BIBLIOTHÈQUE DES ÉCOLES PRIMAIRES SUPÉRIEURES
ET DES ÉCOLES PROFESSIONNELLES
Publiée sous la direction de Félix MARTEL, Inspecteur général de l'Instruction primaire.

NOTIONS
DE
TECHNOLOGIE

PAR MM.

P. JACQUEMART
Ingénieur civil des Mines,
Inspecteur Général
de l'Enseignement technique.

J.-F. BOIS
Ancien Élève de l'École normale
supérieure de Saint-Cloud,
Professeur de Technologie à Lyon.

DEUXIÈME ÉDITION



BLIOTHEQUE AD
N° INS. L. 806/GR/85
SOIGNIES

PARIS
LIBRAIRIE CH. DELAGRAVE
15, RUE SOUFFLOT, 15

OUVRAGE DEBROCHE

Pages manquantes 165 a 176 - 199 a 208 - 215 a 224 - 273 a 288 - 649 & 650 - 671 & 672

Librairie **CH. DELAGRAVE**, 15, rue Soufflot, Paris

Physique (POIRÉ et DESGRANGES), les 3 années en 1 vol 3 50
Chimie (POIRÉ et DESGRANGES), les 3 années en 1 vol 3 50
Histoire naturelle, par M. BOUVIER, 1re année (Zoologie, botanique et géologie). . . . . 2 »
— 2e année 2 75
Agriculture et Horticulture, par MM. MONTOUX et LAMBERT, 1re année. . 2 » | 2e année. . 2 25
— 3e année. . . . . 2 »
Hygiène, par le Dr THOINOT 2 50
Lectures scientifiques, par M. BAUDRILLART . . . . . 2 »
Cours de langue allemande, par MM. KUHFF et MOSSIER, 1re année. 2 50
— 2e et 3e années. 3 75
Lectures allemandes, par MM. KUHFF et MOSSIER, 1re année 1 80
— 2e et 3e années. 2 50
Cours de langue anglaise, par M. A. GUILLAUME, 1re année. 2 50
Lectures anglaises, suivies de thèmes d'imitation, par M. A. GUILLAUME, 1re année. . . . 1 25
— 2e et 3e années. 2 25
Eléments de la langue commerciale (Langue anglaise), par M. A. GUILLAUME. 1 25
Cahiers vocabulaires :
— *Allemand*, par CART et JARACH, in-4° . . . . . » 90
— *Anglais*, par VERRIER et JARACH, in-4° . . . . . » 90
— *Espagnol*, par BARO, DHERS et JARACH. . . . . » 90
Travaux manuels : garçons (texte et dessins), par M. DOIN, 1re année. . 1 » | 2e année. . 1 50
— 3e année 1 50
Livre du maître, par M. DOIN, petit in-4° 1 50
Travaux manuels : filles (texte et dessins), par Mmes SCHÉFER et AMIS 2 50
Économie domestique, par Mmes SCHÉFER et AMIS 2 50

PRÉPARATION AU BREVET SUPÉRIEUR
1907-1909

LES
AUTEURS FRANÇAIS
du
BREVET SUPÉRIEUR
Textes avec Notices et Notes
Par **M. VIAL**
Professeur au Lycée Lakanal et à l'École normale supérieure d'Enseignement primaire de Saint-Cloud
Un volume in-16, cartonné . . . . . 4 fr. 50

LES AUTEURS ALLEMANDS DU PROGRAMME
Textes précédés de Notices et Annotés
Par **L.-W. CART**, Professeur au Lycée Carnot
Un vol. in-12, toile . . . . . 1 fr. 75

LES AUTEURS ANGLAIS DU PROGRAMME
Textes avec Notices et Notes
Par **A. CUILLAUME**, Professeur au Collège Chaptal
Un vol. in-12, cartonné toile. . . . . 1 fr. 25

PRÉFACE

Les *Écoles primaires supérieures publiques* fonctionnent aujourd hui conformément aux dispositions du décret du 21 janvier 1893, qui en règle l'organisation, et de l'arrêté du même jour, qui en fixe les programmes.

La circulaire ministérielle du 15 février suivant est venue en outre préciser quelques-unes de ces dispositions.

Aux termes de cette circulaire, l'enseignement des *Écoles primaires supérieures publiques*, tout en continuant l'œuvre d'éducation commencée à l'école primaire, doit être franchement pratique et utilitaire, et présenter, en ce sens général, un caractère professionnel; il doit toutefois se borner à orienter les élèves de ces écoles vers la vie pratique qui les attend, sans se confondre avec celui qui est donné dans les *Écoles pratiques de Commerce et d'Industrie* créées, elles aussi, en 1893, et dont le but est la formation réelle et effective, pour les diverses branches commerciales et industrielles, de commis et d'ouvriers habiles et instruits.

Le plan d'études des *Écoles primaires supérieures publiques* a été établi en conséquence. Après une année commune à tous les élèves, les cours se diversifient à mesure que la destination professionnelle s'accuse pour chacun; à côté des cours d'enseignement général, suivis par les élèves qui n'ont pas de carrière désignée, s'ouvrent trois sections spéciales — une section industrielle, une section commerciale et une section agricole — avec des programmes différents, appropriés aux fins de chacune d'elles. Dans les programmes des deux premières sections figurent des *Notions de Technologie*. Sous le nom de *Technologie*, on désigne aujourd'hui l'étude raisonnée des arts; c'est comme une synthèse des principes scientifiques utilisés par eux, en même temps qu'un

exposé de la manière dont ces principes sont mis en pratique; c'est en somme l'étude générale, poussée plus ou moins loin, des sciences appliquées On a pensé, avec raison, qu'à des jeunes gens dont la destinée probable est de remplir un des nombreux emplois d'ordre moyen que le Commerce ou l'Industrie offrent aux travailleurs, il est nécessaire de donner les connaissances élémentaires indispensables pour le maniement des principaux produits dont ils auront à s'occuper plus tard. C'est ainsi qu'on a été amené à établir, pour l'enseignement des *Notions de Technologie*, un programme divisé en six parties dont nous reproduisons ci-dessous les titres :

I. — *Industries extractives.*
II. — — *préparatoires.*
III. — — *de l'alimentation.*
IV. — — *du vêtement et de la toilette.*
V. — — *du logement et de l'ameublement.*
VI. — — *satisfaisant aux besoins intellectuels.*

Jusqu'à présent il n'existait aucun ouvrage qui, tout en restant suffisamment complet, résumât en un nombre de pages relativement restreint les *Notions de Technologie* prévues dans les programmes des Écoles primaires supérieures publiques; et telle est, à n'en pas douter, une des causes pour lesquelles un enseignement d'une utilité aussi évidente n'a été donné, jusqu'à présent, que dans un petit nombre d'établissements.

En rédigeant le présent ouvrage, nous avons essayé, dans la mesure de nos forces, de combler cette lacune.

Comme le lecteur pourra s'en rendre compte, nous avons suivi pas à pas le programme officiel de 1893; pour chacune des branches industrielles étudiées, nous avons condensé, autant que possible, pour les mettre à la portée de jeunes gens de treize à seize ans, les principes fondamentaux et les traits caractéristiques. Notre livre n'a d'autre prétention que de servir de guide aux professeurs qui seront chargés d'exposer, dans les *Écoles primaires supérieures publiques* ou ailleurs, les leçons de Technologie, et de permettre aux élèves de suivre leur enseignement.

Notre préoccupation constante a été de faire ressortir aussi simplement et aussi clairement que possible les principes scientifiques sur lesquels reposent les faits exposés; dans cet ordre d'idées, nous avons toujours, lorsqu'il se présentait à nous plusieurs variantes d'un même procédé, mis en évidence celle qui nous a paru le plus propre à faire comprendre ces principes.

Bien que rédigé conformément aux programmes officiels du 21 janvier 1893, le présent ouvrage n'est d'ailleurs pas exclusivement destiné aux élèves des Écoles primaires supérieures; il s'adresse également à la clientèle des *Écoles pratiques de Commerce et d'Industrie*, qui tendent à se multiplier de plus en plus sur toute l'étendue du territoire; s'ils appartiennent à une *École pratique d'Industrie*, les élèves de ces établissements y trouveront décrites, au moins dans leurs grandes lignes, les industries qu'ils étudient spécialement; s'ils appartiennent à une *École pratique de Commerce*, ils pourront y puiser des indications utiles pour l'étude des *marchandises*.

En dehors des établissements scolaires, enfin, l'ouvrage pourra rendre de réels services à toutes les personnes s'intéressant aux questions industrielles.

Pour réunir les renseignements et documents nécessaires à la rédaction du présent ouvrage, les recherches ont été longues, pénibles, entourées de difficultés de tout genre, et nous n'avons pu les mener à bien que grâce au bon vouloir des fabricants, qui tous, en considération du but d'intérêt général que nous nous étions assigné, se sont efforcés de faciliter notre tâche. Finalement, nous avons tenu à soumettre chaque partie de notre travail au contrôle des *professionnels* les plus qualifiés et les plus compétents. Qu'il nous soit permis de saisir l'occasion qui nous est offerte pour adresser le juste tribut de nos remerciements aux professeurs, aux ingénieurs, aux présidents de chambres syndicales, et aux nombreux industriels qui ont bien voulu nous aider de leur savoir et de leur expérience.

P. J. et J.-F. B.

NORMALE PROVINCIALE
d'INSTITUTEURS
à CHARLEROY

PREMIÈRE PARTIE

INDUSTRIES EXTRACTIVES

On donne le nom d'*Industries extractives* aux industries ayant pour objet *d'extraire* du sein de la terre les roches utilisables, telles que les pierres à bâtir, les combustibles minéraux, les minerais, etc. Par extension, sont considérés comme se rattachant aux *industries extractives* les travaux consistant à retirer de ces roches certains éléments qu'on veut utiliser d'une façon particulière : ainsi l'extraction de la chaux, la fabrication du coke, la préparation du fer, etc. L'exploitation des bois est elle-même rattachée à ce genre d'industrie.

CHAPITRE PREMIER

Nature, propriétés et usages des Roches exploitées.

Les *roches* sont les matériaux dont se compose le globe terrestre. Elles sont constituées par des minéraux, seuls ou mélangés. Une roche formée d'un seul minéral, comme le quartz hyalin, est une *roche simple;* celle qui résulte du mélange de plusieurs minéraux, comme le granit, est une *roche composée.* Les variétés de roches sont innombrables, mais toutes n'offrent pas le même intérêt, car elles sont loin de présenter le même degré

d'utilité. Les unes sont employées dans la *construction*, les autres sont des *combustibles*, d'autres enfin fournissent les métaux. Leurs autres usages sont d'une importance industrielle secondaire; les minerais qu'il est le plus nécessaire de connaître sont les minerais de fer.

§ Ier

ROCHES EMPLOYÉES DANS LA CONSTRUCTION

Sable. — Le *sable* proprement dit n'est autre chose que de la *silice*, ou *quartz*, en grains plus ou moins fins. Il est inaltérable à l'air, inattaquable par les acides usuels, et ne garde pas l'eau. Il fond à 3000°. Lorsqu'il est très pur, ce qui est rare, il est blanc et âpre au toucher comme la poussière de verre. Le plus souvent, il est mélangé avec de l'argile, dont il prend la couleur lorsqu'il est en masse; la couleur ocreuse est celle qu'il affecte le plus souvent. Il peut aussi être mêlé de calcaire en poudre, de mica en paillettes, etc. Les usages du sable sont extrêmement nombreux. Il entre dans la composition des mortiers, auxquels il est incorporé pour en modérer le retrait; il sert à faire les tuiles, les briques, les tuyaux de drainage, les poteries; on l'utilise aussi pour recouvrir les chemins. C'est un des composants du verre. Il est également employé dans les travaux de fonderie.

Les meilleurs sables sont les sables *de rivière*. On exploite aussi des *sablières* dans des terrains d'alluvion, en différents endroits, comme aux environs de Paris. Ces sables, dits *de carrière*, sont toujours plus ou moins terreux.

Grès. — Le *grès* est une roche formée par du *sable* agglutiné. Le ciment qui en relie les grains est tantôt de la *silice* amorphe, tantôt du *calcaire*, tantôt de l'*argile ferrugineuse;* de là trois principales sortes de grès : le *grès siliceux*, le *grès calcaire* et le *grès ferrugineux*. Le premier seul est d'un usage important, car il possède toutes les propriétés du sable unies à une grande dureté. Réduit en poudre, il donne un sable excellent. Ce grès est une bonne

pierre à bâtir, dont la désagrégation à l'air est très lente, et la perméabilité à l'eau presque nulle. Les qualités les plus fines fournissent les *meules à aiguiser*. Certaines variétés servent à faire des pavés. Les grès les plus estimés sont le grès rouge des Vosges, le grès rouge Permien de Russie, les grès de Fontainebleau, etc.

Pierre meulière. — La *pierre meulière* est de la silice amorphe, à structure un peu vitreuse. Elle est colorée en brun par des oxydes métalliques qui s'y trouvent en petite quantité. Elle est plus ou moins caverneuse, et d'une dureté très grande. Elle se lie très bien avec le mortier, et sa porosité est nulle. Elle constitue une excellente pierre à bâtir pour les fondations, les voûtes de caves et toutes les parties exposées à l'humidité. Les variétés les plus fines, et surtout les moins caverneuses, sont réservées pour les *meules de moulins;* d'où le nom de cette pierre. La Beauce et la Brie sont les principales régions de France où l'on en trouve; en Islande et aux Etats-Unis, il en existe de grands gisements.

Argile. — L'*argile* est un silicate d'aluminium hydraté, provenant du dédoublement, sous l'influence de l'eau, d'un silicate double d'aluminium et de potassium appelé *feldspath*. Elle a une structure terreuse, quelquefois feuilletée; elle est grasse au toucher. Elle forme avec l'eau une pâte liante, plus ou moins plastique; cette pâte, chauffée au rouge, durcit en subissant un retrait considérable, et devient inattaquable par les agents chimiques. Blanche lorsqu'elle est pure, elle est le plus souvent colorée par des matières étrangères, qui en altèrent aussi les autres propriétés; tels sont les oxydes de fer ou de manganèse, le calcaire, la magnésie.

On distingue les *argiles plastiques*, infusibles aux plus hautes températures des foyers industriels. La plus pure de toutes est le *kaolin*, qui contient quelquefois du mica et du feldspath en poudre; c'est une roche rare, que l'on trouve surtout dans le Limousin. Elle sert à faire la porcelaine. L'*argile plastique* proprement dite est plus commune; colorée diversement, mais blanchissant au feu pour les qualités supérieures, elle sert à faire d'autres produits céramiques: faïences fines, briques réfractaires.

L'*argile à modeler* n'est pas autre chose que la précédente, travaillée par lavage et décantation.

Les *argiles figulines*, ou *terres à potier*, contiennent de la chaux et de l'oxyde de fer, qui les rendent fusibles; leur plasticité moindre les fait employer à des poteries grossières, des briques, des tuiles, tuyaux, des faïences communes et des grès cérames ordinaires. L'oxyde de fer les colore en rouge à la cuisson. La *terre glaise* est la plus impure d'entre elles.

Les *argiles smectiques*, peu fusibles, mais moins plastiques encore que les précédentes, ont la propriété de retenir les corps gras; aussi les emploie-t-on pour absorber l'huile de l'ensimage des laines et dégraisser les étoffes; pour cette opération, elles sont vendues sous le nom de *terre à foulon*.

Schistes. — Certaines argiles sont dures et forment des roches à structure nettement feuilletée. Ce sont les *schistes*. Les feuillets peuvent être détachés les uns des autres et débités en plaques. La finesse du grain et celle du feuilletage sont d'autant plus grandes que l'argile est plus pure. Le schiste le plus remarquable est l'*ardoise*. Cette roche, de couleur grise ou violacée, peut se débiter en feuillets de quelques millimètres d'épaisseur seulement. Elle est très dure, parce qu'elle contient des silicates de calcium, de magnésium et de fer, en petite quantité. Elle est inaltérable à l'air et résiste à l'action de presque tous les agents chimiques. Elle est imperméable à l'eau lorsqu'elle est de bonne qualité. Les ardoisières d'Angers, des Ardennes et de Châteaulin sont parmi les principales. On utilise l'ardoise pour faire des couvertures de maisons, des dallages, des tables, des bassins, des revêtements de murs, des tableaux scolaires, etc.

Calcaire. — Le *calcaire* est du carbonate de calcium plus ou moins pur. La structure en est tantôt terreuse, tantôt cristalline. Dans le premier cas, la dureté en est moins grande que dans le second, où elle peut aller jusqu'à permettre le polissage; mais elle reste toujours inférieure à celle de l'acier, ce qui permet de travailler cette roche, de la scier, de la tailler, de la sculpter avec une grande facilité. Elle résiste assez peu aux intempéries atmosphériques, et pas du tout à l'action des acides, qui la décomposent. La chaleur agit de même en isolant

l'anhydride carbonique, et laissant la chaux comme résidu. C'est ainsi que ce dernier produit est préparé, d'où le nom de *pierre à chaux* qu'on donne aussi au calcaire. Quand il est à peu près exempt de matières étrangères, il est blanc; dans le cas contraire, il est coloré, parfois de plusieurs teintes.

On en distingue plusieurs variétés. La *craie*, calcaire à peu près pur, le plus terreux de tous et par conséquent sans dureté, est impropre à la construction. La *pierre de taille* ou *pierre à bâtir*, généralement blanche, qui se laisse tailler à volonté, présente un grand nombre de variétés : la *pierre dure*, la moins blanche, qui se laisse scier par une scie sans dents, mais avec interposition de sable entre la scie et la pierre, et qu'on peut polir quelquefois; la *pierre tendre,* qui se laisse scier par une scie à dents; la *pierre de liais*, au grain très fin et homogène, réservée pour les parties de façade destinées à être sculptées. Le *moellon,* ou *roche de libage*, est du calcaire impur, coloré par de l'oxyde de fer, de manganèse, etc. Il a une cassure irrégulière, et ne peut être employé que pour les murs qui ne sont pas en façade, ou qui, étant en façade, doivent être crépis ou recouverts d'un enduit de ciment. Certaines variétés de moellon sont très dures, car elles ont une structure cristalline. D'autres moins impures sont transformées en chaux. Certaines pierres de taille, ou certains moellons, appelés *pierres gélives*, sont très poreux, ce qui les rend impropres à la construction, car ils conservent l'humidité, et se délitent par la gelée en hiver.

Un calcaire à grain très fin, susceptible de poli, est utilisé comme *pierre lithographique;* il est beaucoup plus fin que la pierre de taille et que le moellon.

Le calcaire est peut-être la roche la plus abondante en France et dans beaucoup d'autres pays. La craie se trouve en Champagne, près de Paris, en Normandie et dans le Boulonnais. Les diverses pierres de taille se trouvent surtout dans l'Yonne, la Drôme, l'Ain, l'Isère, le Calvados, les côtes de Meuse, la Gironde, les

environs de Paris. On trouve des moellons un peu partout. De même pour la pierre à chaux. Le Bugey, les environs de Châteauroux et du Vigan, seuls, fournissent de la pierre lithographique; l'Algérie en donne beaucoup, et la plus estimée vient de Bavière.

Marbre. — Le *marbre* est un calcaire à structure cristalline, analogue à celle du sucre. Il est très dur, susceptible d'un beau poli, et se laisse ciseler avec facilité. Certaines variétés sont pures : ce sont les *marbres blancs*, réservés presque exclusivement pour la statuaire. D'autres sont teintés par des matières étrangères : ce sont les *marbres colorés*; d'autres enfin sont veinés sur une seule teinte de fond : ce sont les *marbres composés*. Ces deux dernières catégories sont utilisées pour la décoration des murs, des cheminées, pour faire des tables, des socles de pendule, etc. Il en est de même d'autres variétés plus rares : les *marbres lumachelles*, à taches d'une couleur sur un fond d'une autre couleur; les *marbres brèches*, bigarrés par des taches anguleuses de couleurs diverses, les *marbres onyx*, colorés par des zones ondulées comme l'agate, les *marbres cipolins* où miroitent des paillettes de *mica* ou de *talc*, et *l'albâtre calcaire* qui ressemble tantôt à de l'ivoire qui serait translucide, tantôt à l'onyx.

Les plus beaux marbres viennent de l'Italie où se trouvent les célèbres marbres statuaires de Carrare, et de la Grèce. Mais la France est assez riche en marbres d'excellente qualité. Citons les lumachelles de l'Argonne, les rubanés du Nord, les gris de la Sarthe, les jaunes du Lot-et-Garonne, le blanc et le brun des Vosges, le noir des Hautes-Alpes, le rouge de l'Aude, les marbres de diverses couleurs des Hautes-Pyrénées. La Belgique fournit des marbres très employés.

Granit. — Le *granit* est une roche formée du mélange de trois minéraux : le *quartz*, le *feldspath* et le *mica*. Le premier s'y trouve en pâte incolore, vitreuse; le deuxième, en cristaux opaques, d'une couleur tantôt rose, tantôt blanche, tantôt grise (*granit rose*, *granit blanc*, *granit gris*), selon l'espèce de feldspath dont la roche est formée; le troisième, en paillettes noires ou brunes. La structure en est grenue, d'où son nom (fig. 1). Sa dureté est très grande; il résiste parfois aux outils d'acier; il est souvent susceptible d'un certain poli. En

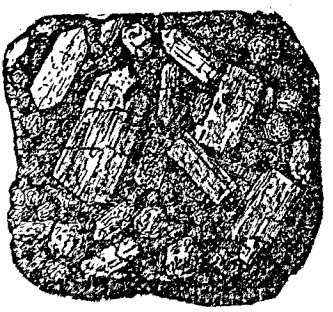


Fig. 1. — Granit.

revanche, il est altérable à la longue par les agents atmosphériques; c'est le feldspath qui en est l'élément faible et dont la désagrégation entraîne la destruction de l'ensemble. Soumis à un feu ardent, il subit une vitrification partielle. C'est une de nos meilleures pierres de construction et celle qui fournit les meilleurs pavés, les meilleures bordures de trottoirs, les meilleures assises de machines. La Bretagne, les Vosges, les Alpes et les Pyrénées sont les régions qui, en France, en contiennent le plus.

Gneiss. — Le *gneiss* est une roche composée des mêmes minéraux que le granit, mais disposés par couches minces et nombreuses, au lieu d'être intimement mêlés (fig. 2). Il est beaucoup moins dur que le granit et surtout plus altérable par l'air et par l'eau. Il est plus facile à extraire, et sa structure feuilletée le rend plus apte à faire des blocs pour murailles; on recherche les variétés les plus compactes et les blocs les moins exposés à l'air dans la carrière. Il accompagne souvent le granit, et forme en outre d'immenses gisements dans le Plateau central, la Vendée, le Cotentin, etc.

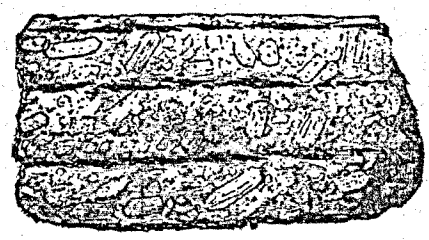


Fig. 2. — Gneiss.

Micaschiste. — Le *micaschiste* est un gneiss dont le feldspath est absent. Il en résulte que son feuilletage est plus fin, que sa dureté est plus grande et que son altérabilité à l'air, ainsi qu'à l'humidité, est beaucoup plus faible. Il est employé pour les mêmes usages. On le trouve invariablement dans les régions contenant le gneiss, qu'il recouvre toujours.

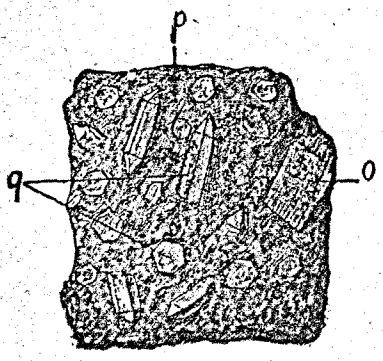


Fig. 3. — Porphyre.

Porphyre. — Le *porphyre* est une roche massive formée d'une pâte *p* de feldspath plus ou moins impur, colorée suivant les impuretés qu'elle renferme (*porphyre rouge, porphyre vert*, etc.), dans laquelle se trouvent enchâssés des cristaux volumineux de felds-

path orthose *o*, et de quartz *q*, de couleur claire (fig. 3.) Cette roche est très dure, susceptible souvent d'être polie; elle résiste assez bien à l'air et à l'eau. Elle sert comme pierre à bâtir; les belles variétés sont taillées et polies pour faire des colonnes, des pilastres, etc.

Le porphyre forme des épanchements éruptifs dans l'Auvergne, le Forez, le Lyonnais, et quelques autres régions. Les porphyres d'Egypte ont une réputation très ancienne.

Trachyte, basalte. — Ces deux roches sont d'origine volcanique. Le *trachyte* est un feldspath vitreux, avec des cristaux *d'orthose*; le basalte est aussi un feldspath contenant des cristaux de silicate double de fer et de calcium et de silicate de magnésium.

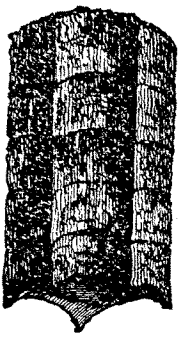


Fig. 4.
Fragment d'une colonne de basalte.

Le trachyte est dur, âpre au toucher, à cassure irrégulière, à structure grenue, et de couleur grise. Le basalte est à peu près aussi dur, mais sa structure est moins grenue, sa couleur est plutôt noire, et il se brise assez fréquemment en donnant des fragments plus ou moins dérivés du prisme hexagonal, forme sous laquelle il a cristallisé souvent lors de son refroidissement (fig. 4). Le trachyte et le basalte peuvent se tailler. Ce sont de bonnes pierres de construction. Le basalte est presque exclusivement employé à ce titre dans l'Auvergne et le Velay, qui en renferment beaucoup.

Le trachyte fondu devient l'*obsidienne*, noire ou verte, analogue à du verre. L'obsidienne boursouflée, spongieuse, prend le nom de *pierre ponce*.

Gypse. — Le *gypse* ou *pierre à plâtre* est du sulfate de calcium hydraté. Il est tendre au point d'être rayé par l'ongle; il est de couleur blanche, d'une structure généralement cristalline. Parfois, il est en cristaux ayant la forme d'un *fer de lance* (fig. 5). Réduit en poudre, il constitue le *plâtre cru*. Chauffé à 100 ou 150°, il perd son eau d'hydratation et devient alors le *plâtre cuit*, ou plâtre du commerce. On n'exploite cette roche que pour la convertir en plâtre.

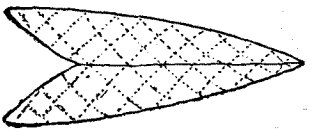


Fig. 5.
Gypse en fer de lance.

On trouve le gypse aux environs de Paris, en Provence, dans le département de Saône-et-Loire et en quelques autres points de la France.

§ II

COMBUSTIBLES MINÉRAUX

On appelle *combustibles minéraux* des roches d'origine végétale susceptibles de brûler. Elles résultent de l'accumulation de végétaux ayant subi une série de transformations chimiques, qui les ont amenés à l'état de carbone ou de composés carbonés plus ou moins purs. Cette transformation de la cellulose a lieu dans des conditions analogues à celles dans lesquelles s'opère la fermentation alcoolique. Ainsi ont été formés : les *bitumes*, la *tourbe*, le *lignite*, la *houille* et l'*anthracite*.

Bitumes. — Les *bitumes* sont des hydrocarbures *(asphaltène, pétrolène)* purs, ou mélangés avec des matières étrangères; ils se trouvent dans le sein de la terre, à différents états. Ils sont très combustibles, mais brûlent avec une flamme fuligineuse, en dégageant une odeur désagréable. Les bitumes solides sont solubles dans l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, l'essence de térébenthine, le pétrole. On croit qu'ils sont le résultat de l'oxydation du pétrole ou d'autres hydrocarbures. Le bitume solide se trouve à l'état natif sous forme de résine noire surnageant sur la mer Morte; on le désigne sous le nom de *bitume de Judée*, ou *asphalte*.

Le *malthe*, ou *goudron minéral*, ou *bitume* proprement dit, est une matière molle à la température ordinaire, presque identique au goudron de houille. Il imprègne d'autres roches, improprement appelées *asphaltes naturels*, (calcaires bitumeux de Seyssel, molasse bitumeuse de Clermont, schistes bitumeux d'Autun). On l'en extrait par fusion dans l'eau bouillante sur laquelle il surnage, ou par dissolution dans le sulfure de carbone qui l'abandonne en s'évaporant. Il sert aux mêmes usages que le goudron de houille, et comme enduit hydrofuge. Mêlé, à chaud, aux *asphaltes naturels* préalablement pulvérisés, il forme le *mastic d'asphalte*, en pains, employé avec du gravier pour la confection des trottoirs. On emploie

aussi, pour cet usage, les *asphaltes naturels* seuls, réduits en poussière par la chaleur à sec; on bat cette poussière au pilon, et elle s'agglutine par le refroidissement : c'est l'*asphalte comprimé*.

Le *pétrole* ou *naphte* se trouve dans la terre, imbibant les sables, les grès et les calcaires. On le désigne improprement sous le nom de bitume liquide; il diffère en effet des bitumes solides par l'absence d'oxygène. Il est très combustible, et prend feu même à distance, grâce aux vapeurs qu'il émet. Il est coloré du brun au vert, et répand une odeur peu agréable. On ne l'utilise pas tel qu'il est extrait du sol; on lui fait subir une distillation fractionnée, afin de séparer les divers liquides qui le constituent. De 45° à 70°, on en retire les *éthers de pétrole;* de 70° à 120°, *l'essence de pétrole* ou *gazoline;* de 120° à 280°, *l'huile légère de pétrole;* de 280° à 400°, *l'huile lourde de pétrole*. Ensuite il ne reste plus qu'un résidu non volatil, qui est le brai de pétrole.

L'éther de pétrole sert au dégraissage des étoffes; *l'essence* et *l'huile légère* servent surtout pour l'éclairage, les vernis, et l'alimentation des *moteurs* dits *à pétrole; l'huile lourde* est employée pour le graissage des machines, parce qu'elle ne donne pas de *cambouis*.

La *paraffine*, qui se sépare par refroidissement des huiles lourdes, sert après purification à rendre imperméables des étoffes, à faire des bougies translucides et à confectionner des isolants pour l'électricité.

En France on a trouvé du pétrole à Gabian (Hérault) et à Salies de Béarn (Basses-Pyrénées); il en existe à Rélizane, en Algérie. Ce liquide nous vient d'Amérique, de Russie et des Indes.

Tourbe. — La *tourbe* est une substance légère, spongieuse, à structure terreuse, d'une couleur variant du brun au noir. Elle est formée, ainsi que les combustibles mentionnés ci-après, par des végétaux terrestres à texture fibreuse, dont la carbonisation chimique est commencée, mais est encore peu avancée, au point que les brins d'herbe y sont encore visibles quelquefois, (55 à

65 % de carbone). Aussi brûle-t-elle avec assez de difficulté, donnant beaucoup de fumée, répandant une odeur âcre, et dégageant peu de chaleur. On l'utilise comme combustible ordinaire sur les lieux d'extraction; on en fait aussi des briquettes pour le même usage. Certaines tourbes servent comme litière aux animaux domestiques.

La France a de la tourbe dans la Picardie, la Bretagne et le Dauphiné. L'Islande et la Russie en contiennent beaucoup, ainsi que les rivages de la mer du Nord. La Hollande importe en France une sorte d'humus, dit *tourbe pour litière*.

Lignite. — Le lignite est un charbon léger, friable, de couleur variant du brun au noir, et où se remarquent encore des traces de végétaux. La structure est compacte; la transformation chimique est donc plus avancée que dans la tourbe (65 à 75 % de carbone); aussi brûle-t-il plus facilement. On l'emploie comme combustible dans l'Isère, la Somme, les Pyrénées-Orientales, les Bouches-du-Rhône, le Var, principales régions de France qui en possèdent.

Houille. — La *houille* est un charbon brillant, léger, friable, à structure pierreuse. Les végétaux n'y sont plus reconnaissables autrement que par des empreintes sur les roches qui enserrent les couches de houille. La transformation chimique y est donc très avancée; les hydrocarbures qui résultent de la décomposition des végétaux y sont séparés du carbone, et il suffit de la distiller pour en isoler, d'une part, le *méthane* (formène) et l'*éthane* (éthylène), dont le mélange constitue le *gaz de houille*, et, d'autre part, le *goudron* ordinaire et quelques autres produits; le résidu est du carbone pur sous la forme de *coke* et de *charbon de cornue*. La houille brûle mieux que les charbons précédents, mais en dégageant encore beaucoup de fumée et en répandant une odeur de goudron. De plus, grâce aux bitumes qu'elle contient, elle s'agglutine au feu, se boursoufle, donne une pâte dure, qui forme voûte au-dessus du brasier. On distingue la *houille grasse*, la *houille trois-quarts grasse*, la *houille demi-grasse*, la *houille quart grasse* et la *houille maigre*. La première, plus riche en matières volatiles, renferme 24 à 40 % de carbone fixe; elle se boursoufle au feu, et brûle

avec une flamme longue. Elle est excellente pour la fabrication du gaz. Les charbons gras renferment de 24 à 32 °/₀ de matières volatiles, s'agglutinent au feu, et constituent le charbon de forge par excellence ou *houille maréchale*. La houille 3/4 grasse (de 18 à 24 °/₀ de matières volatiles) constitue le charbon à coke, vu la proportion élevée de carbone fixe qu'il renferme et sa facilité à s'agglomérer dans la distillation. La houille 1/2 grasse est moins riche en matières volatiles (14 à 18 °/₀); elle se boursoufle moins et brûle avec une flamme plus courte; elle est préférée pour le chauffage domestique, ainsi que les charbons 1/4 gras qui, ne renfermant que 10 à 14 °/₀ de matières volatiles, exigent un fort tirage. Certaines houilles, contenant des pyrites, dégagent en brûlant de l'acide sulfureux et de l'hydrogène sulfuré.

La houille a été appelée très justement le *pain de l'industrie*. Comme combustible et comme fournisseur de gaz d'éclairage, de goudron, de coke, de sels ammoniacaux et de tous les dérivés de ces corps, son rôle dans le monde est primordial.

La France est assez riche en houille, et ses gisements les plus accessibles seuls sont exploités; la production annuelle dépasse 30 millions de tonnes. Le Nord, le Pas-de-Calais, la Loire, le Gard, le Morvan, le Rouergue, la Haute-Loire sont les régions qui en donnent le plus. L'Angleterre, l'Allemagne, la Belgique, l'Autriche, la Russie, l'Amérique du Nord, la Chine en possèdent d'immenses gisements.

Anthracite. — *L'anthracite* est un charbon plus dense et plus sonore que la houille; il est moins friable que celle-ci; son éclat est métallique et brillant. Il contient 93 à 96 °/₀ de carbone, et ne donne presque pas de gaz par la distillation; sa transformation chimique est donc complète. Il brûle sans flamme, ne se boursoufle pas, ne donne pas de pâte. Il s'enflamme avec quelque difficulté, mais dégage beaucoup de chaleur. On l'utilise sur de grandes grilles, avec un fort tirage. C'est un combustible de ménage et de fonderie; il ne pourrait servir pour la forge. En France, on trouve de l'anthracite dans diverses parties des Alpes, notamment à la Mure (Isère). Les charbons maigres ou anthraciteux, contenant 90 à 93 °/₀ de carbone fixe, sont souvent désignés improprement sous le nom d'anthracites.

