là des questions auxquelles ne sauraient répondre avec certitude des recherches aussi récentes que celles qui ont été faites sur ce nouveau micro-organisme. Les mêmes réserves doivent être faites sur d'autres conclusions encore de Vicentini (1).

Cet auteur, reprenant en quelque sorte les théories de Robin (2), de Nœgeli (3), de Zopf (4), de Guignard et Charrin (5), prétend que la plupart des micro-organismes de la bouche sont des dérivés du leptothrix racemosa, forme essentiellement polymorphe.

Ce racemosa, en effet, revêt au cours de son cycle évolutif, des formes successives sans perdre pour cela son individualité.

Mais Vicentini déclare que ces formes de passage peuvent devenir dans certaines conditions définitives.

De ce fait, il conclut, par exemple, que les *spirilles* ne sont que des portions de *leptothrix racemosa* ondulées ou même régulièrement spiralées. La production d'articles en bâtonnets courts ou allongés, droits ou en virgules, d'articles arrondis et de cocci ne provient, suivant lui, que de segmentations et de formations diverses d'une espèce mère, le leptothrix racemosa.

Il peut y avoir du vrai dans la théorie de Vicentini ; mais il n'est pas

(1) VICENTINI : *Loco citato* et *Dental Cosmos,* août 1901.

(2) ROBIN : *Des végétaux qui croissent sur les animaux vivants.* Paris, 1847.

(3) NŒGELI : *Untersuchungen ueber niederen Pilze,* 1878.

(4) ZOPF : *Die Spaltpilze.* Breslau, 1855.

(5) GUIGNARD et CHARRIN : *Sur le polymorphisme des microbes. (Journal de Médecine,* 1888.)— CHARRIN : *La maladie pyocyanique,* 1889.

possible encore, nous semble-t-il, de partager ces idées sans restriction.

Ainsi donc, voilà esquissées plusieurs espèces de leptothrix buccaux : celles de Robin, de Miller, d'Arustamow, de Choquet, de Vicentini. On voit combien de doutes règnent encore sur leur nombre, leur morphologie et leur reproduction.

D'autre part, si nous considérons le rôle que l'on fait jouer aux leptothrix dans l'étiologie de la carie dentaire, nous allons voir que l'étude de leur action décalcifiante présente encore quelque obscurité.

Pour Ch. Robin, le *leptothrix buccalis* était l'agent spécifique de la carie dentaire. Suivant lui, le leptothrix s'introduit dans les canalicules de Tomes et ce long filament amène par les fermentations qu'il produit la décalcification de l'ivoire.

Cette théorie doit être rejetée, car le diamètre d'un filament de leptothrix est de beaucoup supérieur à celui d'un canalicule de la dentine ; il ne saurait donc y pénétrer comme le prétendait Robin.

On a reconnu depuis que la carie ne possédait pas d'agent spécifique et qu'elle était d'origine polymicrobienne.

Il résulte des travaux de Black (1), de Williams (2), d'Underwood et Miles (3), de Miller, de Mummery, de Choquet, une théorie nouvelle de la carie dentaire.

Le processus de la carie doit être divisé en deux stades :

1° La décalcification de l'émail ;

2° La décalcification de l'ivoire.

On s'accorde à penser que les leptothrix de la bouche et probablement surtout le *leptothrix racemosa* de Vicentini sont les agents de décalcification de l'émail.

En effet, ce leptothrix se trouve à la surface de l'émail sur lequel il s'attache par des touffes blanchâtres, constituant même peut-être les *plaques gélatineuses* dont parle Black. Il détermine ainsi des fermentations acides (4) qui attaquent l'émail et le décalcifient.

L'un de nous (5) a émis l'hypothèse suivante : les acides produits agissent d'autant plus énergiquement qu'ils sont soustraits à l'action neutralisante de la salive par le *bouclier gélatineux* formé par le leptothrix lui-même.

Mais dans un mémoire récent (6) paru dans le *Dental Cosmos* de mai 1902, Miller, de Berlin, met en doute et l'existence constante de cette plaque

(1) BLACK : *Dental Cosmos*, 1899.

(2) WILLIAMS : *Dental Cosmos*, avril 1899.

(3) UNDERWOOD et MILES : *Trans. du Cong. inter. des sciences medicales.* Londres, 1881, tome III.

(4) FREY et SAUVEZ : *Gazette des hôpitaux*, 1893. — SANARELLI : *Centralbl. f. Bakt.* 1892. *Jour. des conn. médic.*, 1892, n° 15. — RAPPIN : *Thèse de Paris*, 1881. — HUGENSCHMIDT : *Thèse de Paris.*

(5) FREY : *Étiologie de la carie dentaire. Cong. dent. internat.* 1900.

(6) MILLER : *Dental Cosmos*, mai 1902.

gélatineuse, et, quand elle existe, son rôle de protection pour les micro-organismes de la carie.

Lorsque l'émail est détruit par les leptothrix, l'ivoire à découvert peut être attaqué par les nombreux micro-organismes beaucoup plus petits qui se trouvent constamment dans la bouche.

On rencontre alors dans les canalicules de Tomes des microcoques et des bactéries très diverses, mais jamais de leptothrix trop grands pour y pénétrer.

A l'heure actuelle, les travaux de Miller, de Williams, de Goadby (1), et tout récemment ceux de Choquet (2) qui a produit expérimentalement la carie chez le mouton vivant, par ensemencement de cultures pures, établissent l'origine polymicrobienne de la carie, et réduisent le rôle des leptothrix à la décalcification de l'émail seulement, rôle d'ailleurs extrêmement important, puisque ce n'est rien moins que la porte ouverte aux agents décalcifiants de la dentine, tels que ceux décrits par Galippe et Vignal (3), Miller (4), Choquet, etc.

Il est évident que dans la question si complexe de l'étiologie de la carie, si cette hypothèse des leptothrix agents spécifiques de la décalcification de l'émail se confirmait absolument, le problème serait extrêmement simplifié et théoriquement le brossage des dents effectué chaque jour et détachant de l'émail les touffes de leptothrix qui s'y fixent devrait indéfiniment empêcher toute espèce de carie.

Quoi qu'il en soit, il ne faudra jamais perdre de vue l'importance considérable des causes *prédisposantes générales*, telles que l'âge, le sexe, la constitution, l'hérédité, des causes *prédisposantes locales*, imperfections de structure congénitales superficielles et profondes, enfin des *causes occasionnelles*, fissures et usure de l'émail, résorption alvéolaire, gingivo-stomatites, agents chimiques et fermentations acides sous l'influence de tous les micro-organismes de la bouche.

En somme, parmi les leptothrix, c'est le *leptothrix racemosa* qui semble présenter pour nous, dentistes, le plus grand intérêt et nous en résumerons l'étude de la façon suivante :

*a)* Quelle place doit-on assigner au *leptothrix racemosa?*

Est-ce vraiment un leptothrix?

Est-ce alors une mucorinée?

Sans conclure d'une façon absolue, il semble que par son mode de reproduction (par des sporanges) et sa morphologie (feutrage épais d'où se

(1) Goadby : *Dental Cosmos*, 1900.

(2) Choquet : *Étude de quelques microbes de la carie dentaire.* Troisième Congrès dentaire international. Paris. 1900.

(3) Galippe et Vignal : *Journal des conn. médic.*, 1889.

(4) Miller : *Deustche med. Woch.*, 1884.

dégagent les tiges supportant les sporanges) le racemosa se rapproche des mucorinées.

Les leptotrichées, au contraire, ne sont que de simples filaments se reproduisant par scissiparité ou par sporulation simple.

*b)* Est-il permis d'accepter la théorie édifiée par Vicentini au sujet du micro-organisme qu'il a découvert? Vicentini, en effet, fait du *racemosa* un organisme supérieur, point de départ de toutes les formations polymorphes (cocci, chaînettes, bacilles) qui se rencontrent dans la bouche.

C'est reprendre là l'ancienne théorie édifiée par Robin lors de son étude sur le *leptothrix buccalis* et qui n'a plus maintenant qu'un intérêt historique.

*c)* Enfin, parmi les agents décalcifiants de l'émail, c'est le *racemosa* qui, par ses touffes épaisses, semble tenir le premier rang. Il serait presque l'agent spécifique du premier stade de la carie, du stade de destruction de l'émail.

Mais il ne faut pas oublier qu'une fois l'émail décalcifié, le racemosa paraît ne plus jouer qu'un rôle secondaire, pour permettre aux nombreux micro-organismes qui décalcifient l'ivoire d'entrer en action, *la carie, dans son ensemble, restant une affection essentiellement polymicrobienne.*

---

M. le Dr PONT

de Lyon.

---

## DE L'EMPLOI DE L'ACIDE BORIQUE A SATURATION DANS L'ALCOOL EN ART DENTAIRE

[617.60]

*— Séance du 13 août —*

Bien que les questions d'asepsie et d'antisepsie ne soient plus à l'ordre du jour, parce qu'elles sont connues de tout le monde et qu'il n'y ait, semble-t-il, plus rien de nouveau à dire là-dessus, il n'en est pas moins vrai que l'on peut toujours trouver à glaner dans un sujet aussi important et aussi vaste.

D'un autre côté, en ce qui concerne l'asepsie et l'antisepsie en général, les moindres détails ont leur importance et peuvent compromettre le résultat final. Ces remarques sont justifiées, même en art dentaire, et si nous n'avons pas besoin de faire dans nos interventions une antisepsie

aussi rigoureuse que s'il s'agissait par exemple d'une laparatomie, il arrive toutefois que certains traitements n'aboutissent à rien parce qu'on a négligé de prendre quelques précautions antiseptiques, en apparence inutiles ou insignifiantes.

Ce n'est pas le lieu ni le moment de faire une sorte de revue générale sur l'asepsie et l'antisepsie en art dentaire. En effet ces questions nous sont trop familières, non seulement à nous tous, mais même aux élèves des écoles dentaires.

A Lyon, les élèves observent soit à la clinique, soit à la salle de dentisterie opératoire, les règles les plus sévères de l'asepsie et de l'antisepsie. Néanmoins, il m'est arrivé dans maintes circonstances de voir des caries du troisième degré devenir incurables parce que la dent s'était infectée. malgré la digue et une antisepsie rigoureuse.

La même remarque peut être notée pour les encapages faits dans les meilleures conditions et pour le traitement des caries du quatrième degré. J'ai pensé que l'infection venait dans beaucoup de cas non pas des instruments, ni même des mains de l'opérateur, mais tout simplement du coton.

Celui-ci, comme on le sait, tel qu'on le trouve dans le commerce, est loin d'être toujours aseptique, d'autre part, il nous serait difficile, pour ne pas dire impossible, de le faire passer à l'étuve toutes les fois que nous voulons l'employer.

Le but de cette communication est de montrer que le coton dont nous nous servons dans les conditions normales et habituelles renferme presque toujours des microbes pathogènes et que, au moyen d'alcool saturé d'acide borique, nous pouvons très facilement, sans perdre de temps, le rendre stérile : je me hâte de dire que cette méthode n'est pas nouvelle; elle est employée depuis un certain temps par les laryngologistes, mais il m'a semblé qu'elle n'était pas assez vulgarisée en art dentaire et que par conséquent elle méritait les honneurs d'une publication.

Voici maintenant l'exposé de mes expériences et de mes recherches.

Il est inutile de dire que dans tous les cas qui suivent j'ai pris toutes les précautions nécessaires pour ne pas fausser les résultats.

*Expérience I.* — J'ai pris au hasard dans le porte-coton d'un élève, une petite boulette de ouate que j'ai plongée dans un tube renfermant du bouillon de culture. Quelques jours après, on constatait un trouble léger avec dépôt abondant granuleux. Au microscope : nombreuses chaînettes de coccus prenant le gram (streptocoques). On trouve en outre quelques coccus de nature indéterminée.

*Expérience II.* — On enroule autour d'un équarissoir, soigneusement flambé au préalable, une mèche de coton. Ce dernier avait été recueilli de la même façon que précédemment. On plonge le tout dans un tube renfermant du bouillon de culture : quelques jours après, culture assez abondante en bouillon trouble, dépôt blanc laiteux. Au microscope nombreux coccus prenant le gram,

disposés les uns en chainettes (streptocoques), les autres en amas en forme de grappes (staphylocoques).

*Expérience III.* — Les recherches portent ici, non plus sur le coton, mais sur les mains de l'opérateur. Pour me placer dans les conditions de la pratique courante, je prie un élève de m'enrouler une mèche de coton sur un équarissoir. L'équarissoir avait été flambé et le paquet de coton venait d'être ouvert.

J'ajouterai que l'élève qui à ce moment-là traitait une patiente s'était soigneusement brossé les mains et les avait plongées dans une solution de formol, dix minutes auparavant. Trois jours après, le tube renfermant la mèche de coton préparée dans ces conditions présentait une culture en bouillon fortement trouble avec voile mince tombant au fond. Au microscope : nombreux bâtonnets de 3 à 5 μ de long sur 1 μ de large; les cultures abondent surtout en spores ovoïdes (elliptiques) caractéristiques; ces bacilles et le contour de leurs spores prennent nettement le gram; ils sont mobiles. Ces bacilles, qui ont l'air d'exister à l'état de pureté dans la culture, revêtent tous les caractères du bacillus zophii. Ils pourraient à la rigueur être confondus avec le bacillus alvéi décrit par Vignal, dans le tartre dentaire; mais Macé à montré que le bacille n'était autre que le bacillus zophii.

*Expérience IV.* — Cette expérience est répétée dans les mêmes conditions que la précédente et au bout de quelques jours la culture est positive et l'on trouve au microscope des streptocoques et des bacilles coliformes.

Il résulte de tout ce qui précède que le coton dont nous nous servons dans la pratique courante est d'une façon ou de l'autre toujours septique et qu'il en sera toujours ainsi, à moins de prendre des précautions qui en pratique sont impossibles et irréalisables. Mais il n'en est plus de même si nous nous servons de l'alcool saturé d'acide borique.

Avant d'introduire la mèche de coton dans le canal de la dent, on n'a qu'à plonger la mèche dans la solution et à la passer sur la flamme; l'alcool brûle et, grâce à l'acide borique, laisse le coton intact; on a ainsi une mèche absolument aseptique, comme le démontrent les expériences suivantes.

*Expériences V, VI, VII, VIII.* — Ces expériences sont faites dans les mêmes conditions que les précédentes avec cette différence que la mèche de coton, avant d'être introduite dans le tube, est imprégnée d'alcool saturé d'acide borique et enflammé. On la plonge dans le bouillon de culture au moment où elle vient de s'éteindre. Les quatre tubes sont restés stériles après huit jours d'étuve à 37°.

Je ne veux pas insister plus longuement sur ce petit point de technique, que d'ailleurs la plupart d'entre vous connaissaient déjà et avaient peut-être même mis en pratique. Je le répète, si je vous en ai parlé aujourd'hui, c'est parce que, à mon avis, ce procédé n'est pas employé assez couramment et qu'il pourra nous rendre des services dans certains cas.

Il y aura avantage à l'employer en effet pour le traitement des troisièmes degrés lorsqu'après l'extirpation de la pulpe on introduit des mèches de coton dans les canaux pour les dessécher ou pour arrêter l'hémorragie.

Je pourrais encore vous parler de l'utilité de cette méthode dans le traitement des quatrièmes degrés, dans le coiffage de la pulpe, etc., mais je préfère me résumer en concluant :

1° Une méthode très simple et très facile pour aseptiser extemporanément le coton hydrophile consiste à l'imbiber d'alcool saturé d'acide borique et à l'enflammer ;

2° Grâce à la propriété ignifuge de l'acide borique, l'alcool brûle et s'éteint sans roussir le coton ;

3° Cette méthode est très utile en art dentaire, en particulier pour le traitement des dents atteintes de carie du troisième ou quatrième degré.

Elle nous permet, dans tous les cas où cela est nécessaire, d'avoir à notre disposition, d'une façon simple et rapide, du coton aseptique.

---

## M. R. HEIDE

Professeur à l'École dentaire de Paris.

### A PROPOS DE L'OPPORTUNITÉ DE L'AVULSION DENTAIRE PRÉCOCE OU TARDIVE DANS LA PÉRIODONTITE SUPPURÉE AIGUE [617.66]

*— Séance du 13 août —*

Au programme de la séance d'ouverture du troisième Congrès dentaire national tenu à Paris en 1897, était inscrite une communication de notre confrère et ami Mendel-Joseph « Sur l'opportunité de l'avulsion dentaire précoce ou tardive dans la périodontite suppurée aiguë ».

On voit de quoi il s'agit : une molaire, petite ou grosse, est atteinte de carie pénétrante : la pulpe morte est devenue un milieu de culture de choix ; les bactéries y pullulent et pénètrent dans les régions profondes, contaminant la région alvéolaire ; la membrane péridentaire infectée s'enflamme, et cette inflammation détermine la série bien connue des symptômes caractéristiques de la périodontite suppurée aiguë. Dans ce cas, faut-il faire l'avulsion immédiate ou attendre, pour la faire, que le pus soit collecté ou que son évacuation ait commencé ? La plupart de nos confrères étaient jusqu'alors favorables à l'avulsion immédiate.

M. Mendel-Joseph a pensé que le sujet méritait un examen approfondi. Lorsque la pulpe de la dent est seule atteinte, l'avulsion n'offre pas le moindre inconvénient. « Mais, dit-il, lorsque l'infection a pénétré dans les tissus profonds, lorsque l'alvéole est contaminé, lorsque l'articulation alvéolo-dentaire est frappée d'inflammation aiguë suppurative, les conditions sont toutes différentes : il faut... n'agir qu'en connaissance parfaite des effets possibles, immédiats et tardifs, de l'intervention opératoire. »

M. Panas, ayant été témoin à la suite d'un accident mortel survenu à la suite de l'extraction d'une dent atteinte de périostite aiguë suppurative, attribua l'issue fatale à l'infection secondaire consécutive à l'avulsion et condamna le principe de l'extraction dans les cas de périodontite aiguë. L'histoire du cas observé par M. Panas n'étant pas suffisamment connue dans ses détails et la véritable cause de la mort restant douteuse, l'opinion du savant professeur de la Faculté ne peut être prise pour règle absolue. M. Mendel-Joseph, en raison de l'importance du sujet qui intéresse à un haut degré tous les praticiens, a eu l'idée de consulter à cet égard plusieurs professeurs de clinique chirurgicale de la Faculté de Paris et il a obtenu des réponses très diverses, sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir dans le cours de ce mémoire. Mais, disons tout de suite que la discussion qui a suivi la communication de M. Mendel-Joseph n'a guère jeté la lumière sur cette grave question.

Dans notre clientèle particulière, nous avons recueilli plusieurs observations qui nous permettront peut-être d'aider à mieux l'éclairer.

*Observation I.*

Nourrice X..., âgée de vingt-trois ans environ, se présente dans mon cabinet, au mois de juillet, atteinte d'une forte fluxion du côté gauche : adénophlegmon.

A l'examen de la bouche, qui se fait difficilement, la malade pouvant à peine l'ouvrir, on constate que la dent de sagesse inférieure gauche est fortement cariée, au quatrième degré ; la langue et les gencives sont couvertes d'un enduit blanchâtre, d'épithélium et de pus ; l'haleine a une odeur nauséabonde. La malade accuse de l'insommie, de l'inappétence, de la fièvre, de la douleur pendant la mastication ; la déglutition est aussi très gênée, ce qui fait croire que la malade est atteinte d'une affection de la gorge. Elle fait appeler un médecin qui, après un traitement sans résultat, lui conseille de venir me consulter.

Nous faisons un lavage antiseptique très énergique. A l'extérieur, on constate sur la moitié gauche de la figure une forte tuméfaction qui s'étend un peu derrière l'oreille gauche ; la peau à ce niveau est d'un rouge luisant, la tumeur est chaude et douloureuse, les ganglions lymphatiques sous-maxillaires sont également enflammés. On décide l'extraction à l'aide du pied-de-biche et de la langue de carpe ; la dent, quoique offrant beaucoup de résistance, est enlevée complètement ; il en sort quelques gouttes de pus. Nous continuons les lavages en recommandant à la malade de se faire injecter tous les quarts d'heure à

l'aide d'un irrigateur une solution au choral à 2 0/0. Elle revient le lendemain matin ; l'état général est très peu amélioré, la température est de 39° ; on constate encore la présence de beaucoup de pus dans la cavité buccale ; la tuméfaction n'a pas diminué ; comme la veille, elle est chaude, rouge et dure, On fait de nouveau un lavage antiseptique et on recommande à la malade de revenir le soir. Le soir même, les phénomènes généraux se sont aggravés ; température 40°. D'accord avec la famille, nous envoyons la malade à l'hôpital.

A l'hôpital, où elle a été opérée immédiatement, le phlegmon avait donné issue à une très grande quantité de pus. Je n'ai plus vu la malade.

La production si rapide d'accidents graves en ce cas, peut s'expliquer par le fait même que cette nourrice venait d'arriver de son pays, une localité du midi de la France, d'où elle était partie déjà souffrante ; les fatigues du voyage en chemin de fer, le changement de climat, la séparation d'avec les siens, etc., etc., furent autant de circonstances aggravantes.

La nécessité où elle se trouva de donner immédiatement le sein en arrivant à Paris fut une nouvelle cause de fatigues, et sa constitution ne put y résister.

Aussi cette périostite dentaire, au lieu de se terminer par un vulgaire abcès, a-t-elle amené la formation d'un phlegmon infectieux.

Qu'est-ce qui me détermina à pratiquer ici l'avulsion de la dent ? Le voici : dans plusieurs cas où j'avais constaté une fluctuation nette à l'intérieur de la bouche, avec tuméfaction à l'extérieur, l'avulsion de la dent avait été suivie d'une évacuation de pus et, après quelques lavages antiseptiques, tous les phénomènes inflammatoires avaient redressé. Ici, au contraire, l'avulsion de la dent n'a amené aucun soulagement pour la malade ; peut-être même a-t-elle contribué à l'exacerbation des phénomènes inflammatoires les premiers jours qui suivirent l'avulsion. L'infiltration de pus dans les couches profondes força à recourir à une opération chirurgicale, et il me semble, dans ce cas, qu'elle fût seule indiquée.

A mon avis, toutes les fois qu'il ne s'agit pas d'un phlegmon périmaxillaire, mais au contraire d'une tuméfaction simple avec inflammation et fluctuation localisées dans le voisinage de la dent, on peut, surtout si l'on a affaire à un sujet sain, pratiquer l'avulsion pour évacuer le plus. Mais, dès qu'on se trouve en présence d'une tuméfaction périmaxillaire profonde, accompagnée de phénomènes généraux, fièvre, pouls assez fréquent, mal de tête, il est préférable de ne pas pratiquer l'avulsion de la dent, parce qu'elle est inutile et que de plus elle pourrait être dangereuse. Ce sont probablement des cas analogues à celui de l'observation I que le professeur Berger a dû surtout avoir en vue, lorsqu'il a été amené à formuler la proposition suivante : « Pour ma part, je me refuse à une avulsion dentaire quand il y a un état infectieux récent, et je préfère attendre que les accidents inflammatoires soient tombés pour agir. Dans les cas de suppu-

ration ancienne, c'est différent : il faut enlever ou traiter la dent, cause de la suppuration... »

Je suis donc entièrement d'accord avec l'éminent professeur sur la conduite à tenir dans les cas analogues à celui de l'observation I. Nous devons dès lors considérer comme trop radicale l'opinion du professeur Terrier disant: «.Si j'avais une dent malade avec périostite suppurée, je me ferais enlever la dent, et cela le plus tôt possible, » M. le Professeur Terrier n'avait probablement en vue que la périostite ordinaire avec abcès, ou non encore compliquée de symptômes d'infection. L'observation suivante est relative à un cas de ce genre.

*Observation II.*

Mlle X... vingt-trois ans, vient me consulter pour une affection du fond de la bouche, du côté droit, avec douleur, difficulté d'avaler et d'ouvrir la bouche.

La joue est légèrement gonflée. A l'examen buccal, on voit tout de suite qu'il s'agit d'un accident de dent de sagesse, de date déjà ancienne relativement : un bourrelet de gencive couvrait encore la dent, et ce bourrelet, fortement gonflé, et, par suite, mâché par la dent placée au-dessus, était le siège d'un processus inflammatoire très intense.

Nettoyage autour de la dent, pointes de feu profondes, puis gargarismes antiseptiques ordonnés.

Le lendemain, la jeune fille revient me voir ; les douleurs ont été intolérables, à son dire, le gonflement a augmenté et comme mes espérances ne se sont pas réalisées, je me décide pour l'extraction, et rendez-vous est pris chez elle, pour le lendemain à 10 heures. La malade sera endormie au chloroforme, ce à quoi elle consent tout de suite.

*Le 9 février.* — La nuit avait été assez bonne, mais la douleur était grande et l'enflure avait encore augmenté beaucoup ; cependant il n'y avait pas de dureté, ni de peau luisante et pas de fièvre, ni même de chaleur locale.

La constriction avait atteint un degré tel qu'il n'était pas possible de voir la dent de sagesse, point de départ de l'accident.

La jeune personne est étendue sur des chaises garnies de coussins et le chloroforme la plonge dans le sommeil sans phase préalable d'excitation et sans difficulté aucune. Le sommeil narcotique obtenu, le relâchement musculaire permet d'introduire un ouvre-bouche en bois entre les arcades dentaires et, à l'aide de la langue de carpe, la dent est soulevée et saisie par le davier.

L'anesthésie et l'opération avaient duré environ 10' et la malade se réveilla aussitôt n'ayant absorbé que peu de chloroforme.

Lavages antiseptiques.

A mes visites ultérieures, le 10, le 11 et le 12, je constate que tout rentre graduellement dans l'état normal, quoique l'enflure ne diminue que lentement.

Enlèvement des languettes mortifiées du bourrelet cautérisé par le galvanocautère.

Le 15, le mieux continue, mais l'enflure est entretenue certainement par la dent de sagesse supérieure du même côté, qui a une direction vicieuse et s'écarte de l'arcade dentaire, s'enfonçant dans la joue enflée. C'est, selon moi, la raison

pour laquelle l'enflure n'était pas complètement tombée le quatrième jour après l'opération.

Le 15, l'enflure persiste, légère douleur à la joue. Je me décide à enlever la dent de sagesse supérieure, ce qui est fait tout de suite, puis tout rentre dans l'état normal.

Comme on le voit, il s'agissait ici d'une simple périostite avec fluxion, et ce sont sans doute aussi des cas de ce genre que visait le professeur Tillaux en se prononçant pour l'extraction rapide, quoique avec une réticence prouvant qu'il envisageait d'autres cas possibles. Voici d'ailleurs ses paroles : « Je ne crois pas qu'il soit sage de formuler une règle générale de conduite dans le cas que vous me signalez. Je penche, toutefois, vers l'extraction aussi rapide qu'il est possible. »

M. le professeur Le Dentu, celui de tous les professeurs consultés par M. Mendel-Joseph qui lui a fourni la réponse la plus détaillée, ne pense pas qu'il soit toujours avantageux de pratiquer l'avulsion de la dent, *lorsque l'abcès est formé* et qu'on se trouve en présence de la nécessité d'ouvrir, de désinfecter et de drainer le foyer, le mal étant alors limité. Il arrive en effet, parfois, que l'avulsion ne produit pas, en pareil cas, les bons résultats qu'on en attendait, comme le prouve l'observation suivante :

*Observation III.*

Le 18 avril, M. X..., âgé de soixante-deux ans, se présente dans notre cabinet et nous raconte qu'un jour il ressentit des douleurs au fond de la bouche, et sans s'en inquiéter autrement, les attribua à un courant d'air. Au bout de huit jours, ces douleurs devinrent très vives et en même temps une enflure se produisit. La mastication et la déglutition n'étaient pas gênées ; seulement le patient ouvrait difficilement la bouche. Il consulta un médecin qui lui recommanda d'aller voir un dentiste, en lui disant que le mal provenait d'une dent de sagesse.

*État actuel.* — Tuméfaction de la région du maxillaire inférieur et du cou, du côté droit. La peau est tendue et rouge sur un espace ne dépassant pas les dimensions d'une noix. L'examen de la bouche ne révèle pas de grands désordres ; une racine d'une dent de sagesse est certainement la cause des accidents. Cette racine n'est point douloureuse ; nous en décidons néanmoins l'extraction, espérant ainsi enrayer les progrès du mal.

Lavages antiseptiques préalables. La racine est enlevée. Injections antiseptiques.

Le lendemain, 19 avril, pas d'amélioration du côté jugal contrairement à ce que nous avions espéré. La collection purulente semble se concentrer et une fluctuation est perceptible sous la peau à l'endroit où elle est rouge et tendue.

Le 20 avril, une incision est faite à l'extérieur par le chirurgien ; il en sort beaucoup de pus. Le 21 avril, le patient vient nous voir ; nous enlevons le pansement et la pression fait sortir encore du pus. On procède à des lavages avec une solution de chloral à 2 0/0 et on introduit dans la plaie une mèche iodoformée. On continue les lavages et les pansements tous les jours.

La plaie se modifie et a bel aspect.
Le 3 mai, la plaie est complètement fermée.

Ainsi, dans ce cas, l'avulsion de la racine qui avait été la cause des accidents ne suffit pas à les faire disparaître, et il fallut recourir à une intervention chirurgicale, pratiquer une incision extérieure pour déterminer l'écoulement du pus. Il est évident que l'opération chirurgicale s'imposait ici de toute manière et qu'on aurait pu attendre pour faire l'avulsion de la dent. Mais celle-ci, à son tour, se serait imposée ensuite, pour éviter le retour des accidents de périodontite ou même la formation d'une fistule.

On peut rapprocher de l'observation précédente le cas suivant où, malgré la luxation de la dent, son extraction était devenue impossible, les désordres étaient également allés assez loin pour rendre l'intervention chirurgicale indispensable. Il s'agit ici d'un cas de périostite chronique avec adénite.

*Observation IV.*

M. X..., âgé de trente-huit ans environ, fort et vigoureux, se présente dans mon cabinet pour une forte fluxion du côté droit.

Le patient nous raconte qu'au début de la maladie il a senti un jour une douleur au fond de la bouche, du côté droit, douleur qui allait en augmentant de jour en jour ; la déglutition est rendue pénible ; en même temps on voit apparaître à la région sous-maxillaire droite une tuméfaction qui grossit petit à petit.

L'examen de la bouche se fait difficilement. On constate que la gencive, au niveau de la dent de sagesse inférieure droite, est tuméfiée, rouge tendue et douloureuse à la moindre pression ; la bouche est pleine de mucosités et de débris de desquamation épithéliale ; l'haleine est d'une fétidité insupportable, au point de gêner le malade lui-même, il souffre d'insomnie, d'inappétence ; il ne peut se nourrir qu'avec des aliments liquides.

A l'extérieur, sous la branche droite du maxillaire, existe une grosseur du volume d'un poing, tendue, résistante, mais sans rougeur, ni chaleur; toute cette partie est le siège d'élancements douloureux; mais il n'y a pas de fluctuation.

On décide l'extraction de la dent de sagesse : après plusieurs tentatives, la dent opposant une très grande résistance, l'extraction devient impossible, surtout qu'à cette résistance s'ajoute, d'une part, la fracture de la couronne, de l'autre la fatigue du malade. Nous obtenons pourtant la luxation et le soulèvement des racines. On procède à un lavage énergique avec une solution de chloral à 2 0/0. On décide enfin de pratiquer une incision à l'extérieur.

Nous adressons le malade à la clinique générale de chirurgie, d'où il sort opéré et guéri.

On voit en somme que le praticien peut être embarrassé, dans certains cas, pour juger de la conduite à tenir. Celle-ci diffère selon qu'il s'agit d'une périostite au début, d'une périostite ordinaire avec abcès, d'une périostite grave, etc. Si la périostite ne fait que débuter, il y a lieu, dit le

professeur Le Dentu, de faire l'avulsion hâtive de la dent, du moment qu'il n'y a pas intérêt à la conserver; on peut ainsi, dans bien des cas, conjurer des accidents graves, phlegmon, adéno-phlegmon, infection, etc.

L'opinion du Dr Sauvez (*De l'intervention dans les cas d'abcès et de fluxion*, rapport lu au quatrième Congrès dentaire national, à Lyon, 1898) n'est pas tout à fait la même à ce point de vue. Dans la périostite au début avec gonflement, que ce savant odontologiste désigne sous le nom de phase de *la fluxion œdémateuse simple*, il est d'avis de tenter la résolution de la fluxion, donc d'essayer de conserver la dent. Il ne s'oppose pas cependant d'une manière absolue à l'extraction, surtout si la dent est irrévocablement condamnée, mais il croit qu'elle n'est pas indiquée, en général, par l'intensité des phénomènes généraux ou locaux. Quoi qu'il en soit, nous pensons qu'on court quelques risques en temporisant trop.

Lorsque la périostite n'est pas très grave et est accompagnée d'un abcès déjà formé, l'avulsion fait généralement tout rentrer dans l'ordre; quelques restrictions s'imposent, comme nous l'avons vu.

Enfin, s'il est question d'une périostite grave, il n'en est plus de même. Il y a intérêt ici à ne pas confondre les différentes formes de périostite ou de périodontite. On peut avoir affaire à une périostite étendue avec gonflement considérable non phlegmoneux et constriction de la mâchoire. Dans ce cas, « y a-t-il avantage, dit M. Le Dentu, à faire l'avulsion de la dent avant que la collection périostique soit formée? Je le crois, si l'on arrive à temps. Peut être pourrait-on quelquefois arrêter la marche de la périostite et empêcher la suppuration en dehors de l'alvéole ». Avec les moyens antiseptiques actuels, l'anesthésie aidant, on peut tenter cette intervention. Donc, dans la périostite étendue, M. Le Dentu est d'avis de faire l'avulsion dans tous les cas où l'on suppose qu'elle pourrait enrayer la marche de la complication inflammatoire. Dès qu'il y a phlegmon ou infection, il n'en est plus ainsi. Ici encore nous ne sommes pas entièrement d'accord avec le Dr Sauvez. Cet auteur décrit une deuxième phase sous le nom de *fluxion phlegmoneuse*, qui n'est qu'un acheminement vers la troisième phase, celle de l'abcès formé. Il est évident qu'un processus qui a suivi cette marche, souvent même accompagné de phénomènes infectieux, susceptibles déjà de se présenter à la deuxième phase indiquée, que ce processus, disons-nous, est toujours d'une certaine gravité et qu'il ne s'agit plus là de la périostite ordinaire avec abcès à laquelle nous avons fait allusion plus haut. Dans la fluxion phlegmoneuse avec collection purulente déjà proéminente, le plus souvent dans le vestibule de la bouche, le Dr Sauvez est partisan décidé de l'extraction. Pour nous, dès que la collection est formée, l'avulsion de la dent devient d'une utilité douteuse. De toutes manières, le Dr Sauvez rejette l'incision précoce et conseille de guider l'évolution de l'abcès.

L'abcès une fois formé et saillant dans la bouche ou à la peau, le savant rapporteur du Congrès de Lyon pense que l'extraction de la dent s'impose pour l'abcès marchant vers la peau; mais peut être discutée dans les autres cas, bien qu'elle puisse encore avoir une influence heureuse. Mais avant de faire l'extraction, il conseille d'inciser l'abcès, s'il doit s'ouvrir dans la bouche, et d'attendre que les phénomènes aigus aient disparu. Cette conduite est sage, en effet, dans bien des cas.

Donc, lorsqu'une périostite se présente avec gonflement dur, très étendu, la peau luisante, chaude, tendue, les ganglions engorgés, il faut, selon nous, agir avec une grande prudence.

On a vu, en effet (Obs. I), que, dans les cas de périostite avec adénophlegmon et infection, l'avulsion de la dent peut avoir des conséquences fâcheuses, augmenter les désordres locaux et même déterminer une infection générale; en pareil cas, le mieux est évidemment d'avoir recours de bonne heure à l'intervention chirurgicale.

Le danger est plus grand lorsque l'affection atteint la mâchoire inférieure, le pus ayant une tendance à s'infiltrer et à descendre par la loi de la pesanteur. A notre avis, les désordres siégeant à la mâchoire supérieure présentent une gravité bien moindre.

Une remarque générale nous reste à faire, c'est que l'intervention du dentiste ou du chirurgien ne doit pas être trop différée dans les cas de périostite ou de périodontite, car, abstraction faite de l'inspection, des lésions graves, locales, plus ou moins éloignées peuvent en résulter, comme par exemple la nécrose du maxillaire et parfois des fistules cutanées. (Voir Heïdé, *Complications d'origine dentaire*. Paris, 1894, in-8°.)

Enfin, dans toutes nos observations, c'est la dent de sagesse qui fut le point de départ des accidents. On sait qu'au point de vue de la pathogénie de ces accidents, deux théories ont été proposées : la théorie mécanique et la théorie septique, que le docteur L. Dumont (Thèse de Paris, 1894) s'est efforcé de concilier ; de nouvelles données sont venues remettre tout en question. Citons à cet égard un article des plus intéressants du docteur Etchepareborda (*Inclusion d'une dent de sagesse dans la partie supérieure du maxillaire inférieur*, *l'Odontologie*, 1901). Il décrit l'histoire d'un cas où il fut extrêmement difficile de découvrir le siège de la dent de sagesse, qui avait été le point de départ de l'ostéo-périostite à répétition qu'offrait le sujet. Cette variété de périodontite est, en effet, caractéristique de manifestations morbides produites par l'évolution de la troisième molaire.

Dans le cas du docteur E..., il fallut une série d'interventions chirurgicales pour découvrir la dent cause de tout le mal. En général, chaque fois qu'une affection de la région postérieure du maxillaire coïncide avec l'absence de la dent de sagesse, on doit penser que cette dent peut être incluse et qu'elle est probablement la cause des accidents (Tomes).

Que résulte-t-il, en somme, du cas du docteur E...? C'est que nous voyons tout d'abord « une dent enfermée dans le maxillaire et *enveloppée de toutes parts par du tissu osseux* provoquer des accidents très sérieux de nature inflammatoire », ce qui contredit la théorie dite septique, qui admettait que, pour produire des troubles de cette nature, la dent de sagesse devait se trouver en contact avec le milieu buccal par une lésion, si minime qu'elle fût, de la muqueuse.

Que voyez-vous, en effet? D'une part, une dent qui *veut* sortir et qui, dans certains cas, se développe plus vite que ne se fait la transformation du tissu osseux qui doit la laisser sortir. Il y aurait compression réciproque du tissu de la dent et du tissu osseux qui l'entoure, d'où réaction inflammatoire. Ce phénomène de compression de la dent de sagesse lui est plus ou moins particulier (les phénomènes analogues survenant à propos de l'éruption de la première et de la seconde molaire étant très rares). La dent de sagesse, incluse dans un tissu osseux relativement résistant, puisqu'elle n'apparaît qu'à l'âge adulte et située assez profondément, peut, lorsqu'elle active ses phénomènes de sortie, donner lieu à deux alternatives bien tranchées : ou bien, par suite d'une activité moindre du tissu osseux environnant la dent, il peut y avoir atrophie par compression, ou bien la suractivité particulière de la dent et l'incapacité du tissu osseux de se résorber suffisamment, en tout cas aussi vite qu'il le faudrait pour livrer passage à la dent et supporter la compression, déterminent une poussée ou une série de poussées inflammatoires qui peuvent donner lieu à une ostéo-périostite grave. Voilà, à notre avis, les processus qui peuvent se rencontrer dans les accidents inflammatoires provoqués par la dent de sagesse. Nos vues sont, par conséquent, différentes, comme on le voit, des conclusions quasi-classiques formulées autrefois et d'après lesquelles les accidents dus à la dent de sagesse ne se produiraient jamais tant que la muqueuse n'est pas entamée et légèrement enflammée. Que les accidents ne se produisent le plus fréquemment qu'après la perforation, c'est évident, mais ce n'est pas toujours le cas. Qu'on nous pardonne cette digression, qui nous a semblé offrir quelque utilité.

*Tableau des indications opératoires.*

| | |
|---|---|
| Périodontite au début . . . . . | Avulsion hâtive. |
| — peu grave avec abcès formé . . . . . | Avulsion hâtive avec quelques restrictions. |
| Périodontite avec gonflement non suspect et constriction des mâchoires. . . . . | Avulsion utile pour enrayer l'inflammation. |

| | |
|---|---|
| Périodontite avec état infectieux récent . . . . . | Intervention chirurgicale. Avulsion tardive ou conservation de la dent. |
| Périodontite avec adéno-phlegmon et infection. . . . . | *Id.* |

Comme conclusion générale, qu'il nous soit permis de dire qu'il ne saurait exister de règle générale pour l'avulsion hâtive ou tardive de la dent, cause de phénomènes inflammatoires, que l'avulsion hâtive convient chaque fois qu'elle peut empêcher une aggravation de la périodontite, qu'elle peut être dangereuse quand le gonflement, sans présenter l'aspect franchement phlegmoneux, est suspect et surtout quand l'adéno-phlegmon est déjà formé, et qu'en pareil cas, si elle n'entraîne pas nécessairement des conséquences fâcheuses, elle ne préserve pas de l'intervention chirurgicale, à laquelle il est toujours préférable d'avoir recours de bonne heure.

# TABLE ANALYTIQUE

Dans cette table, les nombres qui sont placés après la lettre *p* se rapportent aux pages de la première partie, ceux placés après l'astérique * se rapportent à celles de la deuxième partie.


*Abcès* péri-amygdaliens, p. 275, * 943.
*Ablation de l'œil*, p. 293, * 992.
*Abri sous Roche* de Morson, p. 268.
*Accidents du travail* (De l'extension de la loi de 1899 sur les), p. 406.
—— (Considérations sur la loi sur les), p. 406.
*Accroissements finis*, p. 163, * 114.
*Accumulateurs* (Traction par), p. 519.
—— et la traction électrique, p. 528.
—— dans l'électromobilisme urbain, p. 530.
*Acheuléen* (Gisement), p. 252, * 769.
*Acide borique* (Emploi de l'alcool saturé d') en art dentaire, p. 461.
*Acide carbonique*, p. 294.
—— en viticulture et en vinification, p. 375.
*Acide sulfureux*, p. 175, 441.
*Acide sulfurique* (Emploi de l') dans le traitement des carrés du 4e degré, p. 459.
—— (La stérilisation des canaux dentaires par l') pur, p. 460.
*Acoustique*, p. 181, 184, 243, * 329.
*Acridiens*, p. 238, 239, 241.
*Actinique* (Pouvoir), p. 345.
*Action et de la Réaction* (Principe de l'), p. 165, 195, * 410.
*Adelea dimidata coccidoïdes*, p. 231, * 705.
*Adénoïdite aiguë*, p. 274, * 937.
*Adolescence* (Scolioses de l'), p. 328.
*Adour*, p. 237, * 731.
*Age du bronze*, p. 249, 266, 269, * 757, 906, 926, 932.
*Age de pierre* du Sud-Algérien, p. 251.
*Agricole* (Comptabilité), p. 351.
*Agricoles* (Conditions) du Cap Bon, p. 386.
*Agriculture* (Protection des oiseaux et l'), p. 376.
—— française (Obstacles aux progrès de l'), p. 373, * 1043.
*Agronomie*, p. 351, * 1035.
*Agronomiques* (Cartes), p. 377.
*Aimantation* (Variations de volume par l'), p. 177, * 274.
*Air raréfié* (Luminescence dans l'), p. 328.
*Alcaloïdes*, p. 201.
*Alcool* saturé d'acide borique en art dentaire (Emploi de l'), p. 461.
*Alcoolisme* (Mesures d'hygiène contre l'), p. 417.
—— (La lutte contre l') par la propagation du vin, p. 432.
—— (Lutte contre l') dans le Tarn-et-Garonne, p. 439.
—— (Les deux meilleures armes contre l'), p. 439, * 1268.
**Alezais** (Dr). — Fléchisseur des doigts, p. 236, * 727.
*Algérie*, p. 219, 231, 251, * 714.
*Allée couverte* de Vendée, p. 266, * 906.
*Allemagne*, p. 177, 393, * 1177.
**Allemand-Martin**. — Conditions agricoles du Cap Bon, p. 386.
*Allier*, p. 268, 269, * 923.
*Alluvions*, p. 248, * 755.
*Aloès aromate*, p. 227, * 673.

**Aloy** (J.). — Uranates des alcaloïdes, p. 201.
—— Acclimatation des organismes, p. 232.
—— Toxicologie, p. 234.
*Alpes-Maritimes*, p. 214.
*Aluminium* (Pile en), p. 192, * 386.
**Ambayrac**. — Géologie des environs de Cordes, p. 218.
*Amidon* dans le blé, p. 377.
**Amoëdo** (Dr O.). — Étude sur les dents après la mort, au point de vue de la médecine légale, p. 462.
—— Prothèse dentaire. — Étude sur l'articulation des dentiers artificiels suivant les lois anatomiques et physiologiques qui régissent l'articulation temporo-maxillaire et celle des arcades dentaires chez l'homme, p. 463.
*Amygdales*, p. 275, * 943.
*Anesthésies* (Du sœmnoforme dans les longues), p. 457, * 1352.
—— générale (Démonstrations diverses d') notamment par l'emploi du sœmnoforme, p. 459, * 1352.
—— (Expériences d') pulpaire par la cataphorèse, p. 459.
*Anesthésiques* généraux, pp. 457, 458, * 1352.
—— (Présentation d'un) pour la dévitalisation de la pulpe dentaire), p. 459.
*Angiomes plans*, p. 346.
*Angles* (Mesure des), p. 177, * 277.
*Animaux aquatiques*, p. 230.
—— foudroyés, p. 319.
—— (Action des courants de haute fréquence sur les), p. 349; * 1009.
*Anophèles*, p. 230, * 703.
*Antipathaires*, p. 236, * 729.
*Antisepsie* en art dentaire, p. 456; * 1352.
**Apert** (Dr). — Chicorées monstrueuses, p. 226, * 657.
*Applications thérapeutiques de l'électricité* (Opportunité des), p. 298.
—— du Xyléna, p. 459.
*Arbres* forestiers (Pénétrabilité des), par les projectiles des armes de guerre, p. 378, * 1062.
*Arc* (Lampe à), p. 344.
—— *chantant*, p. 184, * 329.
*Arcachon*, pp. 237, 239, 240, * 739, 741, 742.
*Archéologie*, p. 443.
*Argyll* (Signe d'), p. 278.
*Ariège*, p. 388, * 1132.
*Arithmétique* graphique, p. 408, * 1223.
*Armes* de guerre (Pénétrabilité des arbres forestiers par les projectiles des), p. 378, * 1062.
*Armorique*, p. 224.
**Arnaud** (Dr H.). — Le Trifolium, p. 221, * 584.
—— La France et ses frontières naturelles, p. 382.
**Arnoux** (G.). — Congruences de module composé, p. 167, * 185.
—— Arithmétique graphique, p. 167, * 202.
**Arsimoles**. — Abcès péri-amygdaliens, p. 275, * 943.
—— Discussion sur le diabète, p. 292.
*Art en Gaule*, p. 25.
*Artériosclérose*, p. 296, * 995.
*Arthrite*, p. 290, * 972.
*Articulation* dentaire chez l'homme, p. 453.
—— (Rapports pathologiques entre l'), temporo-maxillaire et les dents, p. 454.
—— temporo-maxillaire et arcades dentaires, p. 463.
*Astronomie physique*, pp. 169, 210.
*Atlas* bathymétrique et lithologique, p. 383, * 1093.
*Atmosphère* (Travail de l'), p. 206, * 442.
*Attraction universelle*, p. 164, * 127.
*Atwood* (Machine d'), p. 197, * 420.
**Audouin** (H.). — Quelques notes sur la province du Tra-Ninh, p. 385.
*Aurillac* (Climat d'), p. 209, * 474.
*Automobiles*, pp. 164, 173, 535, * 123.
*Auxerre*, p. 219.
*Avens*, p. 218, * 568, 574.
*Aveyron*, p. 545.
*Avulsion* (A propos de l'opportunité de l'), dentaire précoce ou tardive dans la périodontite suppurée aiguë), p. 461, * 1386.
*Axe hypocotylé*, p. 225, * 696.
**Azoulay** (Dr). — Phonogrammes pour musées phonographiques, p. 181.
—— Les musées phonographiques, p. 243.
*Bacille diphtérique*, p. 317.
—— tuberculeux, p. 440.
*Bahr-Sara*, p. 389.
**Baillaud** (B.). — Catalogues méridiens, p. 165, * 130.
—— Grandeur des pléiades, p. 194, * 398.
—— Climat de Toulouse, p. 208, * 465.
*Bains-douches* scolaires à bon marché, p. 438, * 1256.
**Bakker** (G.). — Liquide dans la couche capillaire, pp. 184, * 324.
*Bangui*, p. 385, * 1112.
*Barbares*, pp. 266, 267, * 903.
**Barbier**. — Toxicologie des métaux, p. 234.
**Barisien** (le Cte E.). — Limaçon de Pascal, p. 163, * 116.
*Baromètre* p. 207.
*Barrages lacustres*, p. 215.
**Barrière-Flavy**. — Les Barbares, p. 264.
*Basalte*, p. 257, * 886.
*Basedow* (Maladie de), p. 320, 325.
*Basque*, p. 381, * 1068.
*Bassin houiller*, p. 212.
—— de la Tafna, p. 219.
*Bassins fermés du Jura* (Sur les), p. 386.

*Bathymétrie*, p. 236, 383, * 729, 1093.
*Batraciens*, p. 233.
**Baudouin** (Dr M.). — Objet en cuivre d'un mégalithe de Vendée, p. 226, * 906.
—— Les côtes de Vendée, des Sables-d'Olonne à Bourgneuf, à l'époque préhistorique, p. 383, * 1074.
*Baulme-la-Roche*, p. 256, * 851.
**Baye** (Baron J. de). — Les juifs des montagnes et les juifs géorgiens, p. 389.
**Bayssellance**. — Les bains-douches scolaires à bon marché, p. 438, * 1256.
*Beaulon*, p. 269. * 923.
**Beaupré** (Comte J.). — Sarcophage barbare, p. 266, * 903.
**Beauvisage**. — Genera Montrougierana, p. 229.
**Beilhe** (de). — Extinction des incendies, p. 175.
**Beleze** (Mlle M.). — Orchidée des montagnes, p. 224.
—— Tératologie cryptogamique, p. 224.
*Belgique*, p. 393, * 1177.
**Belin** (E.). — Spectro-sensitométrie sinusoïdale, p. 194.
**Belloc** (Ém.). — Barrages lacustres, p. 275.
—— Études glaciaires. p. 217, * 558.
—— Faune aquatique, p. 235.
—— Orthographie géographique, p. 381.
**Benoist**. — Transparence de la matière pour les rayons X, p. 199.
**Berger**. — Discussion sur le diabète, p. 292.
**Bergis** (E.). — Lutte contre l'alcoolisme dans le Tarn-et-Garonne, p. 439.
**Bergonié**. — Etoffes à vêtements, p. 187, * 355.
—— Discussion sur le diabète, p. 292.
—— Électrodiagnostic sur le nerf mis à nu, p. 318, * 1001.
—— Discussion sur la maladie de Basedow, p. 326.
—— Mesure des résistances en clinique, p. 326.
—— Traitement des scolioses, p. 328.
—— Discussion sur le traitement du lupus, p. 343.
—— Traitement des angiomes plans, p. 346.
**Bernheim** (Dr S.). — Cure d'altitude, p. 276.
—— Tuberculose et mutualités, p. 277.
**Bézy**. — L'hystérie, p. 288, * 968.
—— Exercice illégal de la médecine, p. 297.
*Bidder* (Organe de), p. 240, * 746.
*Bigorre*, p. 445.
*Bislée*, p. 266, * 903.
**Blanchon**. — Sur la traction par accumulateurs, p. 519.
—— Discussion sur la communication de M. Jumau, p. 536.
**Blanchon**. — Discussion du rapport Monmerqué, p. 538, 540.
*Blastoderme*, p. 232.
**Blatter** (A.). — Nouvelle dent artificielle, p. 455, * 1341.
—— Présentation d'un anesthésique pour la dévitalisation de la pulpe dentaire, p. 459.
—— Présentation et démonstration de l'emploi de nouvelles dents en porcelaine détachables, p. 459.
*Blé* (Maladie du), p. 375.
—— (Formation de l'amidon dans le), p. 377.
*Bleu de molybdène*, p. 228, * 701.
*Bobine* (Primaire d'une), p. 348.
**Bœuf** (E.). — Observations préliminaires sur une maladie des céréales en Tunisie, p. 378, * 1055.
*Boissons* (De quelques noms de), en langue basque, p. 381, * 1068.
*Bolivie*, p. 388.
**Bonnet** (Dr Ed.). — Les vélins du Muséum, p. 227, * 660.
**Bordat** (G.). — Le golfe Persique et la Perse, p. 385.
**Bordier** (Dr H.). — Radiations actiniques, p. 193.
—— Opportunité des applications électrothérapiques, p. 298.
—— Galvanofaradisation, p. 314.
—— Discussion sur les réactions électriques des muscles, p. 317.
—— —— Sur l'action de l'ozone, p. 318.
—— —— Sur l'électrodiagnostic, p. 318.
—— Cellules nerveuses d'animaux foudroyés, p. 319.
—— Discussion sur la maladie de Basedow, p. 324.
—— Travail cardiaque dans la maladie de Basedow, p. 326.
—— Traitement de l'ozène, p. 326.
—— Mesure du débit des machines électrostatiques, p. 328.
—— Réactions électriques du muscle de Müller, p. 329.
—— Discussion sur le traitement du lupus, p. 343.
—— Mesure du pouvoir actinique des sources employées en photothérapie, p. 345.
—— Discussion sur le traitement des angiomes, p. 346.
—— Résistance électrique des tissus organiques, p. 347.
—— Rayons X et courants de haute fréquence, p. 348.
—— Énergie du courant faradique, p. 348.
—— Courants de haute fréquence en applications directes sur les animaux, p. 349, * 1009.
**Bories** (Dr B.). — Discussion sur les prostatiques, p. 279.

**Bories** (Dr B.). — Discussion sur l'hypertrophie de la prostate, p. 282.
—— Le Foster's white sedling, p. 374, * 1050.
—— Acide carbonique en viticulture, p. 375.
—— Protection des oiseaux, p. 376.
—— Dépopulation dans le Tarn-et-Garonne, p. 398.
*Borraginées*, p. 229, * 696.
**Bosche.** — Fracture de la fosse orbitaire, p. 293, * 992.
*Bottini* (Procédé de), p. 279, * 948.
**Bouasse** (H.). — Phénomènes de réactivité, p. 183, * 320.
*Bouche* (Les leptothrix de la), p. 461, * 1376.
*Bouches-du-Rhône*, p. 399, 425, * 1240.
**Bounhiol** (Dr J.-P.). — Respiration des animaux aquatiques, p. 230.
**Bourdaret** (E.). — Les Coréens, p. 263, * 895.
*Bourges*, p. 212, * 496.
*Bourgneuf*, p. 383. * 1074.
*Bourrage* (Méthode de) de caoutchouc sans presse, p. 460.
**Brœmer** (Dr L.). — L'aloès aromate, p. 227, * 673.
**Brémond** (Dr Félix). — De l'extension de la loi de 1899 sur les accidents du travail aux maladies professionnelles virulentes, p. 406.
*Bretagne*, p. 224.
**Breuil** (Abbé). — Église de Guilhem, p. 252, * 769.
—— Fouille à Laugerie-Haute, p. 253, * 771.
—— Figures gravées des Combarelles, p. 253, * 782.
—— —— peintes de Font-de-Gaume, p. 254, * 784.
—— Haches en bronze ou cuivre de l'Ouest, p. 269, * 926.
—— Bronzes du Périgord, p. 270, * 932.
—— Nouvelle grotte à parois gravées. p. 270.
*Brevets* d'invention (Modifications apportées à la loi sur les), p. 393.
**Brillouin** (A.). — Conservation du lait à l'état frais et sans altération des graisses ni des albuminoïdes, p. 440.
**Brochet.** — Industrie électro-chimique, p. 37.
*Bronze*, p. 249, 266, 269, * 757, 906, 926, 932.
**Brunhes.** — Discussion sur les courants alternatifs, p. 178.
—— Déclinaison magnétique au Puy-de-Dôme, p. 206, * 439.
*Bruniquel* (Excursion à), p. 574.
*Bufo vulgaris*, p. 240, * 746.
*Buveurs de vin*, p. 285, 289, * 959, 962.
**Cabadé.** — Vésanie, p. 293.
**Cadenat** (A.). — Paradoxe de mécanique de Hertz, p. 162, * 97.
—— Mouvements des planètes, p. 162; * 102.
*Cadet de Gassicourt* (tude sur), p. 282.
*Cahors* (Excursion à), p. 575.
*Calcaire* (Phénomènes caverneux du), p. 388, * 1144.
**Camichel** (C.). — Photométrie, p. 193, * 390.
*Canaux* dentaires (Stérilisation des) par l'acide sulfurique pur, p. 460, * 1367.
*Cantal*, p. 249.
*Caoutchouc*, p. 78, 460.
*Cap Bon*, p. 386.
—— *Gris*, p. 229, * 674.
**Capéran**. — Allocution de bienvenue, p. 134.
*Capillarité*, p. 184, * 324.
**Capitan** (Dr). — L'art en Gaule, p. 25.
—— Gisement chelléen de Clérieux, p. 248, * 755.
—— Église de Guilhem, p. 252, * 769.
—— Fouille à Laugerie-Haute, p. 253, * 771.
—— Figures gravées des Combarelles, p. 253, * 782.
—— —— peintes de Font-de-Gaume, p. 254, * 784.
—— Abri sous roche de Morson, p. 268.
—— Nouvelle grotte à parois gravées, p. 270.
*Carbures d'hydrogène*, p. 197.
—— à Bangui, p. 385, * 1112.
*Caries* douloureuses (Traitement pour les) du second degré, p. 452, * 1318.
—— dentaire (Tumeur de la pulpe sans), p. 455, * 1339.
—— (Mode d'application d'un ciment spécial pour les) du deuxième degré, p. 459, * 1318.
—— (Technique opératoire de l'emploi de l'acide sulfurique dans le traitement des) du quatrième degré, p. 459, * 1367.
—— dentaire (Les Leptothrix de la bouche. Leur rôle dans l'étiologie de la), p. 461, * 1376.
*Carnot* (Cycle de), p. 176.
—— (de Bangui à) p. 385, * 1112.
**Carpentier** (J.). — Télégraphie sans fil, p. 135.
—— Traction électrique, p. 496, 537, 541.
*Carrés magiques*, p. 165, * 137.
**Cartailhac** (E.). — Discussion sur les musées phonographiques, p. 244.
—— —— sur les signes gravés, p. 245.
—— —— sur la grotte de Marsoulas, p. 245.
—— Préhistorique de la région de Montauban, p. 246.
—— Discussion sur l'âge du bronze, p. 249.
—— L'âge de pierre du sud algérien, p. 251.