§ III

MINERAIS DE FER

Le seul métal dont nous ayons à nous occuper ici au point de vue métallurgique est le *fer;* nous n'étudierons donc que les minerais qui le contiennent. Ces minerais, extrêmement nombreux, peuvent être répartis en trois classes distinctes : les *oxydes*, les *carbonates* et les *sulfures*. Les oxydes sont les plus répandus, et fournissent à l'industrie métallurgique son principal aliment.

L'oxyde de fer magnétique, ou *aimant,* est une roche qui contient environ un cinquième de son poids d'oxygène pour quatre cinquièmes de fer. Il jouit de la propriété d'attirer le fer, l'acier et quelques autres métaux. Il cristallise en cubes noir de fer, et donne une poussière noire. On en tire du fer de première qualité et de l'acier excellent. Sa propriété magnétique n'est guère utilisée. La France n'en contient presque pas. Les gisements européens les plus connus sont ceux de Suède et ceux de l'île d'Elbe.

A l'état de peroxyde, le fer est contenu dans le *fer oligiste* et *l'hématite rouge (oxydes ferriques).* Le premier se présente en beaux cristaux rhomboédriques irisés, en amas ou en concrétions. La seconde se rencontre en filons compacts ou terreux. Elle donne une poussière rouge, et offre différentes variétés. En poudre, elle constitue le *rouge d'Angleterre*, utilisé pour le polissage des métaux et le nettoyage de l'orfèvrerie. Mélangée d'argile, c'est *l'ocre rouge*, employée en peinture. En France, l'hématite rouge se trouve en couches dans le département de l'Ardèche et en Normandie.

L'hématite brune est du sesquioxyde de fer hydraté *(hydrate ferrique).* Sa couleur est le brun; la poussière est jaune d'ocre. Elle ne cristallise guère, et se présente dans le sol à différents états. Tantôt elle est en masses compactes, tantôt en grains, tantôt en poudre disséminée

dans d'autres roches auxquelles elle donne sa couleur *(terre glaise)*. On en tire du fer de qualité inférieure, et d'une extraction difficile à cause des impuretés qui l'accompagnent. En poudre, et mêlée avec beaucoup d'argile, elle devient *l'ocre jaune*, employée par les peintres. C'est le minerai ferrugineux le plus commun en France, où l'on en rencontre un peu partout. Les gisements exploités se trouvent en Lorraine, dans l'Aveyron, les Alpes, les Pyrénées, le Gard, la Nièvre.

La *sidérose*, ou *fer spathique*, est un carbonate de fer. C'est une roche dure, susceptible de cristalliser en rhomboèdres. On la trouve aussi en cristaux lenticulaires et en rognons. Sa couleur est le bistre clair. Elle donne de très bon fer, et de l'acier de première qualité. Le territoire français n'en contient en quantité notable que dans les Alpes et les Pyrénées. L'Angleterre en a davantage.

Le *fer sulfuré*, à l'état de minerai, comprend trois variétés principales : la *pyrite jaune* ou *martiale*, qui cristallise dans le système cubique ; la *pyrite blanche*, ou *marcassite*, qui cristallise en prismes rhomboïdaux droits, et la *pyrite magnétique*, qui se présente sous la forme de prismes hexagonaux jaune brun. Ces pyrites sont utilisées dans l'industrie des produits chimiques, où elles servent notamment à préparer l'acide sulfurique. Les résidus des traitements sont ensuite parfois utilisés pour la production d'une fonte de qualité inférieure.

CHAPITRE II

Carrières et Mines.

§ Ier

NATURE DES GISEMENTS MINÉRAUX

Les roches sont disposées dans le sein de la terre de diverses façons, qui déterminent le choix des procédés d'extraction à employer.

Les unes sont disposées en *couches*, dites *strates*, *lits* ou *bancs*. C'est ce qu'on appelle la *stratification*. Ce sont les roches déposées par les eaux qui sont ainsi placées dans le sol. Aussi les nomme-t-on *roches sédimen-*

taires ou *roches alluviales*. Tel est le cas pour le sable, le grès, la meulière, l'argile, les schistes, les calcaires, le

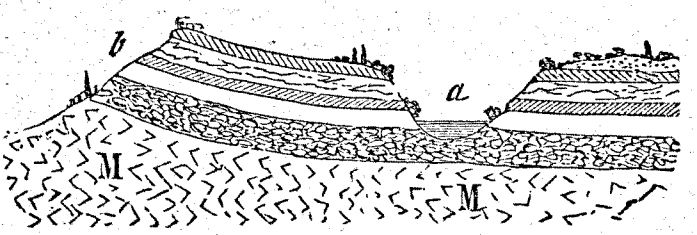


Fig. 6. — Stratification concordante. MM, roche de consolidation; *a*, ravinement; *b*, roches stratifiées.

gypse, la tourbe, le lignite, la houille, l'anthracite. Le gneiss et le micaschiste sont aussi stratifiés, non par suite de l'action de l'eau, mais parce que les minéraux qui les composent ne se sont pas solidifiés en même temps. Ces

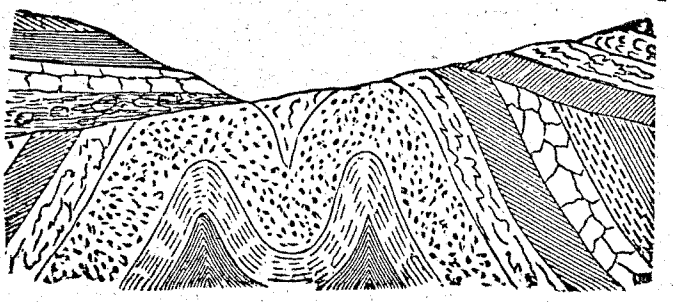


Fig. 7. — Stratification plissée.

couches ne sont pas toujours horizontales (fig. 6); elles sont le plus souvent plissées (fig. 7). Fréquemment, elles ne concordent pas avec d'autres couches adjacentes qui ne se sont pas déposées à la même époque. On les dit

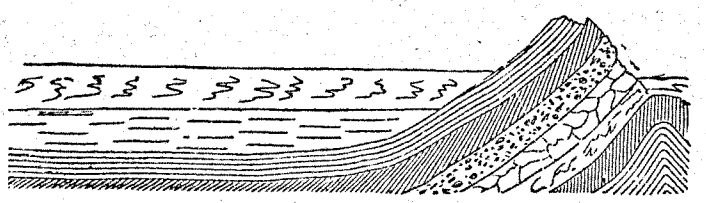


Fig. 8. — Stratification discordante.

en stratification *discordante* (fig. 8). D'autres fois, par suite de mouvements du sol, des couches qui concor-

daient primitivement ne concordent plus. On nomme *failles* ces accidents qui font glisser les terrains les uns par rapport aux autres et ne les laissent plus en coïncidence (fig. 9). On appelle *mur* d'un gîte la couche immédiatement inférieure, et *toit* le banc immédiatement supérieur.

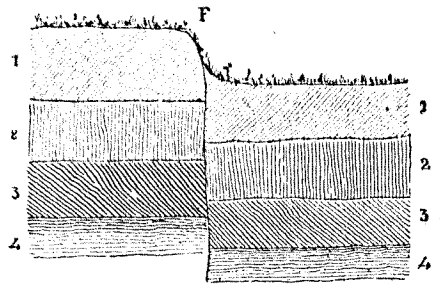


Fig. 9.
Stratification rompue par une faille F.

D'autres gisements sont en *filons*, c'est-à-dire que les substances minérales sont contenues dans des failles où elles ont été amenées de l'intérieur de la terre, soit à l'état de matière fondue, soit par sublimation, soit par dissolution. On appelle *épontes* les roches encaissantes d'un filon (fig. 10).

Les minerais métalliques constituent en général la matière utile des filons, mais cette matière est associée à des *gangues*, c'est-à-dire à des matières stériles.

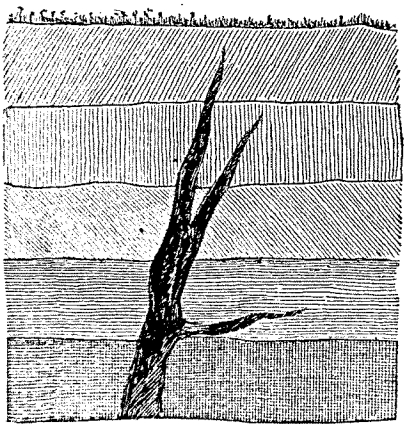


Fig. 10. — Filon.

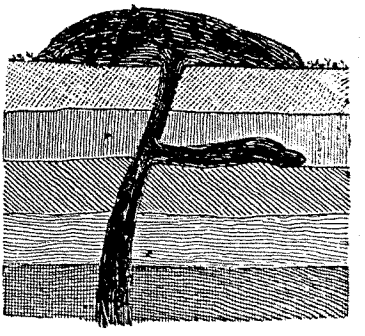


Fig. 11. — Nappes d'épanchement.

Il est enfin des roches qui se présentent en *amas*. Un amas est un gisement généralement irrégulier, qui ne présente pas la continuité et la régularité d'une couche ou d'un filon. Certains amas sont d'origine sédimentaire; les autres, comme les coulées de lave, proviennent de l'épan-

chement, soit à l'intérieur de la terre, soit à la surface du sol, de matières fondues ou dissoutes venues des profondeurs (fig. 11). On trouve quelquefois le granit en amas d'épanchement.

§ II

MODE D'ATTAQUE DES GISEMENTS

Lorsqu'il s'agit d'un gisement sédimentaire situé à la surface du sol, ou près de la surface, ou encore d'une nappe d'épanchement superficielle, l'exploitation s'en fait *à ciel ouvert*. Mais, s'il s'agit d'un filon, d'une nappe d'épanchement intercalaire, ou d'un faisceau de couches inclinées et s'enfonçant ainsi dans le sol, en un mot, toutes les fois que, pour atteindre la roche à attaquer, il faudrait enlever une trop grande épaisseur de celles qui la recouvrent, on exploite par *voie souterraine*. Il se peut qu'une exploitation, commencée d'abord à ciel ouvert, devienne ensuite souterraine : c'est ce qui arrive lorsqu'on a affaire à un gisement incliné.

Les excavations creusées pour exploiter les gisements de pierres ou roches employées dans la construction portent le nom de *carrières*, qu'elles soient souterraines ou non; le chantier lui-même porte le même nom. Les exploitations de minerais et de combustibles minéraux portent le nom de *mines*; des *minières* enfin, on extrait certaines substances déterminées, telles que les minerais de fer d'alluvion, exploités à ciel ouvert ou non, les tourbes, etc.

Les exploitations à ciel ouvert nécessitent peu de travaux préparatoires, mais il n'en est pas de même des exploitations souterraines. Indépendamment des *sondages* qui ont pu être préalablement faits pour reconnaître l'existence, la position, la profondeur et la richesse du gisement, il faut nécessairement ouvrir des voies d'accès jusqu'au gisement lui-même. S'il est situé

à une profondeur modérée et dans les flancs d'une montagne, on perce soit une *galerie de direction,* qui va re-

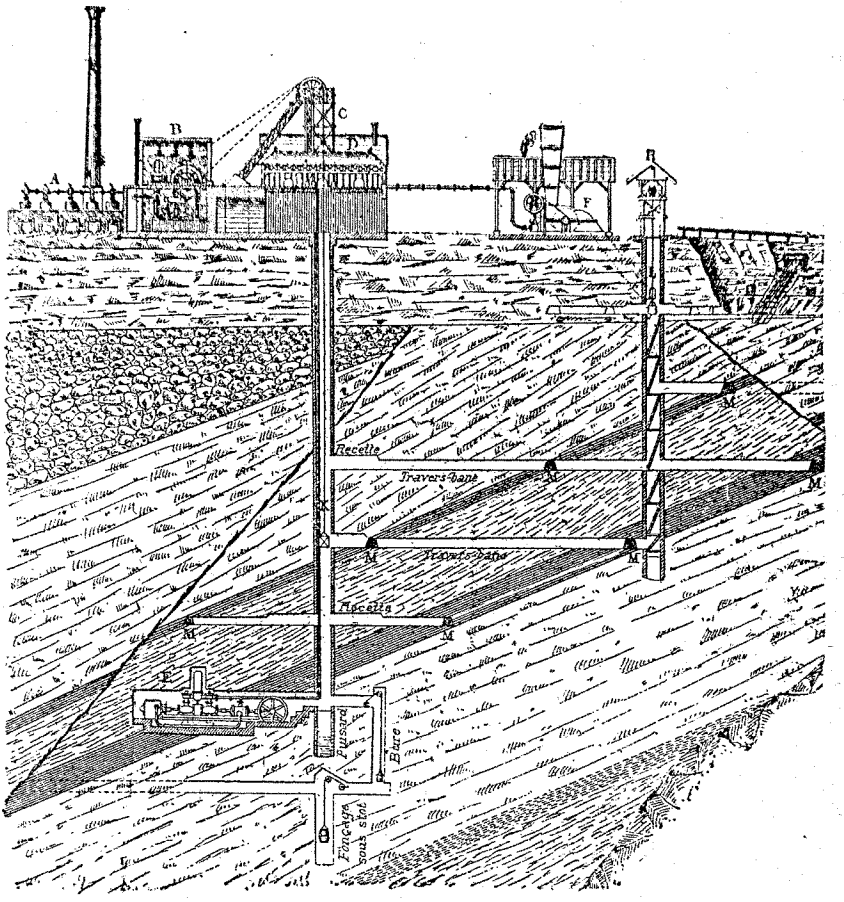


Fig. 12. — Siège d'extraction de houille.

(Coupe verticale perpendiculaire à la direction.)

A. Chaudières de l'extraction.
B. Bâtiment de la machine d'extraction.
C. Chevalement du puits d'extraction.
D. Bâtiment du criblage.
E. Pompe souterraine.
F. Ventilateur.
H. L. Puits d'aérage et de descente des remblais, avec compartiment des échelles.
I. Carrière à remblais.
K. Puits d'extraction et d'épuisement.
M. Galeries d'allongement.

connaître le gisement en le suivant dans le plan horizontal, soit un *travers bancs* horizontal allant transversalement recouper le gîte en profondeur. Ailleurs, on s'enfoncera dans le gisement au moyen d'une galerie dite *fendue*, suivant son inclinaison. Par ces diverses voies d'accès pénétreront les ouvriers et sortiront les matériaux. Une voie ferrée dans la galerie facilite le transport, du chantier d'abatage jusqu'au jour. Les wagonnets circulant sur ces rails sont traînés, soit par des rouleurs ou des chevaux (fig. 15), soit par des locomotives, soit au moyen de chaînes ou câbles actionnés mécaniquement.

Si la profondeur du gisement est grande, si son inclinaison est notable et s'il ne peut être atteint par des galeries horizontales, il faudra creuser un puits vertical K, appelé *puits d'extraction* (fig. 12); généralement un second puits L, dit *puits de retour d'air*, sera ouvert en même temps, à l'effet de procurer une issue supplémentaire aux ouvriers et pour assurer la circulation de l'air dans les travaux. L'air entrera par le puits d'extraction, passera dans les chantiers et sortira par le puits de retour d'air, muni d'un ventilateur aspirant. De ces puits partiront des galeries à travers bancs, les faisant communiquer avec les différentes couches à exploiter, et à la rencontre de chacune de celles-ci, on établira des galeries de direction et des *montages* (voies inclinées suivant la pente du gîte) qui permettront de commencer l'exploitation. La galerie située à la partie inférieure des travaux dans chaque couche est la *galerie de roulage*. Si le puits est dans le rocher, ses parois se soutiennent

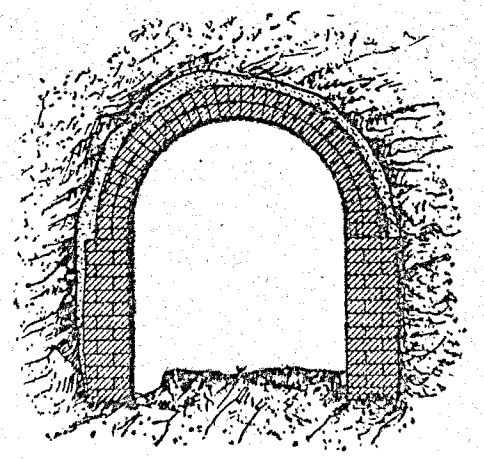


Fig. 13. — Galerie maçonnée.

d'elles-mêmes; mais, s'il est dans un terrain meuble ou peu solide, il faut les étayer; c'est ce qu'on fait avec des revêtements en maçonnerie, en fer ou en bois. Les parois et le toit des galeries ont le plus souvent besoin d'être, eux aussi, étayés. Si la galerie n'est que provisoire, ne doit servir, par exemple, que jusqu'à l'épuisement d'un chantier d'abatage, on procède à un *boisage*, formé de *cadres* et de *garnissages* (fig. 15).

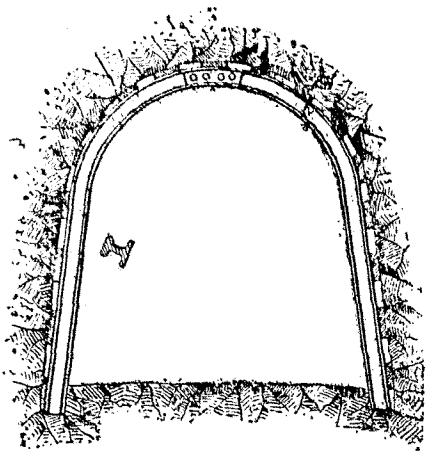


Fig. 14. — Galerie blindée.

Un *cadre* se compose d'un *chapeau*, supporté par deux *montants* auxquels on donne une certaine inclinaison, et quelquefois d'une *semelle* ou *sole* dans laquelle s'encastrent ces montants. Les cadres sont posés à peu près de mètre en

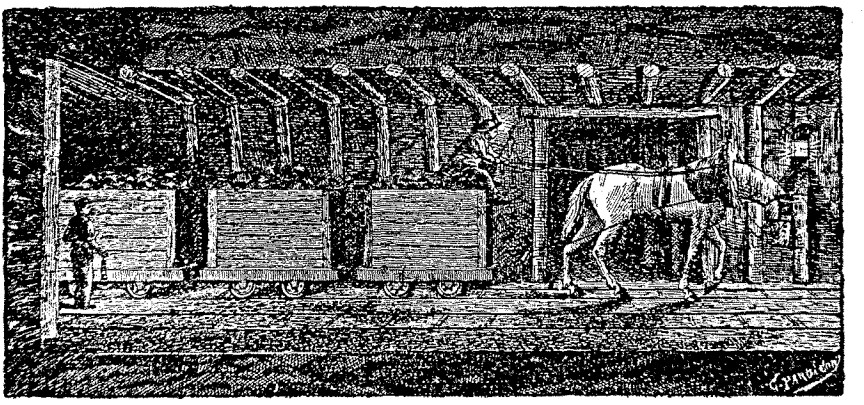


Fig. 15. — Galerie de roulage.

mètre, et des planches grossières ou des rondins garnissent les intervalles. Si la galerie doit avoir une longue durée, on la revêt de maçonnerie (fig. 13); aujourd'hui on

emplace souvent le boisage par le *blindage*, c'est-à-dire qu'on substitue le fer au bois; la figure 14 représente la coupe d'une galerie blindée au moyen de deux rails courbés et assemblés au moyen d'éclisses. Les galeries d'exploitation sont utilisées pour le roulage comme les galeries d'accès. Dans les *galeries d'assèchement* sont amassées et évacuées les eaux qui, malgré tout, finissent toujours par envahir les travaux souterrains; elles sont conduites dans un des puits, prolongé en *puisard* un peu plus bas que le niveau des galeries, où elles sont prises par une pompe.

§ III

ABATAGE DES ROCHES

L'*abatage* est l'ensemble des procédés qu'on emploie pour détacher la matière minérale de son gisement. Ces procédés varient avec le degré de dureté de cette roche, et aussi avec sa disposition. Les roches *éboulеuses*, telles que le sable, l'argile, sont simplement abattues avec la *pioche* et la *pelle*. La tourbe, qui se trouve ordinairement dans l'eau, est extraite avec un outil particulier se rapprochant de la bêche et désigné sous le nom de *petit louchet* (fig. 16). Le fer a 30 centimètres de longueur et 15 de largeur; sur l'un des côtés longitudinaux se trouve en équerre un *aileron* de même métal. Le manche est un peu plus long que celui d'une bêche ordinaire. On épuise l'eau du terrain et



Fig. 16. Petit louchet.

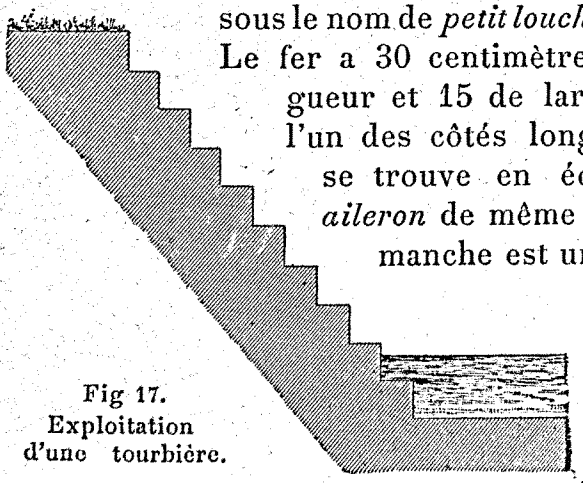


Fig 17. Exploitation d'une tourbière.

l'on ouvre ensuite une tranchée dans la tourbe; puis on continue en procédant ainsi sur toute la surface. En profondeur, on opère par entailles successives formant une série de gradins (fig. 17). Si la tourbe est immergée, on ne peut se servir de l'outil précédent, et l'on emploie le *grand louchet* (fig. 18). La forme générale du grand louchet est la même que celle du petit, mais il est muni de deux faces d'équerre, reliées, non seulement à la lame principale, mais en outre, par des tringles, à des équerres fixées au manche. Ce dernier peut atteindre 6 à 7 mètres, ce qui permet de l'enfoncer sous l'eau. On s'en sert à peu près comme de l'autre, mais sa manœuvre exige deux hommes.

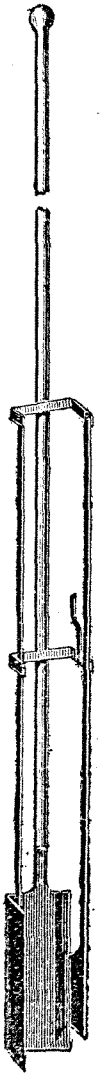


Fig. 18. Grand louchet.

Le louchet enlève ainsi la tourbe par mottes assez compactes, qu'on abandonne sur le sol pour qu'elles se dessèchent; puis on les réunit en piles. Quelquefois, la matière n'offre pas assez de consistance; on la jette alors, au fur et à mesure de l'extraction, dans de

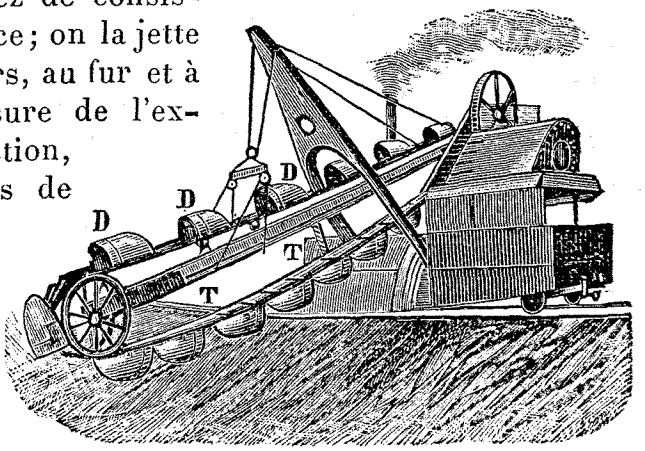


Fig. 19. — Excavateur. T, chaîne; D, godets.

grands baquets où on la piétine pour en augmenter la compacité; ensuite on la moule, pour en former des briquettes analogues aux mottes précédentes. Quand la tourbe est complètement molle et sans consistance, on

l'extrait au moyen d'*excavateurs* (fig. 19) placés sur le bord de l'eau, ou de *dragues* flottant sur l'eau même.

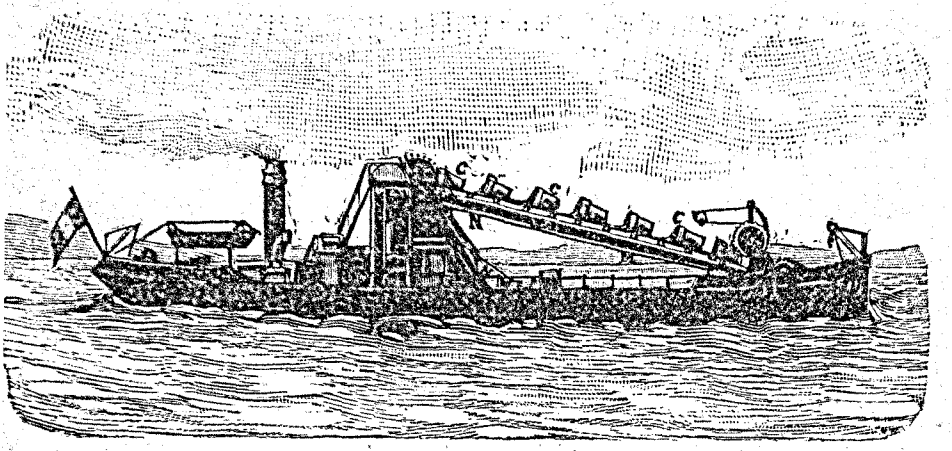


Fig. 20. — Drague. N, chaîne; C, godets.

Ces dragues servent aussi, dans beaucoup de cas, pour extraire les sables et les alluvions dans les cours d'eau (fig. 20); si on peut assécher le gisement, l'excavateur sera employé avec avantage pour le même office.

Les roches *tendres* et les roches *demi-dures*, telles que le calcaire, le gypse, la houille, sont attaquées au *pic* (fig. 21) ou avec des *pinces*, sorte de leviers. On chasse également des *coins* dans les fissures du terrain. La manœuvre du pic est analogue à celle d'une pioche. Quand la dureté croît, on emploie les *explosifs*; mais si l'on veut éviter, pour certains travaux, l'ébranlement des roches, on a recours à la *pointerolle* (fig. 22), petit outil qu'on place contre le roc, et sur la tête duquel on frappe avec une *massette*, sorte de gros marteau.

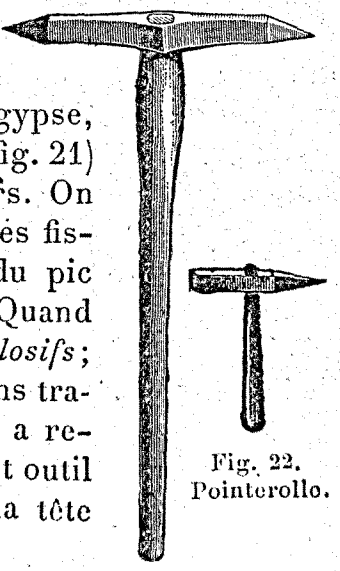


Fig. 22. Pointerolle.

Fig. 21. Pic à deux pointes.

A l'aide de ces outils d'attaque, on creuse des entailles encadrant le bloc à détacher, l'isolant en partie de la roche environnante. Avec les roches

les plus tendres, comme la houille, on se borne à faire à la base une entaille profonde appelée le *havage*, en s'aidant d'étais au besoin, pour éviter une chute prématurée. Puis à l'aide de coins chassés dans les plans de stratifications ou dans les fractures naturelles de la roche, ou par l'emploi des explosifs que l'on fera agir au voisinage de l'excavation obtenue, on fait sauter le bloc ainsi isolé. Il existe des *haveuses* qui isolent mécaniquement les blocs à abattre, mais leur emploi est assez limité.

Avec les roches *dures*, comme le granit, le porphyre, les grès, etc., et même souvent avec les roches demi-dures, on se sert des *explosifs*, comme il vient d'être dit. Après avoir fait, si c'est possible, des coupures verticales ou des havages, on fore des *trous de mine* à l'aide d'un *fleuret*, barre d'acier terminée en biseau à une extrémité et sur l'autre extrémité de laquelle on frappe avec une *masse*, lourd marteau à deux mains, tout en remuant et en faisant tourner le fleuret après chaque coup, pour éviter son coincement. Dans ce trou, suffisamment profond, et qui doit toujours être judicieusement placé, on introduit la charge d'explosif, on la surmonte d'un bourrage d'argile, et l'on y met le feu à l'aide d'une mèche ou de deux conducteurs électriques. Les explosifs employés sont la *poudre noire*, les *dynamites*. Ces dernières sont de beaucoup les plus puissantes et peuvent être employées sous l'eau. Le trou de mine peut être creusé à l'aide de machines *perforatrices* dans lesquelles les fleurets sont mus à l'aide de l'eau, ou plutôt au moyen de l'air comprimé ou de l'électricité.

§ IV

EXTRACTION DES MATÉRIAUX

Aménagement. — Les *chantiers d'abatage* ou *tailles*, dans lesquels les ouvriers travaillent à extraire la substance minérale, sont presque toujours disposés *en gradins*. A ciel ouvert, on dépouille le gisement dans le sens vertical en ouvrant une tranchée de quelques mètres de

profondeur pour en extraire la roche utile; on attaque ensuite une nouvelle zone à côté, de la même largeur, tout en continuant à approfondir la première. On continue ainsi, de telle sorte que l'un des côtés ou plusieurs des côtés de l'excavation prennent l'aspect d'un gigantesque escalier, désigné sous le nom de *gradins droits*.

Les exploitations souterraines sont aménagées autrement, et diffèrent même entre elles suivant les conditions dans lesquelles elles se trouvent. Deux cas principaux peuvent se présenter : la masse à exploiter est homogène, ou elle ne l'est pas.

Dans le premier cas (le plus avantageux, puisque les différentes parties du gisement ne sont pas séparées par des matériaux inutilisables), on procède ainsi : à partir du puits d'extraction, on creuse une galerie arrivant au milieu de la masse à extraire. De là, on rayonne en tous sens, en ayant soin de réserver des piliers de la même roche, distants les uns des autres de 5 à 10 mètres environ, suivant la solidité du toit, chaque pilier ayant d'ailleurs, comme section, des dimensions en rapport avec la résistance de la roche dont il est formé. Cette méthode s'appelle *exploitation par galeries* et *piliers*. Si la roche est d'une valeur suffisante, on enlève en totalité ou en partie les piliers eux-mêmes, à la fin de l'exploitation, mais en ayant le soin de ne les faire disparaître que l'un après l'autre, et en battant en retraite depuis les limites du champ d'exploitation, afin de ne jamais revenir dans les parties ainsi définitivement abandonnées. La méthode par galeries et piliers ne s'applique qu'à des gîtes de peu de valeur. Une telle exploitation peut être à plusieurs étages, c'est-à-dire qu'on peut attaquer le gisement à différents niveaux, chacun ayant sa galerie de roulage; mais alors les piliers des divers étages doivent être les uns au-dessus des autres, afin d'éviter les éboulements.

Dans le second cas, lorsque le gîte se présente en faisceau de couches parallèles inclinées, séparées par des

entre-deux de roches stériles, on recoupe tout le gisement au moyen de deux galeries à travers bancs superposées, l'une en relation avec le puits d'entrée d'air et d'extraction, l'autre avec le puits de retour d'air, et l'on opère l'enlèvement de la matière utile dans chaque couche entre les deux niveaux ainsi obtenus, qui forment ce qu'on appelle un *étage;* quand on a dépouillé un étage de la substance minérale qu'il renferme, on en ouvre un nouveau au-dessous dont l'exploitation commencera quand la première aura pris fin.

Dans les couches épaisses, dites *puissantes,* on remplace la matière utile par des *stériles* venus du jour, afin de limiter les mouvements du terrain de la surface, mouvements qui sont la conséquence des excavations souterraines; on dit que l'exploitation est faite par *remblais* plus ou moins complets. Le remblayage exige une dépense supplémentaire assez élevée.

Dans les couches minces on peut trouver du remblai dans le gisement même, et il peut arriver qu'on y trouve même plus de stériles qu'il n'en faut pour le remblayage à y effectuer; il faut alors extraire ces stériles hors de la mine.

Extraction proprement dite. — Pour extraire d'une mine ou carrière les roches qu'on y a abattues, on emploie divers procédés mécaniques. S'il s'agit d'une exploitation à ciel ouvert ou à flanc de coteau, on sort les matériaux par un chemin ou par une galerie de plain-pied; selon les cas, on emploie à cet effet des charrettes ou des wagonnets roulant sur rails.

Quand l'orifice d'extraction d'une exploitation souterraine est une *fendue,* c'est-à-dire une galerie inclinée suivant la pente du gîte, l'extraction se fait avec des wagonnets roulant sur rails quand la pente est faible, mais portés sur des plates-formes horizontales roulantes, si l'inclinaison croît.

Dans les carrières souterraines exploitées par puits, on installe sur le bord de l'excavation une *roue à che-*

villes ou un *manège*. La première est mue par des hommes qui grimpent sur des chevilles disposées à sa circonférence (fig. 23) comme s'ils montaient à une échelle; sur l'axe de la roue est calé le tambour d'un treuil, à la surface duquel s'enroule le câble supportant la charge à élever, de sorte que c'est le poids du manœuvre qui élève les matériaux P. Le manège (fig. 24) est mû

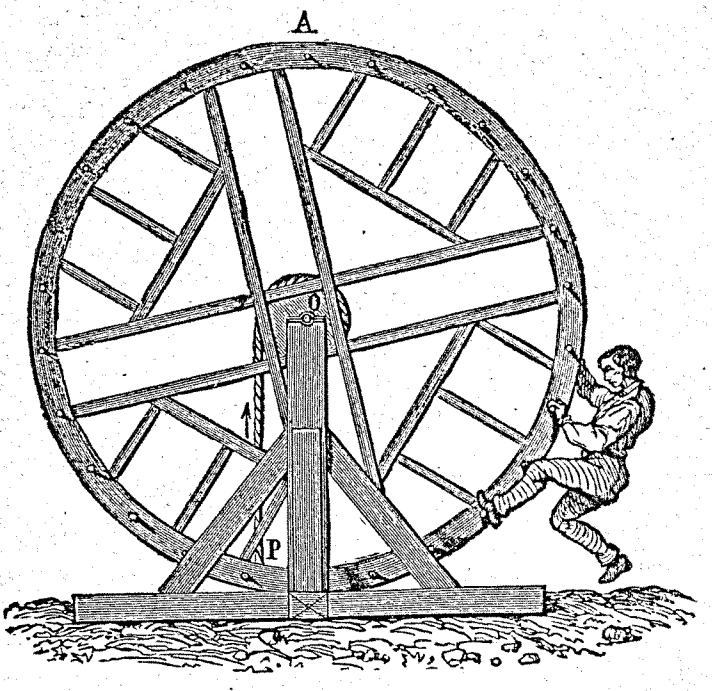


Fig. 23. — Roue de carrier.

par un ou plusieurs chevaux tournant sur une piste en entraînant un arbre vertical et des tambours fixés sur celui-ci.

On emploie également des machines à vapeur puissantes, actionnant, soit des *tambours* sur lesquels s'enroulent des câbles ronds, soit des *bobines* à la surface desquelles se superposent des enroulements de câbles plats; sur les bobines les enroulements sont opérés à la façon dont sont formés les rouleaux de rubans chez les fabricants de ces produits. Les câbles, avant de s'enrouler

sur les appareils dont il s'agit passent sur des poulies de renvoi placées à une certaine hauteur. On extrait aujourd'hui plusieurs wagonnets à la fois, en les introduisant dans une *cage*, sorte de châssis en fer, conduit dans la hauteur

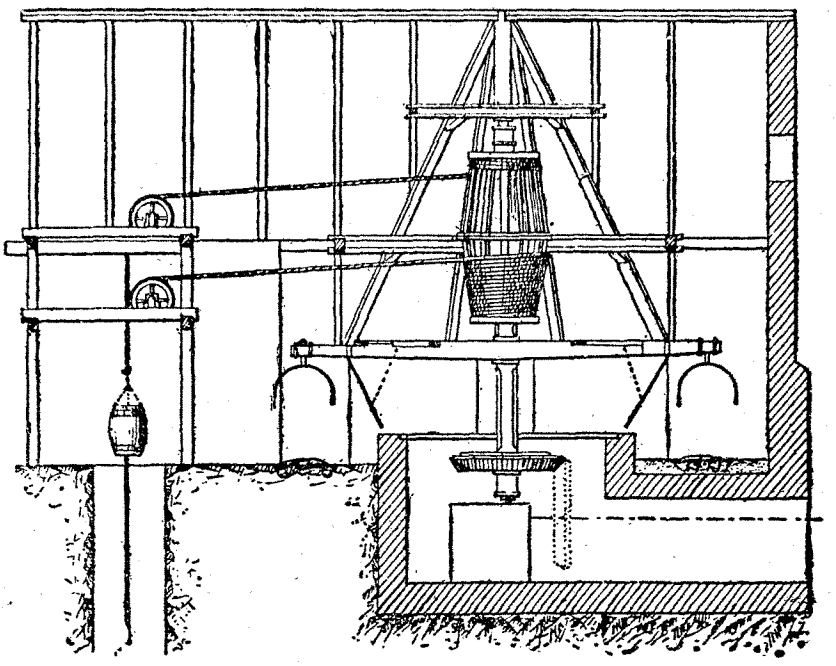


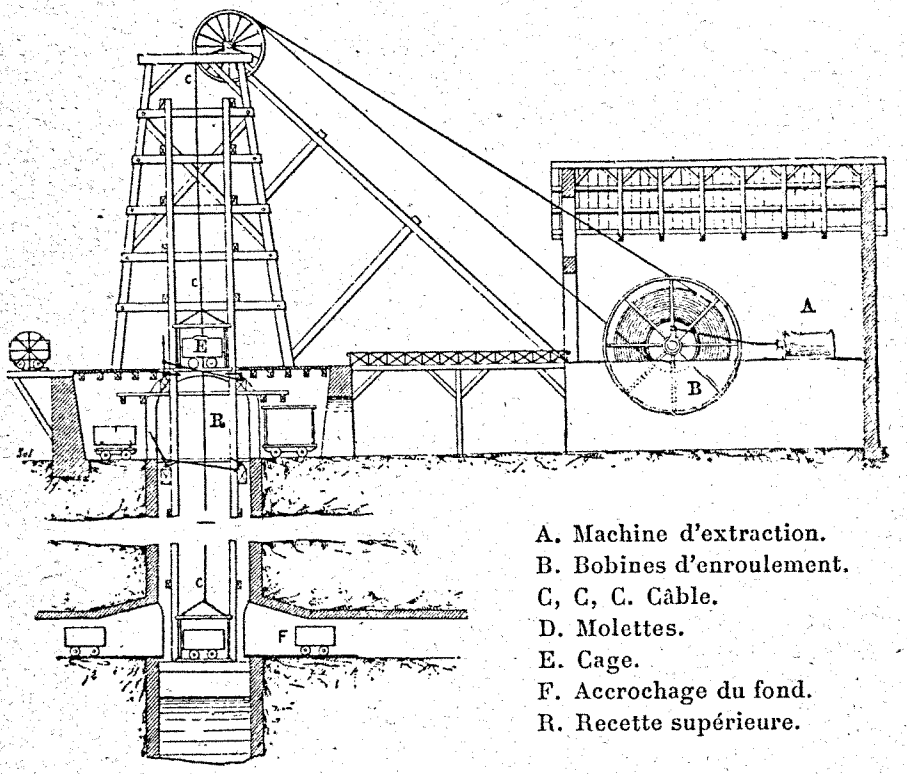
Fig. 24. — Extraction par manège.

du puits par des montants, en fer ou en bois, allant de haut en bas, et appelés *guides* (fig. 25). Le manége et les machines à vapeur sont aussi parfois employés aux *fendues*.

Soins donnés aux matériaux. — A leur sortie des carrières ou mines, les produits extraits sont rarement expédiés tels quels sur les lieux d'utilisation; le plus souvent ils sont l'objet d'une préparation particulière sur le *carreau* de la mine. Ainsi la houille, qui sort de terre à l'état de *tout venant*, subit d'abord un *criblage*, qui la divise en plusieurs catégories et qui est accompagné d'un *triage* des pierres : les grosseurs décroissantes obtenues sont : les *gros*, les *gaillettes* ou *gailleteries*, les *gailletins*, les *têtes de moineau* et les *fines* comprenant les *grains* et les *poussiers*. Les fines et les têtes de moineau sont débarrassées des impuretés par le lavage, opération dans laquelle des secousses sont imprimées dans l'eau aux

produits à enrichir; aussi les pierres plus denses se séparent-elles en se précipitant les premières au fond, ce qui permet de les éliminer. On fait les *briquettes* ou *agglomérés* avec les fines des charbons demi-gras ou maigres. Les fines de charbons trois quarts gras et gras sont employées à la fabrication du coke et du gaz, ou comme charbon de forge.

La pierre de taille est souvent *taillée* dans la carrière même; on évite ainsi de transporter un poids inutile. Le marbre est taillé, et même souvent *scié* sur le lieu d'extraction. L'action de la scie est facilitée par l'adjonction d'eau et de grès pilé qui aide à la morsure de la lame d'acier dans la pierre. Cette opération est souvent



A. Machine d'extraction.
B. Bobines d'enroulement.
C, C, C. Câble.
D. Molettes.
E. Cage.
F. Accrochage du fond.
R. Recette supérieure.

Fig. 25. — Extraction par cage guidée.

exécutée mécaniquement. Après le sciage, on procède au *dressage*, qui a pour but d'aplanir parfaitement les faces; pour cela, on fait frotter deux plaques de marbre l'une contre l'autre avec un peu de grès interposé, ou encore on promène une plaque de fonte sur la plaque de marbre. Le *doucissage* se fait de la même manière, avec du grès plus fin; enfin a lieu le *polissage* qui emploie, non pas d'autres procédés, mais d'autres produits : pierre ponce, émeri,

plomb râpé, potée d'étain, promenés à la surface de la plaque avec des tampons de toile ou de cuir.

L'ardoise est de même *fendue* et *coupée* à des dimensions commerciales. Cette double opération doit être effectuée dès la sortie de l'ardoisière, car l'exposition à l'air fait perdre au schiste ardoisier sa propriété caractéristique de se diviser facilement en lames minces.

La fente est opérée au moyen d'un ciseau à fendre, inséré et enfoncé entre les feuilles d'ardoise; la taille est obtenue au moyen d'un *découpoir*, sorte de cisaille qui coupe l'ardoise. Quelquefois le couteau a la forme de l'ardoise à découper et en abat d'un coup tous les côtés dans son mouvement d'abaissement sur celle-ci. Les grandes ardoises pour tables, tableaux, etc., sont sciées comme le marbre.

CHAPITRE III

Nature et propriétés des Matériaux extraits des roches précédentes.

§ Ier

MATÉRIAUX EXTRAITS DES PIERRES

Chaux. — La *chaux* est un oxyde de calcium; c'est un corps solide blanc, amorphe, fragile, caustique, très avide d'eau; mise en présence de ce liquide, elle se combine avec lui en dégageant beaucoup de chaleur. Pendant cette hydratation, elle *foisonne* et finit par se *déliter*, c'est-à-dire par tomber en poudre. La chaux hydratée est appelée *chaux éteinte;* lorsqu'elle est exposée à l'air, elle en absorbe le gaz carbonique et elle reconstitue le carbonate de calcium dont elle a été tirée. En même temps qu'elle subit cette carbonatation, elle durcit et se contracte. La chaux est peu soluble dans l'eau. Délayée avec beaucoup d'eau, elle forme une bouillie, appelée *lait de chaux;* délayée avec peu d'eau, elle donne une pâte plastique qui sert à relier les pierres dans les constructions; mais, à cause du retrait qu'elle subit en se carbo-

natant, cette liaison serait très imparfaite, si l'on n'avait la précaution d'y mélanger une matière inerte : sable, cendres de houille, mâchefer, brique pilée, etc., dont la présence suffit pour empêcher une diminution de volume trop grande et pour ajouter à la solidité de l'ensemble : c'est ce mélange qu'on appelle un *mortier*.

La chaux s'extrait du calcaire, mais tous les calcaires ne donnent pas des chaux identiques, attendu que leurs impuretés minérales se retrouvent dans la chaux qui en provient. On distingue :

La *chaux grasse*, qu'on obtient avec des calcaires ne contenant pas d'argile. Elle est bien blanche, dégage une grande quantité de chaleur et foisonne de deux à trois fois son volume en s'hydratant. Elle doit son nom à ce qu'elle donne une pâte grasse et liante ;

La *chaux maigre*, qui s'extrait de calcaires argileux renfermant 10 % d'argile. Elle est grise, foisonne de 1,1 à 1,25 fois son volume initial et ne dégage pas beaucoup de chaleur en s'hydratant. La pâte qu'elle donne est courte et peu liante ;

Les *chaux hydrauliques*, qui proviennent de calcaires contenant de 25 à 35 % d'argile. Elles sont de couleur grise, dégagent peu de chaleur et ne foisonnent pas beaucoup en s'hydratant. Elles sont dites *faiblement, moyennement* ou *éminemment hydrauliques ;* les premières font prise en 9 à 15 jours, les secondes en 6 à 8 jours et les dernières en 2 à 6 jours seulement. La pâte obtenue est assez liante et possède la propriété remarquable de durcir dans l'eau, ce que les chaux précédentes ne peuvent faire ; aussi ces chaux sont-elles employées dans les maçonneries des ponts, des caves, des citernes, etc.[1] On peut fabriquer de la chaux hydraulique artificielle en mélangeant de l'argile dans les proportions voulues avec la chaux grasse.

1. La prise du mortier hydraulique est due à ce que, pendant la calcination, il s'est formé un silicate double d'aluminium et de calcium, lequel, en présence de l'eau, s'hydrate en devenant cristallin, insoluble et très dur.

La chaux ne sert pas seulement dans les constructions; elle sert encore dans la fabrication du sucre, dans celle des savons, dans la tannerie, l'épuration chimique du gaz d'éclairage, en agriculture, etc.

On fait de la chaux un peu partout en France, mais certaines régions donnent des chaux de qualité supérieure; tels sont le Dauphiné, le Vivarais, la Somme, le Jura, les environs de Paris.

Ciment. — Le *ciment* n'est autre chose qu'une chaux hydraulique très riche en argile. Le calcaire qui le fournit peut en contenir de 35 à 60 °/₀. La pâte qu'il donne durcit dans l'eau plus ou moins rapidement et presque sans retrait; la dureté acquise est extrême et peut se comparer à celle de beaucoup de pierres communes.

On peut faire du ciment artificiel *(ciment Vicat)* en employant les mêmes moyens que pour préparer la chaux hydraulique artificielle; ces ciments sont *à prise lente,* c'est-à-dire qu'ils durcissent plus lentement, ce qui est un avantage dans quelques cas. Certains ciments artificiels jouissent de propriétés spéciales; ainsi le *ciment à pouzzolane*, qui prend plus ou moins vite, suivant la quantité de pouzzolane qu'on incorpore à la chaux grasse pour remplacer l'argile (la *pouzzolane* est un composé argilo-siliceux d'origine volcanique), le *ciment portland* de Boulogne, qui est facile à travailler et résiste à l'eau de mer.

Le ciment entre dans la composition du mortier des constructions à exécuter sous l'eau; on l'emploie à l'état d'*enduit* sur les murs (crépissage, imitations de sculptures). Il sert à préparer le *béton,* mélange de mortier de ciment et de cailloux. On en fait encore des dallages, et l'on moule des blocs de mortier de ciment pour les utiliser comme maçonnerie. On fabrique aussi en ciment comprimé des tuyaux pour conduire les eaux, des statues grossières. Enfin on exécute avec ce produit des constructions entières, voûtes, planchers, etc., en l'*armant,* c'est-à-dire en interposant dans le mortier de ciment toute une ossature métallique.

Les ciments naturels en France sont surtout ceux de Boulogne, de Grenoble et de Vassy. Le portland d'Angleterre est très estimé. On fait des ciments artificiels à Grenoble et à Boulogne.

Plâtre. — Le *plâtre* est du sulfate de calcium privé de son eau de cristallisation. C'est une poudre blanche, assez légère, formant avec l'eau une pâte liante, très plastique, qui, exposée à l'air humide, se solidifie en reprenant l'eau que le sulfate possédait dans le gypse d'où on l'a extrait. La plasticité très grande de sa pâte le fait employer, non seulement comme mortier dans certains cas, et cela sans addition de sable, mais surtout comme matière de revêtement pour les plafonds, comme pâte à mouler des statues

et objets divers, pour la reproduction galvanoplastique, pour le clichage dans la typographie, pour faire des scellements dans la pierre, etc. Il sert aussi pour transformer en sulfate de potassium le tartrate de potassium des vins, en vue de leur conservation (plâtrage), et comme engrais minéral.

En gâchant le plâtre avec de la colle, on obtient une pâte qui devient tellement dure qu'elle peut être polie et imite le marbre; c'est le *stuc;* en le gâchant avec de l'alun, on a le *plâtre aluné*, qui jouit des mêmes propriétés; le *staff* est un produit analogue. Ces compositions servent à faire des applications sculpturales sur les murs et les plafonds des magasins, des édifices provisoires, et même sur leurs façades. Assez souvent, ils sont appliqués sur toile.

§ II

MATÉRIAUX EXTRAITS DES CHARBONS

Coke. — Lorsqu'on distille la houille en vase clos, il se dégage des hydrocarbures divers : gaz d'éclairage, goudron, etc., provenant des matières bitumineuses qu'elle contient, de l'ammoniaque, et il reste comme résidu, d'une part, une masse de charbon pur dans le fond de la cornue, lequel est le *coke,* et, d'autre part, un autre charbon pur qui incruste les parois de la même cornue; c'est le *charbon de cornue.*

Le coke est du carbone contenant les impuretés minérales de la houille. Il est dur, spongieux, léger. Il brûle sans flamme, en dégageant beaucoup de chaleur; il ne reste allumé que s'il est en masse un peu considérable. Le coke spécialement préparé dans des *fours à coke* est plus dense que celui qui est simplement le résidu de la fabrication du *gaz d'éclairage,* car il est moins épuisé de ses hydrocarbures. Aussi sert-il aux usages métallurgiques, au chauffage des locomotives, etc., tandis que le second est réservé pour le chauffage domestique. Avec la poussière de coke, on prépare des crayons de charbon (procédé Carré) pour les lampes à arc voltaïque.

Charbon de cornue. — Ce charbon est plus pur et plus homogène que le coke. Il est compact, lourd et très dur. Il provient de la décomposition partielle des hydrocarbures par la chaleur. On peut s'en servir pour le chauffage dans des fourneaux à fort tirage; mais ses usages principaux sont les suivants : on en fait des creusets, des nacelles, des tubes pour chauffer des corps. A cause de sa grande conductibilité électrique, il sert à faire des électrodes pour les piles et des crayons pour les lampes à arc voltaïque. Au même titre, il constitue l'outil principal des *fours électriques,* qui ne sont que de puissantes lampes à arc. Ainsi le four Cowles (fig. 26), qui sert à préparer l'aluminium, est formé en principe de deux

fortes baguettes de charbon arrivant en regard l'une de l'autre dans une cuve rectangulaire en briques réfractaires, dont le fond et les parois sont garnis d'un poussier de charbon de bois, et au sein de la masse à chauffer et transformer, laquelle, dans ce cas, est un mélange d'alumine et de charbon. La chaleur dégagée suffit à fondre et à dissocier l'alumine dont le métal est ainsi mis en liberté. Il sert encore, concurremment avec le coke, pour la préparation de la *carbite* ou carbure de calcium. C'est dans un four

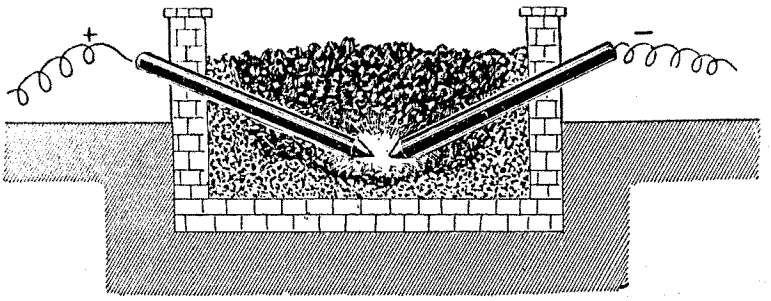


Fig. 26. — Disposition théorique du four Cowles.

électrique analogue au précédent que s'opère cette fabrication; la charge est ici un mélange de chaux et de charbon.

Goudron. — Le *goudron* est une matière bitumineuse qui se dégage de la houille pendant sa distillation. Elle est produite principalement dans les usines à gaz; on l'obtient également comme sous-produit dans la fabrication du coke dans les fours dits à récupération. Ce corps, de même composition chimique que le malthe, en possède les propriétés; aussi est-il appliqué aux mêmes usages, mais bien plus fréquemment employé. De plus, on lui fait subir une distillation et des transformations chimiques qui permettent d'en tirer des sous-produits variés et nombreux, tels que le phénol, la benzine, les couleurs d'aniline, etc.

Le résidu de la distillation est le *brai,* qu'on divise en *brai gras,* fondant à 50°, obtenu lorsque la distillation a été arrêtée après le passage de certaines huiles dites *lourdes,* et en *brai sec,* obtenu lorsque la distillation a été poussée jusqu'au rouge sombre, et ayant son point de fusion à 120°. Les brais intermédiaires, dits *demi-gras,* fondent à 90°, et sont les plus convenables pour la fabrication des agglomérés.

Agglomérés. — Les *agglomérés* sont des charbons artificiels qu'on obtient en agglutinant le poussier de houille par une certaine proportion de brai. Le charbon ne doit contenir que très peu d'eau.

Ils sont tantôt en *briquettes,* tantôt en *boulets,* tantôt en *cylindres* ou *prismes.* Les briquettes les plus employées pour le chauffage

domestique sont perforées pour permettre le passage de la flamme. Les boulets, de forme ovoïde, pèsent de 35 à 150 grammes et peuvent se brûler dans un foyer d'appartement. Les briquettes pleines, cylindriques ou prismatiques, ne servent guère qu'au chauffage industriel, à celui des calorifères, ou à celui des locomotives. Les agglomérés brûlent facilement; mais, si la proportion de brai employée est trop forte, ils donnent beaucoup de fumée et dégagent une odeur désagréable.

On fait aujourd'hui des agglomérés de coke, de charbon de bois, de lignite, de tourbe, de tannée.

§ III

MATÉRIAUX EXTRAITS DES MINERAIS DE FER

Fonte. — On obtient la fonte en fondant le minerai de fer dans le haut-fourneau. C'est un carbure de fer contenant de 2 à 6 % de carbone, et résultant de l'action du charbon sur les oxydes de fer à haute température; l'oxygène brûle le charbon pour donner de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique, mais un peu de carbone se combine avec le fer.

Suivant la température et la composition des charges introduites dans le haut-fourneau, on obtient des fontes différentes : 1° les *fontes grises*, qui doivent leur couleur à des paillettes de charbon disséminées dans la masse blanche du métal. Elles sont tendres, élastiques, et peuvent être burinées ou limées. Elles fondent à 1.275°, et se moulent bien. 2° Les *fontes blanches*, qui sont dures, cassantes, très peu élastiques. Elles fondent à 1.100°, et se moulent mal. Il existe des fontes intermédiaires, les *fontes truitées*, dont la cassure rappelle l'aspect de la peau de la truite. On peut transformer la fonte blanche en fonte grise en la fondant et en la laissant refroidir lentement, ou inversement transformer la fonte grise en fonte blanche, en la fondant et en la faisant refroidir brusquement.

La fonte blanche sert surtout à la fabrication des fers et des aciers. On emploie la fonte grise pour obtenir des objets moulés : balustrades, statues, fourneaux, chaises pour transmission, socles de machines, etc.

En chauffant de la fonte au rouge naissant avec du sesquioxyde de fer, de l'oxyde de manganèse, et de la cendre d'os, on obtient la *fonte malléable*, matière moins cassante et plus facile à travailler que le produit primitif.

Les principaux centres producteurs de fonte en France sont : le département de Meurthe-et-Moselle, qui fournit les 6/10 de la production totale de la France; le Nord (usines de Denain et Anzin); le département de Saône-et-Loire (Le Creusot); le Pas-de-Calais (usines d'Isbergues); les Landes (Le Boucau); le Gard (usines de Bessèges et de Tamaris); la Loire-Inférieure (Trignac).

Fer. — L'*affinage de la fonte*, opération qui consiste à enlever, en le brûlant par l'oxygène, le carbone qui s'y trouve combiné, donne le *fer* proprement dit, ou *fer doux*, ou *fer marchand*.

Le fer est un métal de couleur gris bleuâtre et de densité 7. Il fond entre 1.500° et 1.600° en passant par l'état pâteux. Il est doué d'une grande malléabilité à la température du rouge, et peut alors se souder à lui-même. Il est aussi très ductile et très tenace : une charge de 250 kilogrammes est nécessaire pour rompre un fil de 2 millimètres de diamètre.

Le fer fondu, en se refroidissant, acquiert une structure cristalline, ce qui le rend plus cassant.

La *forge*, opération par laquelle on le frappe, et le *laminage*, opération par laquelle on le comprime entre des cylindres, ont pour effet de donner à ses molécules une orientation telle qu'elles se placent bout à bout, formant des filaments qui donnent au métal une structure fibreuse, laquelle en augmente notablement la solidité (*fer à nerf*). En étant ainsi travaillé, il *s'écrouit*, devient *aigre*, ce qui veut dire qu'il perd de sa malléabilité, de sa ductilité et de sa ténacité. On lui rend ces propriétés par le *recuit*.

A l'air sec, il est inaltérable, sauf au rouge où il s'oxyde, en donnant l'*oxyde des battitures*; mais à l'air humide et dans l'eau, il se *rouille*, c'est-à-dire qu'à sa surface se forme un sesquioxyde de fer hydraté, dont la production,

lente d'abord, va croissant jusqu'à destruction complète du bloc attaqué. On évite en partie l'oxydation du fer en le recouvrant d'un enduit protecteur, aussi peu poreux que possible. Cet enduit peut être un bitume (vernis), une couche de peinture (minium), un métal en couche mince (étain, zinc), ou un verre opaque (émail).

Le fer du commerce n'est jamais pur. Pour être utilisable dans l'industrie, il doit toujours être associé à une petite quantité de carbone. Il contient souvent du silicium, du soufre, ou du phosphore qui en altèrent les propriétés. Ainsi le silicium le rend moins tenace ; le phosphore le rend moins malléable à froid ; le soufre, moins malléable à chaud.

Le fer s'aimante aisément, mais ne conserve pas son aimantation.

Il sert à faire presque tous les outils de l'industrie moderne, et la plupart des ustensiles de ménage. Leur énumération est inutile, car ils sont suffisamment connus.

Il fournit aussi la *tôle*, le *fer-blanc*, le *fer-battu*, le *fil de fer* et l'*acier*.

On trouve des usines à fer, en France, dans 38 départements, parmi lesquels viennent en première ligne ceux du Nord, des Ardennes, de la Haute-Marne, de Meurthe-et-Moselle, de Saône-et-Loire et de la Loire.

Acier. — L'*acier* est un carbure de fer, contenant une proportion de carbone variant de 0,135 à 1,5 %; une partie de ce carbone est simplement mélangée au fer, l'autre lui est intimement combinée. C'est un corps blanc-gris, éclatant, à grain fin, formé de cristaux enchevêtrés. Il est plus dur, plus léger, plus fusible, plus malléable, plus flexible, plus élastique que le fer, mais il est moins ductile. Il s'aimante difficilement, mais conserve son aimantation. On peut le travailler au rouge comme le fer. Si, lorsqu'il est porté à cette température, on le refroidit brusquement par une immersion dans l'eau (*trempe*), sa dureté devient extrême, mais en même temps sa ténacité diminue; il se brise comme le verre, dont il a du reste pris la structure. On est obligé de le réchauffer

un peu (*recuit*) pour le rendre moins cassant et pouvoir le travailler. On peut effectuer le recuit à une température plus ou moins élevée, et obtenir ainsi des degrés de dureté et de malléabilité variés, et appropriés aux usages auxquels il est destiné. On apprécie le degré de recuit d'après la couleur que prend l'acier à la suite du refroidissement, grâce à la couche d'oxyde qui se forme à la surface. Ainsi l'*acier jaune très pâle*, recuit à 220°, convient pour les instruments les plus tranchants, comme les lancettes de chirurgien; l'*acier bleu noir*, recuit à 316°, convient pour les grandes scies. La trempe à l'huile opère plus lentement, donnant un acier non vitreux, par conséquent résistant mieux à la rupture.

D'après le degré de dureté et de ténacité, on distingue les *aciers doux*, contenant de 0,135 à 0,5 °/₀ de carbone, et les *aciers durs*, en contenant de 0,5 à 1,5 °/₀.

D'après les procédés employés pour la fabrication, on distingue l'*acier naturel*, l'*acier d'affinage* et l'*acier de cémentation*. On obtient le premier en désoxydant le minerai et carburant le métal en une seule opération, le deuxième en décarburant la fonte, et le troisième en carburant le fer. Les deux derniers comprennent encore des espèces différentes. En outre, il existe les *aciers spéciaux*, dans lesquels des matières étrangères ajoutées viennent modifier les propriétés de l'acier ordinaire. Ainsi l'*acier chromé*, contenant de 0,5 à 3°/₀ de chrome, a une dureté extraordinaire et une grande ténacité; on en fait des obus de rupture. L'*acier au nickel*, contenant 3°/₀ de nickel, est dur et fibreux, résistant; il est employé pour les blindages de navires, les chaudières, les essieux et les bandages des roues de wagon. L'*acier au manganèse*, contenant 0,006 à 2 °/₀ de manganèse, est très tenace, très élastique, dur, et peut se forger; les plus riches peuvent même être dispensés de la trempe; on en fait des outils coulés, puis affilés à la meule.

L'acier ordinaire sert dans tous les cas où l'on a besoin d'un métal joignant à la légèreté et à l'élasticité une

résistance à la rupture et une dureté très grandes. Il sert aussi à faire des instruments tranchants.

Les principales aciéries de France sont situées dans les départements de Meurthe-et-Moselle, du Nord, de Saône-et-Loire, de la Loire, du Pas-de-Calais, de la Loire-Inférieure et du Gard. La Suède, l'Allemagne et l'Angleterre fournissent des aciers de première qualité, et en quantités considérables.

CHAPITRE IV

Extraction des Matériaux précédents.

§ Ier

EXTRACTION DE LA CHAUX ET DU CIMENT

Lorsque le calcaire est porté au rouge, il se dissocie, et son anhydride carbonique se dégage, laissant la chaux comme résidu. L'opération se fait dans des fours élevés, appelés *fours à chaux*. On en distingue de deux sortes : les *fours intermittents* et les *fours continus*. Dans les premiers (fig. 27), on commence par établir une voûte à la partie inférieure, avec de gros blocs de pierre à chaux, ménageant ainsi un espace vide qui sera le foyer. On achève de remplir le four avec des morceaux de plus en plus petits jusqu'à l'orifice supérieur ou *gueulard*. Puis, la *charge* ainsi faite, on introduit du combus-

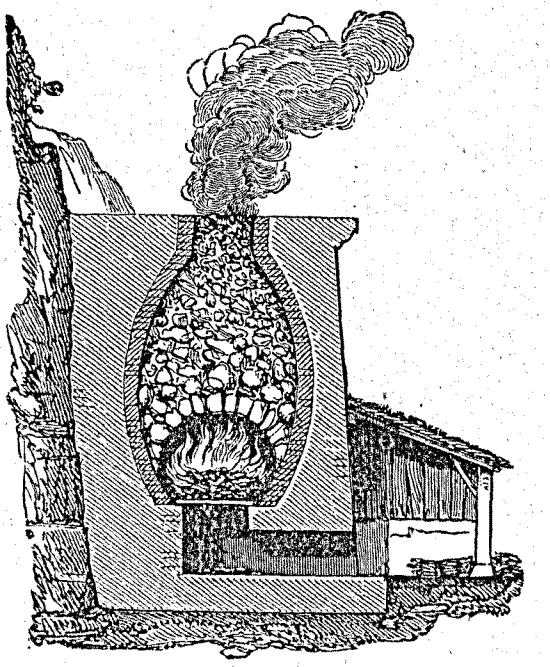


Fig. 27. — Four à chaux intermittent.

tible, bois ou charbon, dans le foyer, et l'on allume. La *cuisson* est terminée quand il ne se dégage plus du four aucune fumée, aucune vapeur. Alors, par la porte inférieure, on provoque l'écroulement de la voûte, et l'on retire toute la chaux obtenue. Ces fours donnent de la chaux irrégulière : celle du bas est trop cuite, et celle du haut ne l'est pas assez.

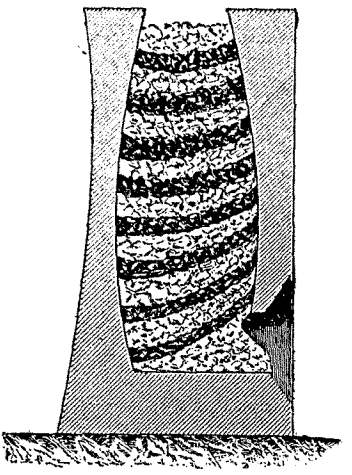


Fig. 28. — Four à chaux continu ordinaire.

Les fours continus ne présentent pas cet inconvénient, et fonctionnent sans arrêt. Ils sont un peu plus hauts que les autres, et se chargent de deux manières. Tantôt, une fois la voûte du bas édifiée, on charge par couches alternées de pierre et de combustible. La combustion a lieu à partir du tiers inférieur de la hauteur du four jusqu'à la moitié environ de cette hauteur. La chaux cuite sort par le bas. (fig. 28). Tantôt, le combustible n'est pas dans le four même, mais dans un foyer latéral (fig. 29), d'où les flammes pénètrent dans le four par une ouverture pratiquée dans la paroi. Dans les deux systèmes, la chaux descend à mesure qu'elle est formée, et on la retire par une ouverture inférieure, pendant qu'on ajoute de nouvelles charges par le gueulard.

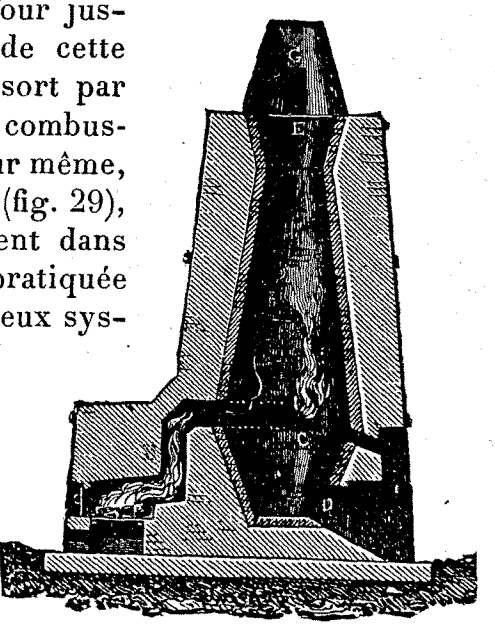


Fig. 29. — Four à chaux continu à foyer latéral.

Les chaux hydrauliques naturelles et les

ciments naturels sont obtenus de la même manière. Quant à la chaux hydraulique artificielle, on la prépare de deux façons. Tantôt, après pulvérisation, le calcaire même qui doit donner la chaux grasse est mélangé avec l'argile; on fait une pâte du tout avec de l'eau, et l'on confectionne des briquettes que l'on soumet à la cuisson. Tantôt on prépare la chaux elle-même, on l'hydrate, on la mélange à l'argile, et l'on met à cuire les briquettes ainsi obtenues : la chaux subit de la sorte deux cuissons.

Le ciment artificiel se prépare par des procédés analogues. Parfois on incorpore dans les ciments des laitiers de hauts-fourneaux (voir ci-après § 5, *Fabrication de la fonte*), ce qui donne un produit léger, résistant et économique.

§ II

EXTRACTION DU PLATRE

Le gypse, chauffé vers 130°, abandonne les trois quarts de son eau et devient le plâtre. Pour réaliser l'opération,

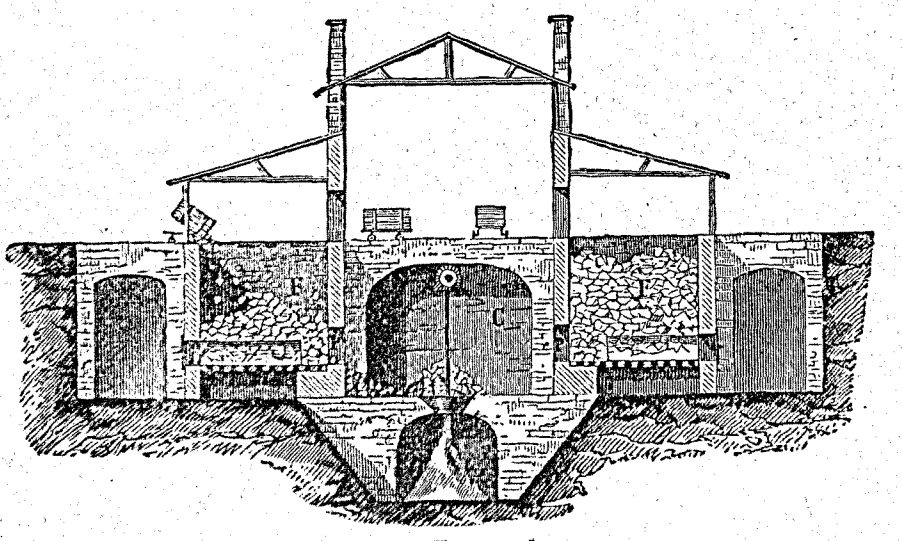


Fig. 30. — Four à plâtre.

on édifie des fours qui ne présentent pas les mêmes dispositions que les fours à chaux, car la chaleur nécessaire n'est pas aussi grande. Sous des hangars pouvant être

couverts par un toit ordinaire (fig. 30), on dispose un amoncellement de pierre à plâtre F, en ménageant vers le bas des vides en forme de voûtes, formées par les plus gros fragments. Ces vides reçoivent le combustible qui est généralement du bois. L'opération dure environ douze heures. La cuisson terminée, les fragments sont moulus dans une cave attenante C; la poudre obtenue est soigneusement enfermée dans des sacs qu'on remise à l'abri de toute humidité. La cuisson ne doit pas être poussée trop loin, car vers 190°, le gypse se déshydrate complètement, et donne un plâtre de mauvaise qualité.