**Cartailhac**. — Discussion sur un coup de poing en basate, p. 258.
—— Exploration en Sardaigne, p. 259.
—— Discussion sur les figures gravées, p. 262.
*Cartes isonomales* barométriques, p. 207.
—— paléoethnologiques, p. 256, * 798.
—— agronomiques, p. 377.
—— bathymétriques, p. 383, * 1093.
**Casalonga** (D.-A.). — Plates-formes roulantes souterraines, p. 172.
—— Rendement des moteurs thermiques, p. 174.
—— Analyse du cycle de Carnot, p. 176.
—— Équivalent mécanique de la chaleur, p. 182.
—— Brevets d'invention, p. 393.
*Castelsarrasin* (Excursion à), p. 575.
*Catalogues méridiens*, p. 165, * 130.
*Cataphorèse* (Action antiseptique de la) en art dentaire, p. 456.
—— Expériences d'anesthésie pulpaire par la), p. 459.
**Catillon**. — Discussion sur le vin, p. 287.
**Cauderlier** (G.). — Étude démographique du Tarn-et-Garonne, p. 396, * 1186.
*Causses*, p. 218, * 568, 574.
*Cavernes*, p. 218, 229, 245, 252, 253, 254, 256, 257, 261, 264, 267, 268, 270, * 568, 574, 674, 765, 769, 771, 782, 784, 786, 849, 851, 866, 883, 899, 908.
**Caziot** (E). — Crétacé des environs de Nice, p. 214.
*Cécidies des cistes*, p. 226, * 616.
*Celles*, p. 249.
*Cellules nerveuses*, p. 319.
*Cépage blanc* le *Foster's White Sedling*, p. 374, * 1050.
*Céréales*, p. 222.
*Cerveau*, p. 293, * 992.
*Chaleur*, p. 174, 176, 182, 188, 197, * 363.
*Champignons*, p. 224, 225, 227, 233, * 613. 723.
*Champs de Force*, p. 181, * 309.
**Chantre** (E.). — Saône-et-Loire préhistorique, p. 256, * 798.
—— Les Coréens, p. 263, * 895.
**Charencey** (Comte de). — Idiomes kolariens, p. 256, * 840.
—— Langue basque, p. 381, * 1068.
*Charente*, p. 244, 252, * 757.
**Chauvet** (G.). — Discussion sur les musées phonographiques, p. 244.
—— Quaternaire de la Charente, p. 244.
—— Discussion sur le gisement de Clérieux, p. 248.
—— Cachette de l'âge du bronze, p. 249, * 757.
—— Discussion sur la grotte du Placard, p. 252.
**Chauvet**. — Lampe préhistorique, p. 254.
—— Discussion sur les figures gravées, p. 263.
*Chelléen*, p. 248, 266, * 755.
*Chemin de fer d'intérêt local*, p. 170.
—— d'Issy à Viroflay, p. 216, * 521.
*Cher*, p. 212, * 496.
*Chevaines*, p. 237, * 731.
*Cheval*, p. 296, * 995, 999.
**Chevalier** (H.). — Arithmétique graphique, p. 408, * 1223.
*Chicorées monstrueuses*, p. 226, * 657.
**Chocquart**. — Trachéotomie, p. 288.
**Choquet** (J.). — Note sur l'articulation dentaire chez l'homme, p. 453, * 0000.
—— Démonstration d'application du Xyléna, p. 459.
*Christ*, p. 227, * 673.
*Chronophotographe*, p. 182, 207, * 317.
*Cicatrices*, p. 319, * 1006.
*Ciel* (Représentation du) par des sphères, p. 386, * 1129.
*Ciment* (Le) traitement pour les caries douloureuses du second degré, p. 452.
—— spécial pour les caries du deuxième degré, p. 459.
*Cinématographe*, p. 207.
*Cirrhose* atrophique, p. 285,
*Cistus salvifolius* et *C. albidus*, p. 226, * 616.
*Cladonies*, p. 224.
*Classification* (Nécessité d'une) dans les malocclusions dentaires, p. 453.
*Clausius*, p. 174.
*Clérieux* (Gisement de), p. 248, * 755.
*Climat de Toulouse*, p. 208, * 465.
—— du Cantal, p. 209, * 474.
**Cluzet**. — Rapport sur la galvano faradisation, p. 303.
—— Réaction électrique du muscle de Müller, p. 329.
**Coccoz** (le C$^{t}$ V.). — Carrés magiques, p. 165, * 137.
*Coccytes glandarius*, LL., p. 239.
*Coefficient économique*. p. 174.
*Cœur*, p. 296, 320, 325. * 995.
**Collet**. — Traitement de l'ozène, p. 326.
**Collignon** (Ed.). — Problèmes de géométrie, p. 159, * 1.
—— Courbes isocyclotomes, p. 159, * 13.
**Collin** (A.). — Stabilité des navires, p. 172.
*Colonisation* à l'étranger, p. 393, * 1177.
*Colorations tégumentaires*, p. 231.
*Combarelles (Grotte des)*, p. 253, 261, * 782.
*Combustion* des photopoudres, p. 182, * 314.
*Composante verticale* du magnétisme terrestre, p. 207, * 446.
*Composés volatils*, p. 202.
*Comptabilité* agricole, p. 351.

*Compte rendu financier*, p. 154.
*Conchoïdes*, p. 256, * 855.
*Condensateur* (Décharge d'un); p. 196, * 416.
*Condensateurs plans* de capacités variables, p. 327.
*Conférences* de Montauban, p. 545, 564.
*Confréries* (Les planches gravées des anciennes) de Montauban, p. 444, * 1287.
*Congruences* de module composé, p. 167, * 185.
**Constans** (Dr). — Les Buveurs de vin, p. 285, 286.
*Constantes physiques* des étoffes, p. 187, * 355.
*Convection* (Forces de), p. 196.
*Copenhague*, p. 440, * 1282.
*Coquilles crétaciques*, p. 217, * 539.
*Cordes* (Tarn), p. 218.
*Corée* (La), p. 263, 389, * 895, 1147.
*Cornouaille armoricaine*, p. 224.
**Corone** (A.). — Vaporisation des carbures d'hydrogène, p. 197.
—— Discussion sur la nomenclature chimique, p. 204.
*Corse*, p. 230, * 703.
*Corset*, p. 53.
**Cossmann**. — Coquilles crétaciques, p. 217, * 539.
**Coste de Lamontgis** (Dr). — Saint-Germain-l'Herm, p. 269.
*Côte-d'Or*, p. 256, * 849.
**Cotte** (J.). — Sycandra raphanus, p. 237, * 733.
**Cotton**. — Photométrie chimique, p. 198, * 429.
*Coucou* acridophage, p. 239.
**Couillard** (J.). — Les principaux obstacles aux progrès de l'agriculture française, p. 373, * 1043.
*Coup de poing en basalte*, p. 257, * 886.
*Courants alternatifs*, p. 178, * 280.
—— *industriels*, p. 319.
—— *de haute fréquence*, p. 180, 326, 328, 346, 348, 349, * 305, 1009.
—— *continus*, p. 319, * 1006.
—— *primaires*, p. 348.
*Courbes isocyclatomes*, p. 159, * 13.
—— *d'ombre*, p. 166, * 171.
*Couronnes* et travaux à pont, p. 460.
*Cours d'eau souterrain*, p. 212, * 491.
—— *du soir*, p. 414.
**Courty** (G.). — Constitution corticale de la terre, p. 215, * 518.
—— Signes gravés sur des rochers de Seine-et-Oise, p. 244, * 752.
—— Discussion sur le préhistorique des environs de Montauban, p. 259.
*Crétacé* des environs de Nice, p. 214.
—— (Coquilles du), p. 216, * 0000.
*Creuse*, p. 268.
*Criquets* (Destruction des), p. 379.
*Croze de Tayac*, p. 268.
**Cruvellier**. — Traction électrique, p. 170.
*Cryptogames*, p. 224, 225, 227, 233, * 613, 723.
**Cucuat**. — Discussion sur la nomenclature chimique, p. 204.
**Cuénot**. — Échiuriens et Sipunculiens, p. 239, * 741.
*Cuivre* (Objet en) d'un mégalithe de Vendée, p. 266, * 906.
*Cultures mélangées*, p. 377, * 1052.
*Cure libre* de la tuberculose, p. 275.
—— *d'altitude*, p. 276.
*Curson*, p. 248, * 755.
*Cycle de Carnot*, p. 176.
**Daleau**. — Gravures de Pair-non-Pair, p. 254, * 786.
*Danemark*, p. 373, 440, * 1282.
*Dangers* du tout à la rue, p. 426.
*Dauphiné* (Échinides du), p. 214.
**Dauvé**. — L'Hydrogène naissant, p. 189, * 373.
—— Solutions salines des métaux, p. 190, * 375.
**David**. — Déclinaison magnétique au Puy-de-Dôme, p. 206, * 439.
*Débit* des machines électrostatiques (Mesure du), p. 328.
—— de tempérance, p. 432.
**Debruge** (A.). — Fouilles de la grotte Ali-Bacha, p. 257, * 866.
*Déclinaison magnétique*, p. 206; * 439.
*Dégénérescence*, p. 237, * 733.
**Delair**. — Principes d'orthophonie. Leur rapport avec la prothèse vélo-palatine, p. 451, * 1293.
—— Démonstration du mode de fabrication des voiles palatins artificiels à clapet, p. 459.
**Delaval** (le Cte). — Sur les anciennes fortifications de Montauban, p. 443.
**Delbet** (Dr P.). — Discussion sur l'hypertrophie prostatique; p. 279.
—— Prostatectomie périnéale, p. 280, * 953.
—— Discussion sur l'hypertrophie de la prostate, p. 282.
—— Dépopulation, p. 398.
—— Discussion sur la natalité chez les Landais, p. 401.
**Delbreil**. — Acide carbonique en viticulture et en vinification, p. 375.
—— Discussion sur la formation de l'amidon, p. 377.
**Delisle** (Dr F.). — Ossements de la grotte Ali-Bacha, p. 257, * 883.
**Delmas**. — Forces de convection, p. 196.
**Delort** (J.-B.). — Tumulus de Celles, p. 249.
—— Villa gallo-romaine, p. 251.
*Démographie* du Tarn-et-Garonne, p. 396, * 1186.

*Démographie* des Bouches-du-Rhône, p. 399.
**Demorlaine** (J.). — Étude sur la pénétrabilité des arbres forestiers par les projectiles des armes de guerre, p. 378, * 1062.
**Demtchinski** (N.). — Travail de l'atmosphère, p. 206, * 442.
*Densité*, p. 184, * 324.
*Dentaires* (Malocclusions), p. 453, * 1320.
—— (Articulations) chez l'homme, p. 453, * 1328, 1330.
—— (Action antiseptique de la cataphorèse en), p. 456, * 1350.
*Dentiers* artificiels, p. 463.
*Dents* (Migration physiologique des), p. 451, * 1304.
—— (Rapports pathologiques entre l'articulation temporo-maxillaire et les), p. 454, * 1330.
—— artificielles (nouvelles). p. 455, * 1341.
—— (Présentation et démonstration de l'emploi de nouvelles) en porcelaine détachables, p. 459.
—— de six ans et dent de sagesse, p. 460, * 1368.
—— après la mort, p. 462.
*Déplacements* réciproques des métaux dans leurs solutions salines, p. 190, * 375.
*Dépopulation*, pp. 290, 398, 406, * 600.
*Désinfection* par l'acide sulfureux, p. 441.
**Desnos** (Dr). — Discussion sur les prostatiques. p. 279.
—— Hypertrophie prostatique, pp. 279, 280, * 948.
—— Discussion sur la prostatectomie périnéale, p. 281.
**Dessirier de Pauwels** (B.). — De Bangui à Carnot et de Carnot à Bangui, p. 385, * 1112.
*Destruction* des sauterelles et des criquets en Tunisie, p. 379.
—— des rats en Danemark, pp. 373, 440, * 1282.
*Dévitalisation* de la pulpe dentaire, p. 459.
*Diabète*, p. 290, * 972.
*Diatomées*, p. 222, * 590.
**Dibos**. — Le scaphandre, p. 173.
**Didier** (P.). — Enseignement des sciences physiques en Allemagne, p. 177.
**Dieulafé** (Dr L.). — Greffes cutanées, p. 241.
*Digestion*, p. 233.
*Dijon*, p. 256, * 844, 849.
*Dilatateur-inciseur*, p. 288.
*Diphtérie*, p. 311.
*Doigts*, p. 236, * 737.
**Dollot** (A.). — Études géologiques dans Paris, p. 216, * 521.
*Dominique Perrin*, médecin lorrain, p. 224, * 609.
*Dordogne*, pp. 252, 253, 268, 269, * 752, 769, 782, 784, 917, 921, 932.
*Doubs*, p. 225.
*Douches* à bon marché, p. 438, * 1256.
*Draps* (Règlement pour la fabrication des au moyen âge, p. 446.
**Drioton** (Ch.). — Châtelet du Val-Suzon, p. 256, * 844.
—— Excavations de l'arrondissement de Dijon, p. 256, * 849.
—— Le Trou de la Roche, p. 256, * 851.
*Drôme*, p. 248, * 755.
**Druart**. — Traction sur les réseaux urbains, p. 170.
—— Voies ferrées urbaines, p. 173.
—— Traction mécanique des marchandises, p. 542.
**Duboscq** (O.). — Anophèles, p. 230, * 703
—— Myriapodes, p. 230, * 705.
—— Adélea dimidiata coccidoïdes, p. 231, * 714.
**Ducloux**. — Destruction des sauterelles et des criquets en Tunisie, p. 379.
**Ducomet**. — Champignons parasites, p. 227.
**Duhem** (P.). — Courants alternatifs, p. 178, * 280.
**Dumont** (feu Arsène). — La natalité chez les Landais, p. 399, * 1198.
*Dupin* (Théorème de Malus et de), p. 188, * 359.
**Duran-Loriga** (Cte J.). — Triangles isogonologiques, p. 166, * 157.
*Dyalise carbonique*, p. 294.
*Eaux* (Épuration des), p. 425, * 1240.
—— de vie, p. 373.
*Échinides* du Dauphiné et de la Savoie, p. 211, * 489.
*Échiuriens*, p. 239, * 741.
*Éclats de silex*, p. 256, * 855.
*École* (Vulgarisation par l') des notions d'hygiène corporelle, p. 435.
*Écorce terrestre*, p. 215, * 518.
*Église de Guilhem*, p. 252, * 769.
*Égypte*, p. 211, 251, 256, * 486.
*Électricité*, p. 37, 148, 170, 172, 178, 180, 184, 186, 188, 190, 192, 193, 196, 197, 198, 199, 209, 298 à 349; 535, * 280, 305, 329, 348, 378, 386, 416, 429, 468, 1001 à 1015.
*Électrochimie*, p. 37.
*Électrodes liquides*, p. 347.
*Electrodiagnostic*, p. 318, * 1001.
*Électrolyte placé en dérivation*, p. 348.
*Électrométrie*, p. 328.
*Électrorail* (Système de), p. 508.
*Electrostatique*, p. 328.
*Élysée Reclus*, p. 386, * 1129.
*Enceintes fermées* et ondes électriques, p. 186, * 348.
*Énergie* du courant faradique, p. 348.
*Enfance* (Scoliose de l'), p. 328.

**Enlart.** — De l'influence germanique dans les premiers monuments gothiques du nord de la France, p. 446.
*Enseignement des sciences physiques* en Allemagne, p. 177.
—— *professionnel*, p. 414.
—— *commercial*, p. 415.
—— *public* (sanatorium de l'), p. 434.
*Ensilage* de fourrages verts, p. 362.
—— d'herbe, p. 372.
—— de l'herbe de prairie, p. 372, * 1035.
*Entomophtora Grylli*, p. 241.
*Époque gallo-romaine*, p. 251.
—— *paléolithique*, p. 253, 254, 256, 267, 270, * 782, 784, 786, 860.
—— *magdalénienne*, p. 255, * 789, 887.
—— *préhistorique*, p. 383, * 1074.
*Épuration* des eaux, p. 425, * 1240.
*Équations* aux différences, p. 163.
—— (Racines des), p. 166, * 166.
—— numériques, p. 167, * 178.
*Éruption des volcans*, p. 209, 218, 564, * 568.
**L'Estoile** (Cte J. de). — Les mines de l'Ariège, p. 388, * 1132.
*Estomac* (Maladies de l'), p. 424.
*Établissements* Brusson jeune de Villemur, p. 578.
*Étaules*, p. 256, * 844.
*Éther* (Anesthésiques généraux : sœmnoforme), p. 458, * 1352.
*Ethnographie*, p. 243, 244, 263, * 840, 862, 895.
*Étoffes à vêtements*, p. 187, * 355.
*Étoile* Mira Ceti, p. 161, * 85.
*Études glaciaires*, p. 217, * 558, 561.
*Etupes*, p. 225.
*Euclide* (Postulatum d'), p. 164.
*Excavations* de l'arrondissement de Dijon, p. 256, * 849.
*Excursion* aux Eyzies, p. 270.
—— générale à Bruniquel, Penne, Saint-Antonin, p. 574.
—— à Castelsarrazin, Moissac, p. 575.
—— à Cahors, Rocamadour, Padirac, q. 575.
—— du Congrès de Montauban, p. 545, 574.
*Exercice illégal de la Médecine*, p. 297.
*Extinction des incendies*, p. 175.
*Eyzies*, p. 252, 253, 261, 270, 271.
*Fabrication* (Démonstration du mode de) des voiles palatins artificiels à clapet, p. 459.
*Fasciations fongiques*, p. 224.
*Faune aquatique*, p. 235.
—— *du bassin d'Arcachon*, p. 239, * 741.
**Faure** (J.). — Loi de 1897 et taxes de remplacement, p. 391, * 1167.
**Favenc**. — Silex du désert arabique, p. 256, * 860.
**Fayoux**. — Le ciment, — traitement pour les caries douloureuses du second degré, p. 452, * 1318.
—— Mode d'application d'un ciment spécial pour les caries du deuxième degré, p. 459.
*Fécondité*, p. 397, * 1196.
*Femme* (Vêtement de la), p. 53.
—— *tuberculeuse*, p. 275, * 938.
*Fendeur*, p. 255, * 789.
**Féret** (A.). — Les jardins scolaires, p. 408, * 1226.
*Ferment saponifiant*, p. 240, * 742.
**Ferry** (E.). — Discussion sur les considérations relatives aux questions posées par la circulaire du Président de la Section d'Enseignement et pédagogie, p. 412.
**Féry** (Ch.). — Rayonnement, p. 188, * 363.
*Fès* (Excursion à). p. 390.
**Festal** (Dr). — Des lycées climatiques, p. 438, * 1264.
Figures *gravées Combarelles*, p. 253, 261, * 782.
—— *peintes de Font-de-Gaume*, p. 254, 261, * 784.
—— *gravées de Pair-non-Pair*, p. 254, 261, * 786.
—— *gravées de La Mouthe*, p. 261.
—— —— *sur un sarcophage*, p. 266, * 903.
*Filature* de soie Coudere et Vidal Marty, p. 577.
*Finistère*, p. 232.
*Fléchisseurs* des doigts, p. 236, * 737.
*Fleurs* du Statice Globulariæ folia, p. 223, * 600.
*Flore montalbanaise*, p. 225.
—— *méditerranéenne*, p. 227.
**Flottes de Roquevair** (de). — Excursions à Fès et à Meknès, p. 390.
*Foie*, p. 289.
**Folet**. — Les deux meilleures armes contre l'alcoolisme, p. 439, * 1278.
*Fonctionnaires* (Sur les), p. 392.
**Fontaneau**. — Préliminaires d'hydraulique, p. 160, * 45.
**Fontès**. — Réservoirs en pays de montagnes, p. 170.
**Forestié**. — Les planches gravées des confréries de Montauban, p. 444, * 1287.
**Forestier**. — Discussion du rapport Monmerqué, p. 537, 538, 540, 541.
*Formule* des accroissements finis, p. 163, * 114.
**Fortin** (R.). — Géologie normande, p. 212, * 491.
*Fossiles* du jurassique supérieur, p. 212, * 496.
*Foster's White Seedling* (Cépage blanc, le), p. 374, * 1050.
*Fouilles* au puits de Padirac, p. 220, * 579

*Fouilles* au tumulus de Celles, p. 249.
—— à la grotte du Placard, p. 252, * 765.
—— systématique à Laugerie-Haute, p. 253, * 771.
—— dans la caverne du Trou-de-la-Roche, p. 256, * 851.
—— de la grotte Ali-Bacha, p. 257, * 866, 883.
—— des grottes de l'Aude, p. 264.
—— de la grotte de Bernifal, p. 270.
*Fourchette*, p. 355, * 789.
**Fourgous**. — Les fors de Bigorre, p. 445.
*Fourrages verts* (Ensilage de), p. 362.
**Fourtau**. — Géologie de l'isthme de Suez, p. 211, * 486.
**Foveau de Courmelles** (Dr). — Lumière chimique, p. 194, * 395.
—— Le vin, p. 284, * 959.
—— La vivisection, p. 294.
—— Photothérapie, p. 349, * 1015.
—— Mobiliers scolaires, p. 441.
*Fracture* de la fosse orbitaire, p. 293, * 992.
*Franklinisation* hertzienne, p. 327.
*Fresques préhistoriques*, p. 252, 254, 261, * 784, 786, 908.
**Frey** (L.). — Discussion sur la nécessité d'une classification dans les malocclusions dentaires, p. 453.
—— Rapports pathologiques entre l'articulation temporo maxillaire et les dents, p. 454, * 1130.
—— Observations de prothèse du maxillaire inférieur, p. 461, * 1371.
—— Les Leptothrix de la bouche. — Leur rôle dans l'étiologie de la carie dentaire. — Leptothrix racemosa. — Conclusions, p. 461, * 1376.
**Gain** (Ed.). — L'herbier de Dominique Perrin, p. 224, * 609.
**Galabert** (Abbé). — Note sur le commerce par eau dans le département de Tarn-et-Garonne du XIIIe au XVIIIe siècle, p. 446.
*Galaissière* (La famille de la), p. 445.
**Galante** (É.). — Les finances de l'Association, p. 151.
**Galimard** (Dr J.). — Excavations de l'arrondissement de Dijon, p. 256, * 849.
*Gallarate*, p. 537.
**Gallois** (E.). — Les îles françaises du Pacifique, p. 382.
*Galvanofaradisation*, p. 303, 314, 315.
**Gangolphe.** — Hystéro-traumatisme, p. 315.
—— Réactions électriques des muscles, p. 316.
**Gardès** (L.). — Date de Pâques, p. 161, * 94.
—— Cultures mélangées, p. 377, * 1052.
**Gariel** (C.-M.). — Analyse de la « Traction électrique sur la ligne Milan-Gallarate-Varese », par M. Rocca, p. 537.
*Garonne*, p. 545.
—— (Haute-), p. 165, 208, 245, * 130, 465.
**Garrigou-Lagrange.** — Cartes isonomales barométriques, p. 207.
**Garrisson** (E.). — Discussion sur le préhistorique de la région de Montauban, p. 248.
—— Coup de poing en basalte, p. 257, * 886.
—— Préhistorique ante-magdalénien des environs de Montauban, p. 258, * 887.
*Gaule*, p. 25.
**Gauthiot** (R.). — La maison lituanienne, p. 257, * 862.
**Gautier** (G.). — Hypertrophie de la prostate, p. 288.
—— Dyalise carbonique, p. 294.
**Géneau de Lamarlière** (L.). — Muscinées des cavernes, p. 229, * 674.
—— Histologie végétale, p. 228, * 701.
*Genera Montrougierana*, p. 229.
*Génitaux*, p. 232, * 718.
*Géographie économique* (La) et les offices de renseignements, p. 389.
*Géométrie*, p. 159, 163, 164, 165, 169, * 1, 13.
—— analytique, p. 163, * 107.
*Géométrographie*, p. 169.
*Georgia*, p. 389.
**Gerber** (Dr C.). — Modifications florales, p. 223, * 600.
—— Cécidies des Cistes, p. 226, * 616.
*Germination*, p. 233, * 723.
**Gilbert** (Dr). — L'opothérapie, p. 110.
**Gillot** (Dr). — Étude des champignons, p. 225, * 613.
*Gironde*, p. 237, 239, 240, 254, 438, * 739, 740, 741, 786.
*Gisement chelléen* de Clérieux, p. 248, * 755.
*Glaciers*, p. 217, * 558, 561.
**Glénard** (Dr F.). — Vêtement féminin, p. 53.
*Goitre exophtalmique*, p. 296, * 994.
*Golfe persique*, p. 385.
*Gorge*, p. 317.
*Graminées* (Sur certains bacilles de nature tuberculeuse que l'on rencontre dans quelques), p. 440.
*Grand-Couronne* (Seine-Inférieure), p. 212, * 491.
*Greffes cutanées*, p. 241.
**Grossouvre** (A. de). — Bassins houillers, p. 212.
*Grotte de Marsoulas*, p. 245.
—— *du Placard*, p. 252, * 765.
—— Abri l'église de Guilhem, p. 252, * 769.