§ III

EXTRACTION DU COKE, DU CHARBON DE CORNUE ET DU GOUDRON

Ces trois matières sont les produits ou les sous-produits de la distillation de la houille, faite en vue de la fabrication du *gaz*

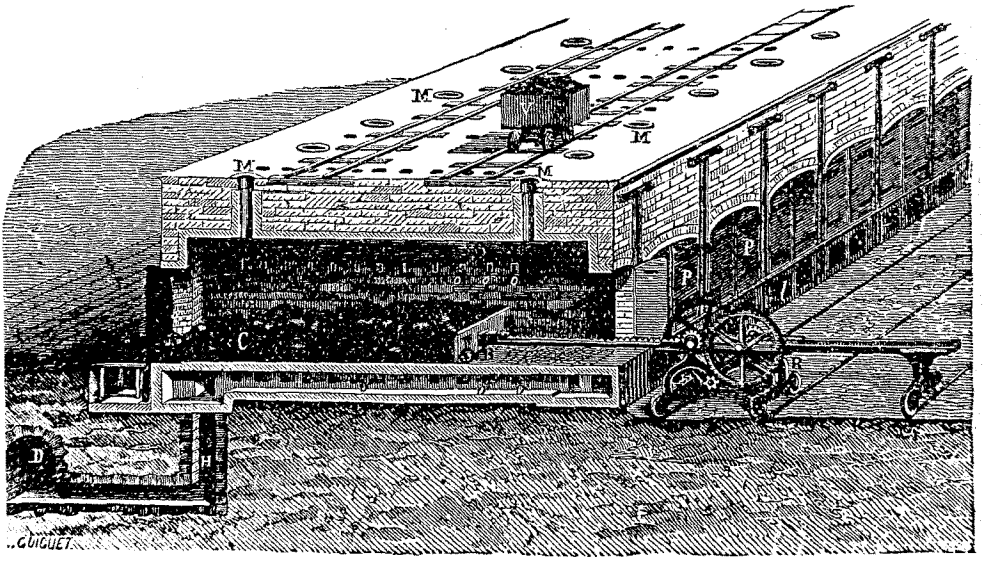


Fig. 31. — Fours à coke.

d'éclairage, ou *gaz de houille*. Dans cette distillation, dont nous reparlerons, la houille en menus fragments est introduite dans des cornues de terre réfractaire, bien fermées, sauf un passage par où doivent s'échapper les produits gazeux de l'opération. Ces cornues

sont placées dans des fours chauffés à 1.200°. A cette température, la houille se décompose, les produits gazeux se dégagent; toutefois quelques-uns de ces produits, au contact des parois brûlantes de la cornue, se décomposent et abandonnent du carbone pur qui s'incruste sur ces parois : c'est le *charbon de cornue*. Il reste sur le fond le *coke* comme résidu. Les produits gazeux dégagés vont barboter dans des récipients contenant de l'eau froide, et circuler dans

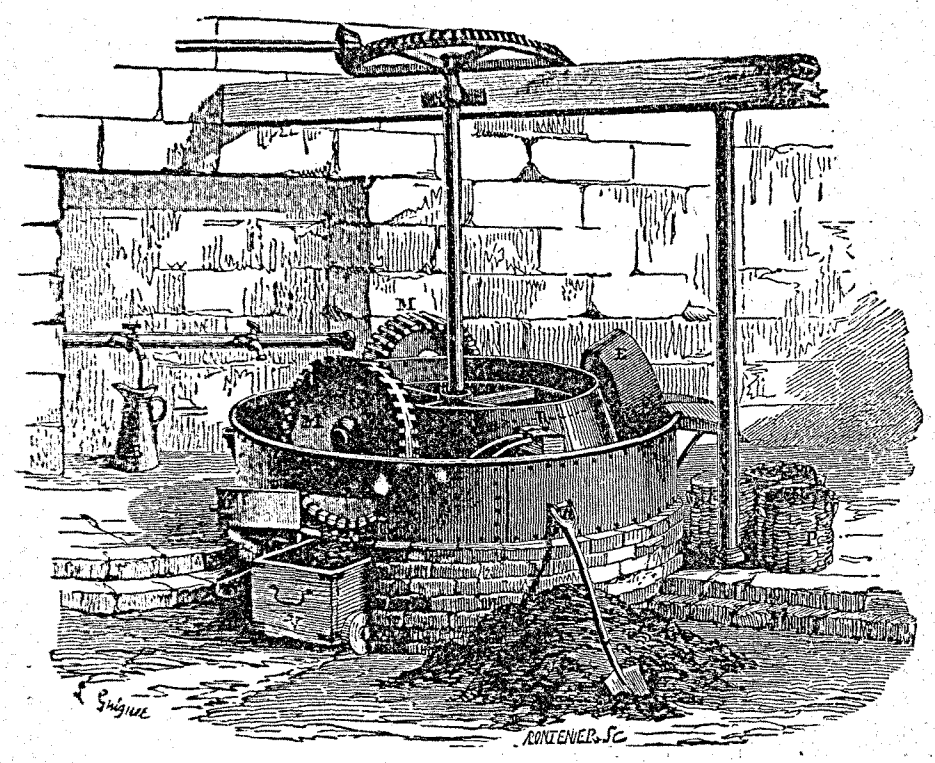


Fig. 32. — Malaxeur pour la fabrication des agglomérés.

des tubes refroidis par l'extérieur : c'est dans cette eau, et dans ces tubes, qu'ils abandonnent le goudron qu'ils avaient entraîné. On l'en retire par décantation. (Voir *Fabrication du gaz d'éclairage*, 5e partie, chapitre VIII.)

On prépare aussi directement du coke dans des fours spéciaux chauffés par l'extérieur, et appelés *fours à coke* (fig. 31). Ce sont des sortes de chambres C en briques réfractaires, présentant à leur partie supérieure des ouvertures M M, pour le chargement de la houille, et des portes latérales; celles de gauche servent à la sortie du coke, refoulé à la fin de l'opération par le *bouclier* B R. Ils sont parfois surmontés d'une sorte de cheminée étroite pour l'échappement des gaz, qu'on laisse souvent ainsi perdre. Cependant actuellement,

ces gaz sont presque toujours recueillis et employés à chauffer le four lui- même ou des générateurs à vapeur. Dans le cas de la figure, les gaz produits par la distillation sont envoyés sous la sole $o\,o'\,o''$, où ils sont brûlés par l'air pénétrant par les registres l; de là par le conduit H, D, ils gagnent les cheminées de l'usine. Une fois l'opération commencée, les portes fermant les ouvertures sont lutées avec de l'argile pour éviter l'entrée de l'air. Quand la préparation est achevée, on ouvre la porte latérale de gauche, on retire le coke brûlant, on l'arrose d'eau, et, après refroidissement, on le passe au *casse-coke*, sorte de moulin composé de cylindres armés de lames, qui le concasse en fragments convenables.

§ IV

FABRICATION DES AGGLOMÉRÉS

La fabrication des agglomérés prit naissance par suite de la nécessité d'utiliser les menus charbons produits dans les exploitations houillères. Progressivement cette industrie se perfectionna, et aujourd'hui, elle fournit en abondance des produits présentant un ensemble de qualités qu'on ne saurait rencontrer dans aucun combustible naturel. Toutefois les agglomérés sont encore à peu près exclusivement employés aux usages industriels, principalement dans la marine et dans les chemins de fer, les odeurs qu'ils répandent en brûlant les rendant peu propres aux usages domestiques.

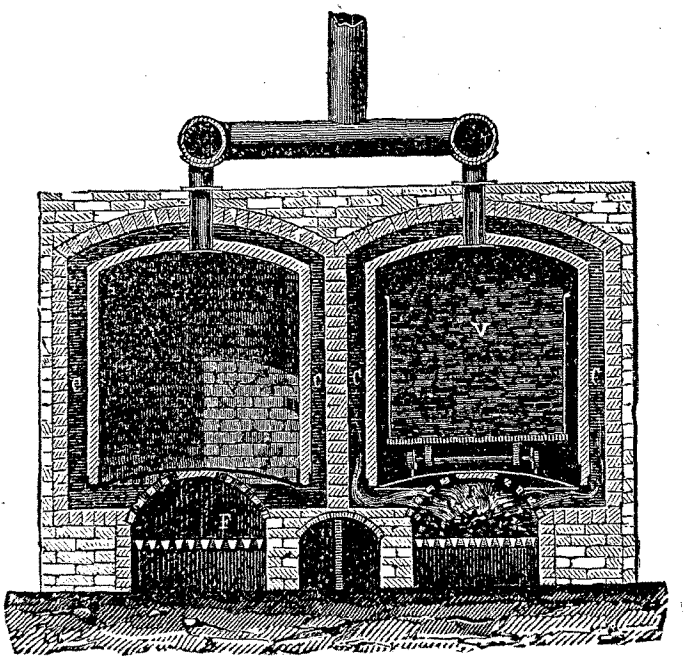
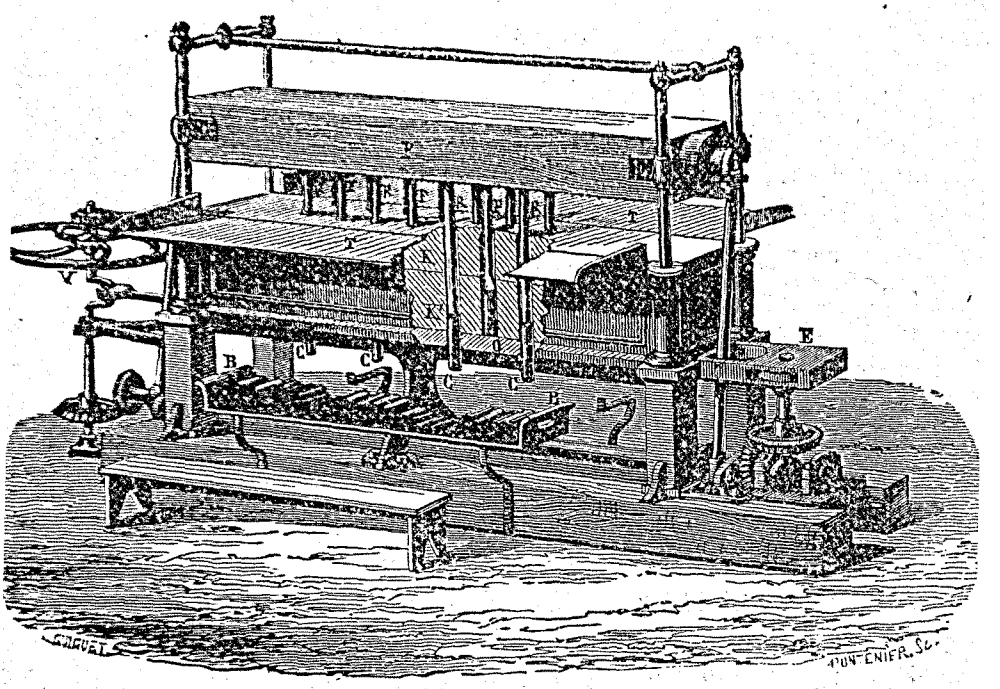


Fig. 33. — Four Dehaynin pour la cuisson des houilles agglomérées.

Pour obtenir l'agglomération du poussier de houille, on l'incor-

pore, après l'avoir bien desséché, à du brai gras ou sec, réduit en poudre, dans la proportion de 5 à 20 °/₀ de son poids, suivant sa richesse en matières volatiles. Le brai sec est souvent mélangé au préalable avec du goudron. Le mélange passe dans des ma-


E
B
C
C
C
C
B
B
P
P
P

§ V

FABRICATION DE LA FONTE DE FER

Les minerais de fer les plus communs sont, nous l'avons vu, les oxydes de fer. Ces oxydes, chauffés en présence du charbon, se réduisent, c'est-à-dire abandonnent leur oxygène, qui donne avec le charbon de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique, et il reste le fer. Théoriquement, pour préparer du fer, il suffirait donc de chauffer du charbon de bois, par exemple, avec un de ces oxydes : on obtiendrait le métal. C'est ainsi qu'on a procédé longtemps, en opérant sur des minerais riches (*forge catalane*). Mais aujourd'hui on prépare d'abord un produit intermédiaire, un carbure de fer, appelé *fonte de fer*, ou simplement *fonte*, dont on retire ensuite le fer par une deuxième opération.

Le minerai, au sortir de la mine, doit d'abord subir le *triage*, opération qui se fait à la main et qui consiste à enlever tous les fragments de pierre qui l'accompagnent et qui proviennent du gisement.

Ensuite il passe au *bocardage*, opération par laquelle il est concassé en menus morceaux par un *bocard*, sorte de pilon P soulevé par les cames *c, c* d'une roue (fig. 35). On fait généralement ce travail dans un courant d'eau qui commence à enlever les parties terreuses.

On termine ce traitement mécanique par un *lavage* éner-

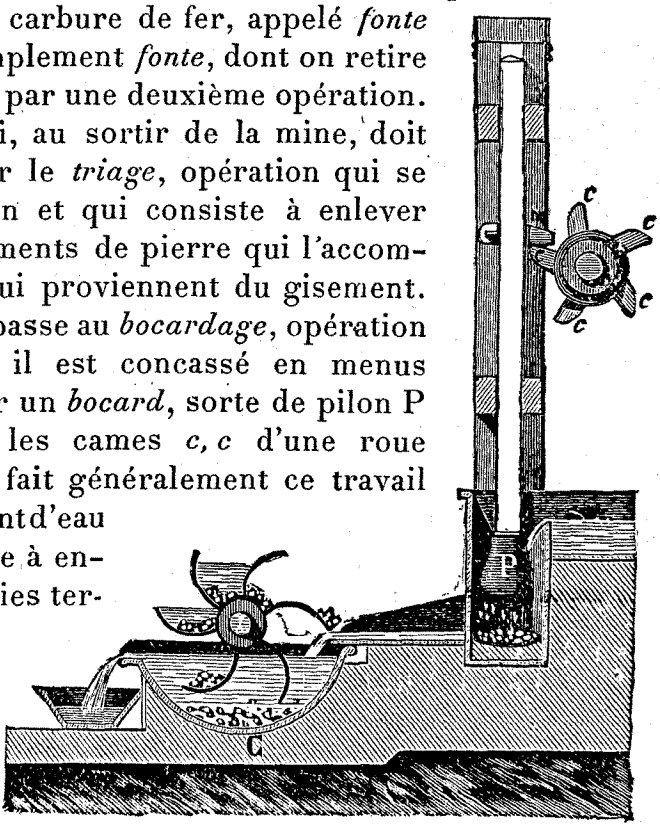


Fig. 35. — Bocard et appareil de lavage.

gique qui achève d'enlever toutes les matières terreuses, en vertu de leur plus grande légèreté. Le minerai est placé pour cela dans une auge inclinée C.

Ensuite commence le traitement chimique, qui a lieu dans un four spécial appelé *haut-fourneau* (fig. 36). Le haut-fourneau est une sorte de tour creuse, pouvant atteindre jusqu'à 30 mètres de hauteur. La cavité intérieure est formée de deux troncs de cônes accolés par

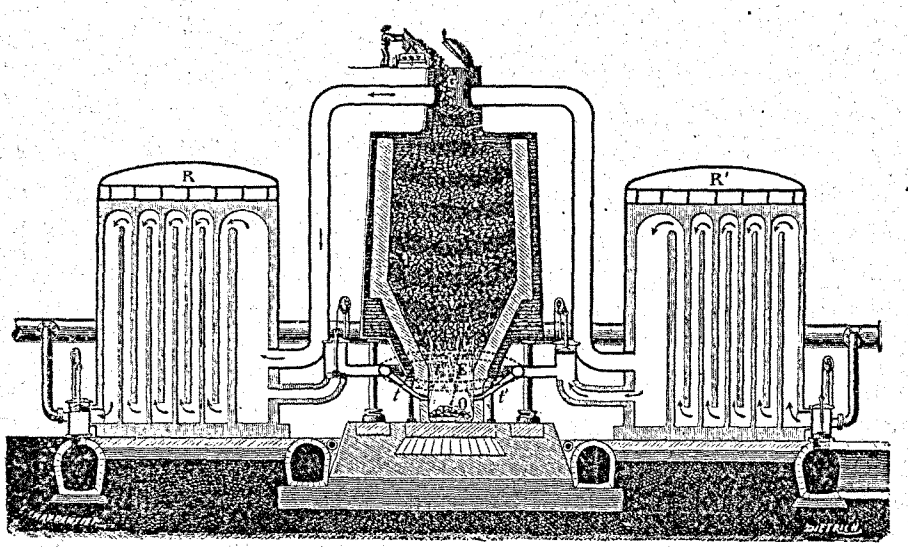


Fig. 36. — Haut-fourneau avec récupérateurs Whitwell.

leur grande base. Le tronc de cône supérieur s'appelle la *cuve;* le tronc de cône inférieur E, les *étalages;* la partie cylindrique O, l'*ouvrage*, est percée, dans les parois latérales, de trous *t,t'*, par où arrivent des *tuyères* amenant de l'air lancé par de puissantes machines soufflantes; au-dessous de l'ouvrage, se trouve une autre partie cylindrique, le *creuset*, dans lequel se rassemblera le métal fondu. Le creuset est fermé d'un côté par une paroi, appelée *dame*, devant laquelle se trouve un plan incliné, surmonté d'un petit orifice. Au fond du creuset est pratiqué un deuxième orifice, le *trou de coulée*, par lequel on recueille la fonte à la fin de l'opération. Les deux ori-

fices sont fermés par des tampons d'argile pendant que se fait la fusion. Dans le haut, se trouve le *gueulard* G, ouverture par laquelle se fait la charge du four, et par où s'échappent les gaz de la réaction.

Pour mettre en marche un haut-fourneau, on le remplit de combustible qu'on allume, et l'on envoie le vent par les tuyères. Quand le combustible commence à se tasser, on charge alternativement, par le gueulard, une couche de combustible et une couche de minerai convenablement additionné de fondant, c'est-à-dire de substances nécessaires à la fusion. Le plus fréquemment, la matière stérile, ou *gangue* du minerai, est formée de substances surtout siliceuses; dans ce cas le fondant employé est une roche calcaire, nommée *castine;* si, au contraire, la gangue est calcaire, le fondant sera soit de l'argile, soit du feldspath, désigné sous le nom d'*erbue*. Dans l'*ouvrage,* sous l'action de l'air en pression insufflé par les tuyères, le combustible brûle, et donne de l'anhydride carbonique qui, en traversant la couche de charbon au-dessus, portée au rouge, se réduit en oxyde de carbone; ce dernier gaz, en traversant le minerai, est, à son tour, transformé en anhydride carbonique, lequel, au contact d'une deuxième couche de charbon au rouge, donne de nouveau de l'oxyde de carbone, et ainsi de suite. On trouve donc dans l'appareil deux courants contraires, l'un ascendant, gazeux, dont la température s'abaisse à mesure qu'il s'élève, l'autre descendant, composé des matières solides chargées au gueulard et dont la température s'élève de plus en plus. Dans le haut de la cuve, le minerai se dessèche; plus bas s'en opère la réduction par l'oxyde de carbone; dans les étalages, le fer réduit se combine à un peu de charbon et se transforme en carbure de fer ou fonte; enfin, dans l'ouvrage, cette fonte entre en fusion et de là coule dans le creuset. Finalement, il s'échappe dans l'atmosphère un mélange d'anhydride carbonique, d'oxyde de carbone en excès, et d'azote qui n'a joué aucun rôle. Dans le creuset se rend, avec la fonte, le produit de la

fusion des matières terreuses, ou *laitier*, silicate d'aluminium et de calcium qui, grâce à sa légèreté relative, recouvre la fonte en s'en séparant nettement.

A l'apparence du laitier qui s'écoule de la dame, on juge de l'état de la fonte. Quand le creuset est suffisamment rempli,ce qui exige de dix à douze heures, un ouvrier enlève au moyen d'une barre de fer le tampon d'argile inférieur, et le métal liquide s'écoule dans des rigoles de sable ménagées au devant du fourneau; ces rigoles le conduisent dans des cavités creusées, elles aussi, dans le sable, ou bien dans des récipients de terre réfractaire aménagés pour le recevoir. Les blocs de fonte solidifiée sont appelés *gueuses*. Quand toute la partie fondue s'est écoulée, ou quand les récipients préparés sont remplis, on arrête la coulée en obstruant l'orifice avec un autre tampon d'argile.

Le haut-fourneau, une fois en marche, ne s'arrêtera plus, si ce n'est pour cause de réparations; on doit, au fur et à mesure qu'on retire de la fonte par en bas, le recharger par en haut. Un haut-fourneau bien construit peut fonctionner de 15 à 18 mois sans arrêt.

Le choix du combustible est d'une très grande importance; s'il contient en effet certaines matières étrangères nuisibles, telles que le soufre, ce qui est le cas de bien des houilles, on n'obtiendra que de la fonte de mauvaise qualité. Le meilleur combustible est le charbon de bois, mais c'est aussi le plus cher; on s'en sert cependant encore dans certains cas. Le coke vient ensuite, et il en est fait une très grande consommation. L'anthracite est un assez bon combustible pour cet usage. La houille serait le plus mauvais combustible minéral à employer pour la fabrication de la fonte; aussi est-on resté longtemps sans en faire usage. Mais, depuis qu'on récupère la chaleur et les gaz du haut-fourneau, on s'en sert cependant; elle se transforme en coke dans le haut de la cuve et avant d'avoir pu agir sur le minerai; son emploi est économique, puisqu'on évite les frais de la fabrication du

coke et que les gaz, goudrons et autres matières combustibles contenues dans la houille sont brûlés, et par conséquent utilisés dans le haut-fourneau même.

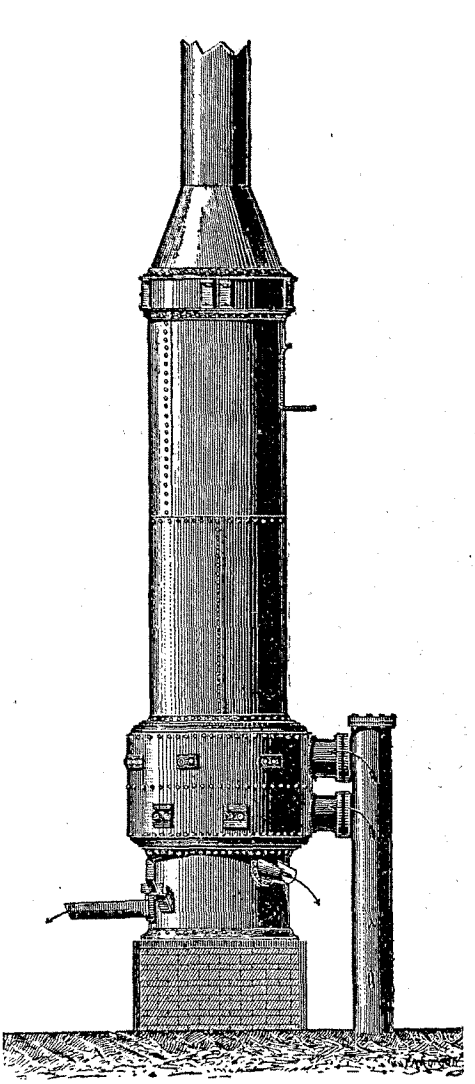


Fig. 37. — Cubilot.

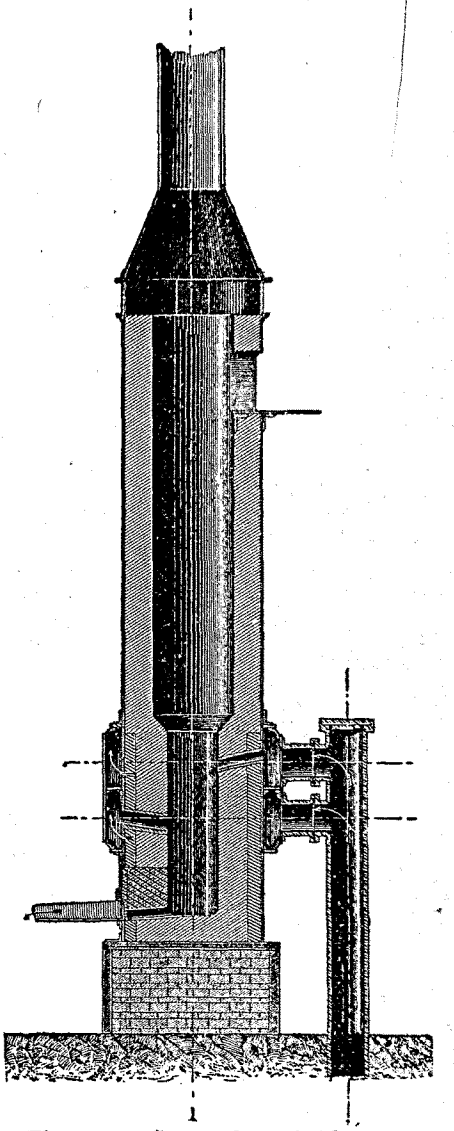


Fig. 38. — Coupe du précédent.

Un progrès considérable a été réalisé dans la fabrication de la fonte par le chauffage de l'air insufflé par les tuyères. On réalise ainsi une notable économie de combus-

cible tout en assurant une plus grande production. Le chauffage économique du vent est obtenu dans les conditions suivantes. Le mélange de gaz qui s'échappe par le gueulard contient une notable quantité — parfois le quart de son poids — d'oxyde de carbone en excès qui n'a pas eu à exercer son rôle réducteur; on a songé à utiliser pour le chauffage du vent ce combustible autrefois répandu en pure perte dans l'atmosphère, avec la chaleur propre qu'il emportait avec lui. On se sert à cet effet d'appareils tels que ceux qui sont connus sous le nom de leur inventeur Whitwell (fig. 36). Le fonctionnement de ces appareils est fondé sur le jeu alternatif et continu de deux récupérateurs de chaleur, dont l'un est porté à une haute température par le gaz du haut-fourneau, tandis que l'autre, préalablement chauffé de la même manière, est traversé par l'air froid destiné aux tuyères. Chaque récupérateur, R,R′, se compose d'une série de chambres en briques réfractaires avec cloisons nombreuses, de manière à multiplier la surface de chauffe. Les gaz combustibles recueillis au gueulard sont conduits dans ces chambres, où ils sont enflammés par de l'air qu'on leur mélange à leur entrée. Quand un appareil est suffisamment chaud, on y admet à son tour l'air destiné aux tuyères, et qui en sort à une température de 7 ou 800°.

La fonte liquide est employée, parfois, dès sa sortie du haut-fourneau, au moulage de certaines pièces, des tuyaux de conduite, par exemple. Pour d'autres usages, il est nécessaire de la refondre, en en modifiant, s'il y a lieu, les qualités par des mélanges convenables ; cette opération a lieu dans de petits fours nommés *cubilots* (fig. 37 et 38). La fonte est dite, en ce cas, *fonte de seconde fusion*.

Les laitiers constituent une matière encombrante qu'on cherche de plus en plus à utiliser ; on en fait des briques, du ciment, etc. ; il sont parfois transformés, sous l'action d'un jet de vapeur, en *laine minérale*, substance filamenteuse, dont le toucher rappelle celui de la soie, et dont on fait des garnitures isolantes, hydrofuges et incombustibles.

§ VI

FABRICATION DU FER

On transforme la fonte en fer en l'affinant, c'est-à-dire en lui enlevant le carbone qui s'y trouve combiné, ainsi que les autres impuretés qui s'y rencontrent presque toujours. L'opération peut se faire au *bois* ou à la *houille*.

L'affinage au bois se fait dans un petit foyer ressemblant à un foyer de forge qui serait situé au ras du sol. Une cavité est creusée; les parois en sont garnies avec des plaques de fer recouvertes d'argile, et l'on y fait arriver la tuyère d'une machine soufflante. On remplit d'abord ce foyer de charbon de bois, puis on recouvre de fonte en morceaux. Celle-ci fond; les gouttes liquides

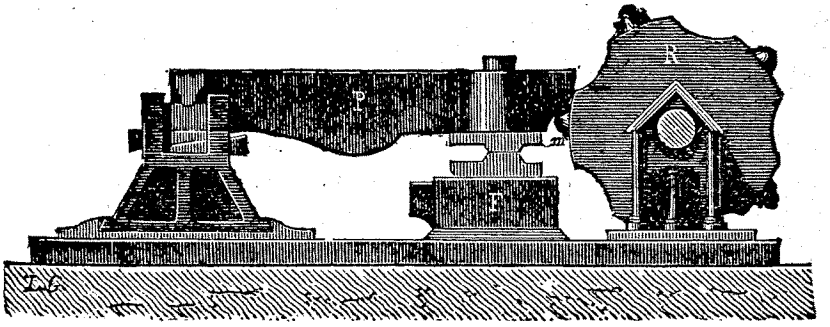


Fig. 39. — Martinet.

passent devant la tuyère dont l'air oxyde le carbone et le silicium; l'anhydride carbonique formé se dégage; l'anhydride silicique produit se combine avec un peu de fer et donne du silicate de fer, qui surnage en scorie qu'on enlève de temps à autre comme par un écumage. A l'aide d'une barre de fer appelée *ringard*, l'ouvrier qui surveille l'opération ramène de temps à autre la fonte liquide au-dessus du combustible. A un moment donné, la fonte devient pâteuse et difficile à remuer; l'affinage est alors terminé; l'ouvrier rassemble la pâte avec son outil, en forme une sorte de boule spongieuse appelée *loupe*, qu'il

place sur un petit chariot en fer; un autre ouvrier la conduit au *cinglage*.

Le cinglage consiste en un martelage énergique qui a pour but de faire jaillir au dehors de la loupe incandescente

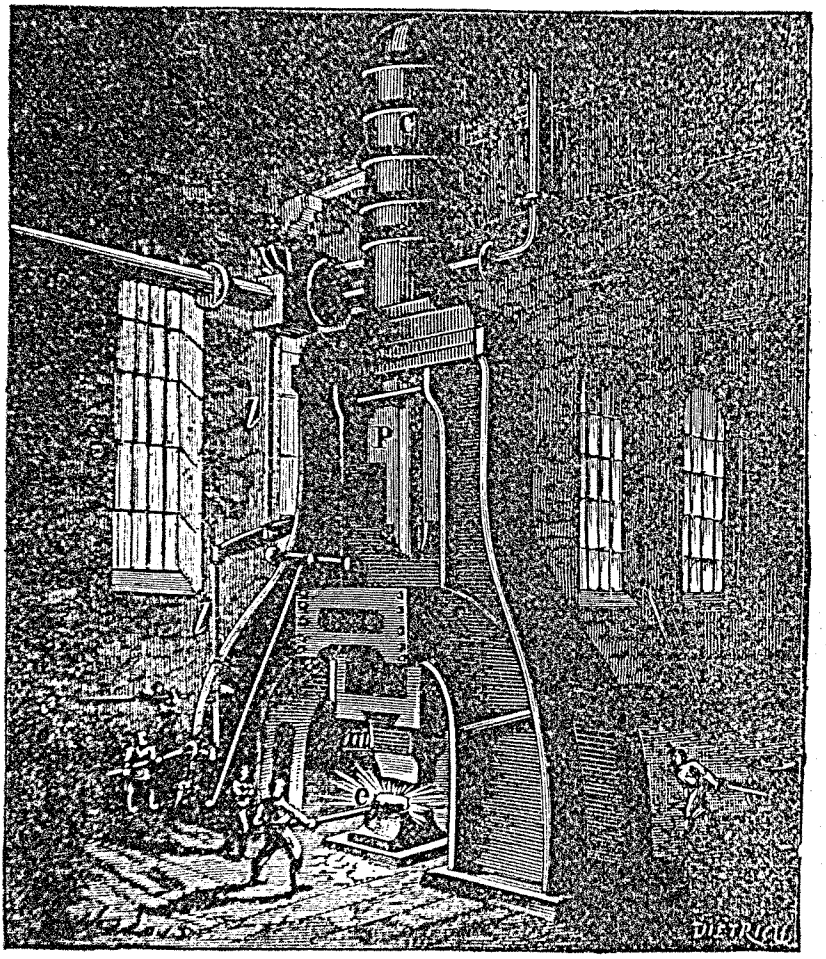


Fig. 40. — Marteau-pilon.

tout ce qui y reste de scorie à l'état fondu, et de rendre compact le bloc de fer qui va en résulter. Il se fait à l'aide de grands *marteaux mécaniques*. Les uns (fig. 39) sont actionnés au-dessus de l'enclume F par des roues à cames R, comme les bocards dont nous avons parlé; c'est ce qui a lieu généralement dans les usines où l'on dispose de la

force hydraulique : on les appelle des *martinets*. D'autres sont mus par la vapeur, comme les *marteaux-pilons*, plus fréquemment employés, et dont la masse frappante, qui peut atteindre jusqu'à cent tonnes, permet de marteler à la fois de plus grandes quantités de matière, tout en opérant plus rapidement. Un marteau-pilon est une véritable machine à vapeur à double effet ou à simple effet. (La figure 40 représente un marteau-pilon à simple effet.) Le cylindre C est vertical et à une certaine hauteur au-dessus du sol; la tige P du piston est terminée à sa partie inférieure par le marteau *m;* les coups sont donc frappés dans le sens vertical. Pour frapper un coup, un manœuvre ouvre à l'aide d'un levier *l* la soupape d'admission de la vapeur; cette dernière, entrant dans le cylindre, soulève le piston et, par conséquent, le marteau qui en est solidaire; lorsqu'il est arrivé à la hauteur voulue, l'ouvrier laisse échapper d'un mouvement brusque la vapeur dans l'atmosphère; le piston-marteau, n'étant plus soutenu, retombe de tout son poids sur l'enclume *e*. Dans les marteaux-pilons à double effet, la vapeur, en agissant à la partie supérieure du piston, ajoute sa force propre au poids du piston-marteau.

La loupe prête à être cinglée est amenée sur l'enclume et soumise à une série de chocs. De tous côtés jaillissent les éclats fondus de scories. Un ouvrier, muni de longues tenailles et protégé par une sorte d'armure en cuir, présente successivement à l'outil les diverses faces du *lopin,* qui prend la forme d'un prisme rectangulaire plus ou moins régulier.

La masse de fer passe ensuite au *laminage*, qui achève de la purifier et d'en resserrer la masse; pour cela, sans attendre qu'elle soit refroidie, on la présente au *laminoir* (fig. 41).

Un laminoir est un ensemble de deux cylindres d'acier ou de fonte de fer, aux axes parallèles placés l'un au-dessus de l'autre horizontalement, et tournant en sens inverse. Le cylindre inférieur reçoit l'impulsion d'un

moteur quelconque et communique, au moyen d'une roue d'engrenage, le mouvement au cylindre supérieur.

Leur surface offre des cannelures transversales, dont la dimension va en diminuant d'une extrémité à l'autre. C'est entre ces cylindres en mouvement que va passer la masse prismatique obtenue dans l'opération précédente.