*Grottes* des Combarelles, p. 253, * 782.
—— de Font-de-Gaume, p. 254, 784.
—— de Pair-non-Pair, p. 254, * 786.
—— du Trou de la Roche, p. 256, * 851.
—— Ali-Bacha, p. 257, * 866, 883.
—— de l'Aude, p. 264, * 866, 883.
—— (Chronologie dans les), p. 267, * 908.
—— du Périgord, p. 268, * 917.
—— nouvelles à parois gravées (Bernifal), p. 270.
*Groupes d'ordre* $p^3q$, p. 168, * 227.
**Gruère.** — Fouilles au Trou de la Roche, p. 256, * 851.
**Grynfelt.** — Les plagiostomes, p. 236.
**Guffroy** (M.). — Historique des races noires qui vivent actuellement dans les Guyanes, p. 382.
**Guiffard** (L.). — La jeunesse et la colonisation à l'étranger, p. 393, * 1177.
**Guiraud** (Dr). — Moyens pratiques de créer un sanatorium à l'usage des membres de l'enseignement public, p. 434.
—— Contributions à l'étude de la dépopulation rurale du sud-ouest de la France, * 1248.
*Guyane française*, p. 1.
*Guyanes*, p. 382.
*Haches*, p. 249, 266, 269, * 757, 926, 932.
**Heckel** (Dr). — Lychnophora nov. sp., p. 221.
**Heidé-Ragnvald.** — A propos de l'opportunité de l'avulsion dentaire précoce ou tardive dans la périodontite suppurée aïguë, p. 461, * 1386.
*Helix Quimperiana Fer.*, p. 232.
*Hématologie* (Du sœmnoforme en), p. 457, * 1352.
*Hématolyse*, p. 457.
*Hématolytiques* (Études) du sœmnoforme, p. 457, * 1352.
*Hématuries vésicales*, p. 279, * 946.
*Hémorragies* vésicales, p. 279, * 946.
**Henriet** (J). — Les projets des grands travaux publics, p. 394.
—— Considérations sur la loi sur les accidents du travail, p. 406.
—— Sur l'instruction générale et sur l'instruction postscolaire à Marseille, p. 408.
—— De l'instruction générale et de l'instruction professionnelle dans les cours d'adultes, p. 415.
**Henrot** (Dr). — Discussion sur le vin, p. 287.
*Herbe* de prairie (Ensilage de l'), p. 372, * 1035.
*Herbier* de Dominique Perrin, p. 224, * 609.
*Hertz* (Paradoxe de mécanique de), p. 162, * 97.
—— (Franklinisation hertzienne), p. 327.
*Hexagone* gauche, p. 165, * 132.
*Histologie*, p. 240, * 746.
—— végétale, p. 228, * 701.
**Hoareau-Desruisseaux** (L.). — Boussole solaire permettant de s'orienter au moyen d'une montre, p. 409.
*Houeillès* (Lot-et-Garonne) (La natalité à), p. 399, * 1198.
*Houille*, p. 212.
**Hublé** (Dr M.). — Hygiène des terrains militaires (suppression des poussières), p. 431.
*Hybrides*, p. 232, * 718.
*Hydraulique*, p. 160, * 45.
*Hydrogénation directe*, p. 202.
*Hydrogène* naissant, p. 189, * 373.
—— (carbures d'), p. 197.
*Hygiène* du vêtement, pp. 53, 187, * 355.
—— contre l'alcoolisme, p. 417.
—— alimentaire, p. 424.
—— des terrains militaires, p. 431.
—— corporelle (Vulgarisation par l'École des notions d'), p. 435.
*Hypertrophie prostatique*, p. 279, 280, 281, * 948, 953.
*Hystérie*, p. 288, 315, * 968.
*Hystéro-traumatisme*, p. 315.
*Idiomes Kolariens*, p. 256, * 840.
*If*, p. 229, * 693.
*Iles françaises* du Pacifique (Les), p. 382.
**Imbert** (R.). — Exploitation forestière moderne dans les Pyrénées, p. 384, * 1110.
*Incendies*, p. 175.
*Indo-Chine*, p. 383, * 1098.
*Industrie* électro-chimique, p. 37.
*Injections hypodermiques*, p. 292.
*Instinct*, p. 94.
*Instruction* professionnelle, p. 415.
*Instruments d'optique*, p. 199, * 437.
*Intestin*, p. 241.
*Invariants*, p. 163, * 107.
*Invasions de sauterelles*, p. 238, 241.
*Issy*, p. 216, * 521.
*Isthme de Suez* (Géologie de l'), p. 211, * 486.
**Jamet** (E.). — Discussion sur les courbes isocyclotomes, p. 59.
—— Théorie des invariants, p. 163, * 107.
—— Accroissement finis, p. 163, * 114.
—— Théorème de Malus et de Dupin, p. 188, * 359.
**Jammes** (L.). — Les Nématodes, p. 232.
—— Acclimatement des organismes, p. 232.
—— Vers intestinaux, p. 241.
**Jaray**. — Discussion sur le vin, p. 287.
*Jardins botaniques*, p. 225.
—— *scolaires*, p. 488, * 1226.
**Jeantaud**. — Quelques remarques sur l'application de l'électricité à l'automobilisme, p. 535.
*Jeunesse* (La) et la colonisation à l'étranger, p. 393, * 1177.
*Jeux de hazard*, p. 168, * 259.
**Jodin** (Dr H.). — Racine et tige des Borraginées, p. 229, * 696.

**Jolyet** (Dr). — Société scientifique d'Arcachon, p. 237, * 739.
**Jourdain** (S.). — Digestion des Batraciens, p. 233.
*Juifs* (Les) des montagnes et les juifs géorgiens, p. 389.
**Jumau**. — Sur l'exploitation des tramways par accumulateurs à charge rapide, p. 524.
—— Les accumulateurs dans l'électromobilisme urbain, p. 530.
**Juppont** (P.). — Principe de l'action et de la réaction, p. 165, 195, * 410.
*Jura*, p. 227, 386
*Jurassique supérieur*, 212, * 496.
—— de l'Yonne, p. 219.
**Kluyver**. — Hexagone gauche, p. 165, * 132.
**Koechlin** (R.). — Traction par voitures automobiles, p. 173.
—— Application de la traction électrique par trolley automoteur pour des services d'omnibus urbains et suburbains, p. 496.
—— Discussion du rapport Monmerqué, p. 539.
*Kolarien*, p. 256, * 840.
**Kritchewsky**. — De la nécessité d'une classification dans les malocclusions dentaires, p. 453, * 1320.
**Künckel d'Herculais**. — Invasion de sauterelles, p. 238.
—— L'oxylophe geai, p. 239.
—— Mylabris variabilis, p. 241.
—— Discussion sur la protection des oiseaux, p. 376.
*Laboratoires* d'Arcachon, p. 237, * 739.
**Labrie** (Abbé). — Industrie magdalénienne, p. 255, * 789.
**Lacour** (A.). — Photographie (positifs directs en), p. 185.
—— Un cas de maladie du blé, p. 375.
—— Formation de l'amidon dans le blé, p. 377.
—— Discussion sur les accidents du travail, p. 406.
*La Ferté-sous-Jouarre*, p. 391, * 1163.
*Lait* (Conservation du), p. 460.
**Lala** (U.). — Le métronome, p. 185, * 335.
—— Machine d'Atwood, p. 197, * 420.
**Lalesque** (Dr). — Société scientifique d'Arcachon, p. 237, * 739.
—— La femme tuberculeuse et le mariage, p. 274, * 938.
—— Cure libre, p. 275.
—— Discussion sur la tuberculose, p. 277.
**Lallier** (P.). — Suppression des octrois, p. 391, * 1163.
**Lamirand**. — Déviation dans le prisme, p. 189.
*Lampe* à arc, p. 344.
—— préhistorique, 254, 269, * 921.
*Landais* (La natalité chez les), p. 399, * 1198.
*Landes*, p. 399, * 1198.
*Langres* (Le temps dans la région de), p. 205.
**Lapeyrière** (de). — La Corée, p. 389, * 1147.
*Lapin*, p. 231, * 716.
*Larves d'anophèles*, p. 230, * 703.
*Lathyrus* ochrus D. C., p. 228, 681.
**Lauby** (A.). — Tumulus des Celles, p. 249.
—— Villa gallo-romaine, p. 251.
*Laugerie-Haute*, p. 253, * 771.
**Launay** (F.). — Sur le fonctionnement du système Diatto, p. 513.
**Lavezzari** (A.). — Système de l'électrorail, p. 508.
—— Les accumulateurs et la traction électrique, p. 528.
—— Discussion du rapport Monmerqué, p. 538.
**Lecomte** (H.). — Le caoutchouc, p. 78.
**Lecomte** (Dr). — Courants de haute fréquence en applications directes sur les animaux, p. 349, * 1009.
**Ledoux** (P.). — Lathyrus ochrus D. C., p. 228, * 681.
**Leduc** (Dr L.). — Champs de force, p. 181, * 309.
—— Études sur la fièvre, p. 273, * 933.
—— Traitement de l'adénoïdite aiguë, p. 274, * 937.
—— Action des courants continus sur les tissus scléreux et cicatriciels, p. 319, * 1006.
**Lefèvre** (J.). — Position des images dans les instruments d'optique, p. 199, * 437.
**Legendre** (Ch.). — Cartes agronomiques communales, p. 377.
**Léger** (L.). — Anophèles, p. 230, * 703.
—— Myriapodes, p. 230, * 705.
—— Adelea dimidiata coccidoïdes, p. 231, * 714.
*Leipsig*, p. 165, * 130.
**Lemaire** (le C.). — La représentation de la terre et du ciel par des sphères, p. 386, * 1129.
**Lémeray**. — Équations aux différences, p. 163.
**Lemoine** (É.). — La géométrographie, p. 169.
*Leptothrix* (Les) de la bouche, p. 461, * 1376.
—— Racemosa, p. 461.
**Leredde**. — Discussion sur l'hypertrophie de la prostate, p. 290.
—— Rapport sur le traitement électrique des lupus, p. 330, 343.
—— Discussion sur la photothérapie, p. 344.

**Le Roy.** — Traction sur les réseaux urbains, p. 170.
—— Voies ferrées urbaines, p. 173.
—— Traction mécanique des marchandises, p. 542.
**Lesage** (Dr P.). — Germination des spores de champignons chez l'homme, p. 233, * 723.
*Les Cadet*, p. 282.
*Lésions des cellules nerveuses*, p. 319.
**Letort** (Ch.). — Sur les fonctionnaires, p. 392.
**Leuillieux.** — Appareil à injections hypodermiques, p. 292.
—— Électrodes liquides en électrothérapie, p. 347.
**Levasseur** (Émile). — Discussion sur la natalité chez les Landais, p. 403.
—— Le système monétaire de la France au XVIe siècle, p. 444.
—— Discussion sur la famille de la Galaissière, p. 445.
**Levat** (D.). — Guyane française, p. 1.
**Levavasseur** (R.). — Groupes d'ordre $p^3q$, p. 168, * 227.
**Levistre.** — Pierres pomathres, p. 268,
**Libert.** — Étoile Mira Ceti, p. 161, * 85.
*Limaçon de Pascal*, p. 163, * 116.
*Limoges*, p. 391, * 1167.
*Linceul du Christ* de Turin, p. 227, * 673.
*Lipome pédiculé*, p. 296, * 999.
*Liquide* dans la couche capillaire, p. 184, * 324.
*Lithologique* (Atlas), p. 383, * 1093.
*Lituanie*, p. 257, * 862.
**Loir** (Dr). — La pasteurisation des vins et la lutte anti-alcoolique, p. 424, * 1231.
—— L'Institut Pasteur de Tunis. — Fonctionnement et statistiques, p. 440, * 1274.
—— Le comité pour la destruction des rats en Danemark, pp. 373, 440, * 1282.
—— Désinfection par l'acide sulfureux, p. 441.
*Lois du rayonnement*, p. 188, * 363.
**Loiselet** (P.). — Discussion sur les projets des grands travaux publics, p, 395.
**Londe** (A.). — Combustion des photopoudres, p. 182, * 314.
—— Chronophotographie à objectifs multiples, p. 182, * 317.
*Lorraine*, p. 224, * 609.
*Lot* (Vallée du), p. 545.
*Lumière*, pp. 180, 188, 194, 289, 328, 344, 345, 348, 349, * 305, 367, 395, 992, 1015.
*Lumière chimique*, p. 194, * 395.
*Luminescence* dans les tubes à air raréfié, pp. 180, 328, * 305.
*Lupus*, p. 330.
*Lutte anti-alcoolique*, p. 424, * 1231.
*Lycées* climatiques (Des), p. 438, * 1264.
*Lychnophora*, p. 221.
**Macdonald.** — Histoire de l'homme, p. 268.
*Machines électrostatiques*, p. 328.
**Machon.** — Le Paraguay, p. 383.
*Madagascar*, p. 222, * 590.
*Magdalénien*, pp. 255, 258, * 789, 887.
*Magnétisme*, pp. 177, 181, 206, 207, 209, 210, * 309, 439, 446, 468.
**Magnin** (Dr). — Discussion sur les Cladonies, p. 224.
—— Flore montalbanaise, p. 225.
—— Jardins botaniques, p. 225.
—— Tourbières du Jura, p. 227.
—— Extension de la flore méditerranéenne, p. 227.
—— Bassins fermés du Jura, p. 386.
**Maheu** (J.). — Muscinées des cavernes, p. 229, * 674.
**Mailhe** (A.). — Oxydes insolubles, *sels basiques* mixtes, p. 200.
—— Oxydes insolubles, p. 202.
—— Discussion sur la nomenclature chimique, p. 204.
*Maison lituanienne*, p. 257, * 862.
**Maistre** (C.). — La région du Bahr-Sara, p. 389.
*Maladie de Basedow*,, pp. 320, 325.
—— *du blé*, p. 375.
—— *des céréales* en Tunisie, p. 375, * 1055.
—— *professionnelles* virulentes, p. 406.
**Mally**. — Rapport sur le traitement électrique de la maladie de Basedow, p. 320.
**Malmanche** (Mlle). — Discussion sur les considérations relatives aux questions posées par la circulaire du président de la Section d'Enseignement et Pédagogie, p. 413.
*Malocclusions* dentaires, p. 453.
*Malus* (Théorème de) et de Dupin, p. 188, * 359.
*Mammifères*, pp. 236, 239, * 737.
**Mandoul** (A.). — Colorations tégumentaires, p. 231.
—— Greffes cutanées, p. 241.
*Marcamp*, p. 254, * 786.
**Marchand.** — Observations au Pic du Midi, p. 169, * 210.
—— Prévision du temps, p. 205.
—— Nuages supérieurs dans les Pyrénées, pp. 208, 210.
*Mariage et tuberculose*, p. 274, * 938.
**Marie.** — Discussion sur les réactions électriques des muscles, p. 317.
—— —— sur l'électrodiagnostic, p. 318.
—— —— sur le traitement du lupus, p. 343.
—— Lampe à arc pour la photothérapie, pp. 344, 345.
—— —— Discussion sur la photothérapie, p. 345.

**Marie.** — Discussion sur le pouvoir actinique des sources employées en photothérapie, p. 346.
—— —— le traitement des angiomes, p. 346.
*Marne* (Haute-), p. 205.
*Maroc*, p. 268, * 911.
**Maronneaud.** — La vitalité de la pulpe après extraction et réimplantation immédiate, p. 458, * 1362.
*Marseille*, pp. 226, 425, * 616, 1240.
*Marsoulas* (Grotte de), p. 245.
**Martel.** — Causses du Tarn-et-Garonne, p. 218, * 574.
—— Valeur des stalagmites comme élément chronologique dans les cavernes, p. 267, * 908.
—— Phénomènes caverneux du calcaire, p. 388, * 1144.
**Martin** (D.). — Période glaciaire, p. 217, * 561.
—— Nématodes, p. 232.
*Martinique*, p. 209, 564.
**Masfrand.** — Grotte du Placard, p. 252, * 765.
—— Mothe féodale de Merlis, p. 446, * 1291.
**Massénat.** — Dessins et fresques dans les grottes, p. 261.
*Massif central*, p. 214.
**Mathias.** — Discussion de l'équivalent mécanique de la chaleur, p. 182.
—— Composante verticale du magnétisme terrestre, p. 207, * 446.
**Maupin** (G.). — Les jeux de hasard, p. 168, * 259.
**Maurain.** — Variations de volume dues à l'aimantation, p. 177, * 274.
**Maurel** (Dr Ed.). — Discussion sur les étoffes à vêtement, p. 187.
—— —— sur le vin, p. 285, 286, 287, 288.
—— Pathogénie du diabète, p. 290, 292; * 972.
—— Discussion sur la vivisection, p. 294.
—— —— sur l'étude démographique du Tarn-et-Garonne, p. 396.
—— Fécondité et natalité, p. 397, * 1196.
—— Discussion sur la natalité chez les Landais, p. 399.
**Mauriac** (Dr E.). — Le vin, p. 282, 286, 288.
—— Discussion sur l'hygiène alimentaire, p. 424.
—— La lutte contre l'alcoolisme par la propagation du vin, p. 432.
—— L'œuvre bordelaise des débits de tempérance, p. 432.
*Maxillaire* inférieur (Prothèse du), p. 461, * 1371.
**Maynard.** — Discussion sur les obstacles aux progrès de l'agriculture française, p. 373.
**Maynard.** — Discussion sur le rôle de l'acide carbonique en viticulture et en vinification, p. 375.
**Mazimann.** — Étude des champignons, p. 225, * 613.
*Mécanique*, p. 162, * 97.
*Méditerranée*, p. 225.
*Mégalithes du Nord*, p. 253, * 773.
—— de la Vendée, p. 266, * 906.
*Meknès*, p. 390.
*Mékong*, p. 381.
**Mengeot** (A.). — La géographie économique et les offices de renseignements, p. 389.
**Mentque** (de). — La famille de la Galaissière, p. 445.
**Mer** (E.). — L'ensilage de l'herbe de prairie, p. 372, * 1035.
**Merckling** (F.-J.). — Discours, p. 407.
—— Considérations relatives aux questions posées par circulaire du Président de la Section d'Enseignement et Pédagogie, p. 409.
*Merlis*, p. 446.
*Mésentère*, p. 296, * 999.
**Mesnard** (Dr). — Le vin, p. 285, * 962.
*Mésoderme*, p. 239.
*Mesure* des angles, p. 177, * 277.
—— des résistances électriques, p. 326.
*Métaux divisés*, p. 202.
*Métronome*, p. 185, * 335.
**Meunier** (St). — Étude expérimentale des puits naturels, p. 218, * 568.
—— Éruptions volcaniques, p. 564.
*Meuse*, p. 266, * 903.
**Michel** (F.). — Courbe d'ombre, p. 166, * 171.
**Michin** (J.). — Le sud-ouest de la Bolivie, p. 388.
*Microbes*, p. 233, 235.
*Micrococcus prodigiosus*, p. 253.
**Mila de Cabarieu.** — Règlement pour la fabrication des draps au Moyen-Age, p. 446.
*Milan*, p. 537.
*Milieux cristallisés*, p. 188, * 367.
*Mines* en Indo-Chine (La question des), p. 383, * 1098.
—— de l'Ariège, p. 388, * 1132.
*Mira Ceti*, p. 161, * 85.
*Mobiliers scolaires* (Étude critique et hygiénique de divers), p. 441.
*Modifications* florales, p. 223, * 600.
*Moissac*, p. 446, 575.
*Molybdène*, p. 228, * 701.
*Moments* (Théorie des), p. 164.
—— *d'inertie*, p. 197, * 420.
**Monmerqué.** — Note pour servir de base à la discussion sur la traction électrique urbaine et suburbaine, p. 465.
*Montagnes de l'Europe*, p. 224.

*Montauban*, p. 218, 225, 246, 258, 270, 374, 443, 444, 545, 577, 578, * 568, 574, 887, 1050, 1287.
*Montbéliard*, p. 225.
*Montocel*, p. 268.
**Montricher** (H. de). — Démographie des Bouches-du-Rhône et départements voisins, p. 399.
—— Épuration des eaux, p. 425, * 1240.
—— Discussion sur l'œuvre des débits de tempérance, p. 432.
*Monuments mégalithiques* du Nord, p. 253, * 773.
—— *gothiques*, p. 446.
**Moquin-Tandon** (G.). — Mésoderme des mammifères, p. 239.
*Morphine*, p. 201.
*Mort* (Étude sur les dents après la), p. 462.
**Mortillet** (A. de). — Discussion sur les signes gravés, p. 245.
—— —— sur les tumulus de Celles, p. 250.
—— Discussion sur l'âge de la pierre, p. 252.
—— Mégalithes du département du Nord, p. 253, * 773.
—— Discussion sur des silex du désert arabique, p. 257.
—— —— sur un coup de poing en basalte, p. 258.
—— —— sur le préhistorique des environs de Montauban, p. 259.
—— —— sur les figures gravées, p. 262.
—— Discussion sur l'âge des cavernes, p. 267.
*Morvan*, p. 266.
*Moteurs thermiques*, p. 174.
*Mothe* féodale (La) de Merlis (Haute-Vienne), p. 446, * 1291.
*Moulineaux* (Seine-Inférieure), p. 212, * 491.
*Moustier*, p. 269, * 921.
*Mouvement* des planètes, p. 162, * 102.
*Moyen Age* (Règlement pour la fabrication des draps au), p. 446.
*Müller* (Muscle de), p. 329.
**Müller** (M.). — Taille du silex par les procédés primitifs, p. 265.
*Muscinées des cavernes*, p. 229, * 674.
*Muscle*, p. 314, 316, 329.
*Musées phonographiques*, p. 181, 243.
*Muséum* d'histoire naturelle de Paris, p. 227, * 660.
—— de Toulouse, p. 239.
*Mutualités*, p. 277.
*Mylabris variabilis*, p. 241.
*Myriapodes*, p. 230, * 705.
*Natalité* et Fécondité, p. 397, * 1196,
—— (La) chez les Landais, p. 399, * 1198.
*Navires*, p. 172.
—— (Extinction des incendies à bord des), p. 175.
*Nématodes*, p. 232.
*Neptune*, p. 162, * 102.
*Nerfs*, p. 288, 318, 319, * 968, 1004.
*Neussargues*, p. 249.
*Nice*, p. 214.
*Nodules phosphatés*, p. 219.
**Nogier**. — Pile à l'aluminium, p. 192, * 386.
—— Pouvoir actinique des sources employées en photothérapie, p. 345.
—— Rayons X et courants de haute fréquence, p. 348.
—— Énergie du courant faradique, p. 348.
*Nombres sexagésimaux*, p. 162.
*Noms* de lieux (Orthographie et signification des), p. 381.
—— de boissons en langue basque, p. 381, * 1068.
*Nord* (Mégalithes du), p. 253, * 773.
*Normandie* (Géologie de la), p. 212, * 491.
*Nova Persei* (La), p. 209, * 468.
*Nucleus*, p. 256, * 855.
*Nutrition du muscle* chez l'homme, p. 314.
*Obésité*, p. 290, * 972.
*Octrois* (Suppression des), p. 391, * 1163, 1167.
*Odontologie*, p. 448.
*Offices* de renseignements (La géographie et les), p. 389.
*Oiseaux* (Protection des) et l'agriculture, p. 376.
*Ombre* (Courbe d'), p. 166, * 171.
*Omnibus* urbains et suburbains, p. 496.
*Ondes électriques*, p. 180, 184, 186, 190, 192, 198, 199, 327, 328, 348, * 305, 329, 348, 378, 429.
*Opis*, p. 219.
*Opothérapie*, p. 94.
*Optique*, p. 181, 182, 184, 186, 188, 189, 194, 199, * 314, 317, 324, 343, 359, 367, 437.
*Orages* (Prévision des), p. 192, * 378.
*Orbite*, p. 293, * 992.
*Orchidée* des montagnes, p. 224.
*Organe génital*, p. 232, * 718.
—— de Bidder, p. 240, * 746.
**Ornières**. — Cure libre, p. 275.
*Orthographie* des noms de lieux, p. 381.
*Orthophonie* (Principe d'), p. 451.
*Ossements* de la grotte Ali-Bacha, p. 257, * 439, 883.
*Oubangui*, p. 385, * 1112.
*Oxydes insolubles*, p. 200, 202.
*Oxygène* (Emploi de l') pour le vieillissement des eaux-de-vie, p. 313.
*Oxylophe geai*, p. 239.
*Ozène*, p. 326.
*Ozone*, p. 317.
*Pacifique*, p. 382.
*Padirac*, pp. 220, 575, * 579.
**Pagès-Allary** (J.). — Tumulus de Celles, p. 249.

**Pagès-Allary.** — Villagallo-romaine, p. 251.
*Pair-non-Pair*, p. 254, 261, * 786.
*Paléoethnologie du Maroc*, p. 268, * 911.
*Paléolithique*, p. 253, 254, 256, * 782, 784, 786, 860.
**Pallary** (P.). — Paléoethnologie du Maroc, p. 268, * 911.
**Papillon** (Dr E.). — Signe d'Argyll, p. 278.
—— Discussion sur les débits de tempérance, p. 432.
—— La maison natale de Pasteur, p. 435.
*Pâques* (Date de), p. 161, * 94.
*Paradoxe* de mécanique de Hertz, p. 162, * 97.
*Paraguay*, p. 383.
*Parasites*, p. 226, 227, 230, * 616, 705.
**Parat.** — Époque de Chelles, p. 266.
*Paris* (Géologie de), p. 216. * 521.
**Paris** (E.). — Discussion sur les fonctionnaires, p. 392.
—— L'enseignement professionnel offert aux ouvriers et apprentis dans les cours du soir sera-t-il manuel ou théorique, individuel ou collectif, et quels procédés méritent plus spécialement d'être recommandés ? p. 414.
—— Quelles sont dans l'ordre commercial les connaissances qui, par l'enseignement, s'acquièrent de façon plus sûre et plus parfaite que par la seule pratique des comptoirs, p. 415.
*Pasteur* (La maison natale de), p. 435.
—— (L'institut) de Tunis, p. 440.
*Pasteurisation* des vins, p. 424, * 1231.
*Pathogénie* du diabète, 290, * 972.
*Peau*, p. 241.
**Peers** et **Bauwens.** — L'ensilage d'herbe, p. 372.
*Pelade* (La) et les lésions dentaires, p. 460.
**Pellet** (A.). — Racines des équations, p. 166, * 166.
**Pellin.** — Polarimètres et saccharimètres, p. 186, * 343.
*Penne* (Excursion à), p. 574.
**Pere de Cardaillac de Saint-Paul** (G. del). — Chevaines et Vandoises, p. 237, * 731.
*Périgord*, p. 249, 266, 268, 269, * 782, 784, 917.
*Périnée*, p. 280, 281, * 953.
*Période glaciaire*, p. 217, * 558, 561.
*Périodontite* (A propos de l'opportunité de l'avulsion dentaire précoce ou tardive dans la) suppurée aiguë, p. 461, * 1386.
**Peron.** — Jurassique supérieur des environs de Bourges, p. 212, * 496.
—— Bassin de la-Tafna, p. 219.
—— Jurassique de l'Yonne, p. 219.
—— Nodules phosphatés des environs d'Auxerre, p. 219.
**Perrier** (E.). — L'instinct, p. 94.
**Perrin** (R.). — Existence de racines réelles d'une équation numérique, p. 167, * 178.
*Perse*, p. 385.
*Pesanteur*, p. 177, 184, 185, 197, * 274, 324, 335, 420.
**Petit** (P.). — Diatomées, p. 222, * 590.
**Peyrony.** — L'église de Guilhem, p. 252, * 769.
—— Nouvelle grotte à parois gravées, p. 270.
*Phénomènes* caverneux du calcaire, p. 388, * 1144.
*Philothion*, p. 200.
*Phonogrammes*, p. 181.
*Phonographe*, p. 181, 243.
*Phosphates*, p. 219.
*Photographie*, p. 182, 185, 194, 198, * 314, 317, 398, 429.
*Photomètre* à coin, p. 194, * 398.
*Photométrie*, p. 193, 194, 198, * 390, 398, 429.
*Photo-poudres*, p. 182, * 314.
*Photothérapie*, p. 328, 330, 344, 345, 348, 349, * 1015.
*Pic du Midi*, p. 169, 210.
**Picquenard** (Dr). — Cladonies, p. 224.
—— Hélix quimperiana Fer, p. 232.
*Pierres pomathres*, p. 268.
**Piéry.** — Cellules nerveuses d'animaux foudroyés, p. 319.
*Pigment*, p. 241.
*Pile* à l'Aluminium, p. 192, * 386.
*Placard* (Grotte du), p. 252, * 765.
*Plagiostomes*, p. 236.
*Planètes*, p. 162, * 102.
**Plassard.** — Étude des champignons, p. 225, * 613.
*Plateau central*, p. 212.
*Plates-formes* roulantes électriques, p. 172.
*Polarimètres*, p. 186, * 343.
**Policard** (A.). — Bufo vulgaris, p. 240, * 746.
**Pont** (Al.). — Tumeur de la pulpe sans carie dentaire, p. 455, * 1339.
—— Emploi de l'alcool saturé d'acide borique en art dentaire, p. 461, * 1383.
*Pont* (Couronnes et travaux à), p. 460.
*Porcelaine* (Dents en), p. 459.
*Porrentruy*, p. 225.
*Postulatum* d'Euclide, p. 164.
*Potentiel*, p. 184, * 324.
**Pottier** (le Chanoine). — Discussion sur le préhistorique de la région de Montauban, p. 247.
—— Station du Verdier, près Montauban, p. 270.
—— Allocution, p. 443.
—— Discussion sur les anciennes fortifications de Montauban, p. 443.
—— Les églises de Moissac et de Saux, p. 446.