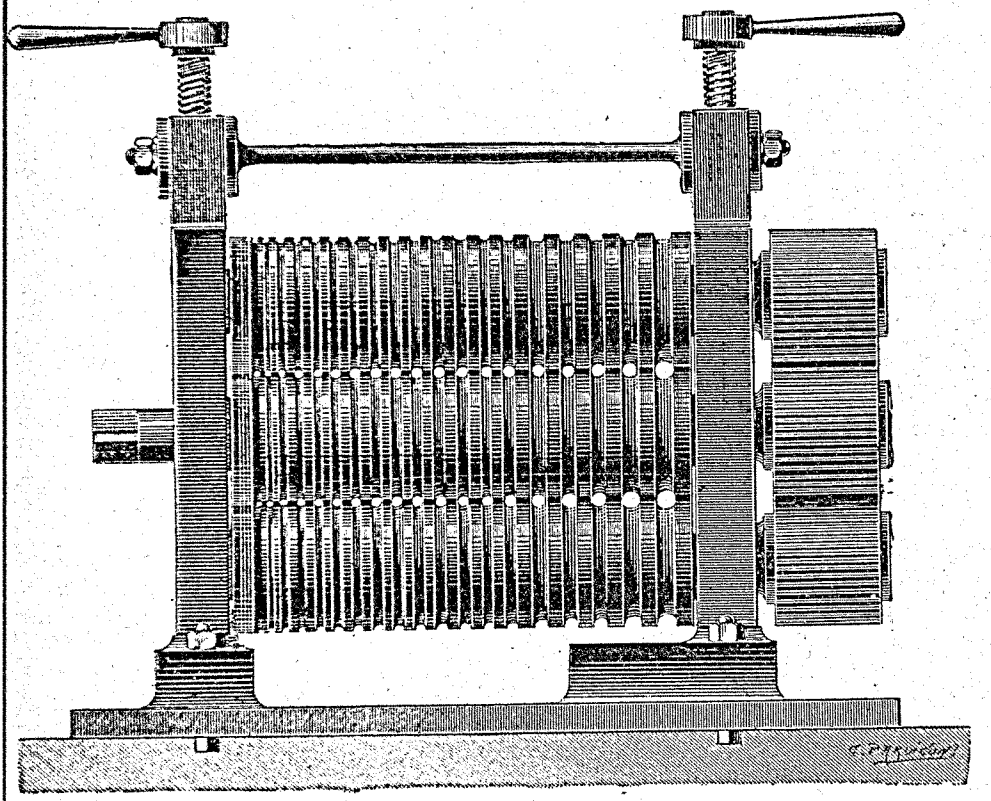


Fig. 41. — Laminoir à double effet dit *trio*.
(La barre est laminée à l'aller et au retour.)

Pour cela, on la présente à l'intervalle compris entre les deux cylindres, du côté où les cannelures sont le plus grandes. Elle est entraînée comme par des mâchoires, et va sortir de l'autre côté, amincie, mais allongée; des ouvriers la saisissent avec des pinces, et à l'aide de leviers ou de presses hydrauliques situées au-devant du laminoir, la soulèvent à la hauteur du cylindre supérieur et la font repasser par-dessus, pour qu'on la présente

à la cannelure suivante; on continue ainsi à l'étirer en la faisant passer dans des cannelures de plus en plus petites, jusqu'à ce qu'elle ait atteint la section voulue. On obtient ainsi le *fer en barre,* forme sous laquelle le métal est généralement livré au commerce; ces barres peuvent être carrées, plates ou rondes. Parfois le laminoir se compose de trois cylindres superposés, celui du milieu entraînant les deux autres : c'est le *trio* (fig. 41); cette disposition permet de supprimer la manœuvre consistant à ramener la barre, après la traversée de chaque cannelure, par-dessus le cylindre supérieur. A l'aller, elle passe entre le premier et le deuxième : au retour, entre le deuxième et le troisième.

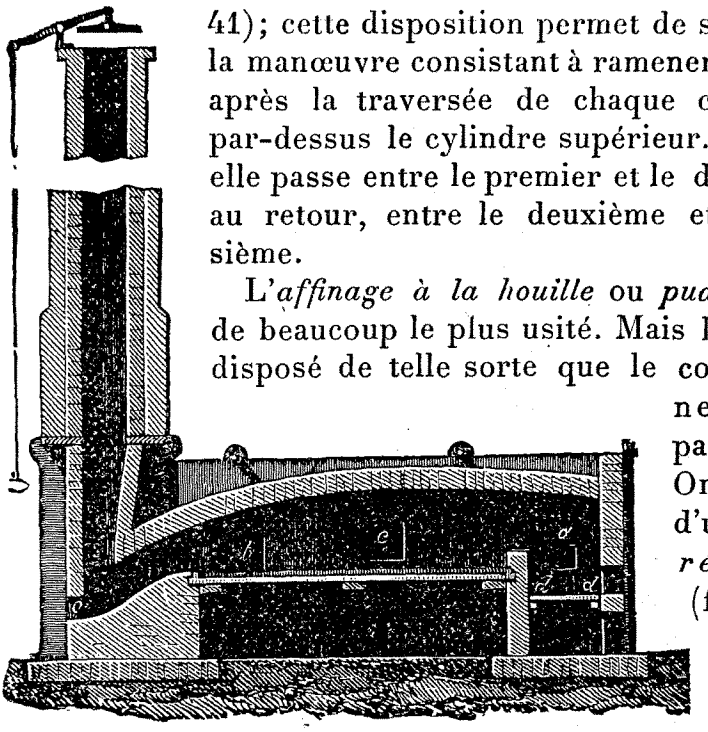


Fig. 42. — Four à puddler.

L'*affinage à la houille* ou *puddlage* est de beaucoup le plus usité. Mais le four est disposé de telle sorte que le combustible ne touche pas la fonte. On se sert d'un *four à réverbère* (fig. 42). C'est un four divisé en deux cases : la première est le foyer proprement dit *dd*, la seconde *b* ou *réverbère* reçoit la fonte à affiner; la surface en est très grande et la voûte est surbaissée, afin de forcer les flammes venant du foyer à lécher le métal. On charge le réverbère d'environ 250 kilogrammes de fonte en morceaux, mêlée avec un peu d'*oxyde des battitures* (écailles d'oxyde de fer obtenues au forgeage) destiné à fournir un supplément d'oxygène. Pendant l'opération, l'ouvrier brasse continuelle-

ment la masse avec un ringard par la porte *c* et attire au dehors les scories qui surnagent. Lorsque la pâte devient résistante, il rassemble une loupe, et le reste de l'opération se passe comme dans l'affinage au bois. Pour éviter le brassage à bras d'homme, certaines usines emploient des *fours à puddler rotatifs*, où la matière se brasse elle-même par l'effet du mouvement du four tournant autour de son axe.

La fonte blanche peut être affinée telle quelle. Quant à la fonte grise, il faut la transformer d'abord en une sorte de fonte blanche,

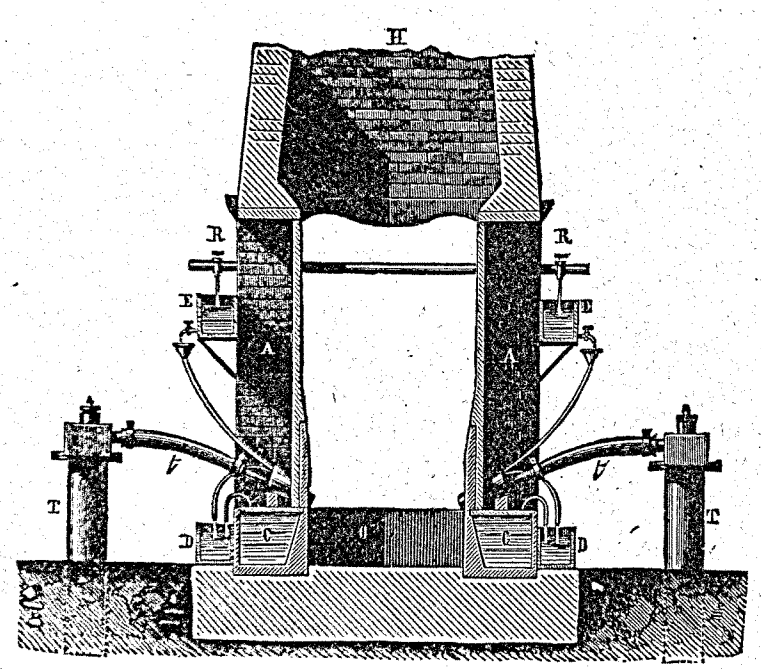


Fig. 43. — Four de finage. O, four; T*t*, tuyères; R, E, C, D, chemin que suit l'eau; H, cheminée.

moins siliceuse, appelée *fine métal*, en la fondant dans un foyer analogue à celui d'une forge, et appelé *four de finage;* le charbon du métal est oxydé par un courant d'air fourni par des tuyères que protège contre l'action de la chaleur un courant d'eau (fig. 43). Ce n'est qu'après cette opération qu'on la soumet au puddlage.

Pour certains usages, on a besoin d'un fer d'une grande homogénéité; on soumet alors les barres à une opération supplémentaire, ou *corroyage*. On les coupe en morceaux à l'aide de cisailles, on en fait des paquets qu'on porte ensuite dans un four à réverbère, appelé

four à souder, à la température du rouge blanc; on les en retire, et on les fait repasser au laminoir. Sous l'influence de la pression, les morceaux se soudent entre eux, et chaque paquet fournit une barre nouvelle. Le fer ainsi obtenu ne présente plus les défauts du fer brut; c'est le *fer corroyé*.

§ VII

FABRICATION DE L'ACIER

L'acier étant un carbure de fer contenant moins de carbone que la fonte, on peut l'obtenir soit en décarburant partiellement la fonte, soit en carburant le fer. Il y a donc deux méthodes générales pour le fabriquer, chacune d'elles comprenant plusieurs procédés qui donnent des aciers de noms et de propriétés un peu différents.

Acier de forge. — L'*acier de forge*, appelé encore *acier brut*, *acier de fonte*, et quelquefois, mais à tort, *acier naturel*, est un acier d'affinage, c'est-à-dire provenant de la fonte. Pour l'obtenir, on chauffe la fonte avec du charbon de bois dans un four analogue à celui qui sert pour la préparation du fer par l'affinage au bois. On modère l'action du vent, de manière à ne pas conduire l'opération trop vite, et l'on s'arrête avant que le métal liquide soit devenu pâteux. On le ramasse en loupes qu'on martèle et qu'on lamine, comme s'il s'agissait de fer. Le métal obtenu par ce procédé est plutôt du fer aciéreux.

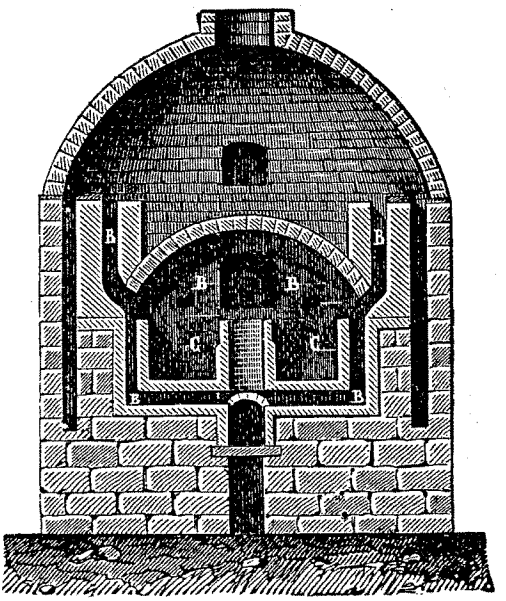


Fig. 44. — Four de cémentation.

Acier puddlé. — L'acier puddlé est préparé comme

le fer puddlé et dans un four identique. Là encore, on arrête la décarburation avant qu'elle soit complète. L'acier est obtenu en barres.

Acier de cémentation. — On obtient cet acier en carburant le fer. On prend des barres de fer, on les dispose en lits alternant avec des lits de *cément* (fig. 44) dans des caisses en briques réfractaires C placées dans un four B. Le *cément* est le corps qui devra fournir le carbone; c'est du charbon de bois auquel on ajoute différentes matières : de la suie, des matières animales, des cendres et du sel marin.

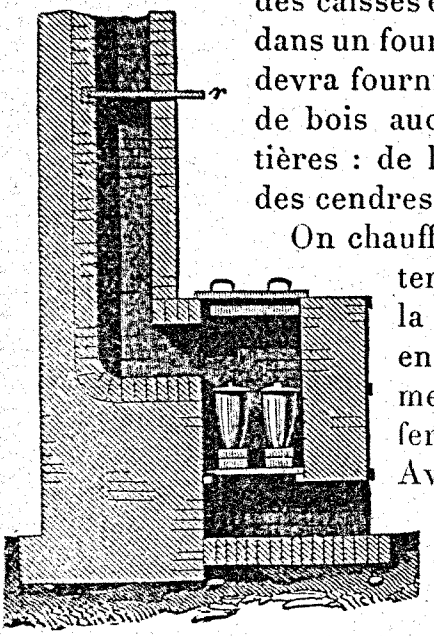


Fig. 45. — Fourneau à vent.

On chauffe pendant plusieurs jours à une température inférieure à celle de la fusion de l'acier. On laisse ensuite le four se refroidir lentement, et l'on retire les barres de fer transformées en barres d'acier. Avant de les livrer au commerce ou de s'en servir, on leur fait habituellement subir le corroyage, opération à laquelle on soumet aussi les barres des aciers précédents.

Acier fondu. — Les trois procédés qui viennent d'être décrits ne donnent pas des aciers bien homogènes. Pour certains usages, il importe d'avoir un acier dont toutes les parties soient rigoureusement de même nature, dans le même état physique, et qui ne présente ni *pailles* (fissures), ni *soufflures* (vides produits par des bulles de gaz). Pour avoir un tel acier, on fond l'un des aciers précédents dans un creuset en terre réfractaire, chauffé dans un *fourneau à vent* (fig. 45). Après fusion, l'acier est coulé dans une lingotière. On évite encore mieux les soufflures en exerçant *par le bas* une pression sur le métal fondu, dans la lingotière même.

Il existe aussi des procédés mixtes, c'est-à-dire dans

lesquels, dans la même opération, on décarbure la fonte complètement, puis on recarbure le fer obtenu. On a ainsi de suite l'acier fondu, que l'on peut comprimer aussi. Tels sont les procédés Bessemer, Thomas et Martin.

Acier Bessemer. — Le procédé Bessemer consiste à faire passer un violent courant d'air dans la fonte en fusion. Sous l'influence de l'oxygène, le silicium brûle d'abord, le carbone ensuite. Le four où l'on opère est une grande cornue rotative C, C′ appelée *convertisseur* (fig. 46). Elle est en tôle, mais garnie intérieurement de briques réfractaires. Elle tourne autour de tourillons fixés au milieu de sa panse ; c'est par l'un de ces tourillons, qui est creux, qu'arrive l'air envoyé par une puissante machine soufflante. A l'opposé du fond se trouve l'ouverture en forme de bec.

On commence par chauffer la cornue, en la remplissant de coke incandescent dont on active la combustion en faisant passer de l'air; puis on la vide, on l'incline horizontalement et l'on y fait couler de la fonte liquide P′. On lance de nouveau le courant d'air, et on la redresse. Des torrents d'étincelles, puis une grande flamme sortent par l'ouverture. Un maître ouvrier suit les progrès de la décarburation, en observant la flamme à l'aide d'un *spectroscope à vision directe*. Quand, dans le spectre de cette flamme, il voit disparaître la raie du carbone, ce qui indique qu'il n'y a plus que du fer, il fait arrêter le soufflage et introduire dans la cornue une quantité déterminée d'une fonte manganésifère (*spiegeleisen*) contenant 12 % de manganèse. Le carbone de cette fonte recarbure le fer; son manganèse prend l'oxygène qui avait déjà oxydé le fer, et monte en scorie à la surface. On souffle de nouveau, et l'on coule bientôt après dans les lingotières P. Si l'on préfère décarburer complètement d'abord et recarburer ensuite le fer obtenu, en ajoutant un composé carburé dosé d'avance, c'est parce qu'on ne saurait conduire la décarburation à volonté; sans cet artifice, on ne connaîtrait pas au juste la nature de l'acier obtenu.

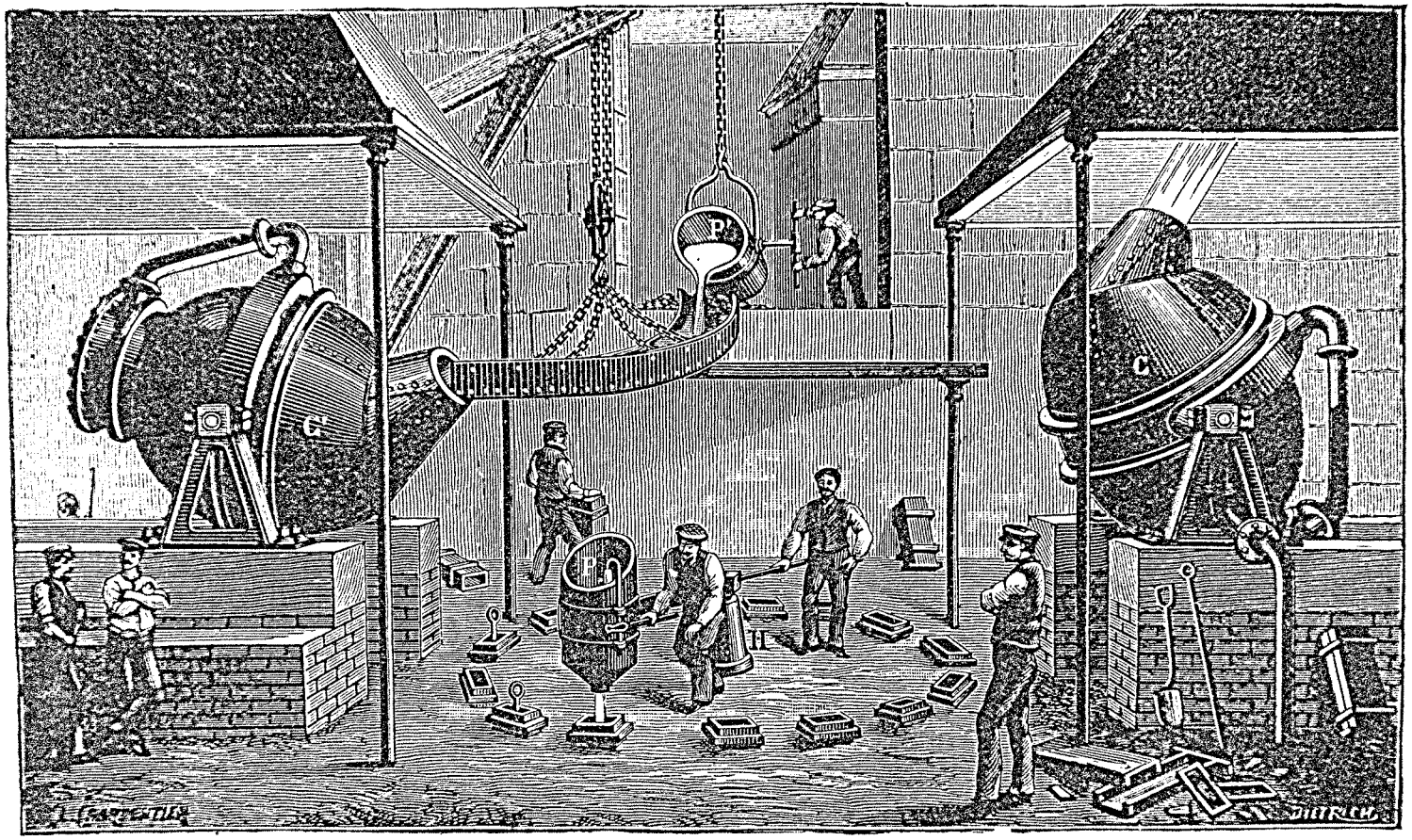


Fig. 46. — Préparation de l'acier Bessemer.

Le procédé Bessemer présente deux grands avantages : le premier est de pouvoir traiter une grande quantité de métal à la fois; le second est de pouvoir traiter des fontes impures, alors que, dans les procédés décrits plus haut, il faut, de toute nécessité, n'employer que des matériaux de choix. Dans les convertisseurs, les matières étrangères sont ou brûlées, ou réduites en scories qu'on laisse écouler. Toutefois on ne peut

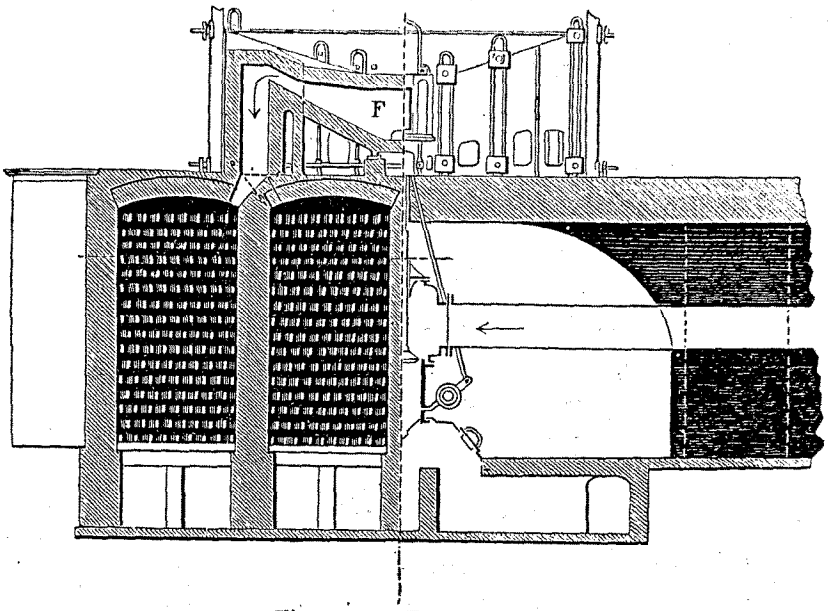


Fig. 47. — Four Martin.

traiter ainsi les fontes phosphoreuses; on emploie pour convertir ces dernières en acier le procédé Thomas.

Acier Thomas. — Dans ce procédé, on utilise le convertisseur Bessemer, mais le revêtement intérieur, au lieu d'être en argile réfractaire, c'est-à-dire *acide*, est *basique*, c'est-à-dire constitué par un mélange de chaux et magnésie obtenu par la calcination de la *dolomie* (carbonate de calcium et de magnésium). La chaux et la magnésie s'emparent de l'anhydride phosphorique qui se forme par l'oxydation du phosphore, et il en résulte les *scories de déphosphoration* employées par l'agriculture.

Acier Martin. — Martin, en utilisant les récupérateurs de chaleur de Siemens, a trouvé le moyen d'obtenir de grandes masses d'acier fondu à l'aide d'un four fixe, dont le revêtement peut être aussi *acide* ou *basique*.

Le four Martin (fig. 47) n'est autre chose qu'un four à réverbère offrant comme particularité d'être accompagné de récupérateurs de chaleur analogues aux régénérateurs Whitwell. Le combustible est un mélange d'oxyde de carbone et de carbures d'hydrogène qu'on obtient en faisant passer la masse d'air venant de la machine soufflante au travers d'une colonne de houille incandescente (*gazogène*, fig. 48). Le mélange précédent chauffé dans un récupérateur à une température de 7 à 800° environ, ainsi que de l'air en excès chauffé aussi dans un autre récupérateur, se rendent au four; l'oxyde de carbone et les carbures d'hydrogène, en y brûlant, élèvent la température jusqu'à 1.800 ou 2.000; ils y décarburent la fonte sur la sole; les gaz produits passent ensuite dans deux autres récupérateurs qu'ils échauffent. Toutes les heures, on renverse la communication pour chauffer chaque nouveau groupe de récupérateurs à son tour. On ajoute aussi du *spiegeleisen* au moment voulu pour recarburer le fer dans les proportions convenables. Cette méthode offre l'avantage de permettre l'utilisation de la vieille ferraille

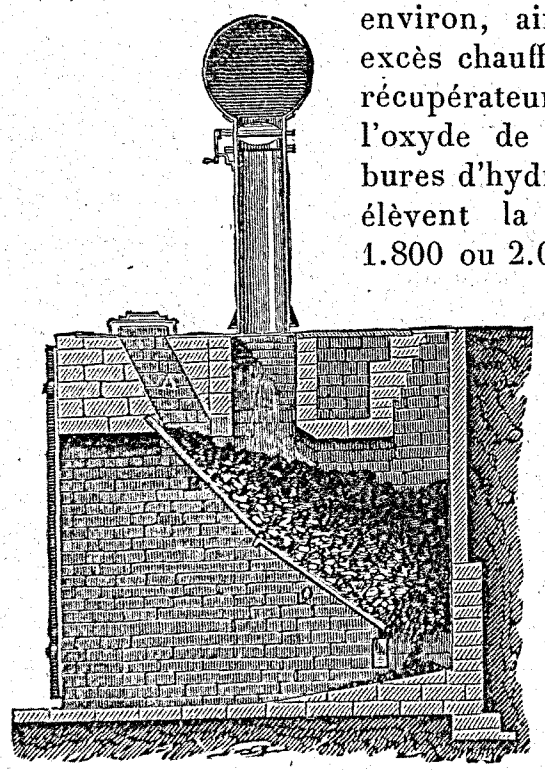


Fig. 48.
Gazogène pour four Martin.

qu'on ajoute à la fonte. La fusion dure de huit à douze heures.

Acier naturel. — On sait aussi obtenir l'acier en partant directement du minerai. On emploie pour cela un four qui n'est autre que celui qui sert pour l'affinage de la fonte au bois. Pour assurer la carburation du fer au fur et à mesure de sa désoxydation, on ajoute un excès de charbon. Les loupes de métal fondu doivent être cinglées et laminées. On peut refondre au fourneau à vent.

CHAPITRE V

Bois et leurs produits.

§ Ier

PROPRIÉTÉS DES PRINCIPAUX BOIS

Les bois industriels les plus employés en France comprennent deux catégories : I° les bois indigènes; II° les bois exotiques. La première catégorie peut elle-même se diviser en quatre groupes principaux : 1° les bois durs qui, comme leur nom l'indique, sont plus résistants; 2° les bois blancs, généralement de couleur claire, légers, peu résistants; 3° les bois fins, de fibres serrées, résistantes, homogènes; 4° les bois résineux, appartenant à la famille des conifères, légers, élastiques, et dont les sujets peuvent atteindre une grande hauteur.

Nous donnerons une idée succincte des principaux bois mis en œuvre en France, et nous dirons ensuite quelques mots des produits qu'on en retire.

Bois durs. — Le chêne est le bois de construction par excellence; il est jaune rougeâtre, très dur, se conserve longtemps, et même indéfiniment sous l'eau. On l'emploie pour tous les travaux de charpente, de menuiserie, d'ébénisterie, de tonnellerie, etc. On distingue en France le *chêne blanc* ou *chêne pédonculé*, variété la plus recherchée; le *chêne rouvre*, ou chêne commun, aux fibres moins droites

et présentant souvent des *rebours*; l'*yeuse* ou *chêne vert*, très dur, aux fibres contournées et impropre aux travaux de charpente; le *chêne-liège*, peu employé dans les constructions. L'écorce de chêne pulvérisée constitue le tan.

Le bois de *châtaignier* est gris, presque aussi dur que celui du chêne, mais à fibres plus longues et moins résistantes; il est employé dans les travaux de charpente, de tonnellerie; comme celle du chêne, son écorce est utilisée dans la tannerie.

Le *frêne* est d'une belle couleur blanc jaunâtre; sa texture est serrée; il est très élastique, ce qui le fait rechercher pour la carrosserie et le charronnage.

Le bois *de hêtre* est brun clair, traversé par des veines brillantes; il est employé en menuiserie; convenablement préparé, il trouve son emploi dans la charpente.

Le bois de *noyer* est assez dur, compact, d'une belle couleur brune, veinée de brun et de noir; aussi est-il très employé en ébénisterie. C'est le bois le meilleur pour la fabrication des sabots.

L'*orme* est jaune rougeâtre, très fibreux, tenace et difficile à travailler. Il sert surtout pour le charronnage.

Bois blancs. — L'*acacia* est dur, d'un jaune verdâtre, de texture assez fine. Il est employé dans la carrosserie, le charronnage, les clôtures, etc.

L'*aulne* est blanc roux, très tendre; il se travaille bien et se tourne facilement; il se conserve longtemps à l'humidité.

Le *bouleau* est tendre, plus blanc que l'aulne, susceptible de poli. Son écorce, employée en tannerie, contient une huile empyreumatique (huile de bouleau) qui communique au cuir l'odeur de *cuir de Russie*.

Le *charme* est un bois de couleur blanche, très dur, à grain fin et serré. Il est employé pour le charronnage; on en fait aussi des vis, des maillets, des manches et des fûts d'outils.

Le *peuplier* est un bois blanc, tendre, léger, filandreux; son principal emploi est la fabrication des caisses d'emballage.

Bois fins. — Le bois de *buis* est de couleur jaune ci-

tron, très dur, surtout dans la racine; c'est le plus dur et le plus lourd de nos bois indigènes; il est employé pour certains outils, les objets fabriqués au tour, etc.

Le *cornouiller* est un bois blanc roussâtre, noueux, très dur, employé pour la fabrication des engrenages, des manches d'outils.

Le *cormier*, appelé aussi *sorbier*, est d'une belle couleur rougeâtre; il est dur, d'un grain fin et compact; il est employé pour les dents d'engrenages, les fûts d'outils, etc., et en général pour toutes les pièces exigeant une grande dureté.

Le *cerisier* ou *merisier* est de couleur rosée, susceptible de prendre un beau poli; il est employé en ébénisterie, principalement pour la confection des chaises.

Le *poirier* est un bois presque rouge, à grain serré, se coupant bien dans tous les sens; il prend facilement la teinture, surtout la teinture noire, et remplace alors l'ébène; facile à travailler, il est recherché pour les travaux d'ébénisterie, la fabrication des modèles de fonderie.

Le bois de *pommier*, quoique moins dur que le poirier, est employé à peu près aux mêmes usages; il remplace parfois le cormier.

Bois résineux. — Les bois résineux sont surtout représentés dans nos climats par le *pin* et le *sapin*. Il est difficile de distinguer ces bois entre eux, plus difficile encore de reconnaître leurs différentes et nombreuses variétés. Le pin est un bois léger, de couleur blanche, qui brunit avec le temps; il se désagrège assez rapidement à l'air sec, tandis qu'il se conserve longtemps dans l'humidité. On trouve dans les Landes et dans la Gironde de vastes forêts de pins *maritimes*, qui fournissent de belles pièces de charpente et des poteaux de mines. Ces pins, saignés ou gemmés, donnent la résine brute, d'où l'on retire par distillation l'essence de térébenthine et, comme résidu, la colophane. Certaines variétés, poussant droit et atteignant de grandes hauteurs, sont employées pour la mâture des navires.

Le *sapin* est blanc jaunâtre, veiné de rouge; il présente

à peu près les mêmes caractères que le pin et se prête aux mêmes usages. Le sapin du Nord, qui nous vient de Suède et de Norwège, est à grain plus serré que nos sapins indigènes.

Bois exotiques. — L'*acajou* nous vient d'Amérique; il est très dur et d'une belle couleur rouge brun. Il sert en menuiserie, et surtout en ébénisterie, particulièrement comme bois de placage, à cause de son prix élevé; il est susceptible de recevoir un très beau poli.

Le bois d'*ébène* vient des Indes orientales, d'Afrique et d'Amérique; il est surtout connu pour sa belle couleur noire, quoiqu'il en existe des variétés rouges, grises et vertes. Comme l'acajou, l'ébène est dur, à grain serré, très lourd; il est surtout employé en ébénisterie.

Le *gaïac* est un bois très dur, très pesant (le mètre cube pèse 1.300 kil.) de couleur rouge brun, recherché pour la fabrication des petites pièces soumises au frottement, telles que poulies, coussinets, galets, roulettes, etc.

Le *pitch-pin*, analogue au pin, de couleur jaune, mais plus dur et plus résistant, est employé dans la confection des meubles, le parquetage, etc. L'importation des *pichtpins*, dont le prix est relativement peu élevé, tend à s'accroître dans des proportions notables.

Le *teck*, ou chêne des Indes, est un bois jaunâtre, très dur, très résistant, inattaquable par les insectes; les constructeurs de navires en emploient de grandes quantités.

Le *palissandre* est très dur; sa couleur est d'un beau rouge violet veiné. Il répand une odeur agréable; il est employé en ébénisterie, à l'état massif ou en placages.

§ II

ABATAGE ET DÉBIT DES BOIS

L'abatage des arbres a lieu en hiver, à l'époque où les tissus contiennent le moins de liquides susceptibles d'en provoquer l'altération. Dans certains pays, on prend la précaution d'écorcer l'arbre plusieurs

mois avant l'abatage : on rend ainsi le bois plus dur.

L'abatage est un travail très simple. Le plus ordinairement on procède ainsi . après avoir débarrassé l'arbre de ses principales branches et déterminé la direction de la chute, le bûcheron attache une corde à la cime; puis, au bas du tronc, il fait d'un côté une entaille, soit à la hache, soit à l'aide d'une scie à deux, appelée *tronçonnière* (fig. 49) ou *passe-partout.*

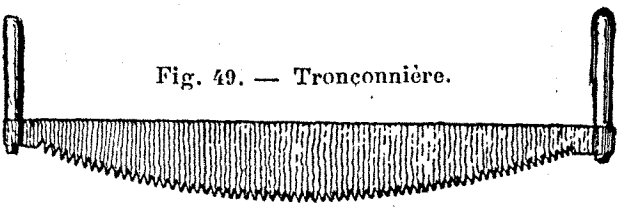


Fig. 49. — Tronçonnière.

Quand l'entaille a atteint la profondeur de la moitié ou des deux tiers du diamètre de l'arbre, il en pratique une autre du côté opposé, un peu au-dessus de la première. Au moment opportun, il tire sur la corde et provoque la chute de l'arbre. Il ne reste plus qu'à en détacher les rameaux non coupés pour en faire des fagots, des manches, des piquets, etc. Le tronc reste ainsi pour être travaillé ou débité.

Dans certains cas, on procède à un abatage mécanique. Il existe de petites scies mécaniques mues par des moteurs électriques, à pétrole ou à vapeur, que l'on transporte auprès de chaque arbre, et qui font un travail rapide, remplaçant ainsi avantageusement la hache ou la tronçonnière.

Le bois abattu doit être *desséché*; il perd jusqu'au tiers de son poids d'eau. Le séchage a lieu soit en forêt, soit dans les chantiers, sous des hangars spéciaux ou par un simple empilage. La dessiccation naturelle des bois est une opération fort longue, demandant plusieurs années. On active cette dessiccation en immergeant tout d'abord les arbres dans l'eau, de préférence dans l'eau courante, l'eau de rivière; l'eau chasse la sève, et la dessiccation marche ensuite beaucoup plus vite.

La dessiccation est réalisée plus rapidement encore par l'*étuvage* : le bois est enfermé dans une pièce où il est chauffé peu à peu par un courant d'air chaud et sec.

Une fois sec, le tronc d'arbre est débité. On commence par l'écorcer, si ce n'est déjà fait; puis on l'*équarrit* à la hache et on le porte à la scierie, à moins qu'il ne doive être employé entier. Il est bon, dans tous les cas, de pousser l'équarrissage jusqu'au bois dur, car l'*aubier*, ou bois jeune, qui est immédiatement sous l'écorce, se conserve mal et attire les insectes, à cause de l'amidon qu'il contient encore.

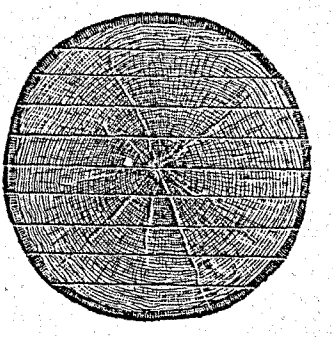


Fig. 50.
Débit par traits parallèles.

Le débit en planches, en chevrons, en poutrelles, se fait à la scie. On compte trois modes de débit : le *débit par traits parallèles*, le plus ordinaire; le *débit par traits parallèles et perpendiculaires*, qui divise les fibres d'une manière plus égale et évite le gauchissement; le *débit par rayonnement*, qui évite aussi le gauchissement et tranche les nœuds obliquement. Ce dernier mode de débit produit un plus bel effet dans les ouvrages de menuiserie et d'ébénisterie polis à la cire, mais il a le défaut de faire perdre du bois. Les figures ci-contre montrent l'emplacement des traits de scie sur une section de bois, dans chacun des trois modes (fig. 50 à 52).

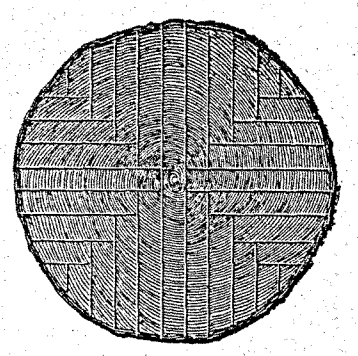


Fig. 51. — Débit par traits parallèles et perpendiculaires.

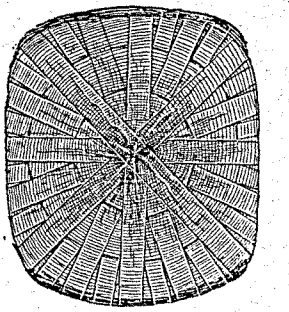


Fig. 52. — Débit par rayonnement.

L'opération se fait tantôt à la *scie à main*, qu'emploient les *scieurs de long*, tantôt avec une *scie mécanique*. Les scies mécaniques se divisent en *scies à mouvement alternatif* et en *scies à mouvement continu*.

Les scies à mouvement alternatif sont ou *verticales* ou *horizontales*. Les scies verticales (fig. 53) se composent d'un châssis dans lequel sont montées plusieurs lames de scie, dont l'intervalle est réglé suivant l'épaisseur à donner aux planches ou madriers. Il est animé d'un mouvement de va-et-vient dans le sens vertical, à l'aide d'une manivelle ou d'un excentrique actionné par un moteur quelconque. Si l'on pousse la pièce à débiter devant cette scie, elle est entamée et finalement débitée. La manœuvre est exactement celle du scieur de long. Les scies horizontales, réservées au débit des bois de placage, ressemblent aux précédentes, mais le châssis porte-lames se meut horizontalement, et les lames sont très rapprochées.

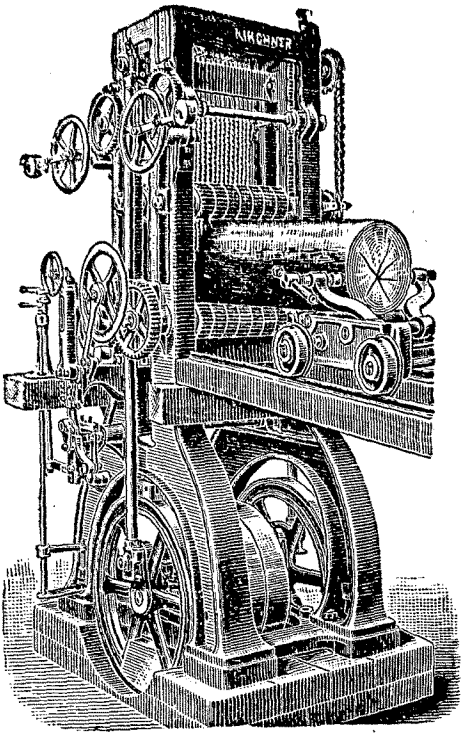


Fig. 53. — Scie mécanique à mouvement alternatif.

Les scies à mouvement continu sont les *scies circulaires* et les *scies à ruban*. La scie circulaire est un disque d'acier, découpé sur son pourtour en dents de scie. Il est *calé*, c'est-à-dire monté et fixé sur un arbre, lequel reçoit

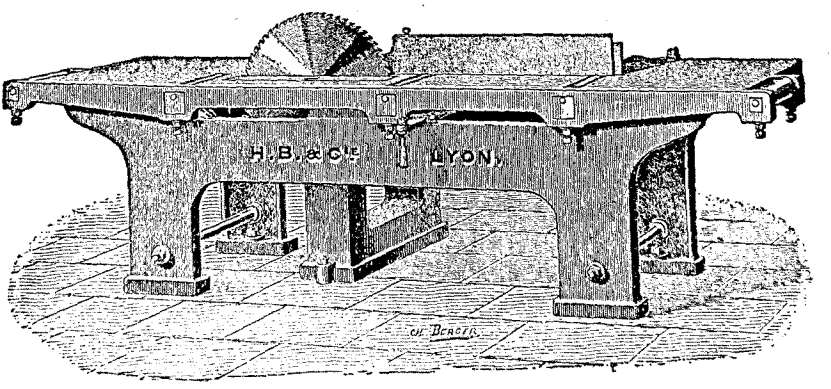


Fig. 54. — Scie circulaire.

d'un moteur quelconque un mouvement de rotation, et placé au travers d'une table de telle façon que la moitié du

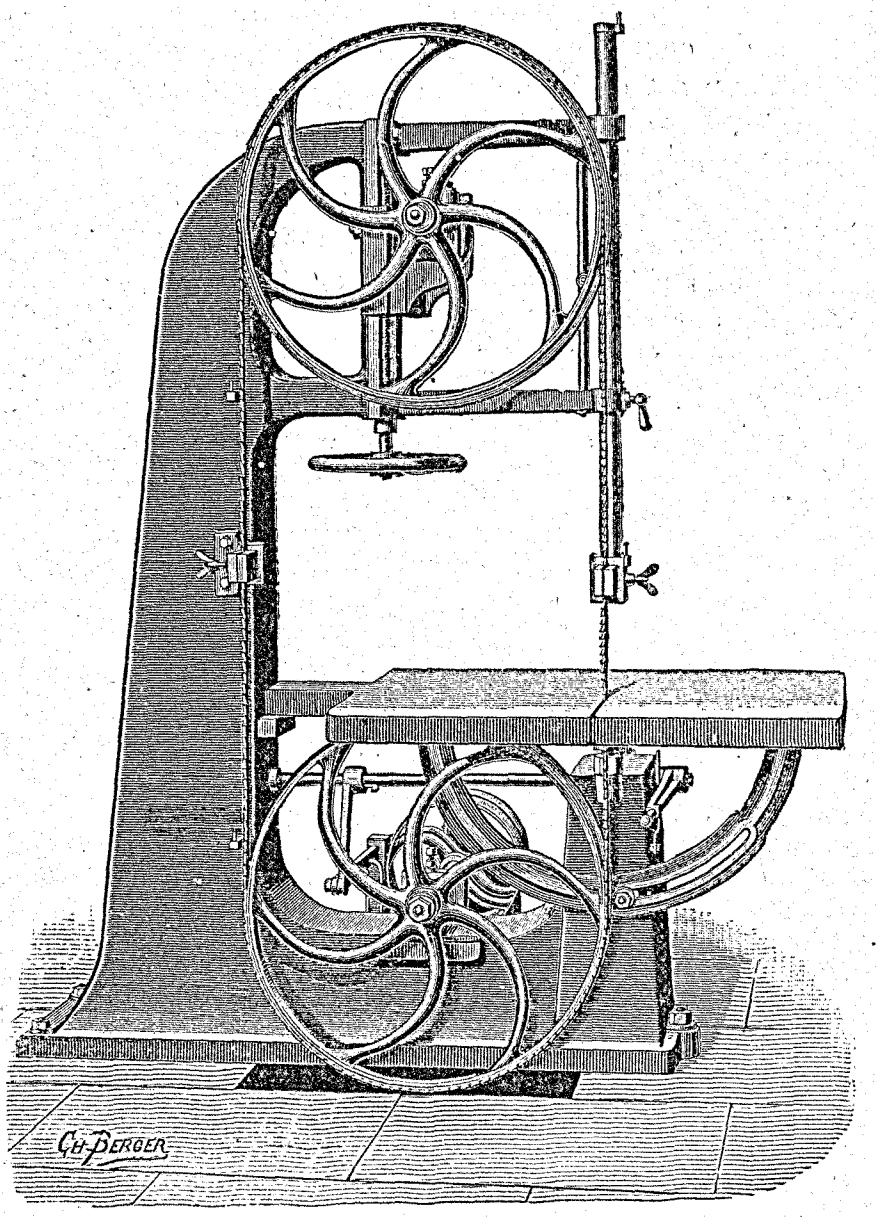


Fig. 55. — Scie à ruban.

disque dépasse le dessus de cette table. On pousse la pièce à scier sur la table au-devant de la scie (fig. 54).

La scie à ruban (fig. 55) est une mince lame d'acier A flexible, taillée d'un côté en dents de scie, et dont les deux extrémités sont réunies, de manière à former une sorte de courroie passant par-dessus deux poulies, dont l'une est calée sur un arbre de transmission. Cet arbre, dans son mouvement, entraîne la poulie calée, qui, par la courroie d'acier, entraîne l'autre, de sorte que le mouvement de cette courroie, qui est la scie elle-même, est continu. Il suffit de lui présenter la pièce à débiter. Lorsque la pièce à scier est lourde, on la fait porter et pousser par un chariot porteur, dont le mouvement est généralement lié à celui de la scie mécanique, quelle qu'elle soit, par des engrenages ou autres organes de transmission.

§ III

CONSERVATION DES BOIS

A l'air sec, les bois se conservent très longtemps, mais à l'air humide, il n'en est plus de même ; la putréfaction, les insectes, les cryptogames les altèrent très rapidement.

Pour combattre ces agents d'altération, on emploie des matières antiseptiques, insecticides ou isolantes, dont on entoure le bois, et qu'on fait aussi pénétrer dans ses vaisseaux. Tels sont le suif, les résines, les essences, le goudron, la créosote, l'acide pyroligneux, l'acétate de fer, le sulfate de cuivre, etc.

Pour le revêtement extérieur, on se contente souvent d'un *badigeonnage* au liquide conservateur, mais il vaut beaucoup mieux recourir à une immersion prolongée dans le liquide après dessiccation préalable, car il se fait une légère pénétration qui préserve le bois sur une certaine épaisseur. La pénétration est plus aisée, dans tous les cas, si l'on a eu soin de chauffer le bois dans la vapeur, ou de le plonger dans l'eau bouillante, parce que les gaz qui s'y trouvaient ont été expulsés et que les vaisseaux se sont dilatés.

D'une façon générale, une pénétration produit toujours des résultats plus sûrs qu'un simple revêtement. On l'opère souvent en vase clos sous pression. Le bois est placé d'abord dans un cylindre contenant de la vapeur. Puis on le plonge par un bout dans la solution, qui pénètre dans les vaisseaux dont la vapeur a chassé l'air.

Si le bois a été coupé encore en sève, on peut utiliser le mouvement de la sève, ou plutôt son chemin, pour faire pénétrer le liquide conservateur. Pour cela, on couche le tronc A de telle façon que le pied soit un peu plus haut que la cime; à l'aide d'un manchon imperméable, on relie la section du pied avec le récipient K contenant le liquide (fig. 56). Ce récipient est situé à une certaine hauteur, grâce à laquelle le liquide descend sous pression, et pénètre lentement dans le bois. Quand on voit sortir le liquide du côté de la cime, on arrête l'opération. C'est par ce procédé qu'on *injecte* les poteaux télégraphiques avec du sulfate de cuivre (*procédé Boucherie*).

La *carbonisation* partielle de la surface du bois est aussi un bon moyen de le préserver.

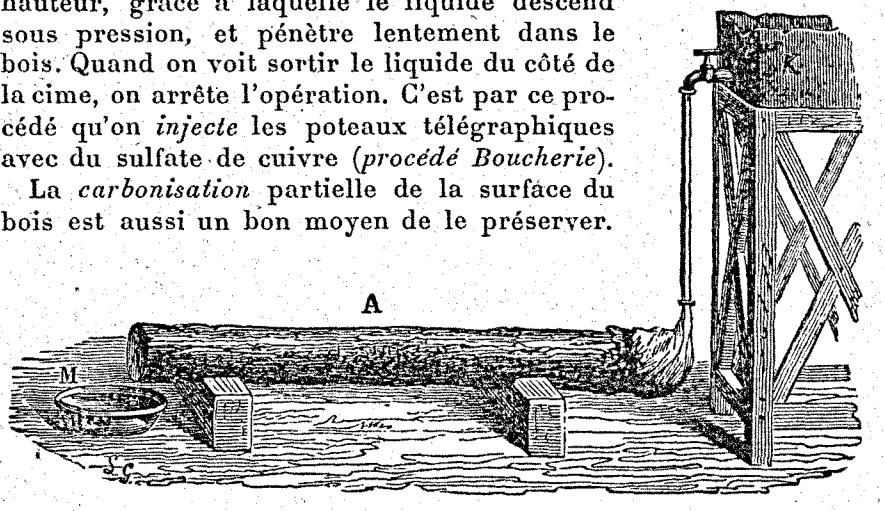


Fig. 56. Conservation du bois par injection.

On commence par *fumer* le bois dans une pièce où l'on fait arriver les produits de la combustion d'un foyer de bois. Ensuite on le *flambe*, en l'enduisant légèrement d'un mélange de goudron et d'huile lourde de gaz, puis en l'introduisant dans un foyer. Le mélange brûle et carbonise le bois à la surface. Il ne reste plus qu'à brosser.

En Amérique, on enferme le bois dans de grands cylindres en tôle d'acier; on l'y soumet pendant 8 heures à l'action de l'air comprimé à 14 atmosphères et chauffé à 200°, dans lequel on injecte de temps en temps un peu de vapeur d'eau. Dans ces conditions, le bois est en quelque sorte asphyxié et rendu imputrescible par sa propre créosote, en même temps que les matières minérales d'incrustation qu'il contient se répandent dans toute sa masse. On appelle cette opération la *vulcanisation* du bois.

§ IV

NATURE, PROPRIÉTÉS ET PRÉPARATION DU CHARBON DE BOIS

Le *charbon de bois* est le résidu de la distillation du bois, comme le coke est le résidu de la distillation de la houille. Chauffé en vase clos, le bois donne naissance à des produits volatils : méthane,

anhydride carbonique, oxyde de carbone, acide pyroligneux, goudron, alcool méthylique (esprit de bois); il reste le charbon de bois, qui contient le carbone et les cendres.

Le charbon de bois est noir, sonore; il ne tache pas les doigts; sa densité dépend des bois employés : elle varie de 1,5 à 2. Il est aussi très poreux, et doit à cette particularité de flotter sur l'eau. C'est un mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité s'il est peu compact. Son inflammabilité est d'autant plus grande que sa température de préparation a été plus faible.

Il absorbe facilement les gaz, surtout s'il est en poudre, et cela d'autant plus facilement que ces gaz sont plus aisément liquéfiables.

D'après les bois employés, on distingue le *charbon dur* et le *charbon mou;* d'après le degré de calcination, le *charbon noir*, le *charbon roux* et le *bois roux;* d'après la grosseur, le *gros charbon*, le *charbon de forge*, la *braise* et le *menu.*

Le charbon de bois est employé pour le chauffage, la métallurgie, la filtration de l'eau et d'autres liquides, la pyrotechnie, la conservation des matières alimentaires, le polissage des métaux, etc.

Le charbon de bois se prépare par la distillation du bois en vases clos. Il existe deux procédés : celui des *meules* et celui des *cylindres*.

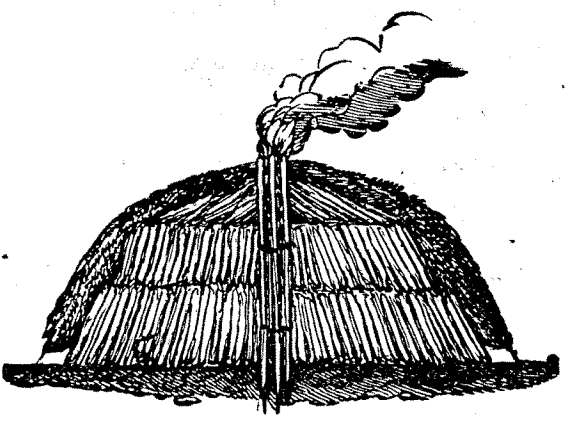


Fig. 57. — Préparation du charbon de bois par le procédé des meules.

Le premier, le plus primitif et le plus simple, s'emploie lorsqu'on veut obtenir le charbon dans les forêts, c'est-à-dire sur place, pour économiser des frais de transport. On débite d'abord le bois en *rondins*, puis on dresse ces rondins debout les uns contre les autres (fig. 57); on en pose une autre rangée sur la première, puis une autre encore. On a eu soin de ménager dans le milieu une ouverture verticale descendant jusqu'à terre, appelée *cheminée*, et, à différentes hauteurs, des ouvertures latérales communiquant avec elle et appelées *évents*. On

recouvre le tout de terre battue et de mousse; la *meule* est construite. On jette ensuite des broussailles dans la cheminée, et l'on y met le feu, après avoir fermé tous les évents sauf ceux du bas. Quand la fumée de la cheminée est devenue transparente, on la bouche, et l'on ouvre la rangée d'évents qui en est la plus proche. Quand la fumée de ceux-ci est également devenue transparente, on les bouche, et l'on ouvre les évents au-dessous, et ainsi de suite jusqu'au

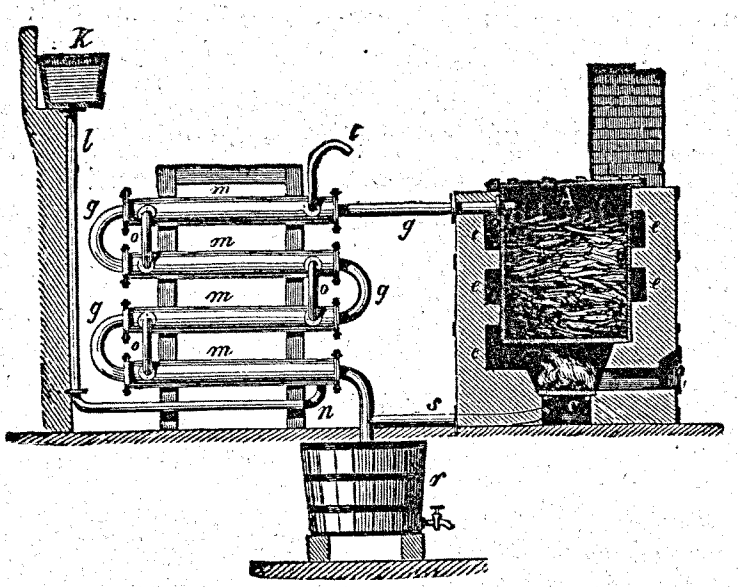


Fig. 58. — Préparation du charbon de bois par le procédé des cylindres.

bas de la meule; après quoi, on la démolit, et l'on trie les charbons obtenus en mettant de côté les *fumerons*, ou rondins mal carbonisés. Ce procédé donne en effet une carbonisation irrégulière; le résultat est meilleur si la meule est bâtie dans une fosse creusée en terre, et dont les parois sont revêtues de briques. De plus, le procédé des meules a le grave défaut de laisser perdre tous les produits gazeux dégagés, dont plusieurs sont utilisables, et de brûler une partie du bois.

Le second procédé, celui des *cylindres*, est employé de préférence aujourd'hui (fig. 58). On place les rondins dans des cylindres de tôle A, munis de tuyaux conduisant

les produits gazeux de la distillation dans des serpentins réfrigérants *m*, *g*, *n* où ils se condensent et sont recueillis. Ceux d'entre eux qui peuvent être brûlés sont quelquefois employés comme combustibles dans le four même de la distillation. Les cylindres sont placés dans ces fours et chauffés par l'extérieur. On ne brûle donc pas une partie du bois pour distiller l'autre; on peut employer n'importe quel combustible.

Le charbon destiné à la pyrotechnie est distillé à 300° dans la vapeur d'eau. Ce sont les mêmes cylindres qui servent; on y fait seulement arriver la vapeur.

Les bois employés pour faire le charbon de bois sont surtout le chêne, le charme, le châtaigner, le hêtre, et quelquefois les bois résineux. On choisit de préférence les tiges et les rameaux de quatre à cinq ans, ayant au moins une année d'abatage.

§ V

NATURE, PROPRIÉTÉS ET PRÉPARATION DU NOIR DE FUMÉE

Le *noir de fumée* n'est autre chose que du charbon sous forme de flocons extrêmement légers, se réduisant en une poudre impalpable et d'une belle couleur noire. Le carbone n'y est pas pur : il contient différentes matières dont la nature et la quantité varient avec l'activité de la combustion et la nature des corps qui lui ont donné naissance. On l'emploie pour faire des crayons, de l'encre de Chine, de l'encre d'imprimerie, des couleurs noires, etc.

Pour préparer le noir de fumée industriel, on brûle en présence de l'air des goudrons, des hydrocarbures, des matières grasses, des bois résineux, etc. La fumée est conduite soit dans de vastes chambres,

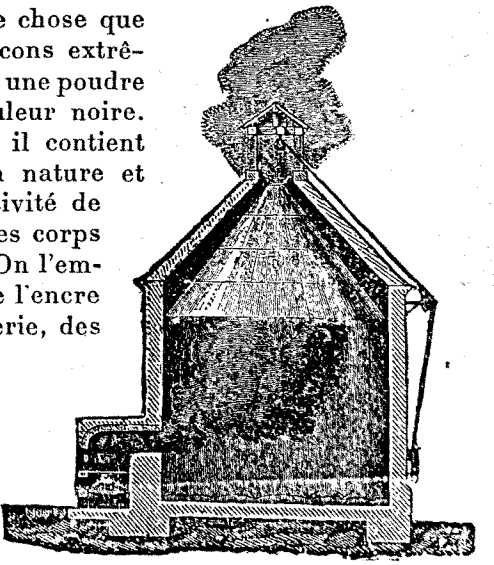


Fig. 59. — Appareil pour la préparation du noir de fumée.

divisées en compartiments par des cloisons en chicane qu'il r'y a qu'à râcler pour recueillir le noir qui s'y est déposé en poudre impalpable, soit, plus rarement, dans des chambres en forme de tour cylindrique, aux parois tendues de toile, que des cloches en tôle peuvent râcler en descendant du haut (fig. 59).

§ VI

NATURE, PROPRIÉTÉS ET PRÉPARATION DES RÉSINES.

Les *résines* sont des corps solides, durs, à cassure vitreuse, qui existent à l'état liquide dans le corps de certains végétaux, tels que ceux de la famille des *conifères*; on peut les considérer comme des *essences* (sorte d'hydrocarbures) *oxydées*, puisque ces dernières, exposées à l'air, se changent en résines. Du reste, la plupart des essences s'extraient d'une résine : ainsi l'*essence* de *térébenthine* est extraite de la résine du pin maritime.

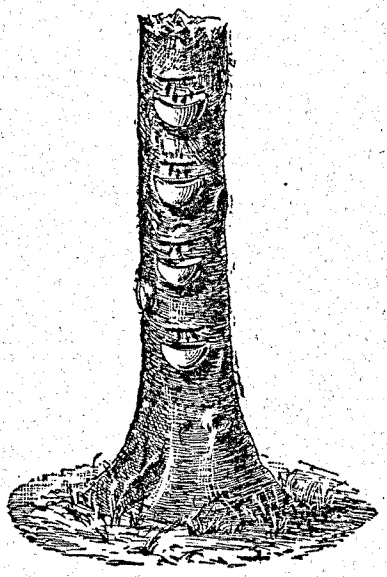


Fig. 60.
Godets recueillant la résine.

Les résines sont amorphes, et généralement insolubles dans l'eau. Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, l'essence de térébenthine, les huiles grasses. Elles forment avec les alcalis les *savons résineux*, insolubles dans l'eau. Elles brûlent facilement à l'air, mais en donnant beaucoup de fumée.

Les espèces de résines sont aussi nombreuses que les plantes qui les produisent; les plus connues sont la *térébenthine* tirée du *pin maritime*, et le *copal*, dont on distingue deux espèces. Le *succin* ou *ambre jaune* est une résine fossile.

Les *gommes* sont des produits analogues, mais qui sont élastiques; le *caoutchouc* et la *gutta-percha* sont les principales.

Les *gommes résines*, qui sont des mélanges de résine et de gomme, viennent aussi, toutes formées, de certains végétaux. Ainsi l'*assa fœtida*, la *gomme gutte*, l'*encens*, la *myrrhe*, l'*opoponax*, etc., sont tirés de plantes spéciales, presque toutes exotiques.

Les résines servent à faire du vernis, du noir de fumée, des essences. L'ambre jaune est utilisé comme pierre rare. Le caoutchouc sert à faire des tubes élastiques, des lanières, des vêtements, des objets de toute nature ayant pour caractère l'imperméabilité. La

gutta-percha sert surtout comme isolant en électricité. Les gommes résines servent en médecine et dans la parfumerie.

Les résines, les gommes et les gommes résines sont retirées des arbres par le procédé que voici : on fait avec une hachette une série verticale d'entailles sur le tronc des arbres qui les donnent (fig. 60). Au-dessous de chaque entaille, on cloue un petit godet en fer-blanc ou en terre cuite, dans lequel la résine ou la gomme coulera peu à peu. Lorsqu'un godet est plein, on l'enlève et on le remplace par un autre. Quand l'entaille ne donne plus de produit, on la laisse se cicatriser. Les gommes ou résines sont portées dans les usines pour être utilisées telles quelles ou pour y subir des préparations diverses.

§ VII

NATURE, PROPRIÉTÉS ET EXTRACTION DU LIÈGE

Le *liège* est la *couche externe* de l'écorce des arbres déjà un peu âgés, lorsque leur épiderme a disparu. Tous les arbres en sont pourvus, mais le chêne-liège seul en possède une épaisseur suffisante pour qu'on puisse l'utiliser. Cette substance est mauvaise conductrice de la chaleur et de l'électricité. Elle est extra-légère, très élastique, imputrescible et imperméable. Le liège sert surtout à faire des bouchons, mais il est encore employé pour confectionner des bouées, des ceintures de sauvetage, des poignées de vélocipèdes, des porte-plume, des semelles et talons de soulier, etc. On l'emploie comme isolant. Les rognures sont pulvérisées; la poudre de liège sert à faire le linoléum, à conserver les œufs et les fruits à l'abri de l'air humide; on l'utilise aussi pour certains travaux de polissage. On en fait également des agglomérés, qui fournissent des pavés, des briques, des carreaux, des tuyaux, etc.

On obtient le liège en écorçant le chêne-liège. Sans attendre que la couche se détache seule, on procède par incision, en ayant soin de ne pas endommager le liber qui reste dessous. Le liège est débité en *planches*, qui sont envoyées sans autre préparation dans les fabriques, où il sera utilisé. Le premier liège fourni par un arbre est de mauvaise qualité, rugueux et crevassé ; aussi le réserve-t-on à certains usages grossiers. La seconde coupe, et, après elle, toutes les autres, fournissent au contraire des lièges de qualité supérieure. Un chêne-liège peut fournir une dizaine de récoltes avant d'être épuisé.

ÉCOLE
NORMALE PROVINCIALE
d'INSTITUTEURS
à CHARLEROY

DEUXIÈME PARTIE

INDUSTRIES PRÉPARATOIRES

Les *industries préparatoires* sont celles qui, partant des matériaux extraits du sol, *préparent*, c'est-à-dire confectionnent des objets usuels. En fait, toutes les industries venant après les industries extractives peuvent être dites *préparatoires*; mais d'ordinaire on donne plus spécialement ce nom à celles qui travaillent les métaux, et à celles qui utilisent les procédés de la chimie : c'est cette acception que nous avons adoptée.

PREMIÈRE DIVISION

INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES

CHAPITRE PREMIER

Fonderie.

La *fonderie* est l'industrie qui consiste à fabriquer, avec des matières fusibles et par voie de moulage, des objets de formes diverses. Pour cela, il faut *fondre* ces matières, les *couler* à l'état liquide dans des moules reproduisant la forme du corps à reproduire et les y laisser se solidifier.

C'est surtout la *fonte de fer* qui est employée comme matière première par cette industrie. Mais on utilise aussi d'autres métaux, ou des alliages comme le bronze;

l'acier est notamment très employé aujourd'hui. Les procédés généraux de la fonderie étant les mêmes pour tous les métaux, nous ne parlerons ici que de la fonte de fer.

Les fontes grises seules servent à cette industrie, car seules elles deviennent assez fluides par la fusion pour pouvoir se couler avec facilité; elles ne subissent pas un retrait trop considérable au moment de la solidification, et, une fois solides, elles se laissent assez aisément travailler. S'il s'agit d'obtenir des objets grossiers, ne demandant pas beaucoup de ténacité, tels que des tuyaux, des consoles, etc., on coule au sortir du haut fourneau. Mais, si l'on veut des objets mieux finis, formés d'une matière plus homogène, et, partant, plus tenace, moins cassante, on emploie la *fonte de seconde fusion*, refondue au cubilot.

La première chose à faire pour fabriquer un objet en fonte, c'est d'en confectionner le *moule*. Les moules dans lesquels on doit couler la fonte se font généralement en sable, quelquefois en terre. Le *sable* spécial dont on se sert contient un peu d'argile, qui le rend plus liant; le mélange doit en être très homogène, et assez poreux pour que les gaz qui s'y dégageront au moment de la coulée puissent passer au travers, sans faire crevasser le moule, ce qui arriverait inévitablement s'ils restaient emprisonnés dedans. Souvent, pour assurer une porosité douteuse, on mélange au sable et à l'argile du poussier de charbon qui prendra feu, et, en brûlant, laissera dans la masse du moule des vides, imperceptibles, mais suffisants cependant pour le passage des gaz. La *terre*, dont on se sert particulièrement pour les moules à la trousse ou les noyaux, doit être mélangée de crottin de cheval ou de bourre menue, qui lui donne du corps et l'empêche de se fendiller par la chaleur. Afin de faciliter le dégagement des gaz, on perce le moule de trous au moyen de longues aiguilles.

De l'objet à fabriquer, on confectionne tout d'abord un *modèle* en bois, de dimensions excédant de 1/100 environ celles du dessin, à cause du retrait. Le mouleur

s'en empare et confectionne le moule. Il se sert à cet effet d'un *châssis*, sorte de cadre en fer ou en fonte, semblable à une caisse très basse dépourvue de fond. Ce châssis étant posé sur le sol de l'atelier, il y jette et y

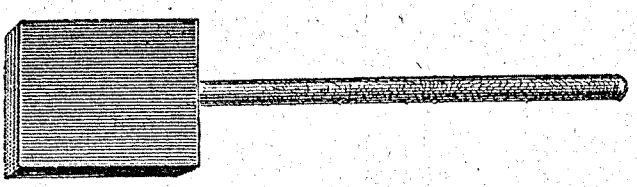


Fig. 61. — Batte.

foule du sable, ou de la terre à mouler, se servant pour cela d'outils tenant le milieu entre le marteau et la bêche, et appelés *battes* (fig. 61). Quand le fond est recouvert d'une certaine épaisseur de ce sable, il y couche le modèle et, recommençant à fouler du sable, il l'enterre à moitié, l'autre moitié restant en saillie, en ayant bien soin de faire pénétrer le sable dans toutes les anfractuosités de l'objet, de façon à bien en épouser la forme (fig. 62). Cela fait, il saupoudre avec du sable ordinaire fin et bien sec toute la surface qui vient d'être foulée. Prenant ensuite un

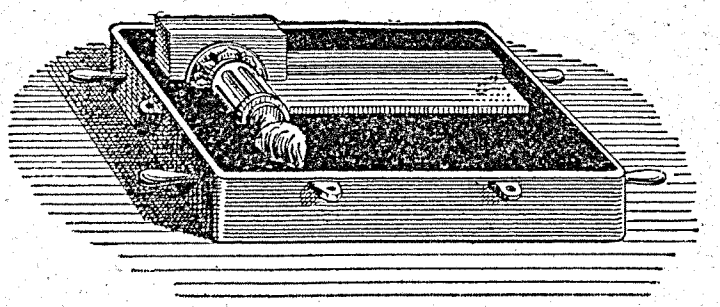


Fig. 62 — Moulage d'un chenet. Modèle dans le châssis inférieur.

second châssis semblable au premier, il l'en recouvre, puis recommence à y fouler du sable, de manière à enterrer totalement le modèle. Ce dernier aura ainsi imprimé sa forme et ses détails dans le sable, moitié dans le châssis inférieur, moitié dans le châssis supérieur. Il suffit de les séparer pour avoir les deux moitiés du moule,

séparation facilitée par la couche de sable sec interposée. On a eu soin de ménager, au moyen d'une baguette de bois ou *mandrin de coulée*, une ouverture faisant communiquer avec l'extérieur la cavité que va laisser le modèle quand on l'enlèvera; c'est par là qu'on fera arriver la fonte liquide. On ménage aussi des *évents*. En *démoulant*, c'est-à-dire en séparant les deux châssis, pour enlever le modèle, il arrive que, malgré toutes les précautions, il se produit de petits éboulements de sable, que les arêtes du moule s'écornent; le mouleur réparera ces accidents à la main, avec du sable ordinaire. On fait ensuite sécher les deux moitiés. Lorsqu'on se sert de châssis un peu grands, il serait difficile de les manier sans déranger la masse de sable qu'ils contiennent; on en assure alors la solidité en les cloisonnant ou en se servant de crochets noyés dans la masse et attachés aux parois.

S'il s'agit de pièces creuses, comme un vase, ou présentant des évidements, comme un bâti ou une grosse poupée de tour, il faut, en outre des opérations précédentes, lorsqu'on a enlevé le modèle, et avant de réunir de nouveau les deux châssis pour les envoyer à la *coulée*, placer à l'intérieur du moule un *noyau*, reproduisant exactement la forme de l'intérieur ou le vide de l'objet. On conçoit qu'en coulant, la fonte liquide se répartira entre les parois internes du moule et le noyau, et enveloppera celui-ci. Après refroidissement, on enlèvera le noyau, et l'on aura ainsi un corps creux.

Le moment de la *coulée* venu, on apporte les châssis près du haut fourneau ou du cubilot; on les superpose en les assujettissant solidement ensemble, l'ouverture vers le haut. Quand la fonte est prête, on débouche l'orifice inférieur du cubilot, comme il a été dit à propos des hauts-fourneaux, et l'on reçoit la fonte liquide dans une *poche* de tôle dont l'intérieur est revêtu d'argile. Cette sorte de creuset est portée, à bras ou par une grue, au-dessus du moule, et vidée doucement dans l'ouverture,

jusqu'à ce que le moule soit plein. Puis on laisse refroidir. S'il s'agit d'acier, on *trempe* avant refroidissement complet. Dans le cas où l'on veut obtenir un objet en fonte dont la surface soit très dure, on coule dans un moule en métal, dont le froid produit une trempe superficielle. C'est ce qu'on appelle *couler en coquille*.

L'objet en fonte, au sortir du moule, présente des bavures aux joints des châssis, de petites baguettes de fonte aux trous de coulée ou d'évents; on le passe au burin, ce qu'on appelle *ébarber*.

Il arrive, quelquefois avec la fonte et souvent avec l'acier, que les gaz n'ont pu se dégager complètement du métal et sont restés emprisonnés à l'intérieur, formant des *soufflures*, vides analogues aux *yeux* du pain. On évite cet inconvénient en attendant, avant de couler, que le bouillonnement qui se produit toujours dans le cubilot ait cessé. On y arrive mieux, si la forme de l'objet s'y prête, en coulant dans un moule presque clos, dont le fond est un piston de presse hydraulique, lequel, en montant, comprime la matière, comme nous l'avons dit à propos de l'acier.