*Poussières* (Suppression des), p. 431.
**Poutiatin** (Pce P. A.). — Éclats de silex. p. 256, * 855.
*Prairie* (Ensilage de l'herbe de), p. 372, * 1035.
*Préhistorique* des environs de Montauban, p. 246, 254, 256, 258, * 887.
—— de la Sardaigne, p. 259.
*Prévision des orages*, p. 192, * 378.
—— du temps, p. 205.
**Prioleau** (Dr). — Hématuries vésicales des prostatiques, p. 279, * 946.
—— Discussion sur l'hypertrophie prostatique, p. 280.
*Prisme* (Déviation dans le), p. 189.
*Proamnios*, p. 231, * 716.
*Procédé de Bottini*, p. 279, * 948.
*Præconia* p. 219.
*Progrès* de l'agriculture française (Obstacles aux), p. 373, * 1043.
*Projectiles* (Pénétrabilité des arbres forestiers par les) des armes de guerre, p. 378, * 1062.
*Propriété artistique* (Modifications apportées à la loi sur la), p. 393.
*Prostate*, p. 279, 280, 281, 289, * 946, 948, 953.
*Prostatectomie* périnéale, p. 280, 281, * 953.
*Prothèse* vélo-palatine, p. 451, * 1293.
—— (Observations de), du maxillaire inférieur, p. 461.
—— dentaire, p. 463.
**Proust** (Dr R.). — Discussion sur les prostatiques, p. 279.
—— Traitement de l'hypertrophie de la prostate, p. 281.
**Prunet**. — Rouille des céréales. p. 222.
**Puech** (Ch.). — Climat du Cantal, p. 209, * 474.
*Puits naturels*, p. 218, * 568, 574.
**Pujol** (Dr). — Goitre exophtalmique, p. 296, * 994.
*Pulpe* (Vitalité de la), après extraction et réimplantation immédiate, p. 458, * 1362.
—— (Présentation d'un anesthésique pour la dévitalisation de la) dentaire, p. 459.
*Pupille*, p. 278.
*Puy-de-Dôme*, p. 206, 257, * 439, 886.
*Pyrénées*, p. 205, 208, 210, 215, 384, * 1110.
*Quaternaire* de la Charente, p. 244.
**Rabot** (Ch.). — Études glaciaires, p. 217, * 558.
*Races noires* des Guyanes, p. 382.
*Racines des équations*, p. 166, 167, * 166, 178.
**Raclot** (Abbé). — Prévisions du temps, p. 205.
*Radiateurs*, p. 349, * 1015.
*Radiations actiniques*, p. 193.
—— *invisibles*, p. 198, * 429.
*Radiations monochromatiques*, p. 231.
*Radiographie*, p. 37, 348.
*Rambouillet*, p. 224.
**Ramond** (G.). — Études géologiques dans Paris, p. 216, * 521.
**Rateau.** — Écoulement de la vapeur d'eau, p. 195, * 401.
*Rats* (Destruction des) en Danemark, p. 373, 440, * 1282.
**Raverot.** — Mesure des angles, p. 177, * 277.
*Rayonnement*, p. 188, * 363.
*Rayons réfractés*, p. 188, * 37, 190, 348.
*Rayons X*, p. 39, 199, 348.
*Réaction électrique* des muscles, p. 316, 329.
*Réactivité*, p. 183, * 320.
*Réformes dans la nomenclature chimique*, p. 204.
**Regnault** (E.). — Principes de comptabilité agricole, p. 351.
—— Ensilage de fourrages verts, p. 362.
**Regnault** (F.). — La grotte de Marsoulas, p. 245.
*Rein*, p. 236.
*Remplacement* (Taxes de), p. 391, * 1163, 1167.
**Renaud** (Paul). — L'emploi de l'oxygène pour le vieillissement des eaux-de-vie, p. 373.
—— Discussion sur la traction électrique, p. 539.
*Rendement* des moteurs thermiques, p. 174.
**Renous.** — Tarification mobile, p. 189, * 370.
*Réseaux urbains*, p. 170, 173.
*Réservoirs* en pays de montagne, p. 170.
*Résistances* électriques en clinique, p. 326.
*Respiration*, p. 230, 274, * 937.
*Retranchements calcinés*, p. 256, * 844.
**Reuss.** — L'Association française en 1901-1902, p. 148.
**Rey-Pailhade** (Dr J. de). — Tables, p. 162.
—— Une nouvelle unité physique, p. 185.
—— Le philothion, p. 200.
*Rhône*, p. 227.
**Rigolet** (D.). — De l'action antiseptique de la cataphorèse en art dentaire, p. 456, * 1350.
—— Expériences d'anesthésie pulpaire par la cataphorèse, p. 459.
**Rivière** (É.). — Grottes du Périgord, p. 268, * 917.
—— Lampe préhistorique, p. 269, * 921.
—— Sépultures de Beaulon, p. 269, * 923.
—— Excursion aux Eyzies, p. 270.
*Rocamadour* (Excursion à), p. 575.
**Roda-Pluis** (J.). — Le métronome, p. 185, * 335.
*Roentgen* (Rayons), p. 39, 199, 348.
**Rohr.** — Artério-sclérose chez le cheval, p. 296, * 995.

**Rohr**. — Lipome pédiculé du mésentère chez le cheval, p. 296, * 999.
**Rolland** (G.). — Du sœmnoforme dans les longues anesthésies. — Sa tension. — Son étude en hématologie. — Hématolyse. — Statistique clinique, p. 457. * 1352.
—— Études hématolytiques du sœmnoforme et de quelques anesthésiques généraux : sœmnoforme, éther, p. 458.
—— Démonstrations diverses d'anesthésie générale, notamment par l'emploi du sœmnoforme, p. 459, * 1363.
**Roques** (E.-G.). — Micrococcus prodigiosus, p. 235.
*Rouille des céréales*, p. 222.
**Roule** (Dr L.). — Les antipathaires, p. 236, * 729.
—— Chevaines et vandoises, p. 237, * 731.
*Royat*, p. 257, * 886.
*Ruhmkorff* (Bobine de), p. 193.
**Russel** (W.). — La taxine chez l'If, p. 229, * 693.
*Russie*, p. 256, * 855.
**Sabatier** (P.). — Discussion sur les oxydes insolubles, p. 201.
—— Hydrogénation directe, p. 202.
—— Action du nickel et du cobalt sur l'oxyde de carbone, p. 203.
—— Discussion sur la nomenclature chimique, p. 204.
*Sables-d'Olonne*, p. 383, * 1074.
*Saccharimètres*, p. 186, * 343.
*Saint-Antonin* (Excursion à) p. 574.
*Saint-Germain-l'Herm*, p. 269.
*Salau-Bonabé*, p. 384, * 1110.
*Sanatorium* à l'usage des membres de l'enseignement public, p. 434.
*Sang*, p. 240, * 742.
*Saône-et-Loire*, p. 256, * 798.
*Saponification*, p. 240, * 742.
**Saporta** (de). — Nouveau calcimètre-acidimètre, p. 203.
*Sarcophage barbare*, p. 266, * 903.
*Sardaigne*, p. 259.
**Sarding**. — Machine d'Atwood, p. 197, * 420.
**Saugy** (L. de). — La question des mines en Indo-Chine, p. 383, * 1098.
*Sauterelles*, p. 238, 239, 241, 379.
**Sauvez**. — Allocution, p. 44[illegible].
*Saux*, p. 446.
**Savin** (L.). — Échinides du Dauphiné, p. 211.
—— —— de la Savoie, p. 211, * 489.
*Savoie* (Échinides de la), p. 211, * 489.
**Savoye**. — Saône-et-Loire préhistorique, p. 256, * 798.
*Scaphandre*, p. 173.
**Schickelé**. — Galvanofaradisation, p. 314.
**Schickele**. — Franklinisation hertzienne, p. 327.
**Schoute**. — Hexagone gauche, p. 165, * 132.
*Sclérose*, p. 296, 319, * 995, 1006.
*Scolioses* de l'enfance et de l'adolescence, p. 328.
*Scolopendra oraniensis lusitanica* Verh, p. 231, * 714.
*Séances générales*, p. 464.
*Sédiments* du massif central, p. 214.
*Seine*, p. 216, * 521.
*Seine-Inférieure*, p. 212, * 491.
*Seine-et-Marne*, p. 391, * 1163.
*Seine-et-Oise*, p. 216, 244, * 521, 752.
*Séismes*, p. 209, 564.
**Sellier** (Dr J.). — Ferment saponifiant du sérum sanguin, p. 240, * 742.
*Sels basiques mixtes*, p. 200.
**Senderens** (J.-B.). — Action du nickel et du cobalt sur l'oxyde de carbone, p. 203.
—— Discussion sur la Nomenclature chimique, p. 204.
*Sépultures de Beaulon*, p. 269, * 923.
*Sérum sanguin*, p. 240, * 742.
**Sicard** (G.). — Grottes de l'Aude, p. 264, * 899.
**Siffre**. — Migration physiologique des dents, p. 451, * 1304.
—— Technique opératoire de l'emploi de l'acide sulfurique dans le traitement des caries du quatrième degré, p. 459, * 1367.
—— La pelade et les lésions dentaires, p. 460.
—— La stérilisation des canaux dentaires par l'acide sulfurique pur, p. 460, * 1367.
—— Dent de six ans et dent de sagesse, * 1368.
— Note sur les rapports de l'extraction de la première molaire inférieure avec l'évolution et l'éruption de la dent de sagesse, p. 460, * 1368.
*Signe d'Argyll*, p. 278.
*Signes gravés sur les rochers*, p. 244, * 752.
*Silex*, p. 256, 265, * 855.
**Simon** (le C[te]). — Le Mékong en 1902, p. 381.
*Sipunculiens*, p. 239, * 741.
*Société scientifique d'Arcachon*, p. 237, * 739,
*Sœmnoforme* (Du) dans les longues anesthésies, p. 457, * 1352.
—— (Études hématolytiques du), p. 458.
—— (Anesthésiques généraux), p. 458.
—— (Démonstrations diverses d'anesthésie générale, notamment par l'emploi du), p. 459, * 1363.
*Solutions salines* des métaux, p. 190, * 375.
**Sou** (Abbé). — Sur certains bacilles de nature tuberculeuse que l'on rencontre dans quelques graminées, p. 440.
*Spectro-sensitométrie sinusoïdale*, p. 194.

*Spéléologie* expérimentale, p. 218, * 568.
*Stabilité* des navires, p. 172.
*Stalagmite* (Comme élément chronologique), p. 267, * 908.
*Statice globulariæ folia* Desf., p. 223, * 600.
*Station acheuléenne*, p. 252, * 769.
**Stephan** (P.). — Organes génitaux des hybrides, p. 232, * 718.
*Stérilisation* des canaux dentaires par l'acide sulfurique pur, p. 460, * 1367.
**Subirana** (L.). — Démonstration pratique d'une méthode de bourrage de caoutchouc sans presse, p. 460.
—— Présentation de couronnes et travaux à pont, p. 460.
*Suez* (Isthme de), p. 211, * 486.
*Suisse*, p. 225.
*Suppression* des octrois, p. 391, * 1163, 1167.
*Surface particulière* du quatrième ordre, p. 166, * 171.
**Swyngedauw**. — Décharge d'un condensateur, p. 196, * 416.
*Sycandra raphanus*, p. 237, * 733.
*Système* (Le) monétaire de la France au XVIe siècle, p. 444.
—— De l'électrorail, p. 508.
—— Diatto, p. 513.
*Tables* pour la transformation des nombres sexagésimaux en valeurs décimales, p. 162.
**Tachard** (Dr.). — Mesures d'hygiène contre l'alcoolisme, p. 417.
—— Dangers du Tout à la rue, p. 426.
—— Discussion sur la maison natale de Pasteur, p. 435.
—— Vulgarisation par l'école des notions d'hygiène corporelle, p. 435.
*Tafna*, p. 219.
*Taille du silex* par procédés primitifs, p. 265.
*Tarification mobile*, p. 188, * 370.
*Tarn*, p. 218, 220, * 568, 574, 579.
*Tarn-et-Garonne*, p. 218, 225, 246, 258, 270, 374, 396, 398, 439, 446, 545, * 568, 574, 887, 1050, 1186.
*Taxes* de remplacement, p. 391, * 1163, 1167.
*Taxine* chez l'If, p. 229, * 693.
*Tayac*, p. 268.
*Tectonique* du Massif Central, p. 214.
*Tégument*, p. 231.
*Télégraphie sans fil*, p. 148.
*Tempérance* (L'œuvre bordelaise des débits de), p. 432.
*Températures élevées* (Mesure des), p. 188, * 363.
*Terre* (Représentation de la) par des sphères, p. 386, * 1129.
**Thellier de la Neuville** (P.). — Discussion sur les projets des grands travaux publics, p. 395.
*Théorie des invariants*, p. 163, * 107.
—— *des moments*, p. 164.
—— *électrodynamique* du monde, p. 209, * 468.
**Thévenet** Le **Boul.** — Traction électrique à contact superficiel et à deux conducteurs isolés (système Cruvellier), p. 499.
**Thévenin** (A.). — Tectonique du Massif Central, p. 214.
**Thoulet** (J.). — Atlas bathymétrique et lithologique, p. 383, * 1093.
**Tissot** (C.). — L'arc chantant, p. 184, * 329.
—— Télégraphie sans fil, p. 190.
—— Discussion sur la décharge d'un condensateur, p. 197.
*Tissus scléreux et cicatriciels*, p. 319, * 1006.
**Toraude.** — Étude sur les « Cadet ». p. 282.
*Toulouse*, p. 165, 208, 239, * 130, 465.
*Tourbières* du Jura, p. 227.
**Tourneux** (J. P.). — Proamnios chez le lapin, p. 231, * 716.
*Toxicologie*, p. 234, 241, 317.
*Toxine diphtérique*, p. 317.
*Trachéotomie*, p. 288.
*Traction électrique*, p. 170, 172.
—— par voitures automobiles, p. 173.
—— *électrique* urbaine et suburbaine, p. 464.
—— —— (Application de la) par trolley automoteur pour des services d'omnibus urbains et suburbains, p. 496.
—— —— à contact superficiel et à deux conducteurs isolés (Système Cruvellier), p. 499.
—— par accumulateurs, p. 519.
—— —— (Les accumulateurs et la), p. 528.
—— *mécanique* (Les avantages de la) des marchandises sur les voies ferrées urbaines, p. 542.
*Traitement* de l'adénoïdite, p. 274, * 937.
—— de la tuberculose, p. 274, 275, 276, * 938.
—— des abcès périamygdaliens, p. 275.
—— de l'hyperthrophie prostatique, p. 279, 280, 281, 289, * 953.
—— par le vin, p. 282, 284, 285, * 953, 959, 962.
—— du diabète, p. 290, * 992.
—— du goitre, p. 296, * 994.
—— électrique de l'hystéro-traumatisme, p. 315.
—— de la diphtérie, p. 317.
—— des tissus scléreux et cicatriciels, p. 319, * 1006.
— — de la maladie de Basedow, p. 320.
—— de l'ozène, p. 326.
—— des scolioses, p. 328.

*Traitement* des lupus, p. 330.
—— des angiomes plans, p. 346.
—— (Photothérapie), p. 349, * 1015.
*Tramways* (Sur l'exploitation des) par accumulateurs à charge rapide, p. 524.
*Tra-Ninh*, p. 385.
*Transport des voyageurs* en commun, p. 172.
*Travail cardiaque*, p. 320, 325.
*Travaux* publics (Les projets des grands), p. 394.
*Triangles isogonologiques*, p. 165, * 157.
*Trifolium*, p. 221, * 584.
**Troude**. — Action de l'ozone dans la diphtérie, p. 317.
**Trutat** (E.). — Les excursions du Congrès de Montauban : plaine de la Garonne, vallée de l'Aveyron, vallée du Lot, p. 545.
*Tube à air raréfié*, p. 180, * 305.
*Tuberculose*, p. 274, 275, 276, 277, * 938.
*Tumeur* de la pulpe sans carie dentaire, p. 455.
*Tumulus* de Celles, p. 249.
*Tunis* (L'Institut Pasteur de), p. 440.
*Tunisie*, p. 378, 379, 386, 440, * 1055.
**Turpain** (A.). — Phénomènes de luminescence, p. 180, * 305.
—— Enceintes fermées et ondes électriques, p. 186, * 348.
—— Tarification mobile, p. 188, * 370.
—— Prévision des orages, p. 192, * 378.
—— Phénomènes de luminescence dans l'air raréfié, p. 378.
**Turquan**. — Naissance, décès, et dépopulation dans vingt-deux départements, p. 390, 406.
*Unité physique* du temps, p. 185.
*Uranates*, p. 201.
*Uranus*, p. 162, * 102.
*Ussat*, p. 296, * 994.
*Val-Suzon*, p. 256, * 844.
*Vandoises*, p. 237, * 731.
*Vapeur* d'eau (Écoulement de la), p. 195, * 401.
*Vaporisation des carbures d'hydrogène*, p. 197.
*Variables* imaginaires, p. 163, * 114.
**Vayssière** (A.). — Cécidies des Cistes, p. 226, * 616.
*Vélins du Muséum*, p. 227, * 660.
*Vendée*, p. 266, 383, * 906, 1074.
*Verdier*, p. 270.
*Vers intestinaux*, p. 241.
*Vésanie*, p. 293.
*Vêtement* (Étoffes à), p. 187, * 355.
—— *féminin*, p. 53.
—— (Drap à), p. 187, * 355.
*Vidal-Marty*, p. 577.
*Vieillissement* des eaux-de-vie, p. 373.
*Vienne* (Haute-), p. 391, 446, * 1167.
*Vilhonneur*, p. 252, * 765.
*Villa gallo-romaine*, p. 251.
—— *modèle*, p. 275.
**Villard** (P.). — Rayons X, p. 37.
*Villemur*, p. 578.
*Vin*, p. 282, 284, 285, 375, 424, 432, * 959, 962, 1231.
*Vinification* (Acide carbonique en), p. 375.
**Viré** (A.). — Fouilles au puits de Padirac, p. 220, * 579.
*Viroflay*, p. 216, * 521.
*Visites* industrielles, p. 577.
*Visite* au Muséum de Toulouse, p. 239.
*Vitalité* (La) de la pulpe après extraction et réimplantation immédiate, p. 458, * 1362.
*Viticulture* (Acide carbonique en), p. 375.
*Vivisection*, p. 294.
*Voie ferrée* de 1 mètre, p. 170.
—— de 0m,60, p. 170, 496.
—— urbaine, p. 171, 173, 499, 508, 513, 542.
*Voiles* palatins artificiels à clapet, p. 459.
*Voitures automobiles*, p. 173, 496, 519, 524, 535.
*Volcans*, p. 564.
*Vue*, p. 278, 293, * 992.
**Vuillemin**. — Discussion du rapport Monmerqué, p. 540.
**Wickersheimer**. — Postulatum d'Euclide, p. 164.
—— Direction des automobiles, p. 164, * 123.
—— Théorie des moments, p. 164, * 127.
—— Attraction universelle, p. 164.
—— Marche des rayons lumineux, p. 188, * 367.
*Wisigoths*, p. 264.
*Xyléna*, (Démonstrations d'application du), p. 459.
*Yeux*, p. 278, 293, * 992.
*Yonne*, p. 219.
**Zaborowski**. — Discussion sur le préhistorique de la Sardaigne, p. 259.
—— —— sur la natalité chez les Landais, p. 401.
**Zenger**. — La Nova Persei, p. 209, * 468.
**Ziffer** (R.-A.). — Chemin de fer d'intérêt local, p. 171.

# TABLE DES MATIÈRES

## SECONDE PARTIE

### NOTES ET MÉMOIRES


[**K 4**] Collignon (Éd.). — Problème de géométrie . . . . . 1
[**12.8**] — — — Courbes divisant en parties égales une série d'arcs de cercle (courbes isocyclotomes) . . . . . 13
[**S 2**] Fontaneau (É). — Préliminaires d'hydraulique. . . . . 45
[**523.84**] Libert (L.-L.). — Quinze années d'observations de l'étoile Mira Ceti . . 85
[**529.5**] Gardès (L.-F.-J.). — La date de Pâques. . . . . 94
[**R 7 b**] Cadenat (A.). — Sur le paradoxe de mécanique de Hertz. . . . . 97
[**523.47:521.5**] — — — Essai d'explication des mouvements de rotation rétrogrades des planètes Uranus et Neptune. . 102
[**M 5.2**] Jamet (V.). — Application de la théorie des invariants à la géométrie analytique . . . . . 107
-- — Sur la formule des accroissements finis dans le cas d'une variable imaginaire. . . . . 114
[**M¹ 6 h**] Barisien (Cᵗ E.-N.). — Sur une génération du limaçon de Pascal, note complémentaire. . . . . 116
[**R 5 a**] Wickersheimer (E.). — Sur la direction des automobiles. . . . . 123
— — — Attraction universelle . . . . . 127
[**523.89**] Baillaud (B.). — Comparaison des catalogues méridiens de Toulouse et de Leipzig. . . . . 130
[**K 13 a**] Kluyver (J.-C.) et Schoute (P.-H.). — L'hexagone gauche à angles droits. 132
[**J 1**] Coccoz (V.). — Quelques exemples de carrés de huit magiques aux deux premiers degrés dont les lignes et surtout les diagonales sont de compositions qui, n'étant point connues, n'ont pas été mentionnés en 1892 et 1893 aux congrès de Pau et de Besançon . . . . . 137
[**K 5 c**] Duran-Loriga (J.-J.), — Sur les triangles isogonologiques . . . . . 157
[**A 3 G**] Pellet (A). — Sur l'approximation des racines des équations. . . . . 166
[**M² 4**] Michel (F.). — Sur la courbe d'ombre d'une surface particulière de quatrième ordre. . . . . 171
[**A 3 G**] Perrin (R.). — Sur un critérium de l'existence de racines réelles d'une équation numérique dans un intervalle donné . . . . . 178

[1.3] Arnoux (G.). — Questions diverses concernant les congruences de module composé. . . . . 185
[X 135] — — — Essais de psychologie et de métaphysique positive. Arithmétique graphique, correspondance entre les espaces arithmétiques et les équations arithmétiques (*suite*). Solution de l'équation du quatrième degré, module 5 . . . . . 202
[I 9] Le Vavasseur (R.). — Les groupes d'ordre $p^3 q$, $p$ désignant un nombre premier plus grand que le nombre premier $q$ . . . . . 227
[J 2 C] Maupin (G). — Quelques jeux de hasard : Petits chevaux, Ba-quan, Tournant Cinq billes, Démarquage par les cartes . . . . . 259
[538.65] Maurain (Ch.). — Sur les variations de volume dues à l'aimentation. . 274
[529.75] Raverot (E.). — Le système décimal et la mesure du temps et des angles. 277
[538.55] Duhem (P.). — Actions exercées par des courants alternatifs sur une masse conductrice ou diélectrique. . . . . 280
[538.56] Turpain (A.). — Les phénomènes de luminescence dans les tubes à gaz raréfié et les dispositifs pour courants de haute fréquence . . . . . 305
[532.7] Leduc (Dr S.). — Champs de force de diffusion. . . . . 309
[77.144.8] Londe (A.). — Appareil pour la mesure de la durée de combustion des éclairs magnésiques. . . . . 314
[778.52] — — — Expéditeur à grande vitesse pour appareil chronophotographique à objectifs multiples. . . . . 317
[539.413] Bouasse (H.). — De la cause des phénomènes de réactivité . . . . . 320
[536.2] Bakker (G.). — Variation de la densité et du potentiel d'un liquide dans la couche capillaire . . . . . 324
[537.832:734] Tissot (C.). — Quelques observations sur le phénomène de l'arc chantant . . . . . 329
[531.53] Lala (U.) et Roda Plius (J.). — Étude expérimentale et théorique sur le métronome . . . . . 335
[568.2] Pellin (Ph.). — Étude sur les polarimètres et saccharimètres à champ unique, champs juxtaposés à deux ou plusieurs plages, champs concentriques à deux ou plusieurs plages. . . . . 343
[538.56] Turpain (A.). — Sur les propriétés des enceintes fermées relatives aux ondes électriques . . . . . 348
Bergonié (G.). — Méthodes et appareils pour la détermination des constantes physiques des étoffes à vêtement . . . . . 355
[535.13] Jamet (V.). — Sur le théorème de Malus, concernant les faisceaux de rayons normaux à une surface . . . . . 359
[535.23] Féry (Ch.). — Les lois nouvelles du rayonnement et leurs applications à la mesure des hautes températures . . . . . 363
[532.2] Wickersheimer. — Marche du rayon lumineux dans les milieux cristallisés. 367
[621.317] Renous (J.) et Turpain (A.). — Sur le problème de la tarification mobile. . . . . 370
[537.332:546.11] Dauvé. — Sur l'hydrogène naissant. . . . . 373
[537.332] — — — Sur la vitesse du déplacement réciproque des métaux de leurs solutions salines . . . . . 375
[551.5] Turpain (A.). — La prévision des orages au moyen du cohéreur. . . . . 378
[537.35:546.66] Nogier — Nouvelle pile électrique à l'aluminium . . . . . 386
[537.24] Camichel (C.). — Contribution à l'étude de la photométrie. . . . . 390
[535.244] Dr Foveau de Courmelles. — De quelques moyens de comparaison d'intensité de la lumière chimique . . . . . 395
Baillaud (B.). — Application du photomètre à coin à la détermination des grandeurs photographiques des pléiades . . . . . 398
Rateau (A.). — Expériences sur l'écoulement de la vapeur d'eau par des orifices . . . . . 401
Juppont (P.). — Sur l'idéalité du principe dit de l'action et de la réaction. 410
[537.224] Swyngedauw. — Sur l'influence de la capacité sur l'amortissement de la décharge d'un condensateur . . . . . 416

[**R 2 c**] Lala (U.) et Sarding (J.). — Détermination expérimentale du moment d'inertie d'une poulie évidée (machine d'Atwood) . . . . . 420
[**535.242**] Cotton (A.). — Quelques remarques sur la photométrie chimique et photographique. Cas des radiations invisibles. . . . . 429
[**355.83**] Lefèvre (J.). — Sur la position des images dans les instruments d'optique. 437
[**538.712:44.59**] Brunhes et David. — Anomalie magnétique sur le Puy-de-Dôme. 439
[**551.52**] Demtchinsky. — Le temps en rapport avec le travail de l'atmosphère. . 442
[**538.711 944**] Mathias. — Sur la loi de distribution régulière de la composante verticale du magnétisme terrestre en France au 1er janvier 1896 . . . . . 446
[**551.56 : 44.86**] Baillaud. — Climat de Toulouse. . . . . 465
Zenger (Ch.-V.). — La Nova Persei et la théorie électrodynamique du monde . . . . . 468
[**551.56 : 44.59**] Puech (Ch.). — Sur la climatologie générale du Cantal et d'Aurillac en particulier . . . . . 474
[**556 : 626.9**] Fourtau (R.). — Contribution à l'étude géologique de l'isthme de Suez . . . . . 486
[**563 : 44.48**] Savin (L.). — Catalogue des Échinides de la Savoie. . . . . 489
[**551.49 : 44.25**] Fortin (R.). Sur un ancien cours d'eau souterrain situé à Mouslineaux, canton de Grand-Couronne (Seine-Inférieure) . . . . . 491
[**560.551.76**] Peron. — Les faunes successives du Jurassique supérieur des environs de Bourges . . . . . 496
[**551.13**] Courty (G.). — Expérimentation relative à la constitution corticale de la terre, conséquences qu'on en peut tirer quant à l'économie générale du globe. 518
[**554 : 44.36**] Ramond (G.) et Dollot (A.). — Études géologiques dans Paris et sa banlieue . . . . . 521
[**546.44**] Cossmann. — Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France. . . . . 539
[**551.31**] Belloc (É.), et Rabot (Ch.). — Les études glaciaires en France et à l'étranger 558
[**551.31**] Martin (D.). — Aperçu sur quelques faits nouveaux ou peu connus, relatifs à la période glaciaire . . . . . 561
[**551.44**] Meunier (St.). — Spéléologie expérimentale. — Étude sur la reproduction artificielle des cavernes, des avens et des couloirs mis à profit par la circulation souterraine des eaux . . . . . 568
[**551.35 : 44.75**] Martel (E.-A.). — Circulation des eaux souterraines dans les Causses du Tarn-et-Garonne . . . . . 574
[**551.44**] Viré (A.). — Les fouilles du puits de Padirac . . . . . 579
[**583.32**] Arnaud (Dr H.). — Étude sur le trifolium . . . . . 584
[**589.61 : 969**] Petit (P.). — Catalogue de Diatomées provenant de Madagascar. 590
[**583.671**] Gerber (Dr C.). — Curieuses modifications du Statice globulariæfolia Desf. . . . . 600
[**580.7**] Gain (Ed.). — L'Herbier de Dominique Perrin, médecin lorrain de la première partie du XVIIe siècle . . . . . 609
[**589.2.372**] Gillot (Dr X.), Mazimann et Plassard. — Étude des champignons. Projet de tableaux scolaires. . . . . 613
[**632.595 : 4**] Vayssière (A.) et Gerber (C.). — Recherches cécidologiques sur Cistus albidus L. et Cistus salvifolius L., croissant aux environs de Marseille . . . 616
[**581.22**] Apert (Dr). — Chicorées monstrueuses . . . . . 657
[**580.7**] Bonnet (Dr Ed.). — Documents pour servir à l'histoire de la collection de miniatures d'histoire naturelle, connue sous la dénomination de vélins du Muséum : . . . . . 660
[**61.593**] Braemer (Dr). — L'aloès aromate. . . . . 673
[**589.551 : 44**] Géneau de Lamarlière (L.). et Maheu (J.). — Sur les affinités géographiques des Muscinées des cavernes. . . . . 674
[**583.32**] Ledoux (P.). — Sur l'aplatissement des organes du Lathyrus ochrus D. C. 681
Russel (W.). — Recherches sur la localisation de la taxine chez l'If . . 693
[**581.7**] Jodin (Dr H.). — Structure de l'axe hypocotylé chez les Borraginées . . . . 696