Quand les pièces à obtenir ont la forme d'un solide de révolution (cloche, poulie, volant, roue d'engrenage), on moule *à la trousse*, procédé qui permet de se passer de modèles coûteux. Pour obtenir une cloche, par exemple, on fixe dans le sol de l'atelier un arbre vertical en fer, autour duquel on édifie une maçonnerie en dôme, qu'on revêt d'une couche de terre à crottin, de façon à reproduire grossièrement la forme de la cloche. Puis on adapte à l'arbre, dans un plan vertical, un *gabarit*, plateau de tôle dont un des côtés est découpé de façon à reproduire le profil extérieur de la cloche : c'est la *trousse* ou *trousseau*. En faisant tourner ce plateau autour de l'arbre pris comme axe, on râcle le dôme, en détachant de la terre, ce qui donne la forme extérieure de la cloche. Cela fait, on entoure le noyau ainsi obtenu de châssis, dans lesquels on pilonne du sable à mouler. Ensuite on enlève ces châssis garnis; on adapte une autre trousse donnant le profil in-

térieur; on racle de nouveau, en enlevant une épaisseur de terre égale à l'épaisseur de la cloche. On replace les châssis, qui laissent naturellement entre eux et le noyau définitif le vide nécessaire, et l'on coule. Le métal remplit ce vide, et la cloche est moulée.

On fabrique aujourd'hui des machines servant à la fois à mouler et à démouler, actionnées à la main, hydrauliquement ou par l'air comprimé, ou par la vapeur. Ces machines semblent tout indiquées pour la fabrication des objets en série. Quelques-unes permettent même de préparer des moules de sable tout prêts pour la coulée, sans châssis extérieur.

CHAPITRE II

Forgeage.

Le fer jouit de la propriété remarquable de se *ramollir* bien avant son point de fusion, et de ne reprendre sa dureté habituelle que peu à peu, en se refroidissant. Pendant qu'il est dans cet état, il se laisse aplatir, étirer, souder à lui-même sous l'action de la percussion ou de la pression. Le travail qui consiste à profiter de cette propriété pour donner à des blocs de fer une forme déterminée à l'aide du marteau est le travail de la forge, ou *forgeage*. Ce n'est pas seulement en vue d'aplatir le fer, de l'étirer, ou de le souder à lui-même qu'on le martèle. C'est encore pour lui donner du *nerf*, c'est-à-dire forcer les molécules dont il se compose à s'aligner et à se juxtaposer en fibres longitudinales qui rendent le fer *fibreux* et, par conséquent, plus tenace. Le martelage, lors de la soudure du fer à lui-même, a encore un autre but, c'est de faire jaillir sous le choc les impuretés : scories, charbons, oxyde superficiel (*oxyde des battitures*), qui recouvrent les surfaces à souder, et qui, par leur seule présence, empêcheraient la soudure d'être définitive.

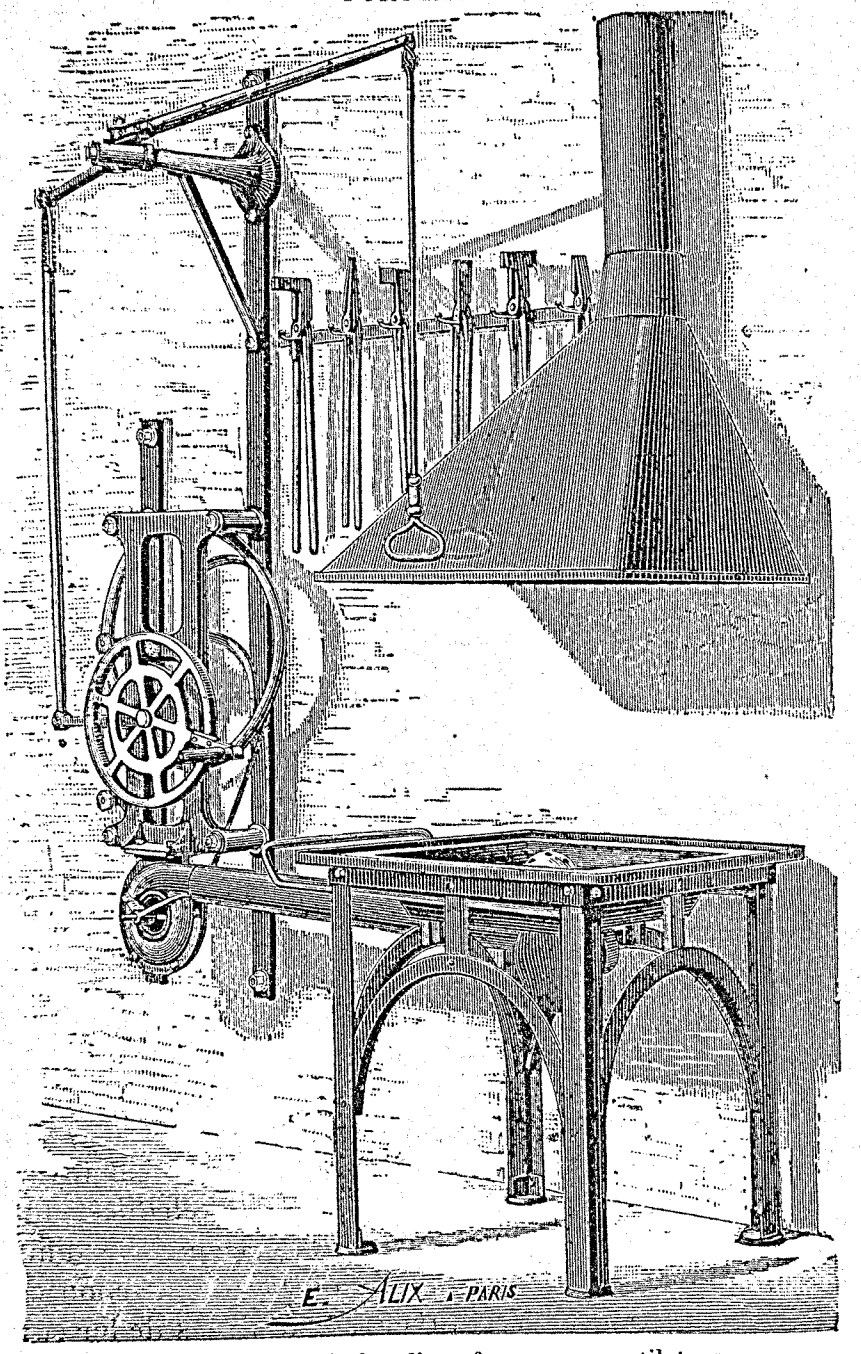


Fig 63. — Installation d'une forge avec ventilateur.

On exécute généralement le martelage en plusieurs *chaudes*, en réchauffant chaque fois le métal. La tempéra-

ture à laquelle le fer est porté n'est pas toujours la même : elle dépend du traitement qu'on veut lui faire subir. A la *chaude du blanc soudant* (1.500 à 1.600°), le fer peut être soudé et corroyé. A la *chaude rouge blanc* (1.300°), le fer peut être étiré et façonné. A la *chaude rouge cerise* (900 à 1.000°), on termine la pièce déjà façonnée à l'opération précédente, et on la *pare*, c'est-à-dire qu'on en égalise la surface; pendant ce temps, on projette un peu d'eau dessus, tout en la martelant. A la *chaude rouge brun* (700°), le fer subit un simple *recuit* rendu nécessaire par *l'aigreur* qu'il a contractée dans l'opération précédente; on ne martèle pas à cette température.

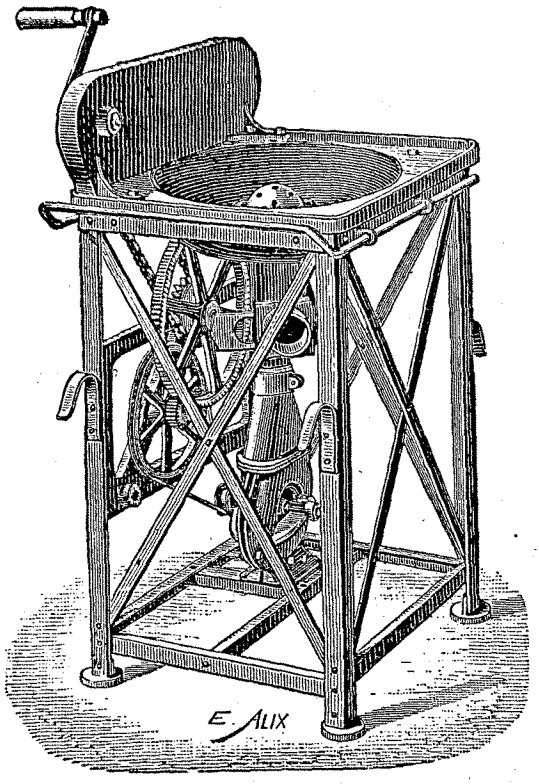


Fig. 64. — Forge portative.

L'atelier dans lequel on opère est la *forge*. Le foyer où l'on chauffe le fer est le *foyer de forge* (fig. 63). Ce foyer, pour les petites pièces, outils d'agriculture, chaînes, etc., est une simple sole à hauteur d'appui, recouverte d'une hotte, et dans un coin de laquelle un tas de charbon est accumulé au-devant d'une tuyère. Les pièces de fer sont enfoncées dans ce charbon, et recouvertes par lui. La tuyère amène de l'air envoyé par un soufflet que meut un aide du forgeron, ou par un ventilateur. L'air ne doit arriver au fer qu'après avoir traversé le combustible.

Pour des pièces plus petites : rivets, clous de cheval, etc., et dans les cas où l'on a besoin de forger au dehors, on emploie la *forge portative* (fig. 64), sorte de table en tôle, renfermant le soufflet, et dont la plate-forme supérieure, un peu creusée, porte le foyer et la tuyère.

Les grandes pièces (canons, arbres de couche, etc.) sont chauffées dans des fours à réverbère, où le vent est envoyé par des machines soufflantes.

Le fer est pris dans le foyer, et porté, à l'aide de tenailles plus ou moins fortes, au-dessus de la surface sur laquelle il va être frappé. Ces mêmes tenailles serviront à le déplacer, à le retourner, pour le présenter au marteau sous toutes les faces, et d'une manière convenable. Quand il s'agit de très grandes pièces, on se sert de leviers spéciaux pour les retourner, et de grues pour les porter sous le marteau.

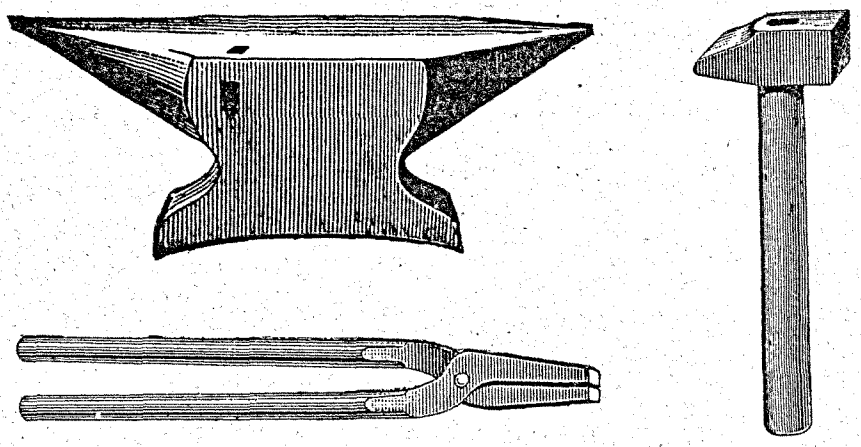


Fig. 65. — Enclume, marteau, tenaille.

L'appareil sur lequel on frappe le fer s'appelle *l'enclume* (fig. 65). C'est une masse de fer aciéré à la surface, reposant sur un bloc de bois qui est le *billot*. La forme des petites enclumes est toujours la même : au milieu une surface quadrangulaire, ou *table;* de chaque côté deux pointes ou *bigornes*, l'une conique, l'autre pyramidale; au-dessus, un trou pour poser un *tranchet* sur

le biseau duquel on coupe les barres à coups de marteau.

C'est sur l'enclume que le fer, maintenu par la *tenaille*, reçoit toutes les façons que peut lui donner le *marteau*, et c'est de la manière dont ce dernier est manœuvré, et dont la pièce est tournée et placée, que dépend le résultat final.

Pour les grosses pièces, on ne forge pas à la main; le marteau est remplacé par le martinet ou le marteau-pilon, qui servent au cinglage dont il a été parlé. (Voir ci-dessus, 1re partie, chap. IV, § VI.)

Quand on veut obtenir une grosse pièce en fer, on forme des paquets de barres, et c'est sur ces paquets que frappe le marteau-pilon; on en ajoute jusqu'à ce qu'on ait atteint la grosseur voulue. S'il s'agit de faire une pièce d'acier, lequel se forge comme le fer, on part des lingots obtenus dans les convertisseurs Bessemer ou les fours Martin.

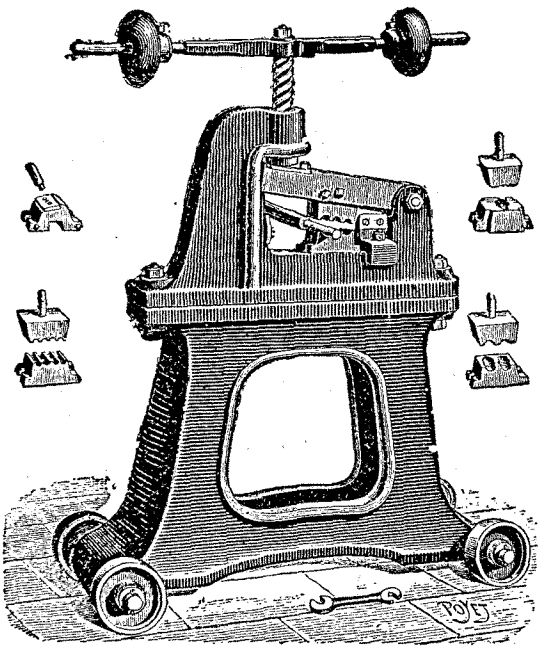


Fig. 66. — Balancier à estamper.

Les pièces de forme un peu compliquée se font par *estampage*. L'enclume du marteau reçoit une pièce, appelée *matrice*, qui porte en creux la forme que doit avoir la pièce sur une moitié de son épaisseur. Le marteau, de son côté, reçoit sur sa surface inférieure une autre matrice, représentant aussi en creux la forme de l'autre moitié de l'épaisseur. Les deux matrices sont soigneusement repérées pour qu'elles puissent se superposer exactement.

Le fer ou l'acier ramolli étant sur l'enclume, le marteau frappe, et le choc oblige la matière à pénétrer dans les anfractuosités de l'espèce de moule formé par les deux matrices. Quand un coup ne suffit pas, on recommence jusqu'à ce qu'on ait obtenu le résultat cherché. On estampe quelquefois avec un balancier (fig. 66), de la même façon qu'on frappe les monnaies.

Pour certains objets, on remplace assez souvent aujourd'hui, dans la grande forge, le martelage par le laminage ou la pression. Ainsi l'on fait au laminoir des plaques de blindages pour le cuirassement des navires, et des rails tout en acier. Les pièces d'acier dont la forme est un peu compliquée sont fabriquées à la presse hydraulique, à l'aide de laquelle on obtient une pression progressive qui assure un estampage plus parfait.

Les pièces d'acier sont trempées après le forgeâge; il arrive quelquefois que la trempe leur fait subir une déformation, une flexion, par exemple, comme cela arrive pour les canons quand on les trempe dans l'huile. On les redresse à la presse hydraulique, en les plaçant entre les deux plateaux.

Les petites forges se trouvent un peu partout. Partout, il faut des maréchaux ferrants et des artisans capables de réparer les outils usuels de l'agriculteur et de l'ouvrier. Nous avons indiqué (voir ci-dessus, 1re partie, chapitre III, § III) les départements français où se trouvent concentrées les grandes forges. A l'étranger, on connaît surtout les ateliers Krupp, à Essen (Allemagne); Cockerill, à Seraing (Belgique); Armstrong, à Elswick (Angleterre); Carnegie, à Pittsburg (Etats-Unis).

CHAPITRE III

Laminage et Tréfilage.

§ Ier

LAMINAGE — TÔLE

On appelle *laminage,* en général, tout le travail qui se fait au laminoir, y compris les opérations dont nous avons déjà parlé ; mais on donne plus particulièrement ce nom à la confection des feuilles métalliques. Presque tous les métaux usuels peuvent être mis en feuilles ; toutefois la minceur de ces feuilles dépend de leur degré de malléabilité. Le fer se prête bien à cette transformation, et donne ce qu'on appelle la *tôle de fer.*

Pour la fabriquer, on prend des barres de fer plates, corroyées, et on les coupe en morceaux appelés *bidons.*

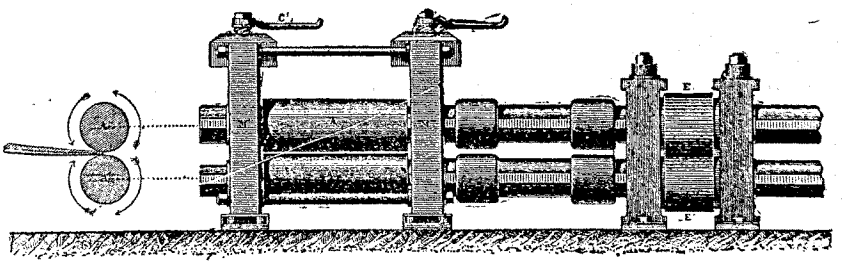


Fig. 67. — Laminoir à tôle.

On chauffe ces bidons dans des fours fermés, et on les soumet ensuite à l'action de laminoirs divisés en sections à surface plane, dont l'écartement diminue progressivement (fig. 67). On présente le bidon au point où les cylindres du laminoir présentent le plus grand écartement : il est étiré et aplati ; on le porte à la section suivante, où il s'étire et s'aplatit encore, et ainsi de suite,

jusqu'à ce que la feuille ait acquis la minceur voulue. En se laminant ainsi, le fer *s'écrouit*, c'est-à-dire devient aigre et cassant; on est obligé de le chauffer de temps à autre pendant l'opération, pour lui restituer sa douceur et sa malléabilité; ce chauffage s'effectue toujours dans des fours fermés, appelés *fours dormants*, afin que l'oxygène de l'air n'oxyde pas le métal.

Quand tout est fini, on soumet les bords de la feuille, qui sont festonnés, à l'action d'une cisaille qui les rogne pour les dresser.

Quand on ne tient pas à la dureté de la tôle et qu'on veut au contraire qu'elle ait une certaine élasticité, on la *recuit*, en la chauffant dans des caisses de fer hermétiquement fermées, qu'on laisse ensuite refroidir lentement.

On fabrique aujourd'hui beaucoup de tôle d'acier. Le laminage est fait avant la trempe.

Le *fer-blanc* est une tôle mince *étamée*, c'est-à-dire recouverte, pour la préserver de l'oxydation, d'une couche d'étain, métal à peu près inaltérable à l'air sec ou humide à la température ordinaire. On distingue le *fer-blanc brillant*, étamé avec de l'étain pur, et le *fer-blanc terne*, étamé avec un alliage de 1/4 d'étain et 3/4 de plomb.

La fabrication du fer-blanc comprend plusieurs séries d'opérations. La feuille de tôle est d'abord soigneusement décapée à l'eau acidulée, ce qui la débarrasse de la couche d'oxyde dont elle est recouverte; elle est ensuite recuite en vase clos, puis laminée à froid; elle subit enfin l'étamage, par simple immersion dans un bain d'étain fondu.

Le *fer-battu* est une tôle grossière, qu'on obtient non pas en laminant le fer, mais en le martelant. L'épaisseur en est toujours assez grande. Le *fer-battu* sert presque exclusivement pour certains ustensiles de cuisine. De nos jours, les objets de fer-battu sont presque tous fabriqués par estampage à froid. Ils peuvent être ensuite vernis, ou recouverts d'un émail protecteur. (Voir ci-après § III.)

§ II

TRÉFILAGE

Le *tréfilage* est une opération qui consiste à convertir en fil métallique un morceau de métal quelconque. Plusieurs métaux sont susceptibles de la subir. Le fer est un de ceux qui sont le plus *ductiles*, c'est-à-dire qui se laissent le mieux convertir en fils. Mais on ne peut employer que des fers de première qualité : les fers impurs sont trop cassants.

Le métal qui constitue, sous le nom de *machine*, la

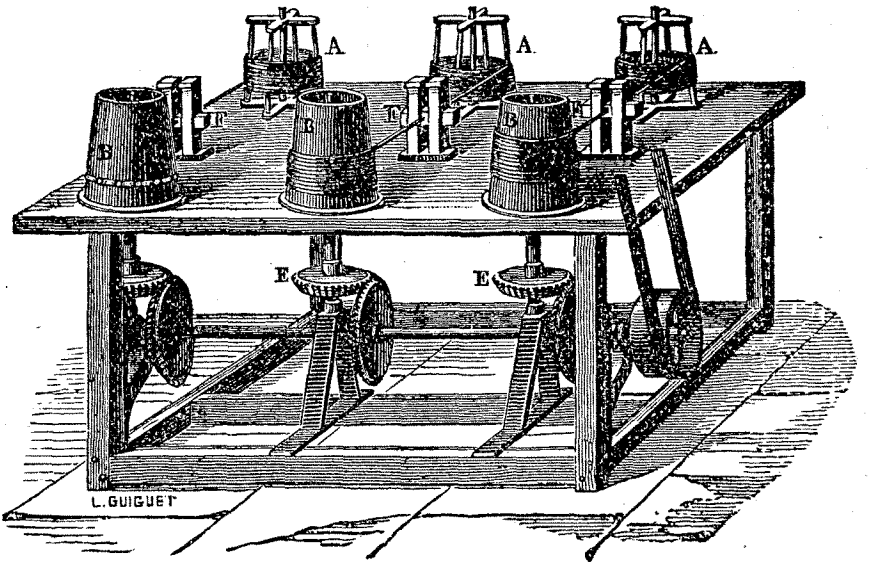


Fig. 68. — Table de tréfilerie.

matière première de la tréfilerie, est d'abord amené par un laminoir à l'état de tiges n'ayant pas plus de 8 à 10 millimètres de diamètre ; ces tiges sont décapées, puis plongées dans un bain de sulfate de cuivre, et enfin enroulées sur des bobines ; ces sortes de paquets sont ensuite portés dans des caisses en fonte hermétiquement fermées, qu'on chauffe au rouge sombre et qu'on laisse ensuite refroidir lentement. Ce *recuit* a pour but de rendre au fer

la ductilité, enlevée par l'écrouissage qu'a produit le laminage précédent.

Les bobines refroidies sont portées à la *filière* (fig. 68). On appelle ainsi une plaque d'acier trempé, percée de trous de grandeur décroissante. Cette plaque est implantée verticalement sur une table, appelée *table de tréfilerie*. La bobine A, sur laquelle la tige a recuit, est placée sur un pivot autour duquel elle peut tourner, d'un côté de la filière. De l'autre côté, se trouve une autre bobine B, mue par un moteur quelconque. On prend l'un des bouts de la tige ; on l'amincit à la lime ou au marteau, et on l'engage dans celui des trous de la filière F dont le diamètre est immédiatement inférieur au sien ; on l'attache à la bobine mue mécaniquement, et l'on met le tout en mouvement. La bobine B enroule le fil autour d'elle, le forçant à passer dans la filière où il s'amincit, et déroule l'autre bobine. Quand toute la tige, déjà devenue fil, a passé, on change

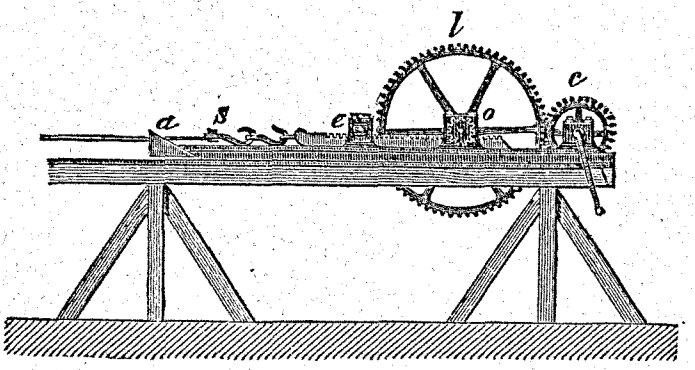


Fig. 69. — Banc à tirer.

les bobines de place, et l'on recommence en passant, cette fois, le fil dans un trou plus étroit que le premier, où il s'amincit encore. On continue ainsi à le forcer à passer dans des trous de plus en plus étroits, jusqu'à ce qu'il ait atteint la ténuité voulue.

Si l'on n'a qu'une faible longueur de fil à obtenir, ou si l'on ne dispose pas de force mécanique, on emploie le *banc à tirer* (fig. 69). C'est un assemblage de madriers

sur lequel se trouve la filière *a*, et un mécanisme de traction, composé d'un engrenage *c l* commandé par une manivelle, d'un pignon *o* engrenant avec une crémaillère *e*, qui porte une pince *s*, avec laquelle on saisit le bout du fil. En tournant la manivelle dans le sens convenable, on tire sur le fil, et on l'oblige ainsi à passer dans la filière.

Tout ce travail se fait à froid; aussi le fil devient-il bientôt très cassant. C'est pourquoi on le recuit de temps en temps, toujours à l'abri de l'air. Si cependant, malgré toutes ces précautions, il venait à s'oxyder, on le décaperait en le plaçant dans un bain d'acide sulfurique très dilué. Il est même recommandé de faire le dernier étirage au sortir d'un bain de ce genre.

A cette besogne, les filières, quelle qu'en soit la qualité, s'usent très vite : leurs trous s'agrandissent. On prévient cet inconvénient, en encadrant ces orifices avec des bordures d'agate ou de rubis, serties dans des disques de laiton.

On fait beaucoup de fil d'acier trempé, dont la résistance à la traction atteint jusqu'à 200 kilogrammes par millimètre carré de section.

On n'étame guère le fil de fer, mais on le couvre fréquemment de zinc dans le même but de protection. On le fait passer, en vue de le décaper, d'abord dans un bain d'acide sulfurique étendu, puis dans un autre d'une solution de chlorure d'ammonium. De là, il va dans un bain de zinc fondu, sur lequel flottent de petits morceaux de coke destinés à prévenir l'oxydation du zinc en fusion, et par suite, son inflammation. Au sortir de ce bain, il est prêt à être livré au commerce sous le nom impropre de *fil de fer galvanisé*.

§ III

ÉLECTRO-CHIMIE ET ÉMAILLAGE DES TÔLES

Le fer, la fonte, l'acier et d'autres métaux, soit à l'état d'objets variés, soit à l'état de feuilles, soit à l'état de fils, peuvent être et

sont fréquemment recouverts, non seulement d'étain ou de zinc, mais encore d'autres métaux, tels que cuivre, nickel, argent ou or, par un autre procédé, empruntant le concours de l'électricité. Pour cela, l'objet à recouvrir, quel qu'il soit, doit être soigneusement décapé, puis il est plongé dans un bain chimique MN (fig. 70), contenant en dissolution un sel du métal qu'il s'agit de déposer en couche. Il y est suspendu à un support A ou A' en communication avec le pôle négatif d'une pile électrique; le pôle positif T est relié à des plaques de même nature que le métal à déposer. Lorsque le circuit est fermé, le sel se décompose, et son métal va se déposer en couche mince et adhérente sur l'objet suspendu au pôle négatif. Une brosse métallique enlève l'excédent de métal non adhérent *(grattebossage)*, et un *brunissage*, ou friction avec un morceau d'agate emmanché, donne le poli. La richesse saline du bain est entretenue par les plaques suspendues dans le liquide, reliées au pôle positif T, et dénommées *électrodes solubles*. Sous l'action de l'acide du sel qui se décompose, ces plaques disparaissent peu à peu en entrant en combinaison pour régénérer le sel. On fait ainsi de la fausse argenterie de ménage. Le procédé est la *galvanisation*, qui constitue l'une des branches de l'*industrie électro-chimique*. Les principaux sels employés sont : pour l'or, le chlorure d'or; pour l'argent, le cyanure d'argent; pour le cuivre, le sulfate de cuivre; pour le nickel, le sulfate double d'ammonium et de nickel; pour l'étain, le protochlorure d'étain, etc.

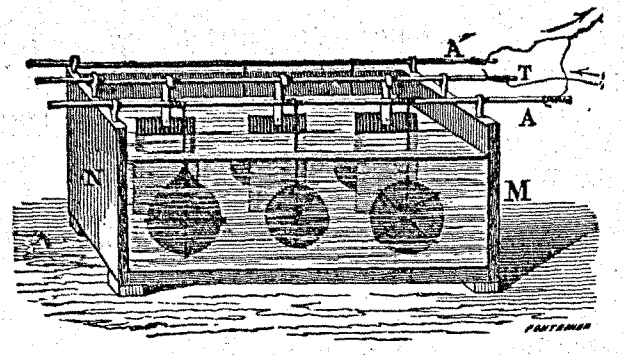


Fig. 70. — Cuve galvanoplastique.

La fonte, l'acier et le fer-battu sont parfois *émaillés*, c'est-à-dire recouverts d'un *verre* opaque qui les protège contre l'oxydation, facilite leur entretien de propreté, et leur donne un aspect agréable. Ce verre peut être formé de sable (48 p.), minium (30 p.), soude commerciale (30 p.), acide borique (10 p.). Il peut être coloré par un oxyde métallique, et rendu opaque par du bioxyde d'étain ou de la cendre d'os. Les matières sont mélangées et appliquées sur le métal en couche mince; l'objet est porté dans le four dont la chaleur fond le mélange.

L'industrie électro-chimique est concentrée à Paris et dans les Alpes. La tôle et le fil de fer se font dans les centres métallurgiques.

CHAPITRE IV

Clouterie.

Les *clous* sont de petites tiges métalliques, taillées en pointe d'un côté, et généralement munies, à l'autre extrémité, d'un renflement ou tête. Ils servent à réunir entre elles des pièces différentes. Les *clous* se font ordinairement en fer; on peut partir du fer forgé, du fil de fer ou de la tôle. Les procédés varient suivant ces cas, et les produits obtenus sont un peu différents, si bien qu'on distingue trois principales catégories de clous : les *clous forgés*, les *pointes* et les *clous de tôle*, auxquels nous ajouterons les *clous de tapissier*.

§ Ier

CLOUS FORGÉS

On se sert, pour fabriquer les *clous forgés*, de fer en *verges*, c'est-à-dire en petites barres rondes, de bonne

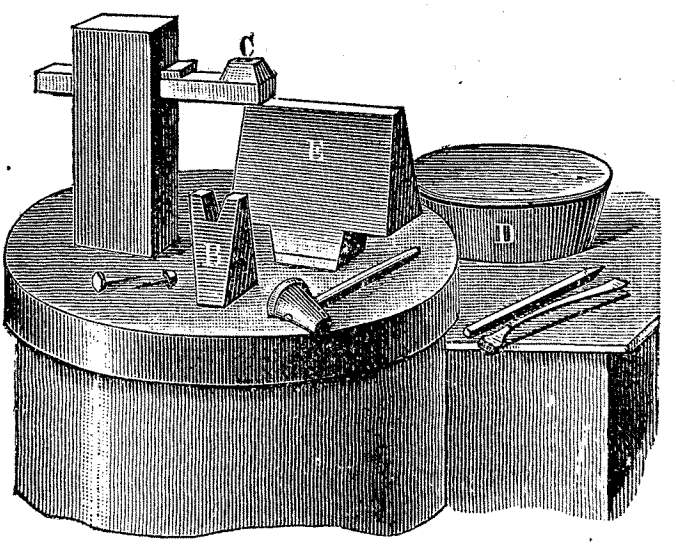


Fig. 71. — Enclume de cloutier.

qualité. La fabrication se fait à chaud, à la forge ordinaire. L'enclume (fig. 71) porte un *ciseau* E, ou pièce

biseautée implantée dans la *table*, et une *cloutière* C, surface plane percée d'un ou plusieurs trous étroits, d'une épaisseur moindre que la longueur à donner aux clous. Le cloutier fait chauffer la verge jusqu'au rouge blanc, et, pour accélérer le travail, il tient toujours un certain nombre de verges au feu. Lorsqu'elle est suffisamment chaude, il la porte sur la *table*, la frappe avec un marteau, de manière à en étirer et à en *appointer* l'extrémité. Puis, l'appuyant sur le ciseau, il la frappe de manière à la couper à la longueur que doit avoir le clou, un peu plus grande cependant, afin de réserver le métal nécessaire pour façonner la *tête*. Il fait tomber le bout détaché dans un des trous de la cloutière, la pointe en bas, une partie dépassant la surface supérieure. Avec le marteau, il façonne la tête en rabattant le métal qui excède la cloutière sur les bords du trou (fig. 72). Si la tête doit être ronde ou être façonnée, il ne frappe pas directement sur le métal, mais il se sert d'une *estampe* ou *matrice*, espèce de marteau dont une des faces porte en creux la forme que doit avoir la tête; il la pose sur le clou, et il frappe sur cette estampe avec le marteau (fig. 73). Lorsque le clou est achevé, l'ouvrier le fait sauter d'un coup donné sur la pointe qui dépasse au-dessous de la cloutière.



Fig. 72.
Coupe transversale d'une cloutière.

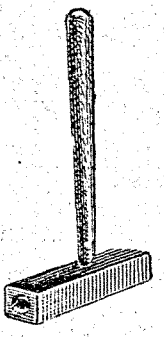


Fig. 73.
Estampe.

§ II

POINTES

Les *pointes* sont faites avec du fil de fer. Elles se fabriquent encore quelque peu à la main, mais le plus souvent à la machine. La fabrication à la main s'opère ainsi. On coupe le fil par *bouts* de 30 centimètres de longueur.

Prenant un de ces bouts, on l'appointit à l'une de ses extrémités, en l'aiguisant sur une molette d'acier dont la circonférence est taillée en lime, et qui tourne rapidement. On découpe la longueur de fil nécessaire pour la confection d'une pointe, on appointit de nouveau, on découpe encore ce qu'il faut pour avoir une seconde pointe, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait divisé complètement le bout de fil de fer. Chacune de ces longueurs est placée, la pointe en bas, entre les mâchoires d'une sorte de pince fixe, analogue à un étau, mais dont le serrage se fait d'un seul coup, à l'aide d'une pédale mue par le pied de l'ouvrier; il doit y avoir un excédent de fil au-dessus des mâchoires; l'ouvrier donne alors un coup de *mouton*, marteau tombant verticalement entre des guides, à la façon d'un marteau pilon. Ce mouton est d'un poids suffisant pour refouler d'un seul coup la matière et façonner les têtes de toutes les pointes.

La machine à faire les pointes porte une bobine autour de laquelle le fil est enroulé. Au-devant, se trouvent deux molettes tournant en sens inverse, entre lesquelles on engage le fil, qui est ainsi tiré comme par les cylindres d'un laminoir, ce qui le fait se dévider de la bobine. La machine marche par à coups. Deux de ces mouvements suffisent pour confectionner une pointe : par le premier, le fil, qui s'avance chaque fois d'une longueur égale à celle que doit avoir le clou, vient présenter son extrémité à un marteau mécanique qui frappe dans le sens horizontal, et, d'un seul coup, fait la tête par refoulement du métal; par le second, le fil est amené entre deux couteaux mobiles formant cisaille, qui le prennent de biais, le coupent sous un angle aigu, faisant ainsi du même coup la pointe, qui, en réalité, est constituée par un double biseau.