[578.8] Géneau de Lamarlière (L.). — Sur l'emploi du bleu de molybdène comme réactif d'histologie végétale . . . . . 701
[595.77:45.9] Léger (L.) et Dubosco (G.). — Sur les larves d'Anophèles et leurs parasites en Corse . . . . . 703
[595.6:45.9] — — Note sur les Myriapodes de Corse et leurs parasites. . . . . 705
[551.69] — — Sur l'Adelea dimidiata coccidioides Léger et Dubosq, coccidie parasite de la Scolopendra oraniensis lusitanica Verh. 714
[611.66:599.7] Tourneux (J.-P.). — Sur la structure du Proamnios chez l'Embryon de lapin. . . . . 716
[591.46:591.158] Stephan (P.). — Contribution à l'étude des organes génitaux des Hybrides . . . . . 718
[581.3:589] Lesage (Dr P.). — Germination des spores de champignons chez l'homme . . . . . 723
[611.73:611.97] Alezais (Dr). — Les fléchisseurs des doigts chez les mammifères. . . . . 727
[591.9:551.46] Roule (Dr L.). — Remarques sur la distribution géographique et bathymétrique des antipathaires . . . . . 729
[697.44:79] Roule (Dr L.) et del Pere de Cardaillac de Saint-Paul (G.). — Les Chevaines et les Vandoises du bassin de l'Adour . . . . . 731
[593.4] Cotte (J.). — Sur quelques phénomènes dégénératifs chez Sycandra raphanus : . . . . . 733
[590.7:44.71] Jolyet et Lalesque. — Les nouveaux laboratoires de la Société scientifique d'Arcachon, station de biologie marine . . . . . 739
[591.9:44.71] Cuénot (L.). — Contribution à la faune du bassin d'Arcachon (Échiuriens et Sipunculiens). . . . . 741
[589.9] Sellier (Dr J.). — Sur le fermant saponifiant du Sérum sanguin chez quelques groupes de Poissons et d'Animaux invertébrés. . . . . 742
[591.17] Policard (A.). — Note histologique sur l'organe de Bidder de Bufo Vulgaris, . . . . . 746
[571.71.44.36] Courty (G.). — Sur les signes gravés des rochers de la Seine-et-Oise . . . . . 752
[571:25.44.98] Capitan (Dr). — Un nouveau gisement chelléen, commune de Clérieux, près Curson (Drôme) . . . . . 755
[571.35:44:65] Chauvet (G.). — Haches plates, la cachette de Mondouzil (Charente). . . . . 757
[571.2:44.65] Masfrand (A.). — Fouilles faites dans la grotte du Placard, commune de Vilhonneur (Charente). . . . . 765
[571.81:44.72] Capitan (Dr), l'Abbé Breuil et Peyrony. — La station acheuléenne de la Grotte-Abri l'Église de Guilhem, près de Eyzies (Dordogne) . . . . 769
[571.5:44.72] Capitan (Dr) et l'Abbé Breuil. — Une fouille systématique à Laugerie-Haute. . . . . 771
[571.94:44.28] Mortillet (A. de). — Les monuments mégalithiques du département du Nord . . . . . 773
[571.71:44.22] Capitan (Dr) et l'Abbé Breuil. — Les figures gravées à l'époque paléolithique sur les parois de la grotte des Combarelles près des Eyzies (Dordogne). 782
[571.71:44.72] — — Les figures peintes à l'époque paléolithique sur les parois de la Grotte de Font-de-Gaume (Dordogne). . . . . 784
[571.71:44.71] Daleau (F.). — Gravures paléolithiques de la Grotte de Pair-non Pair commune de Marcamps (Gironde). . . . . 786
[571.39:44.71] l'Abbé Labrie. — Sur quelques objets inédits de l'industrie magdalénienne : fourchette, fendeur, etc. . . . . 789
[913.44:43] Chantre (E.) et Savoye (C.). — Répertoire et carte paléoethnologique du département de Saône-et-Loire. . . . . 798

[**491.43**] Charencey (Cte de). — Sur les idiomes kolariens . . . . . 840
[**913.44 : 42**] Drioton (C.). — Contribution à l'étude de la fortification antique dans l'arrondissement de Dijon. — Les retranchements calcinés des châtelets de Val-Suzon et d'Étaules. . . . . 844
[**571.81 : 44.42**] Drioton (Cl.) et Galimard (Dr J.) — Répertoire des excavations naturelles et artificielles de l'arrondissement de Dijon . . . . . 849
Drioton (Cl.), Gruère (G.) et Galimard (Dr J.). — Résultats des fouilles et recherches exécutées dans la caverne dite le Trou-de-la-Roche, à Baulme-la-Roche (Côte-d'Or) . . . . . 851
[**571.14 : 47**] Poutiatin. — Éclats de silex avec conchoïdes (Bulbes) par percussion et naturels. — Nucléus. . . . . 855
[**571.14:62**] Favenc (B.). — Note sur le Paléolithique égyptien. . . . . 860
[**728.47.5**] Gauthiot (R.). — La maison lituanienne. . . . . 862
[**571.23:65**] Debruge (A.). — Fouille de la grotte « Ali-Bacha » . . . . . 866
[**571.23 : 65**] Delisle (Dr F.). — Note sur les ossements humains de la grotte « Ali-Bacha » . . . . . 883
[**571.25 : 44.59**] Garrisson (E.). — Sur un Coup de poing en Basalte trouvé à Royat (Puy-de-Dôme) . . . . . 886
[**571.2 : 44.70**] — — Le préhistorique Ante-Magdalénien des environs de Montauban. . . . . 887
[**572.9 : 51.9**] Chantre (E.) et Bourdaret (E.) — Les Coréens : Esquisse anthropologique. . . . . 895
[**571 : 44.87**] Sicard (G.). — Sur quelques explorations nouvelles dans les grottes de l'Aude . . . . . 899
[**740.726.8 : 44.38**] Beaupré (Cte J.). — Dessins gravés au trait sur le dessous d'un Sarcophage barbare trouvé à Bislée (Meuse) . . . . . 903
[**571.31 : 44.61**] Baudouin (Dr M.). — Découverte d'un objet de cuivre dans une allée couverte de Vendée . . . . . 906
[**551.92 : 573.3**] Martel (E.-A.). — Inaptitude des stalagmites à servir d'élément chronologique pour la préhistoire dans les cavernes . . . . . 908
[**572:64**] Pallary (P.). — Recherches palethnologiques dans le nord du Maroc . 911
[**571.81:44.72**] Rivière (E.). — Grottes du Périgord . . . . . 917
[**571.27:44.72**] — — Une lampe préhistorique en pierre trouvée au Moustier (?) (Dordogne) . . . . . 921
[**573.3:44.57**] — — L'âge des sépultures de Beaulon (Allier) . . . . 923
l'Abbé Breuil. — Quelques haches ornées découvertes dans l'ouest de la France . . . . . 926
[**571.34 : 44.7**] — — Quelques bronzes du Périgord . . . . . 932
[**612.5 : 610.2**] Leduc (Dr S.). — Études sur la Fièvre . . . . . 933
[**617.531**] — — Traitement de l'adenoïdite aiguë. . . . . 937
[**614.542 : 392.5**] Lalesque (Dr). — La Femme tuberculeuse et le Mariage . . . 938
[**617.531**] Arsimoles (Dr). — Siège et traitement des abcès péri-amygdaliens. . . 943
[**617.55 : 85**] Prioleau (Dr). — Considérations chirurgicales sur les hémorragies vésicales des prostatiques. . . . . 946
Desnos (Dr E.). — Indications de l'opération de Bottini . . . . . 948
[**617.55 : 85**] Delbet (Dr P.). — Traitement de l'hypertrophie de la prostate . . 953
[**178.2**] Foveau de Courmelles (Dr). — Le vin : critique et hygiène. . . . . 959
[**178.3**] Mesnard (Dr). — Le vin au point de vue médical et hygiénique. . . . . 962
[**616.852**] Bézy (Dr P.). — L'Hystérie avant l'âge de deux ans . . . . . 968
[**616.63 : 612.397.2**] Maurel (Dr E.). — Pathogénie de l'obésité et du diabète . 972
Bosche (Dr). — Fracture comminutive de la fosse orbitaire droite avec ablation spontanée de l'œil et perte de substance cérébrale. — Ablation d'un fragment enfoncé. Guérison . . . . . 992
Pujol (Dr E.). — Guérison par le traitement thermal d'Ussat du Goitre exophtalmique. . . . . 994
Rohr (E.-M.). — Un cas d'artério-sclérose chez le cheval . . . . . 995
— — Lipome pédiculé du mésentère . . . . . 999

[**615.84**] Bergonié (J.). — De l'Électrodiagnostic sur le nerf mis à nu chez l'homme . . . . . 1001
[**537.31.615.84**] Leduc (Dr S.). — Action des courants continus sur les tissus scléreux et cicatricies . . . . . 1006
[**558.56 : 615.84**] Bordier (H.) et Lecomte (A.). — Effets de l'application directe des courants de haute fréquence sur les animaux. . . . . 1009
[**537.832.2 : 615.84**] Foveau de Courmelles (Dr). — La photothérapie : modes d'action. Radiateurs divers. Actions complémentaires. Observations médicales et photogravures comparatives . . . . . 1015
[**633.4**] Mer (É.). — L'ensilage de l'herbe de prairie. . . . . 1035
[**630 : 944**] Couillard. — Les principaux obstacles aux progrès de l'Agriculture française.. . . . . 1043
[**634.63**] Bories (Dr B.). — Note sur un nouveau cépage blanc cultivable dans la région du Sud-Ouest. . . . . 1050
[**633.2**] Gardès (L.-F.-J.). — Des cultures mélangées. . . . . 1052
[**632.4 : 961.1**] Bœuf (F.). — Observations préliminaires sur une maladie des céréales récemment signalée en Tunisie . . . . . 1055
[**592 : 623.4**] Demorlaine (J.). — Étude sur la pénétrabilité des arbres par les projectiles des armes à feu . . . . . 1062
[**491.69**] Charencey (Cte de). — De quelques noms de boissons en langue basque . . . . . 1068
[**551.36 : 44.41**] Baudouin (Dr M.). — Les côtes de Vendée, des Sables-d'Olonne à Bourgneuf de la période néolithique au moyen-âge. . . . . 1074
[**312.561 : 46.44**] Thoulet (J.). — Atlas bathymétrique et lithologique des côtes de France. . . . . 1093
[**622 : 959.9**] Saugy (L. de). — La question minière et les chemins de fer en Indo-Chine . . . . . 1098
[**622 : 959.9**] Imbert (R.). — Une exploitation forestière moderne dans les Pyrénées à Salau-Bonabé, (frontière espagnole). . . . . 1110
Dessirier de Pauwel (B.). — De Bangui à Carnot et de Carnot à Bangui (30 septembre et 28 novembre 1901) . . . . . 1112
[**912**] Lemaire (Ct). — La représentation de la terre et du ciel par des sphères . . 1129
[**622 : 44.88**] l'Estoile (Cte J. de). — Les mines de l'Ariège . . . . . 1132
[**551.44 : 551.7**] Martel (E.-A.). Universalité et ancienneté des phénomènes caverneux du calcaire. . . . . 1144
[**951.9**] Lapeyrière (de). — La Corée. . . . . 1147
[**336.28**] Lallier (P.). — Projet de suppression de l'octroi. . . . . 1163
[**336.38**] Faure (J.). — La loi du 29 décembre 1897 et les taxes de remplacement. 1167
[**325.3 : 49.3**] Guiffard (L.). — La jeunesse et la colonisation à l'étranger. . . . 1177
[**944.75 : 312**] Cauderlier (G.). — Étude démographique du Tarn-et-Garonne.. 1186
[**312.944**] Maurel (Dr E.). — Natalité et fécondité.. . . . . 1196
[**614.11 : 44.76**] Dumont (Feu A.). — La natalité chez les Landais de Houeillès (Lot-et-Garonne). . . . . 1198
[**372.7**] Chevalier (H.). — Arithmétique graphique. . . . . 1223
[**972.2**] Féret. — Les jardins scolaires . . . . . 1226
[**614.342**] Loir (Dr A.). — Pasteurisation des vins et maladies de l'estomac . . . 1231
[**628.3**] Montricher (H. de). — Épuration des eaux. . . . . 1240
[**614.12 : 371.1**] Guiraud (Dr). — Contribution à l'étude de la dépopulation rurale du Sud-Ouest de la France. . . . . 1248
[**613.41 : 613.44**] Bayssellance. — Les bains-douches scolaires à bon marché. . 1256
[**371.09 : 613.12**] Festal (A.). — Des lycées climatiques. . . . . 1264
[**616 : 861**] Follet (Dr H.). — Les deux meilleures armes contre l'alcoolisme. . . 1268
[**614.09 : 61.1**] Loir (Dr A.). — L'Institut Pasteur de Tunis. Fonctionnement et statistiques. . . . . 1274
[**614.481.48.9**] — — — Le comité pour la destruction légale des rats en Danemark au congrès international de la marine à Copenhague.. . . . . 1282

[271 : 44.75] FORESTIÉ. — Planches gravées des confréries . . . . . 1287
MASFRAND (A.). — Mothe féodale de Merlis, commune de Vayres (Haute-Vienne). . . . . 1291
DELAIR (L.). — Principes de phonétique et d'orthologie. Leurs rapports avec la prothèse restauratrice vélo-palatine. . . . . 1293
[617.60] SIFFRE (Dr). — La migration physiologique des dents. . . . . 1304
[617.67] FAYOUX. — Le ciment. — Traitement pour les caries douloureuses du second dégré. . . . . 1318
[617.64] KRITCHEVSKY (B.). — De la nécessité d'une classification dans les malocclusions dentaires . . . . . 1320
[617.6] CHOQUET (J.). — Sur les différentes sortes d'articulation des dents entre elles. . . . . 1328
[617.6] FREY (Dr L.). — Rapports pathologiques entre l'articulation temporo-maxillaire et les dents. . . . . 1330
[617.61] PONT (Dr). — Tumeur de la pulpe dentaire sans carie de la dent. . . . 1339
[6.197.69] BLATTER. — Nouvelle dent artificielle . . . . . 1341
[615.84 : 617.6] RIGOLET. — De l'action antiseptique de la cataphorèse en art dentaire. . . . . 1350
[617.68] ROLLAND (Dr G.). — Du sœmnoforme. — Son emploi dans les longues anesthésies, graduation et signe de l'intensité des anesthésies sœmnoformiques tensions sanguines, étude hématologique du sœmnoforme et de quelques anesthésies. — Signes généraux. . . . . 1352
MARRONNEAUD. — Un cas de vitalité de la pulpe après extraction de la dent et reimplantation immédiate. . . . . 1362
SÉANCES DE DÉMONSTRATIONS PRATIQUES. . . . . 1363
[617.61] SIFFRE (Dr). — L'acide sulfurique pur pour la stérilisation des canaux dentaires . . . . . 1367
[617.0]6 — — Dent de six ans et dent de sagesse . . . . . 1368
[617.525] FREY Dr L.). — Observation de prothèse immédiate du maxillaire inférieur . . . . . 1371
[617.62] FREY (Dr L.) et LEMERLE (G.). — Les Leptothrix de la bouche, aperçu microbiologique. — Leur rôle dans l'étiologie de la carie dentaire. — Leptothrix racemosa. . . . . 1376
[617.60] PONT (Dr). — De l'emploi de l'acide borique à saturation dans l'alcool en art dentaire. . . . . 1383
[617.66] HEIDÉ (R.). — A propos de l'opportunité de l'avulsion dentaire précoce ou tardive dans la périodontite suppurée aiguë . . . . . 1386

# ERRATA

DEUXIÈME VOLUME DES COMPTES RENDUS DU CONGRÈS DE PAU 1892

| Page | Ligne | Au lieu de | Lire |
|---|---|---|---|
| 139 | 8 (*f*) | 2.15.19.30.38.43.54.59 ≡ 260.11180 | 2.15.20.29.39.42.52.61 ≡ 260.11180. |

PREMIER VOLUME DES COMPTES RENDUS DU CONGRÈS DE MONTAUBAN 1902

| Page | Lignes | Au lieu de | Lire |
|---|---|---|---|
| 214 | 25 et 26 à partir du bas. | westphalien | stéphanien. |

DEUXIÈME VOLUME DES COMPTES RENDUS DU CONGRÈS DE MONTAUBAN 1902

| Pages | Lignes | Au lieu de | Lire |
|---|---|---|---|
| 138 | 16 | demi-générateurs | semi-générateurs. |
| 146 | 7 à partir du bas note comprise. | 13 | 14 |
| 148 | Carré nº 1 4e ligne 1re colonne. | F | F*t* |
| 522 | 4 | 2.600 mètres | 2.500 |
| 526 | 5 | même correction. | |

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 23702-12-02.

Fig. 1

$p = 2$

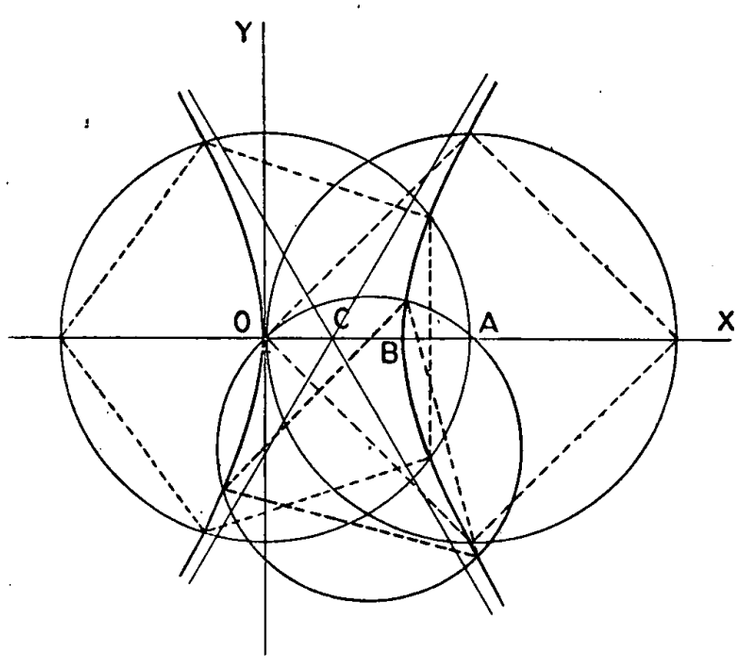
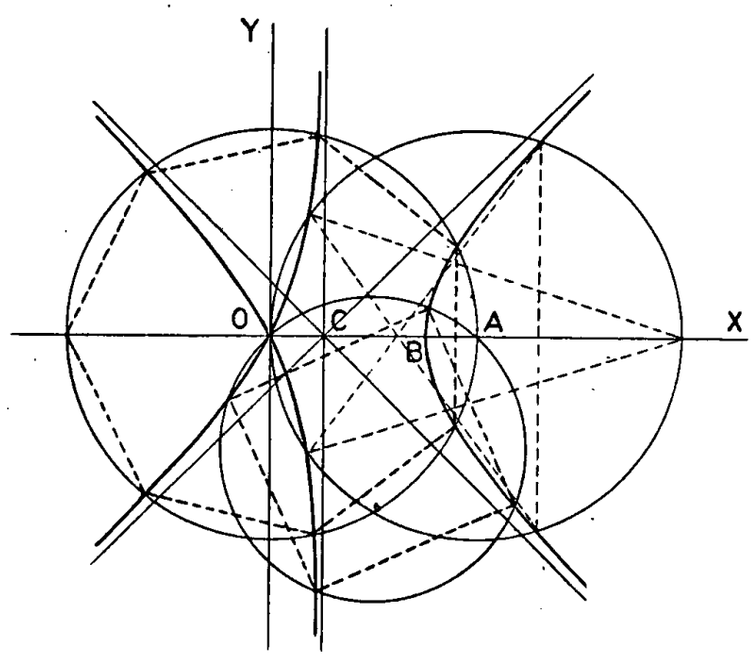


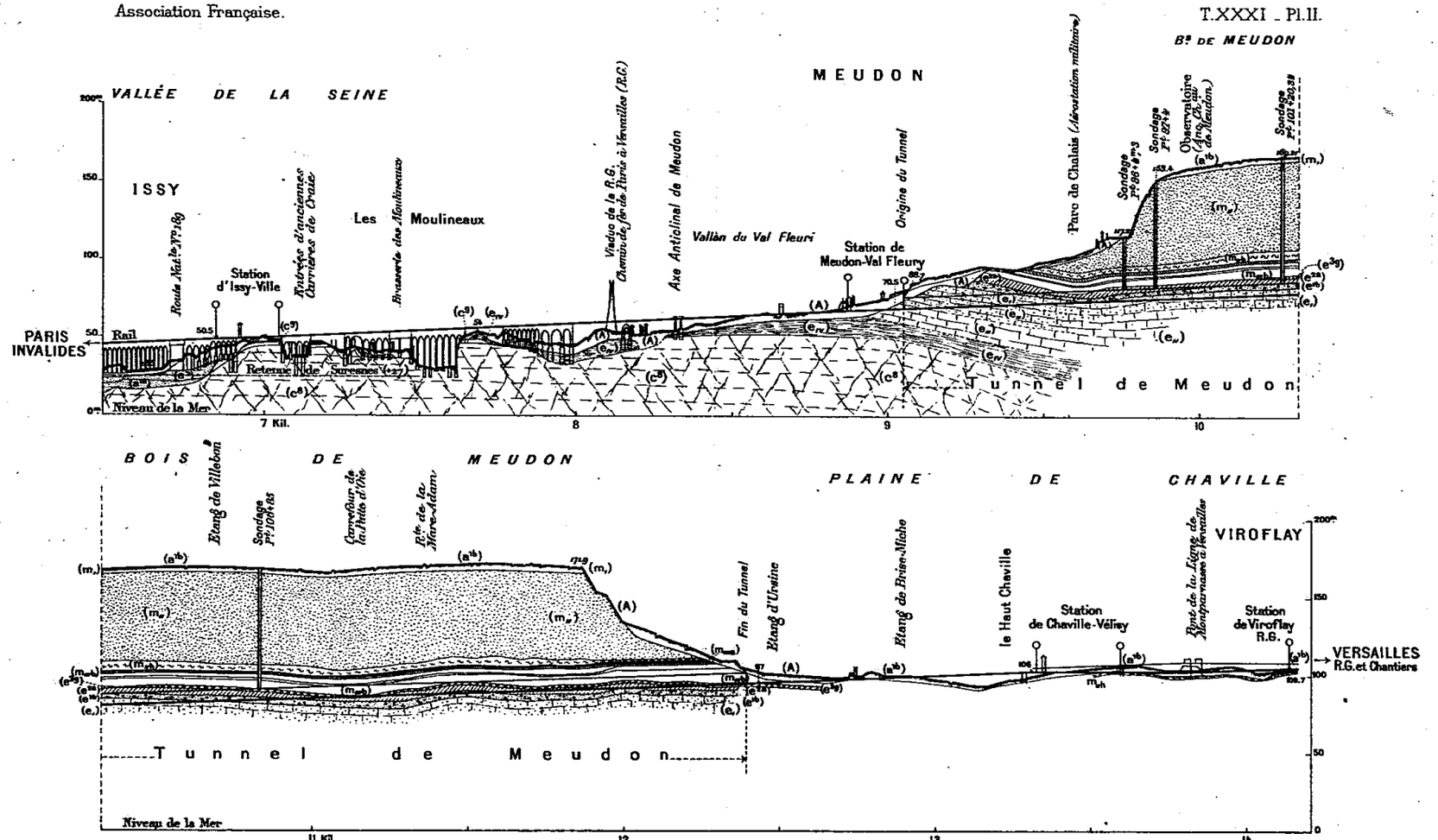

Fig. 2

$p = 3$




M. ED. COLLIGNON. — COURBES ISOCYCLOTOMES

Paris. — Imp. des Beaux-Arts, 36, r. de Seine.




## LÉGENDE GÉOLOGIQUE

**ÉPOQUE ACTUELLE** — *Terre végétale, Terrain superficiel*

**PLÉISTOCÈNE**

*Dépots meubles, Eboulis (A), Limons* ($a^{1b}$)

*Alluvions de la Seine* ($a^{1a}$, $a^{1}$)

**OLIGOCÈNE**

Aquitanien — *Argiles à Meulières, dites "de Beauce"* ($m_1$)

Stampien — *Sables dits "de Fontainebleau"* ($m_s$) / *Marnes à huîtres* ($m_{sh}$)

Sannoisien — *Calcaire de Brie* ($m_{se}$) / *Glaise verte* ($m_{sb}$) / *Marnes verdâtres, Marnes blanches, Marnes bleues feuilletées (Marnes supr. gypseuses)* ($e^{sup}$) ($m_{sh}$)

**ÉOCÈNE**

Ludien — *Banc de gypse* ($e^{3b}$)

Bartonien — *Marnes et Calcaires lagunaires* ($e^{3a}$) / *Sables dits "de Beauchamp"* ($e^{1b}$)

Lutétien — *Calcaire grossier, parisien* ($e_3$) ($e_4$)

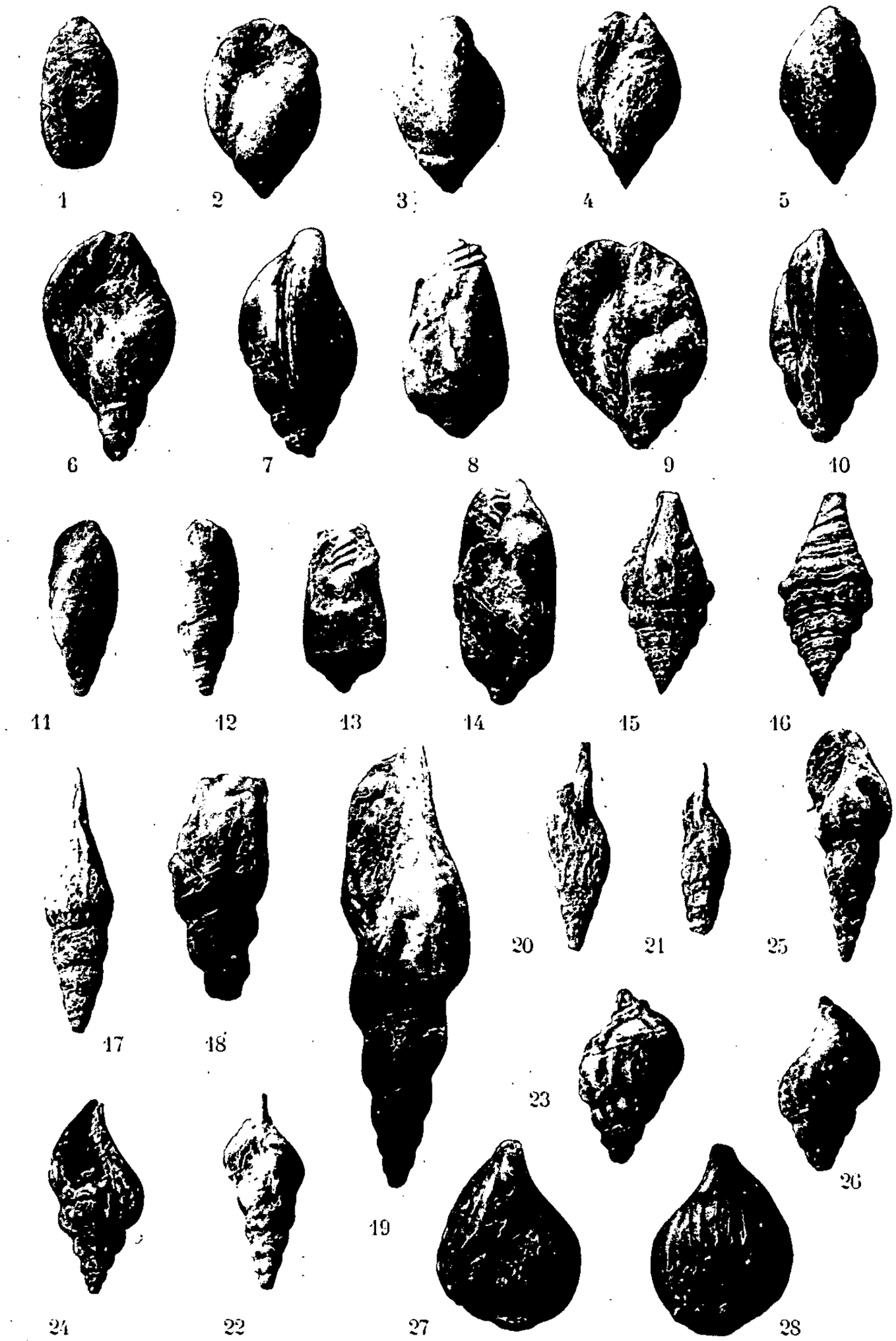
Sparnacien — *Argile plastique* ($e_2$)

Montien — *Calcaire pisolithique* ($c^5$) *(pour mémoire)*

**CRÉTACÉ SUPÉRIEUR**

Aturien — *Craie "de Meudon"* ($c^3$)

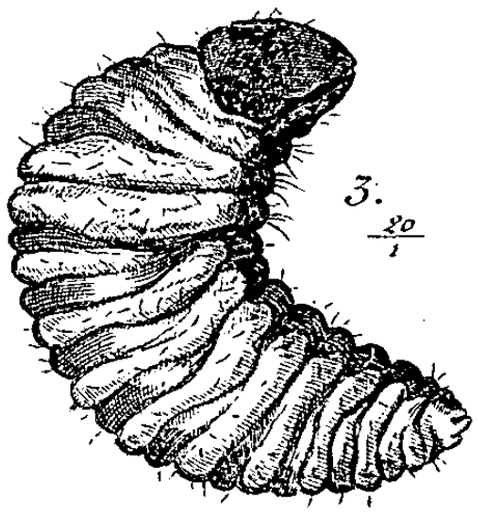
G. RAMOND et Aug DOLLOT._PROFIL GÉOLOGIQUE DU CHEMIN DE FER D'ISSY À VIROFLAY.



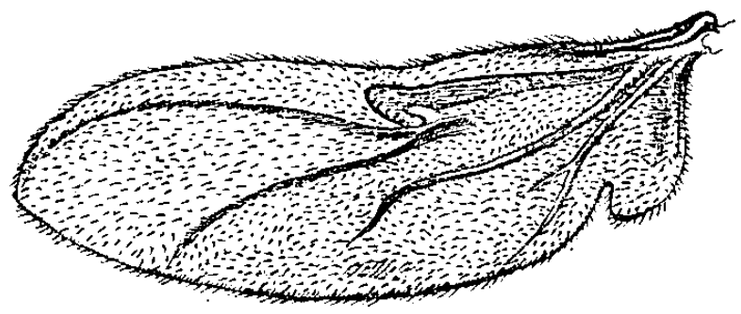

Clichés Sohier. Phototypie Sohier et Cie

# M. COSSMANN

## COQUILLES CRÉTACIQUES RECUEILLIES EN FRANCE



3. 20/1



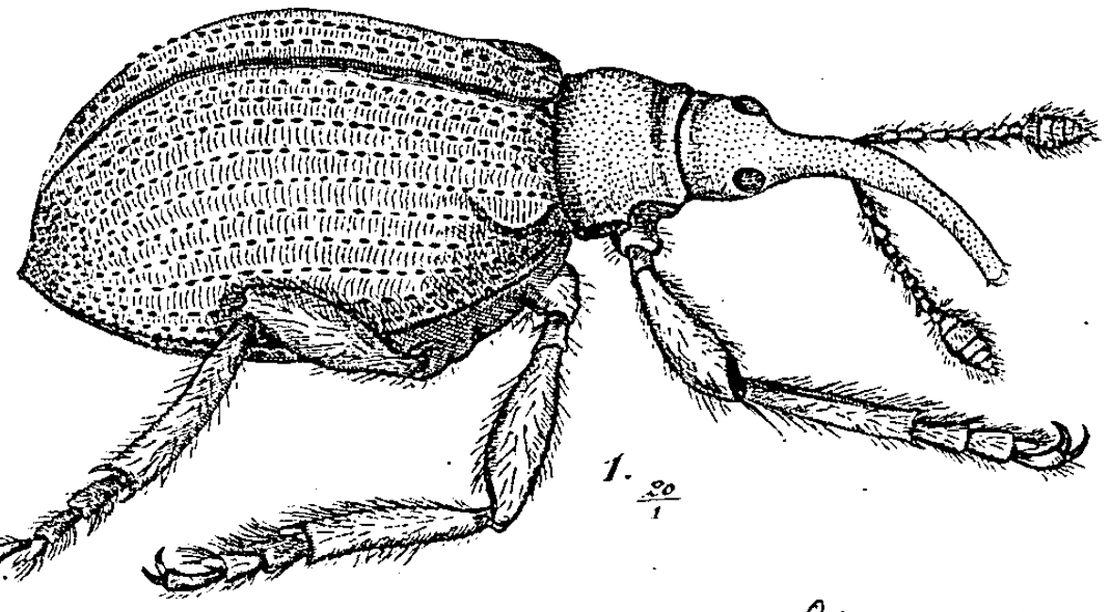
2. 16/1



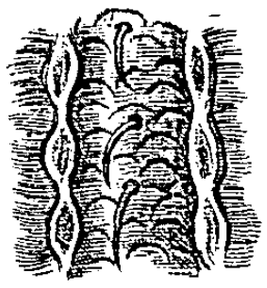
5. 10/1



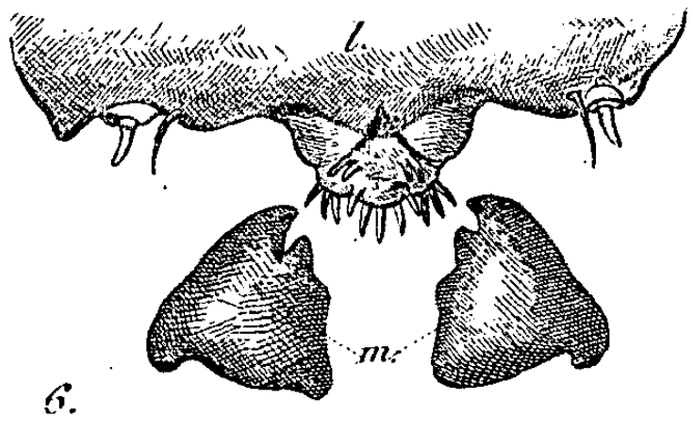
4. 80/1



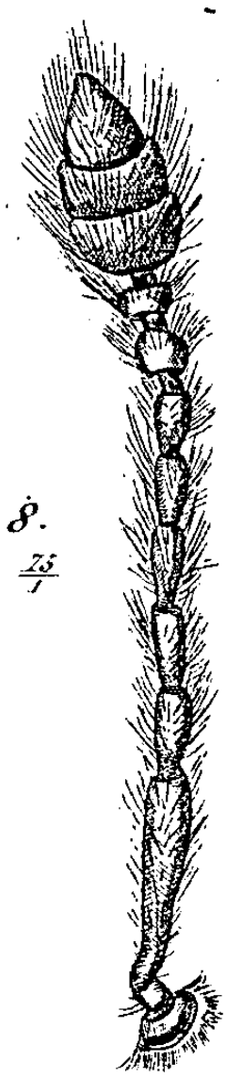
1. 20/1



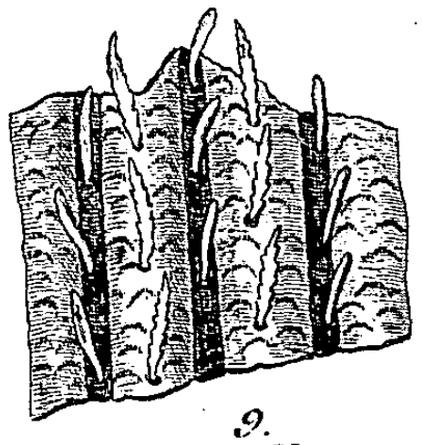
7. 100/1



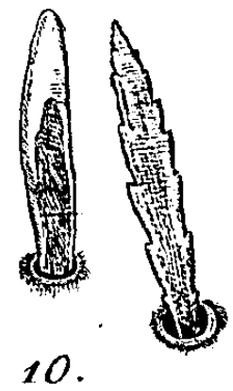
6. 100/1



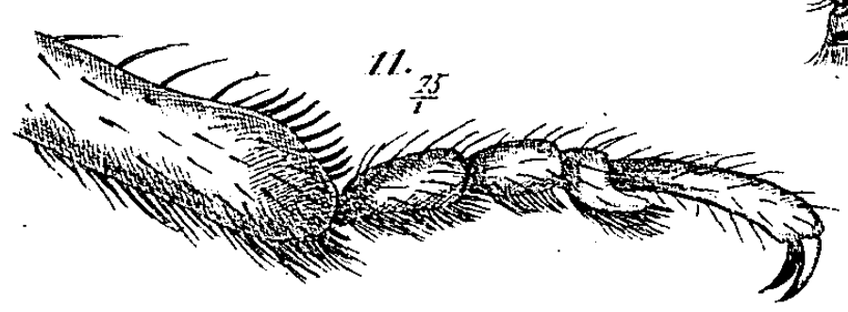
8. 75/1



9. 75/1



10. 210/1



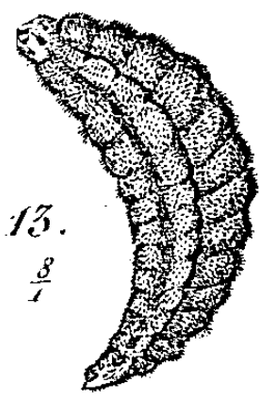
11. 25/1



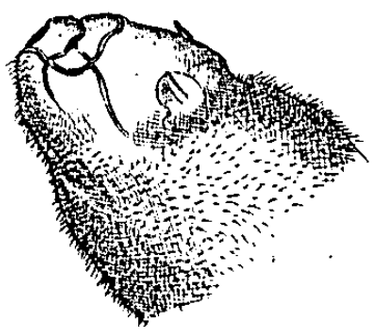
12. 8/1



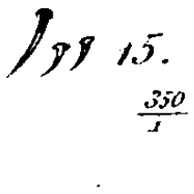
12. bis 210/1



13. 8/1



14. 50/1



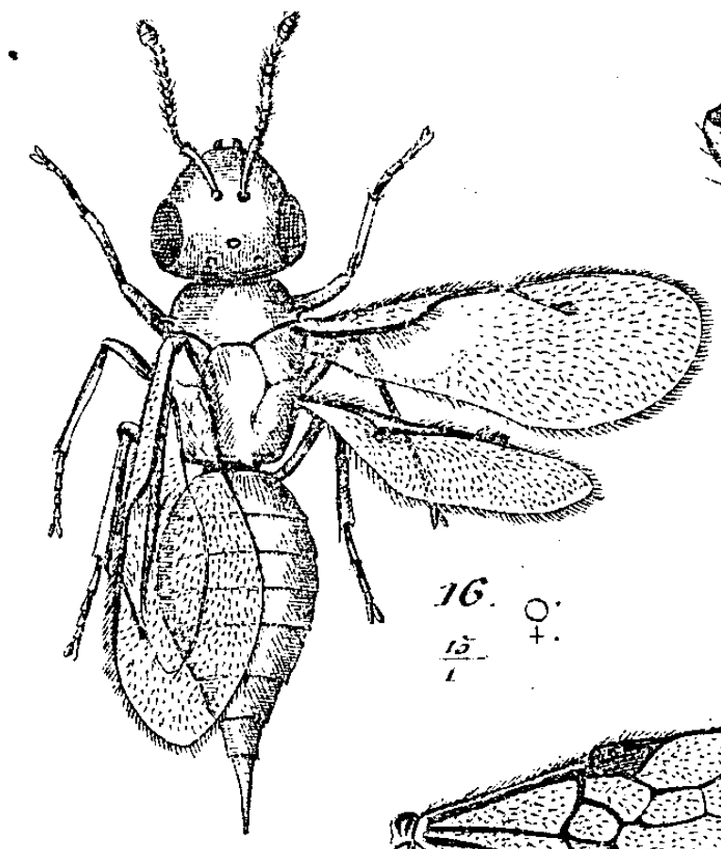
15. 350/1

IMP. DU SEMAPHORE BARLATIER. MARSEILLE

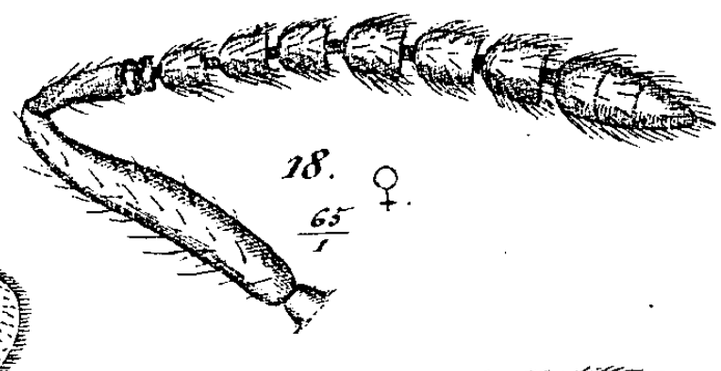
A. Vayssière del.t

*Apion cyanescens-1-7; _ Apion tubiferum 8-11.*
*Mesopolobus fasciiventris 12-15.*

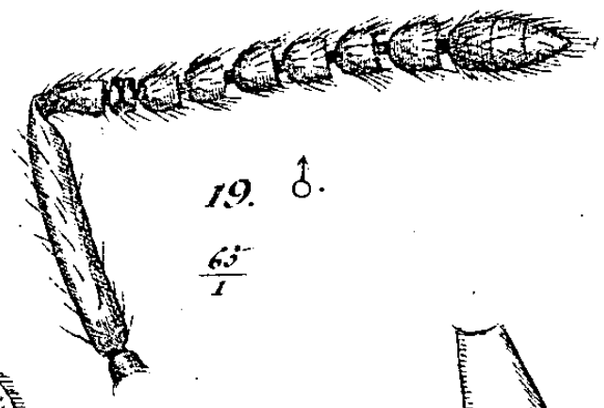
M.M. GERBER ET VAYSSIÈRE _ ZOOCECIDIES DES CISTES



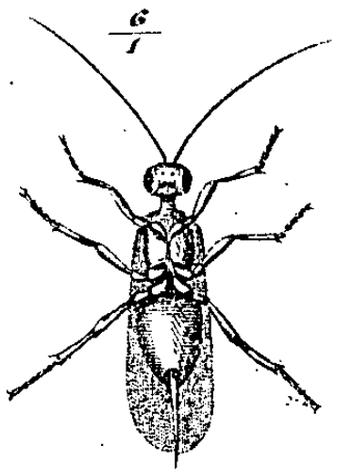
16. ♀. 15/1



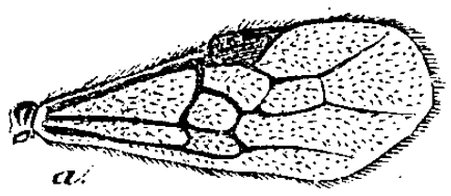
18. ♀. 65/1



19. ♂. 65/1

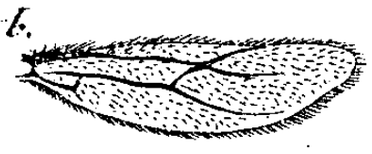


23. 6/1

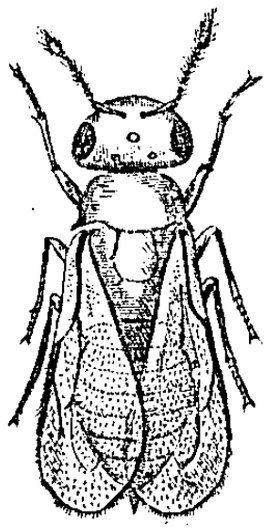


a.

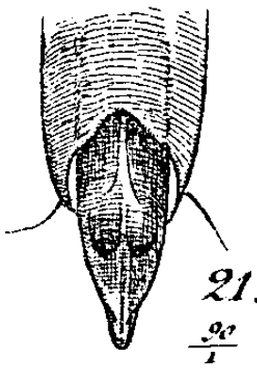
24 11/1



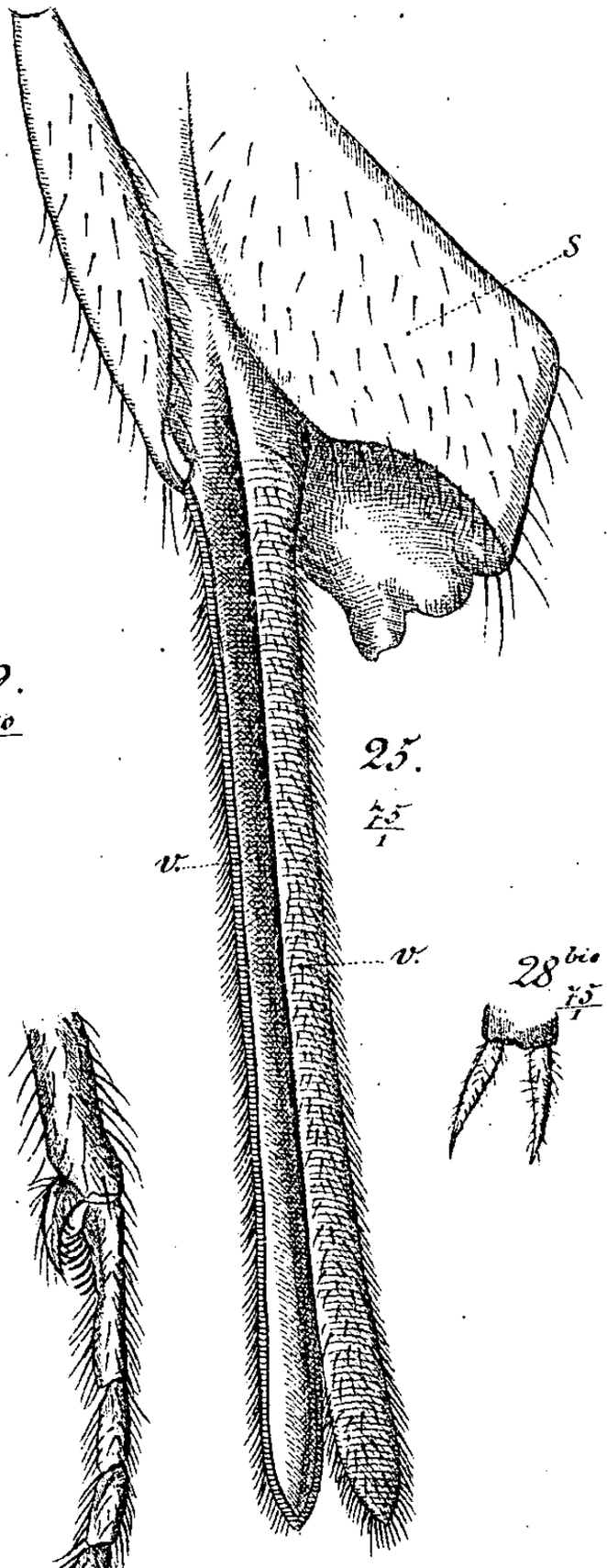
b.



17. ♂. 15/1



21. 90/1



S

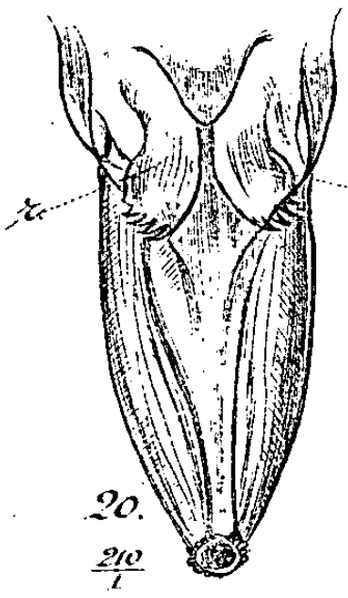
V.

V.

25. 25/1

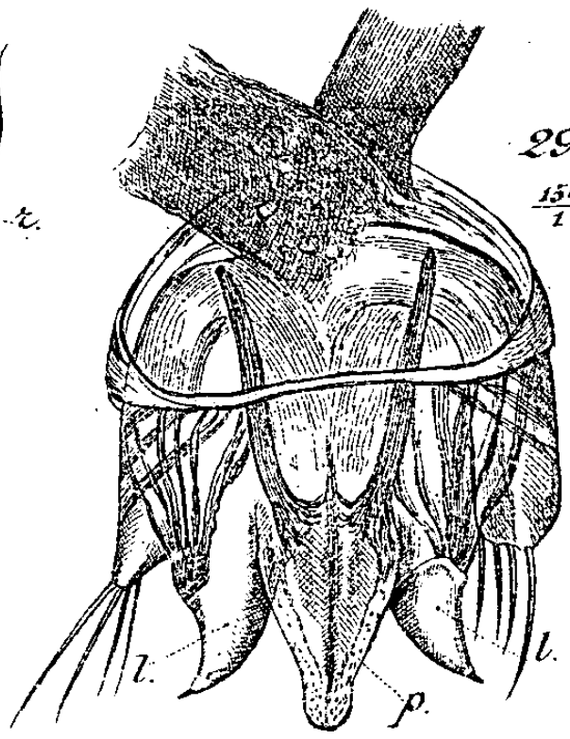


22. 8/1



r. r.

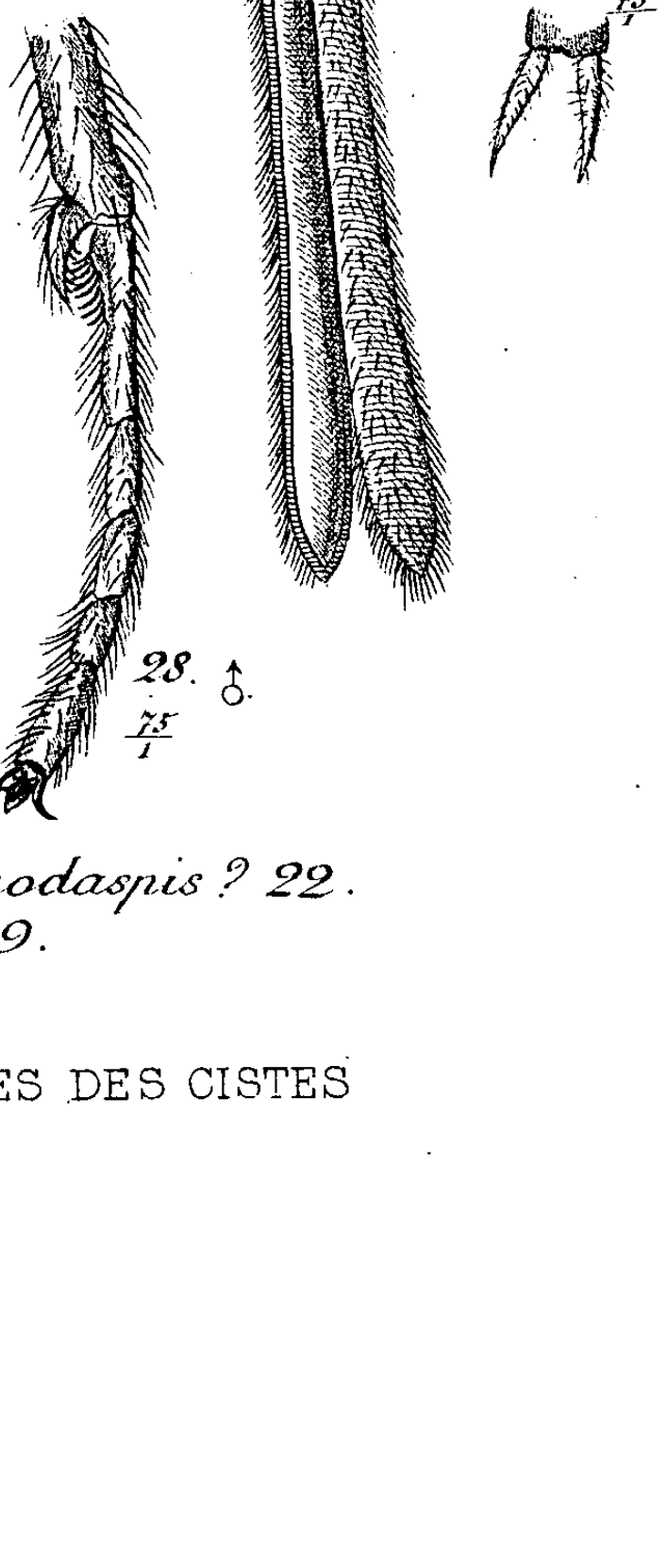
20. 210/1



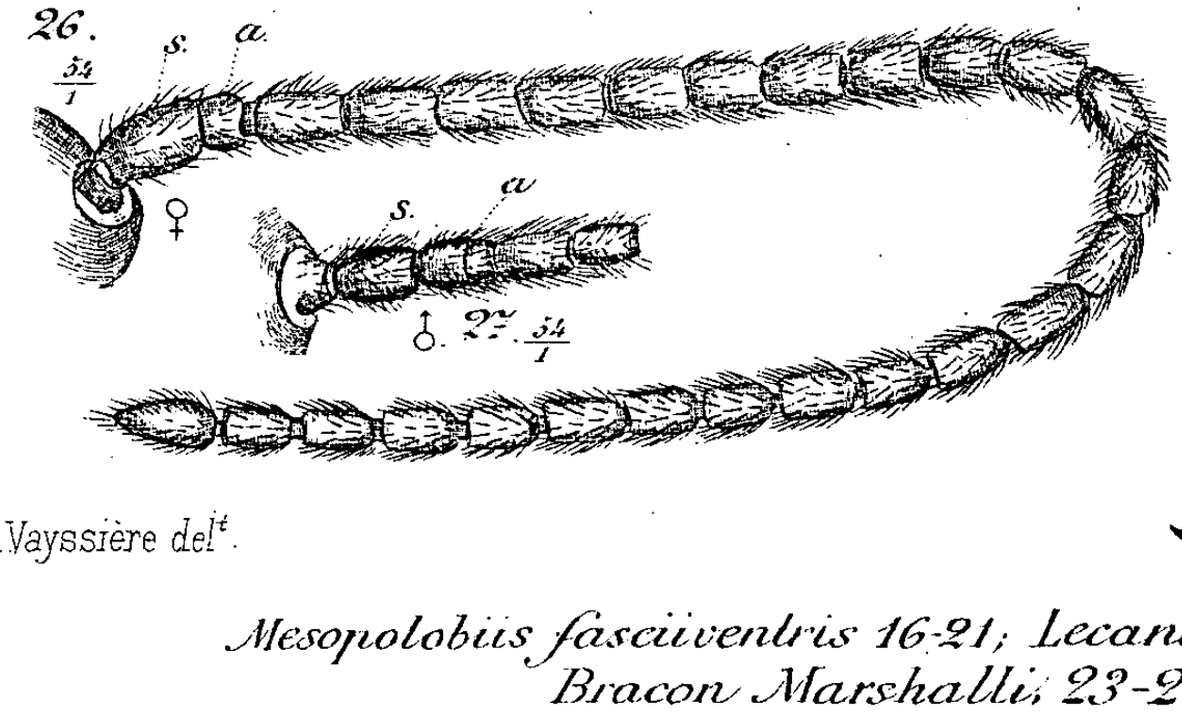
l. p. l.



28 bis 75/1



28. ♂. 75/1



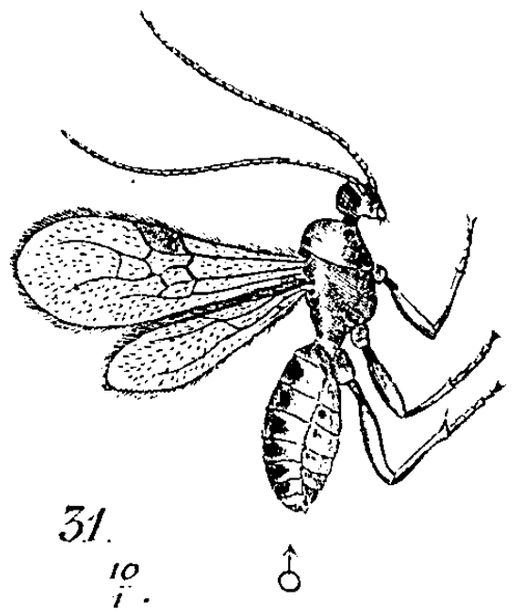
26. 54/1 s. a. ♀

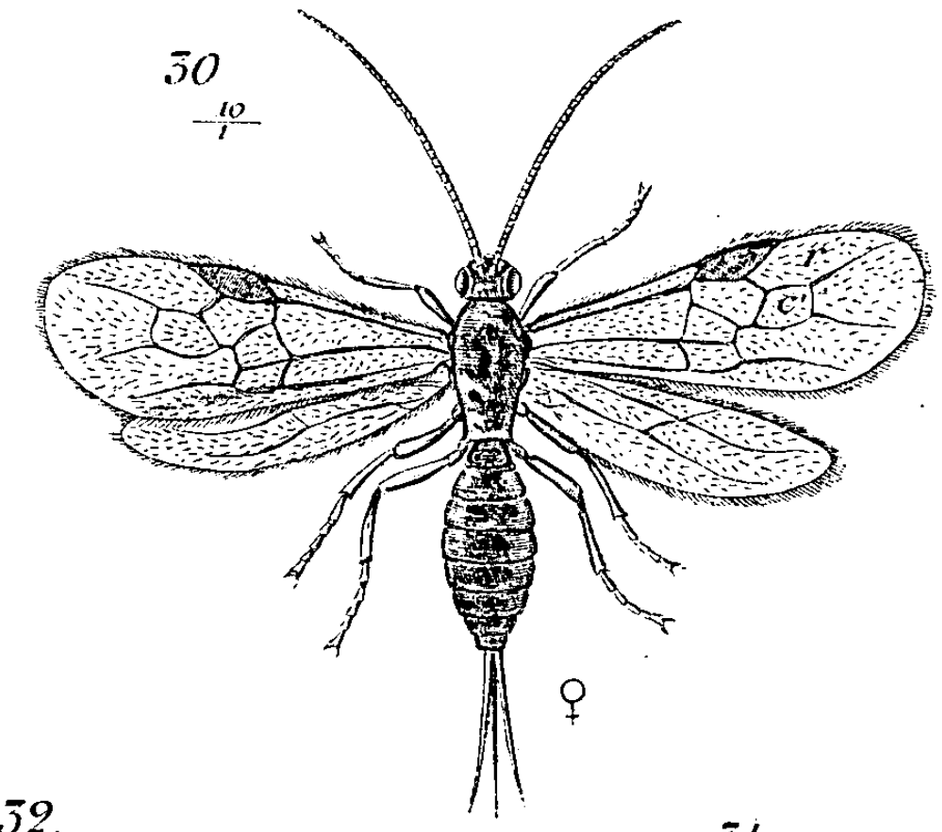
s. a. ♂. 2e. 54/1

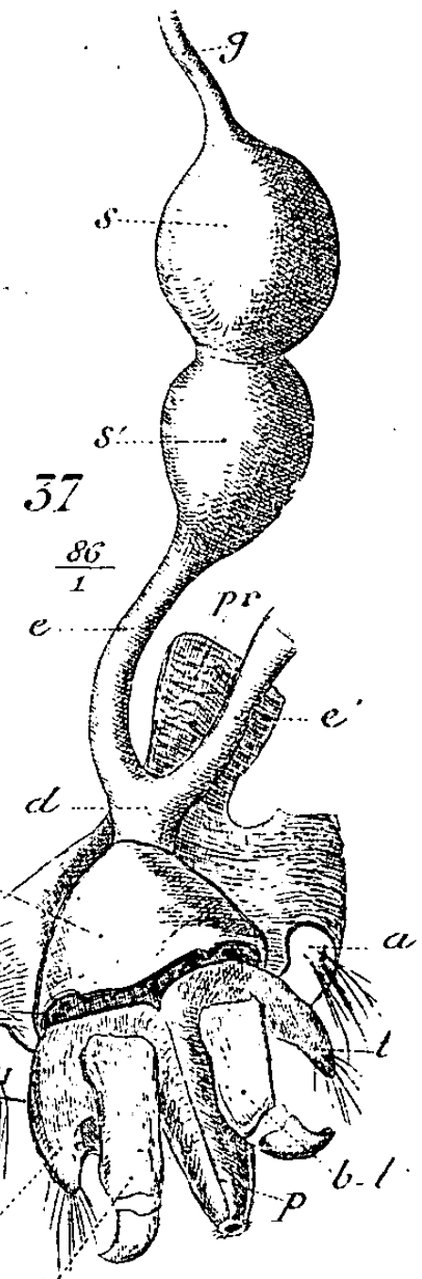
A. Vayssière del.t

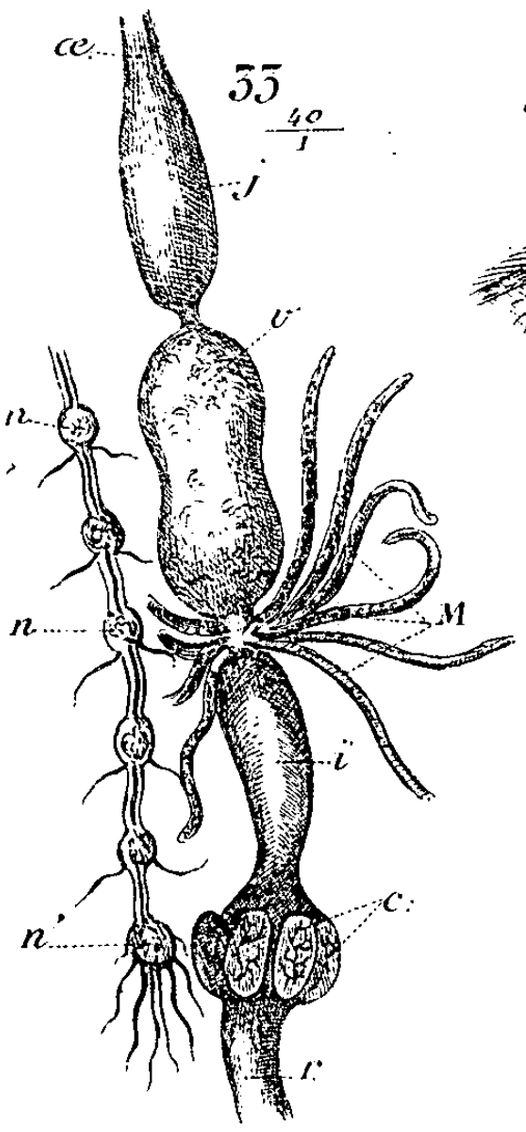
*Mesopolobius fasciiventris 16-21; Lecanodaspis ? 22.*
*Bracon Marshalli 23-29.*

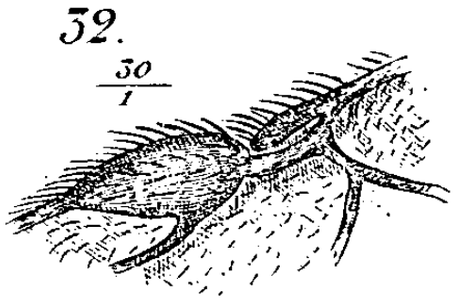
IMP. DU SÉMAPHORE BARLATIER MARSEILLE



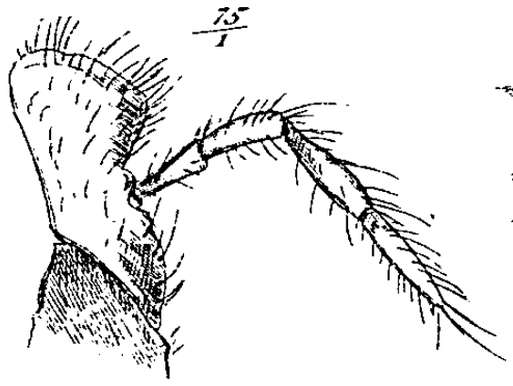



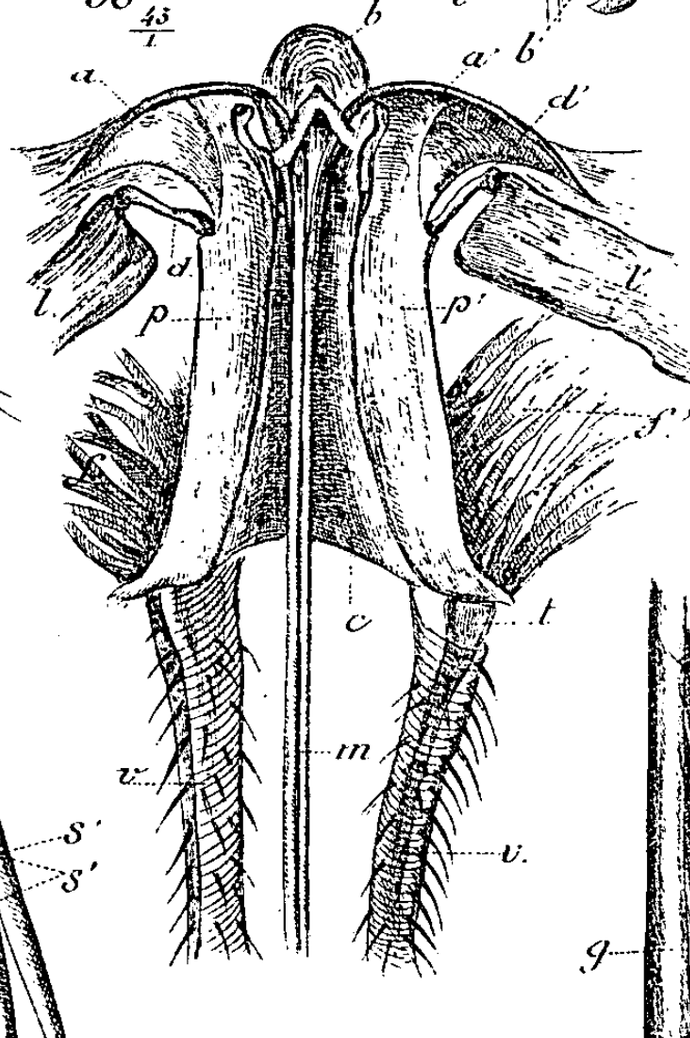



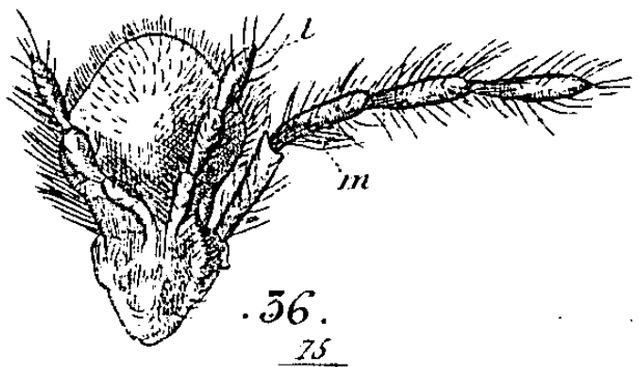



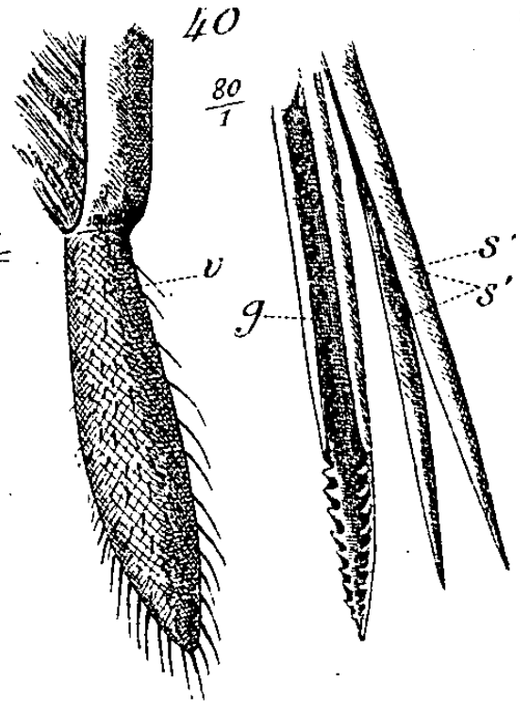


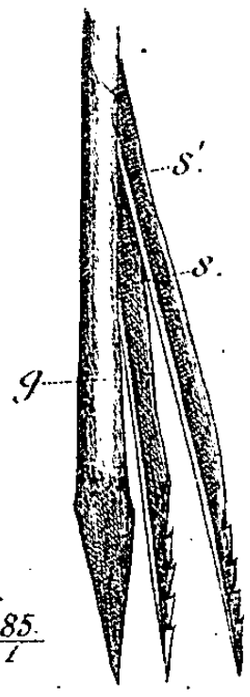




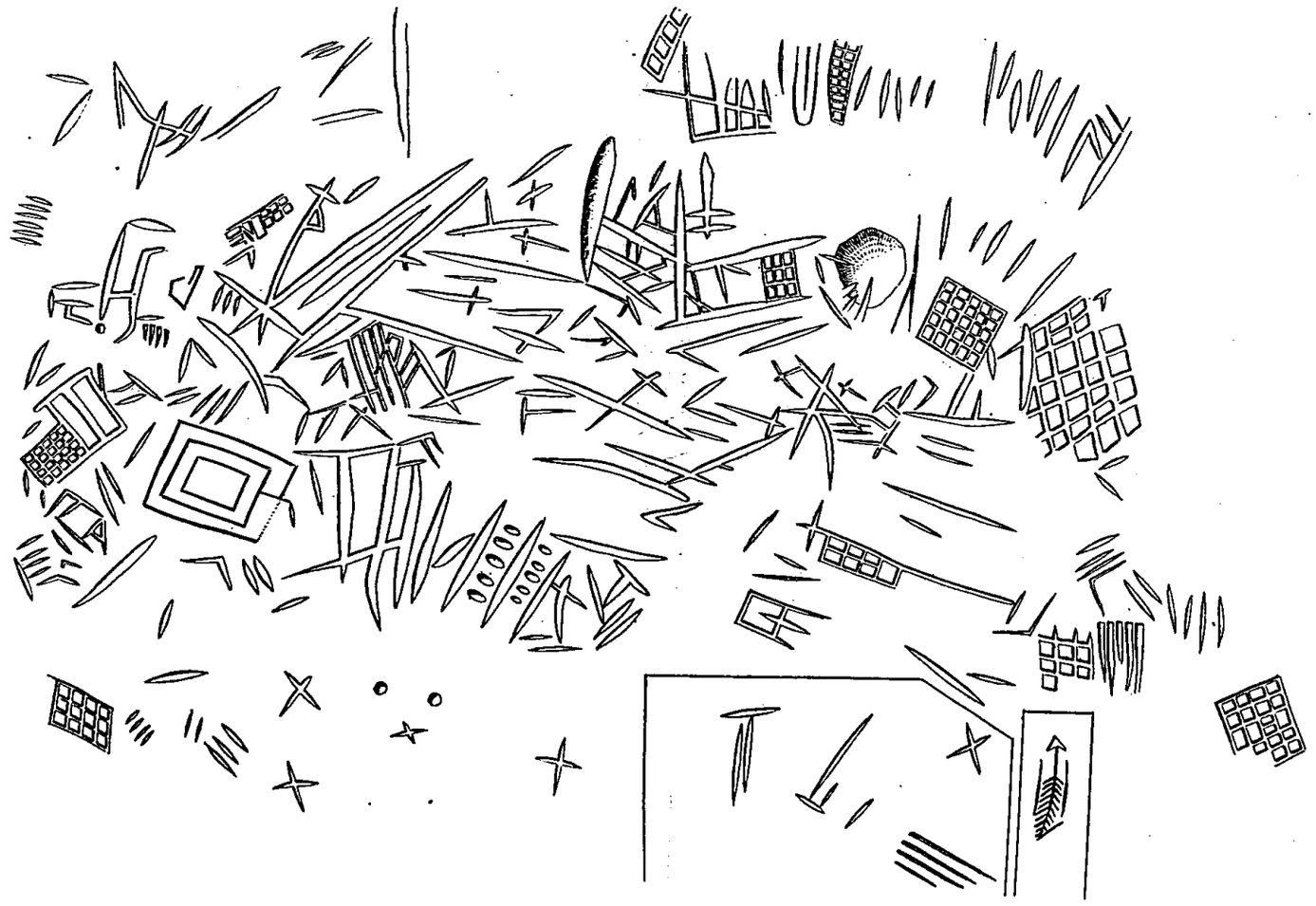




IMP. DU SÉMAPHORE HABLATIER MARSEILLE

A. Vayssière, del.

*Bracon Marshalli*, 30-39; *Mesopolobus fasciiventris*, 40.



GEORGES COURTY. — SIGNES RUPESTRES DE SEINE-ET-OISE (Bois de la Briche)

Paris. — Imp. des Beaux-Arts, 26, r. de Seine.

(Bourges)

(Clermont)

(Lyon)

## Légende Internationale des Cartes Paléoethnologiques

- Caverne, grotte, abri naturel.
- Grotte naturelle fouillée.
- Menhir naturel ou pierre dressée.
- Pierre à écuelles ou à bassins.
- Menhir dégradé.
- Menhir détruit.
- Faux menhir.
- Dolmen, allée couverte.
- Dolmen dégradé.
- Dolmen détruit.
- Faux dolmen.
- Tumulus.
- Plusieurs tumulus.
- Faux tumulus.
- Tumulus avec fossé.
- Tumulus fouillé et détruit.
- Sépulture.
- Plusieurs sépultures.
- Très grand nombre de sépult^res.
- Sépulture par inhumation.
- Cimetière par inhumation.
- Sépulture par incinération.
- Cimetière par incinération.
- Camp, enceinte, oppidum.
- Découverte d'objet isolé.
- Plusieurs découv^tes d'objets isolés
- Cinq découvertes d'objets isolés.
- Découverte d'objets réunis.
- Atelier, fonderie.
- Station.
- Alignement.
- Cromlech.

Signes complémentaires ajoutés aux signes archéologiques pour déterminer les époques de la période paléolithique.

- Chelléen .....
- Acheuléo-moustérien.
- Solutréo-magdalénien

COULEURS

- Jaune brun *Age de la pierre paléolithique.*
- Vert..... *Age de la pierre néolithique.*
- Rouge... — *du bronze.*
- Bleu..... — *du fer.*

* *Extrait de la carte au 1:320.000e publiée par le Dépôt de la Guerre.* 358

Echelles Métriques ( 1/320,000 )

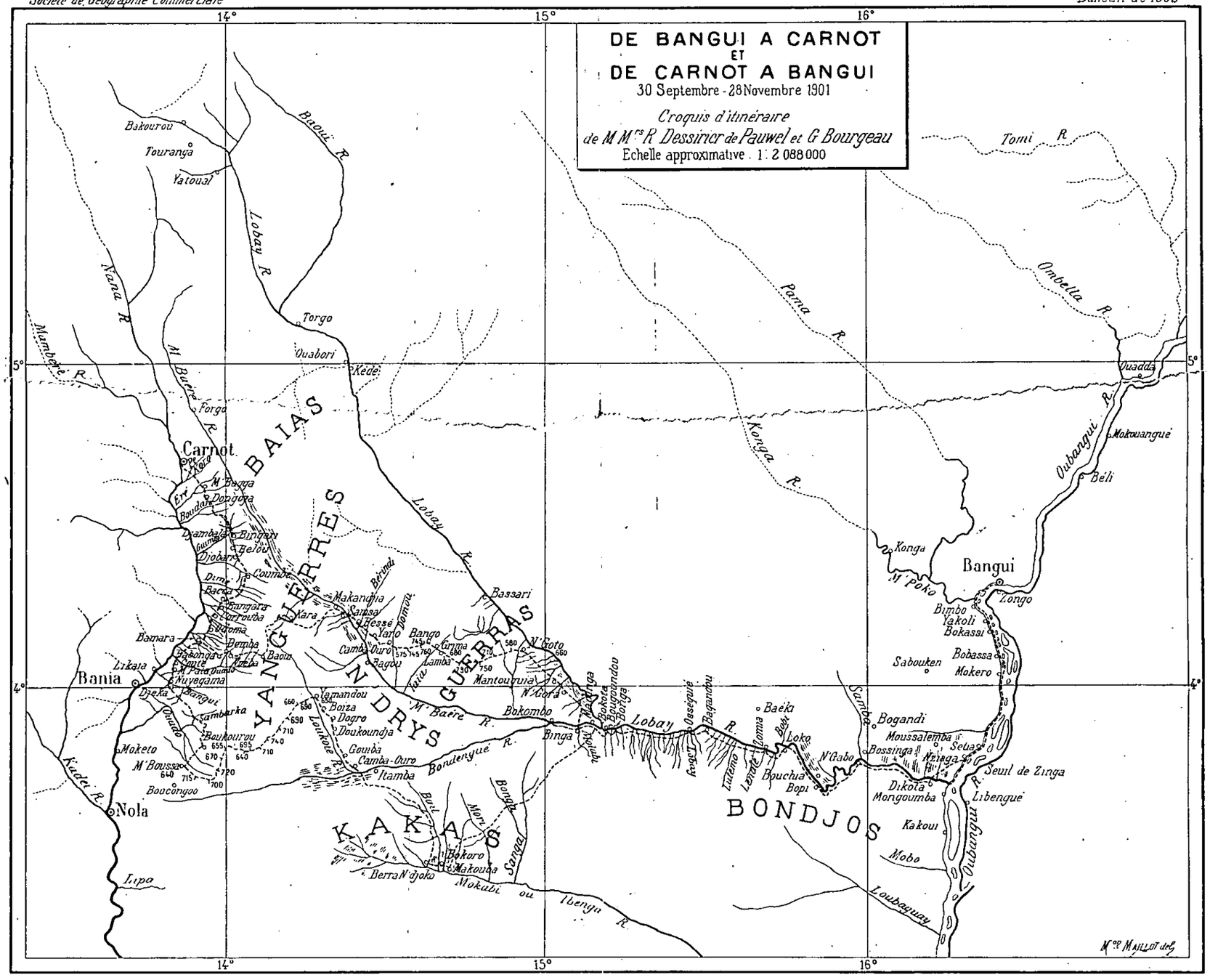
10000 5000 0 10000 20000 30000 40000 50000 60000 70000 Mètres.
Kil. 10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 Myriamètres.

Echelles en Lieues.

1 1/2 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 Lieues Terrestres.
1 1/2 0 1 2 3 4 5 6 7 Lieues Marines.

ERNEST CHANTRE et CLAUDIUS SAVOYE_Le département de Saône-et-Loire préhistorique

Société de Géographie Commerciale Bulletin de 1902




Paris. — Imp. des Beaux-Arts, 36, r. de Seine

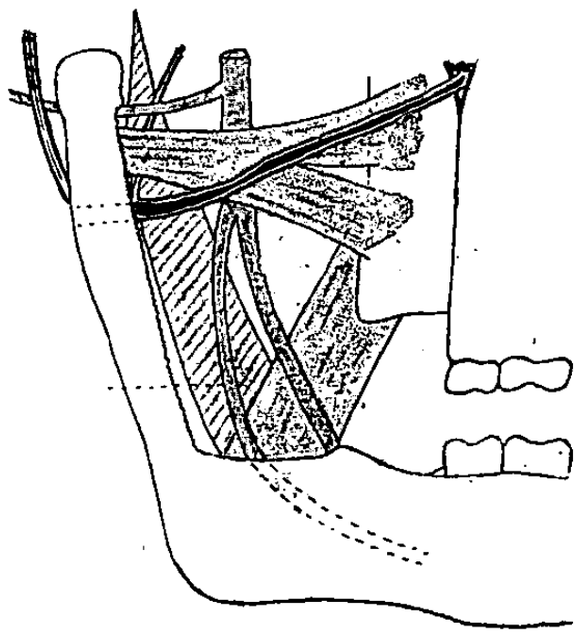


Fig. 1.

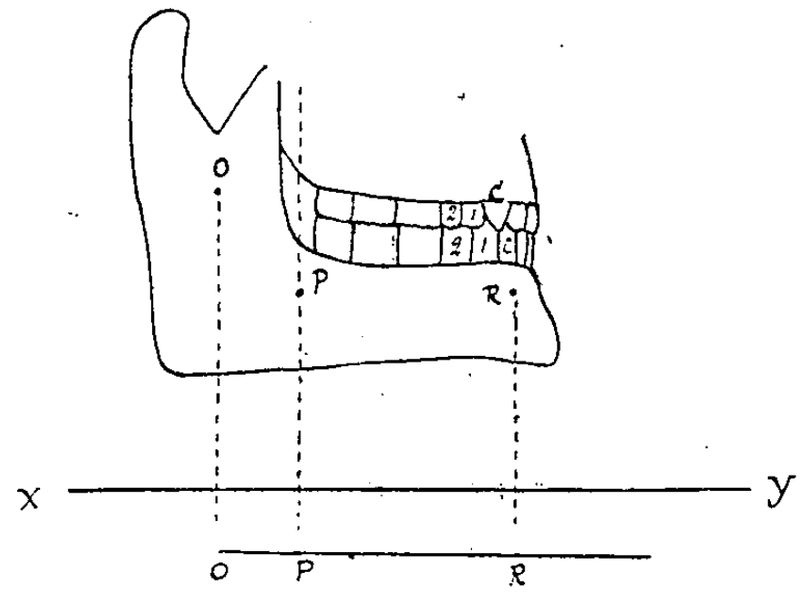



Fig. 2.

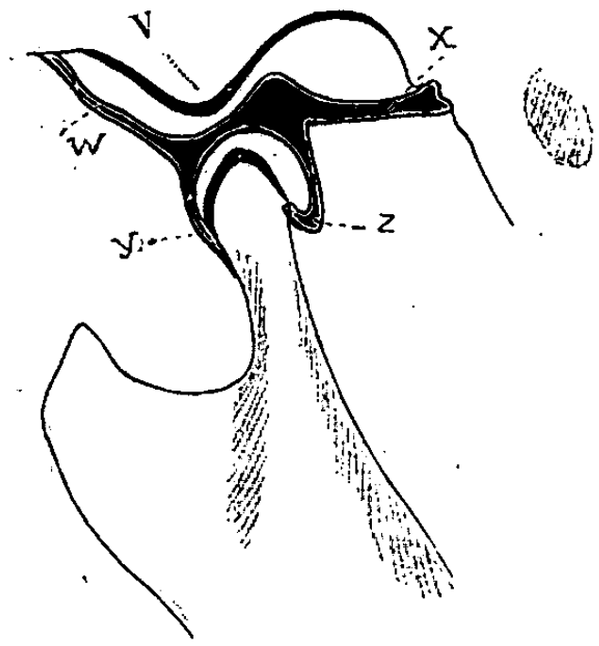



Fig. 3.

Dans l'abaissement de la mâchoire

V, Ménisque fibro-cartilagineux.
X, Frein ménisco-temporal postérieur tendu.
W, Frein ménisco-temporal antérieur relâché.
Y, Frein ménisco-condylien antérieur tendu.
Z, Frein ménisco-condylien postérieur relâché.

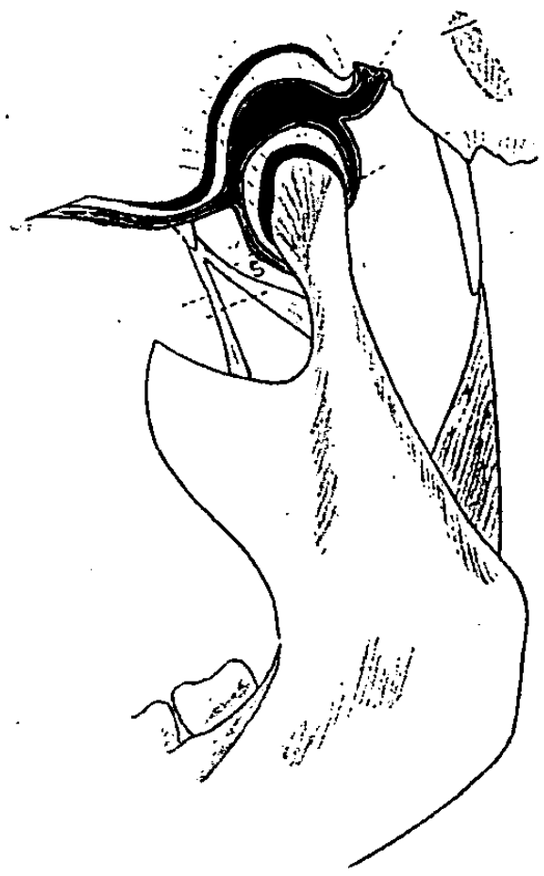


Fig. 4.

Dans l'élévation de la mâchoire.

Frein M. T. P. relâché.
Frein M. T. A. tendu.
Frein M. C. A. relâché.
Frein M. C. P. tendu.

## Dr L. FREY — RAPPORTS PATHOLOGIQUES ENTRE L'ARTICULATION TEMPORO-MAXILLAIRE ET LES DENTS

Paris. — Imp. des Beaux-Arts, 36, r. de Seine.