§ III

CLOUS DE TÔLE

Les *clous de tôle* sont fabriqués avec des bandelettes découpées dans de la tôle. On peut les faire à la main ou à la machine.

Pour les faire à la main (fig. 74), on découpe, à l'aide d'une cisaille manœuvrée au moyen d'une pédale, une feuille de tôle en petites bandelettes triangulaires pointues *pt*, ayant à peu près la longueur d'un clou. Ces bandelettes sont ensuite placées dans les trous d'une cloutière, où on les frappe avec un marteau pour aplatir la tête; ou encore, on les place, comme pour les pointes, entre les mâchoires d'un étau, sur lequel on laisse tomber un mouton.

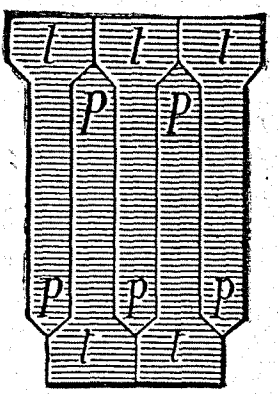


Fig. 74. — Feuille de tôle découpée pour faire des clous.

La machine à faire les clous de tôle exécute mécaniquement les mêmes opérations.

Pour faire les grands clous de tôle, on opère à chaud. On prend des feuilles de tôle épaisse, ou même des barres de fer minces, on les découpe en bandelettes et l'on porte au rouge ces bandelettes dans des fours; de là, elles passent, sans être refroidies, dans une machine comprenant un petit laminoir en miniature, qui forme la lame du clou par étirement et aplatissement, et un marteau, qui rabat le métal pour former la tête.

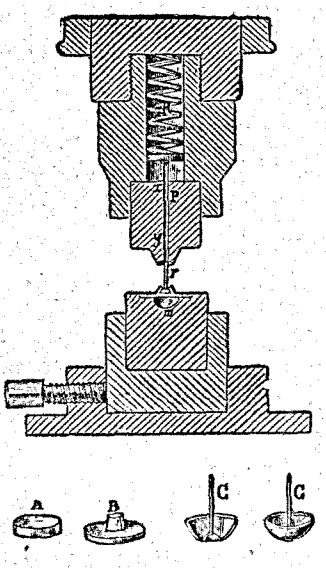


Fig. 75. — Phases de la fabrication d'un clou de tapissier.

Les clous de tôle ont toujours les arêtes rugueuses. Pour les *ébarber*, on les enferme avec du gravier dans des tonneaux tournant autour de leur axe. En roulant les uns sur les autres pêle-mêle avec le gravier, les clous se polissent mutuellement.

§ IV

CLOUS DE TAPISSIER

Les *clous de tapissier* ont une tête ronde, creuse, en laiton; la tige est en fer et doit par conséquent être réunie à la tête. Cette tige est formée de pointes de Paris, à tête camarde, fabriquées par les procédés ordinaires. Les têtes des clous sont formées de la manière suivante. Des rondelles A (fig. 75), d'épaisseur et de diamètre variables sui-

vant le modèle adopté, sont découpées à l'emporte-pièce dans des feuilles de laiton, puis transformées par estampage en pièces B dont le centre présente une saillie creuse. Chaque pièce B est posée au-dessus d'une matrice *m* ayant la forme qui doit être donnée à la tête du clou. Dans la saillie creuse, on introduit la tête d'une pointe de Paris *r*; un coup de mouton à ressort P fait épouser à la rondelle la forme hémisphérique de la matrice, pendant que les bords de la saillie creuse, violemment rapprochés, viennent enserrer la tête de la pointe; le clou (C, C) est terminé.

Certaines machines, comme la machine Boin, réalisent automatiquement toute la série des opérations que nous avons indiquées.

La fabrication des clous, en France, est localisée dans certaines régions. Les Ardennes, à elles seules, fournissent la moitié des produits; puis viennent le Nord, la Loire, l'Isère, l'Orne et le Jura.

CHAPITRE V

Fabrication des Vis et des Boulons.

Les *vis* et les *boulons* sont des tiges métalliques servant à assembler entre elles des pièces qui doivent être réunies, mais qu'on veut pouvoir séparer, s'il en est besoin. Ils sont le plus souvent en fer ou en acier. Ils se composent essentiellement d'une *tête* et d'une *tige* proprement dite. La *tête* est hémisphérique ou plate, de forme ronde, carrée ou hexagonale; dans beaucoup de vis, elle est creusée d'une rainure suivant un diamètre. Sur tout ou partie de la longueur de la tige, règne une saillie héliçoïdale appelée *filet*, dont un tour complet porte le nom de *pas*, et dont la largeur est constante. L'espace entre les tours de filet a aussi une largeur constante.

Le boulon est toujours accompagné d'une pièce annexe : l'*écrou*. C'est une sorte d'anneau, de contour extérieur carré ou hexagonal, d'une assez faible épaisseur, qui présente à l'intérieur le même pas de vis que celui du boulon.

On ne se sert pas de la même manière des vis et des boulons. S'il s'agit d'un boulon, on réunit les deux pièces à assembler; on les perce d'un trou commun les traversant de part en part; on enfonce le boulon, en le frappant

au besoin, jusqu'à ce que sa tête affleure une des surfaces; puis, de l'autre côté, on adapte l'écrou à l'extrémité de la tige, qui doit toujours dépasser, et on le tourne de façon à faire entrer son filet dans la rainure du boulon, et inversement. En tournant, l'écrou s'avance de lui-même sur la tige jusqu'à ce qu'il rencontre la surface à serrer. Les deux pièces se trouvent ainsi maintenues entre la tête du boulon et l'écrou.

Avec les vis, c'est une des pièces assemblées qui sert d'écrou. La vis doit donc pénétrer dedans; c'est pour cela qu'on la fait tourner en l'enfonçant. On peut dire qu'on la boulonne dans son écrou. La manière d'opérer varie, suivant qu'on emploie des *vis à bois* ou des *vis à métaux*. Les *vis à bois*, en tournant, se font elles-mêmes leur place qui n'est pas nécessairement préparée; aussi sont-elles légèrement coniques et ont-elles le filet tranchant. Les *vis à métaux* ne peuvent entrer que dans un orifice tout prêt et présentant un filet tout comme un écrou.

La fabrication des vis et des boulons se fait à la main ou à la machine.

Pour faire une vis à la main, on prend une barre de fer qu'on découpe avec une cisaille en morceaux d'une longueur un peu supérieure à celle que doit avoir la vis. L'ouvrier, après avoir porté un de ces morceaux au rouge, le forge, l'étire jusqu'au diamètre voulu et le place dans un trou creusé dans une sorte de cloutière. A coups de marteau, il façonne la tête à l'aide du métal qui dépasse, en le refoulant, et il l'achève avec une estampe pour lui donner la forme cherchée. Il fait ensuite sauter la tige en la frappant par le dessous, puis il la porte au *filetage*, opération qui consiste à creuser sur le pourtour la rainure hélicoïdale qui doit laisser le filet en saillie. On peut le faire avec une *filière* BB′ (fig. 76) ou un *tour à fileter*.

La *filière* (ou *filetière*) se compose d'une paire de coussinets filetés C, C′ montés dans un cadre rectangulaire *a b c d* (*tourne-à-gauche*), munis de deux bras B B′ dont l'un (B dans la figure) est fileté, de manière à pouvoir amener

les deux coussinets à une distance convenable l'un de l'autre. On fixe verticalement le boulon la tête en bas entre les mâchoires d'un étau ; on engage l'extrémité de sa tige dans le trou de la filière dont le diamètre est immédiatement inférieur au sien ; puis, saisissant celle-ci par ses poignées B B′, on la fait tourner à gauche, en la

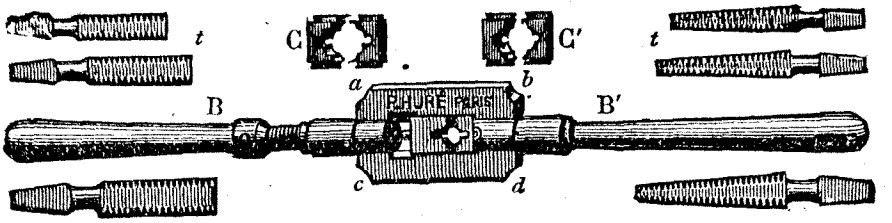


Fig. 76. — Filière en *tourne-à-gauche* et tarauds *t*.

forçant à descendre. Dans ce mouvement, les arêtes entaillent le métal et creusent la rainure. Pour faire les vis coniques, les coussinets sont eux-mêmes coniques.

L'emploi du tour se fait de deux manières. Si l'on n'a que des petites pièces à fileter, on se sert d'un tour ordinaire à métaux. On fixe la vis comme toutes les pièces qui doivent tourner sur le tour (voir ci-dessus, 2e partie, 1re division, Chap. X), et, pendant qu'elle tourne, on lui présente, à la main, en l'appuyant sur le support du tour, un *peigne* en acier trempé, dont les dents ont un écartement égal à la largeur du filet à obtenir, et en déplaçant légèrement la main latéralement pour obtenir une hélice, et non plusieurs circonférences, sur le pourtour de la tige; ces dents tranchantes creusent la rainure peu à peu, par des *repasses* successives. S'il s'agit de grosses pièces, on emploie un tour spécial, le *tour à fileter*. La pièce est fixée pour tourner comme sur un tour ordinaire, mais au-devant d'elle se trouve une vis le long de laquelle court, quand elle tourne sur place, une sorte d'écrou mobile appelé le *chariot*, portant un burin. Ce burin, quand tout est en mouvement, creuse automatiquement la rainure dans la tige. Ce procédé est le seul qui donne un pas de vis absolument régulier.

La fabrication des boulons à la main se fait comme celle des vis, sauf que le trou de l'espèce de cloutière, dans lequel on façonne la tête, est carré en haut, pour donner à une partie de la hauteur des tiges la forme prismatique carrée.

Les boulons et les vis, ces dernières surtout, peuvent être faits à la machine.

Les machines sont très variées. Il en est qui font la pièce en trois temps ayant pour objet de : 1° préparer la tête; 2° la former; 3° fileter la tige. D'autres, comme celles qui fabriquent les tire-fonds employés pour fixer les rails aux traverses de chemin de fer, la font d'un seul coup.

Au sortir des machines, les vis ou boulons ont besoin d'être nettoyés, car ils sont couverts d'oxyde dû à ce que ce travail s'est fait au rouge, et à ce que la manipulation subie n'a pas suffi pour en nettoyer la surface. On les met dans des tambours tournants avec de la sciure de bois, où ils se polissent mutuellement.

Certaines grosses vis se fabriquent par estampage. On emploie deux matrices portant chacune en creux la moitié du relief longitudinal de la vis, y compris le filetage. L'une d'elles est fixée sur une enclume, et l'autre est adaptée à un mouton. On pose sur la première un morceau de fer porté au rouge, et on laisse tomber le mouton. Un seul coup suffit pour avoir ainsi une vis, qu'il faut ensuite ébarber afin d'enlever les bavures.

L'écrou se fait de deux manières. Tantôt on découpe des barres de fer plates et carrées, et on les perce; tantôt on chauffe une barre de fer, et, quand elle est au rouge soudant, on l'enroule autour d'une tige de fer de même diamètre que le boulon auquel devra s'adapter l'écrou, puis on la soude à elle-même, de manière à former une espèce d'anneau, qui recevra ensuite, toujours à chaud et à l'aide de l'estampage, la forme carrée, ou hexagonale, ou ronde avec *oreilles*, qu'ont tous les écrous. Que l'écrou ait été commencé par l'un ou l'autre procédé, il reste à le fileter, c'est-à-dire à creuser dans la paroi de son orifice un pas de vis rigoureusement égal à celui du boulon sur lequel il doit s'ajuster. Cette opération s'appelle *taraudage*, parce qu'elle est faite au moyen d'un *taraud*. On appelle ainsi une vis d'acier trempé, légèrement conique, dont on a abattu les filets suivant certains plans longitudinaux, de manière à avoir alternativement un pan plan et un pan fileté

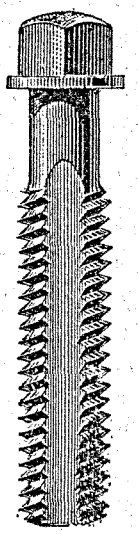


Fig. 77.
Taraud.

(fig. 77). Il en résulte qu'à l'endroit où le filet reprend, après avoir été interrompu, il est tranchant. On fixe donc l'écrou dans un étau, et l'on introduit ce taraud dans son orifice; on l'oblige à y tourner en le manœuvrant à l'aide d'un levier qui en enserre la tête; on creuse ainsi l'écrou qui prend un pas de vis conforme à celui du taraud, lequel a dû être choisi avec un pas de vis égal à celui du boulon à desservir. On peut aussi tarauder mécaniquement.

CHAPITRE VI

Chaudronnerie et Ustensiles de ménage.

La *chaudronnerie* est l'art de fabriquer les récipients métalliques destinés à contenir des liquides, et quelquefois des gaz. On distingue la *petite chaudronnerie*, qui s'occupe de la confection des *ustensiles de ménage*, tels que les récipients destinés à la préparation des aliments, et la *grosse chaudronnerie*, qui confectionne les cuves, chaudières, etc., employées par les usines.

§ Ier

PETITE CHAUDRONNERIE

Les ustensiles de ménage destinés à contenir des liquides ou des aliments sont en fer ou en cuivre. Les procédés de fabrication diffèrent un peu dans chaque cas.

Ustensiles en fer. — Les ustensiles en fer sont dits en *fer-battu*. Ce nom vient de ce qu'on martèle la tôle pour lui donner la forme voulue. La tôle employée doit être très malléable et de bonne qualité.

Le martelage à la main s'opère de la façon suivante. On choisit une lame de tôle ronde, d'une épaisseur un

peu plus grande que celle que devra avoir le vase, et de dimensions telles qu'elle puisse former tout le vase à elle seule. Avec un marteau à tête ronde, on la frappe d'un côté en commençant par son milieu. Sous l'action du marteau, elle se creuse peu à peu en subissant une sorte de laminage; les bords de la feuille se relèvent. On appelle cette opération *emboutissage*. Lorsque la concavité obtenue a atteint un certain degré, on appuie la feuille par cette concavité sur la partie ronde d'une enclume, et l'on frappe sur l'autre face jusqu'à ce que, les bords se relevant de plus en plus, on ait atteint la forme voulue.

On peut aussi opérer un emboutissage mécanique, par une opération presque identique à l'estampage mécanique. La feuille de tôle est placée sur une matrice présentant en creux la forme de la surface extérieure du vase. On laisse tomber un *mandrin*, présentant en relief la forme intérieure du même vase. La feuille prise entre les deux s'emboutit, et le vase est confectionné.

La tôle qui a été emboutie a perdu sa malléabilité : elle est devenue cassante. Aussi la fait-on recuire en l'exposant à la chaleur d'un four et en la laissant refroidir lentement. Comme dans ce recuit il s'est déposé une couche d'oxyde à la surface, on doit ensuite procéder à un décapage à l'acide ou au sable.

Les ustensiles confectionnés par emboutissage mécanique ont généralement leur surface unie, mais il n'en est pas de même de ceux martelés à la main. Ces derniers portent les traces des coups de marteau; on les fait disparaître par le *planage*. La pièce est fixée sur un axe tournant rapidement, et, pendant son mouvement de rotation, on fait appuyer, à l'aide de leviers ou par tout autre moyen, des roulettes mécaniques qui aplanissent les aspérités.

On procède ensuite au dressage des bords avec des meules, et au *rivetage* des manches ou anses que doivent porter les vases. Cette dernière opération consiste à fixer

les manches à l'aide de *rivets*. On appelle ainsi des clous à deux têtes, placés à chaud, enserrant deux feuilles entre leurs deux têtes. Avant le rivetage, le rivet ressemble à un boulon à tête hémisphérique *c*, et sans filetage. On le porte au rouge, puis on le passe dans l'ouverture commune aux deux surfaces *t* et *t'* à *river*, ou à assembler (fig. 78). Pendant qu'on appuie d'un côté sur la tête déjà existante, on martèle l'extrémité qui dépasse de l'autre côté; on l'écrase, produisant ainsi la seconde tête *c'*. En se refroidissant, le rivet se contracte, et le serrage s'en trouve encore augmenté. Lorsqu'on veut que la seconde tête ait une forme déterminée, on rive à la *bouterolle*. Ce dernier outil est une sorte de marteau B dont la surface présente en creux la forme que doit avoir cette tête; on l'appuie sur l'extrémité qui dépasse, et l'on frappe dessus avec un marteau ordinaire. C'est donc un estampage. Souvent on butte la tête par une matrice A, maintenue par un manche ou levier L.

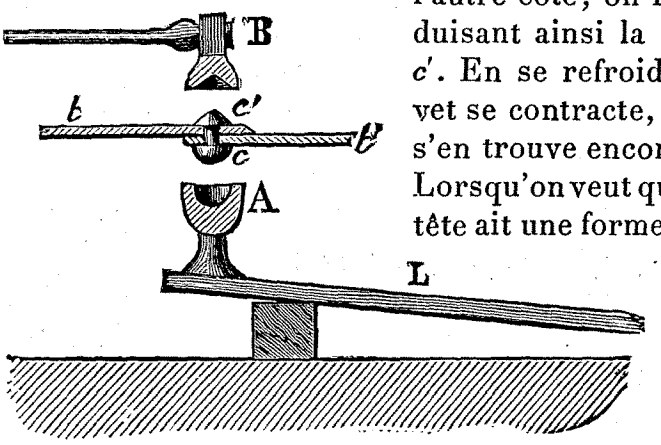


Fig. 78. — Rivetage des tôles.

On termine par un étamage par immersion dans l'étain fondu, ou par toute autre opération de couverture métallique, ou encore par un émaillage.

Ustensiles en cuivre. — Les ustensiles de cuivre se font aussi par emboutissage. On procède de la même manière, mais avec cette triple différence qu'on est obligé de *recuire* plusieurs fois pendant l'opération, que le martelage à la main est opéré au début avec des *maillets* en bois, et que, quand on passe au marteau en fer, il faut appuyer la feuille sur du bois.

On compose aussi quelquefois des vases en cuivre avec des pièces rapportées et soudées. Supposons qu'on ait à faire un seau cylindrique. On prend une feuille de cuivre d'une largeur un peu plus grande que la hauteur du seau, et d'une longueur égale au pourtour qu'il doit avoir. On rabat à angle droit l'excédent de largeur (fig. 79) en martelant sur une enclume, de manière à former une bordure pour recevoir le fond. On découpe en dents carrées toute cette bordure, ainsi que les deux petits côtés du rectangle. Cela fait, on cintre cette feuille de manière à en former un cylindre, en réunissant les deux extrémités et en faisant pénétrer les dents d'un côté dans les intervalles des dents de l'autre; on la maintient à l'aide d'un lien dans cette position. Puis, sur le joint et à l'intérieur, on applique du borax mouillé, et un alliage de zinc et de laiton en poudre. On porte la pièce dans un four ou sur un foyer; le borax fond et fait disparaître les impuretés superficielles, qui empêcheraient la soudure de se faire; l'alliage fond à son tour, coule entre les dents et soude les surfaces en regard. On prend dans une autre feuille un disque A, de la dimension que doit avoir le fond du seau; on en découpe le contour en dents carrées, on l'adapte à la bordure du cylindre déjà fait, les dents de l'un bien engrenées avec celles de l'autre, et l'on soude comme il vient d'être dit.

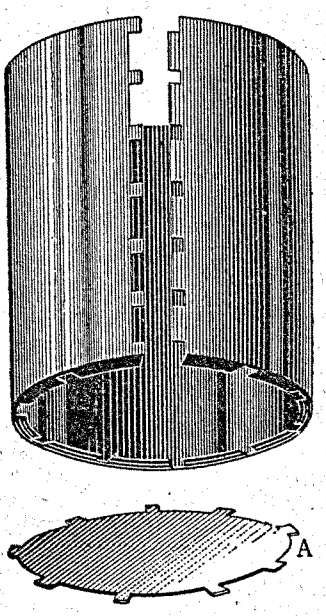


Fig. 79. — Confection d'un vase en cuivre par assemblage.

Les *moules* de pâtissiers, glaciers, chocolatiers et confiseurs sont faits exclusivement par emboutissage mécanique, à l'aide de matrices et de mandrins présentant les formes voulues.

§ II

GROSSE CHAUDRONNERIE

La grosse chaudronnerie travaille aussi le fer et le cuivre. Les récipients en cuivre sont en général d'une importance moindre que ceux qu'on peut confectionner avec le fer; ces récipients de cuivre sont faits comme ceux de la petite chaudronnerie, mais exclusivement par martelage; le martelage ne saurait d'ailleurs être fait à la main, car le travail serait trop long, et les pièces trop difficiles à manœuvrer. Il est fait mécaniquement par un martinet, dont le manche forme un levier du premier genre; le bras

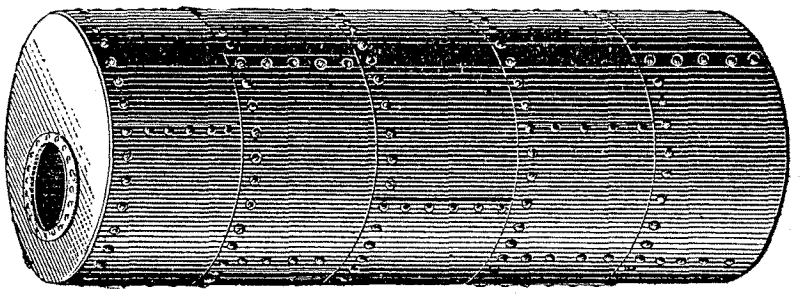


Fig. 80. — Chaudière à vapeur à foyer central.

libre de ce levier est soulevé à intervalles réguliers par une roue à cames calée sur un arbre de transmission, et le bras portant le marteau frappe sur la feuille de cuivre qui lui est présentée. Quelquefois ce martinet fonctionne comme un bocard. La pièce à frapper est portée par une sorte de grue qu'on manœuvre de façon à en présenter successivement tous les points à l'action du martinet.

La chaudronnerie de fer, beaucoup plus importante, présente moins de difficultés, parce que les récipients qu'elle fabrique sont formés de plusieurs pièces assemblées par rivetage. Ainsi, pour construire une chaudière à vapeur (fig. 80), comme celles qui fonctionnent dans les usines, on confectionne un certain nombre d'anneaux de tôle, et on juxtapose ces anneaux en les rivant deux à deux; on ajoute des fonds par le même moyen; on a ainsi une chaudière cylindrique, forme qu'ont presque toutes les chaudières. Chaque anneau est formé lui-même de deux ou trois feuilles de tôle rivées, dès que la chaudière atteint une certaine dimension. Si les fonds doivent être hémisphériques, ils seront formés par emboutissage au marteau, mais assemblés quand même au reste de la chaudière à l'aide de rivets. En somme, le travail à faire en dehors et anté-

rieurement au rivetage est celui-ci : percer les trous pour les rivets, puis cintrer les tôles pour les rendre hémi-cylindriques. Le cintrage des tôles se fait au moyen d'une sorte de laminoir à trois cylindres, appelé *machine à cintrer*, qui sert pour tous les cas semblables (fig. 81). La courbure prise par la tôle varie suivant la position respective des trois cylindres.

La grosse chaudronnerie se fabrique dans presque tous les

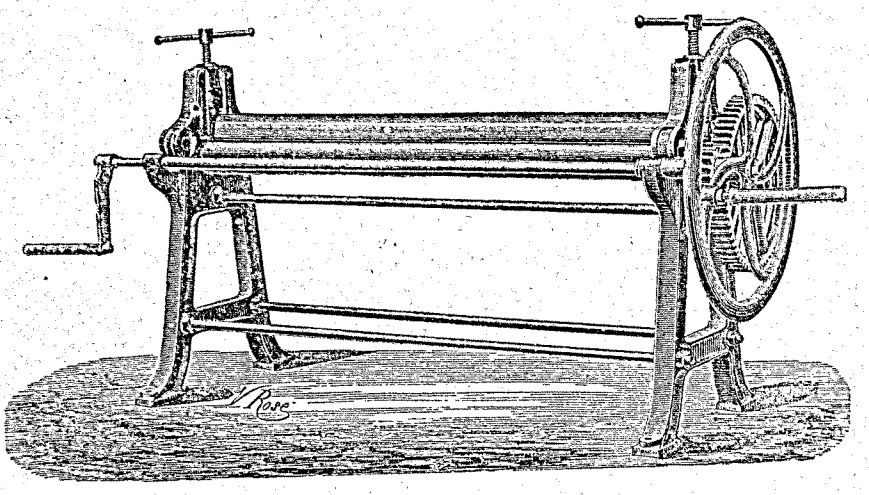


Fig. 81. — Machine à cintrer les tôles.

centres métallurgiques et dans les ports de mer. Quant à la petite chaudronnerie, elle est localisée à Paris, dans le Cantal, le Doubs, la Manche, et quelques autres régions où elle a une moindre importance.

CHAPITRE VII

Serrurerie.

La *serrurerie* est, par définition, l'industrie qui s'occupe de la confection des *serrures*. Par extension, on donne aussi ce nom à la fabrication de tous les menus objets métalliques qui entrent dans la construction d'une maison, tels que gonds, espagnolettes, arrêts de porte, verrous, loquets, balcons, barres d'appui, etc. Nous ne nous occuperons ici que de la fabrication des serrures.

La *serrure* est un appareil en fer ou en laiton, qu'on

applique sur le bord d'un vantail de porte, ou d'une face de tiroir, pour aider à les *serrer*, c'est-à-dire à les fermer. Elle se compose de trois parties : 1° le *coffre*, partie principale, qui renferme le mécanisme, et qui s'applique sur le vantail ; 2° la *gâche*, qui se pose sur le

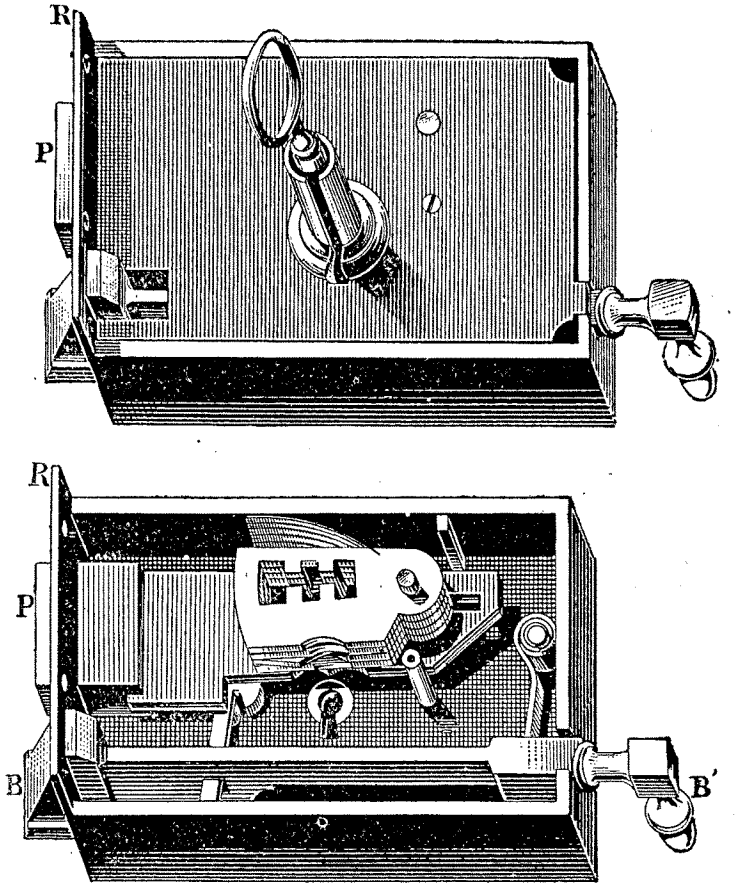


Fig. 82. — Serrure mixte, à gardes mobiles, avec son pène bec de cane BB'.

dormant, ou partie fixe, en regard du coffre ; 3° la *clef*, sorte de levier qui fait mouvoir le mécanisme.

Le *coffre* est une boîte prismatique quadrangulaire fermée sur cinq faces (fig. 82). La grande face fermée, ou *fond*, qui porte tout le mécanisme, s'appelle le *palastre*. Des côtés de la boîte, l'un R, plus grand, est appelé

rebord; c'est celui qui est du côté de la gâche; les trois autres sont d'une seule pièce de tôle. Dans l'intérieur se trouve le *pêne* P, sorte de verrou qui, passant au travers d'un trou percé dans le rebord, va s'engager dans la gâche pour assujettir la porte. La *tête* du pêne est la partie qui peut faire saillie au dehors; la *queue* du pêne est la partie qui reste à l'intérieur. Cette queue est munie d'encoches de deux côtés; les unes, les *barbes*, sont destinées à recevoir le panneton de la clef, dans le mouvement de rotation en avant ou en arrière qu'on lui communique; les autres, ou *crans d'arrêt*, doivent recevoir à un moment donné une pièce, appelée *ergot*, poussée par un ressort, et qui doit fixer le pêne dans la position où il se trouve à ce moment. Sur le palastre, en dessous ou en dessus du pêne, se trouvent également fixées des pièces métalliques présentant des découpures, appelées *gardes*, qui doivent s'engager dans des encoches ou des cannelures de la clef, et qui sont destinées à empêcher de pénétrer ou de tourner toute clef qui ne serait pas celle de la serrure. Parfois, les *gardes* sont mobiles; c'est ce qui existe dans les serrures dites *de sûreté*. Dans ce cas, la sécurité consiste en ce que, d'une part, ces gardes doivent être soulevées d'une quantité inégale pour que les encoches qu'elles présentent, et dans lesquelles doit passer une saillie du pêne, se trouvent en regard les unes des autres, et d'autre part, la clef faite exprès peut seule les soulever de la quantité voulue. Dans les *serrures à broche*, une broche de fer est, en outre, implantée dans le palastre, pour guider la clef, au milieu précis de l'emplacement que doit occuper cette dernière; les serrures sans broche sont appelées *serrures bénardes;* la clef y est guidée par un *tube* implanté aussi dans le palastre.

La *gâche* est une boîte faite comme le coffre, mais moins grande. Son rebord offre aussi une ouverture faisant face au trou du rebord du coffre. C'est là que doit s'engager le pêne. Quelquefois la gâche est remplacée par un simple anneau quadrangulaire.

La *clef* comprend une *tige* creuse, pour les serrures à broche (*clef forée*), *pleine* pour les autres, et un *panneton*, partie élargie qui présente des encoches ou des cannelures concordant avec les *gardes*.

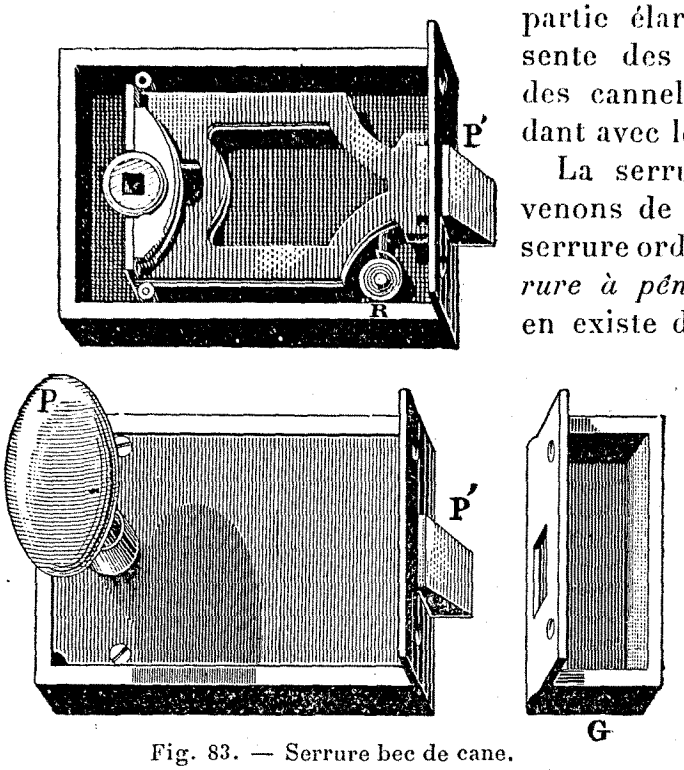


Fig. 83. — Serrure bec de cane.

La serrure que nous venons de décrire est la serrure ordinaire, ou *serrure à pêne dormant*. Il en existe d'autres types qui diffèrent de celle-là par quelques détails. Ainsi la *serrure bec-de-cane* (fig. 83) est une serrure dont la clef, en forme de poignée P, reste fixée au coffre, et dont le pêne P', poussé par un ressort R, fait constamment saillie au dehors. La tête de ce pêne est taillée en biseau sur sa face interne. Il en résulte que, lorsqu'on ferme la porte, le biseau glisse sur la gâche G, et le pêne tend à pénétrer dans le coffre. Mais, la porte une fois fermée, le ressort le pousse dans la gâche, dont l'orifice se trouve tout entier en face de lui. Cette fermeture est donc automatique. Beaucoup de serrures sont mixtes, contenant un pêne de bec-de-cane et un pêne dormant, chacun mû par un ressort spécial. En poussant la porte, le bec-de-cane se ferme seul, et l'on augmente la sécurité de la fermeture, en manœuvrant à son tour le pêne dormant à l'aide d'une clef mobile. La gâche, dans ce cas, doit évidemment présenter deux trous dans son rebord.

Les *cadenas* (fig. 84) ne sont autre chose que des serrures dont le pêne *s s'* ne sort pas du coffre B. C'est la gâche P, en forme de demi-anneau, qui vient à sa rencontre. Le demi-anneau, articulé d'un côté sur le coffre, y pénètre de l'autre côté par son extrémité, qui est percée d'un trou pour recevoir le pêne *s s'*. Pour que la porte soit fermée, il faut que le vantail et le battant présentent chacun un anneau, dans lequel on engage la gâche du cadenas avant de l'arrêter avec le pêne. Les cadenas sont donc des serrures mobiles.

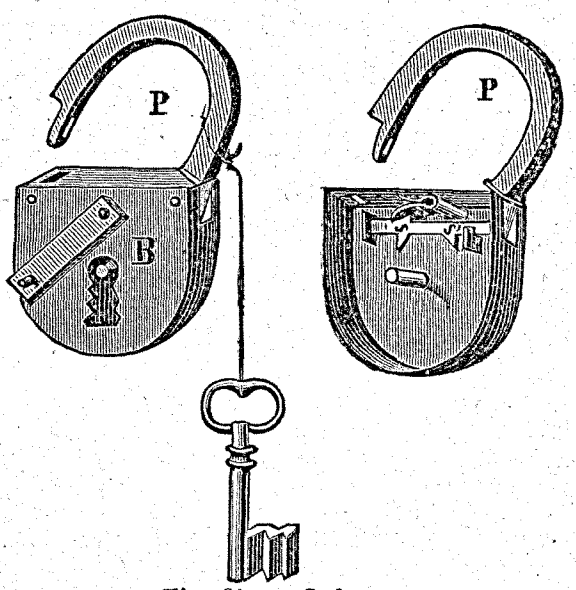


Fig. 84. — Cadenas.

La fabrication des serrures comprend la préparation des pièces et le montage. Le coffre est formé, avons-nous dit, d'un fond, d'un rebord, de trois côtés d'une seule pièce et, à l'intérieur, de menues pièces implantées dans le fond. Toutes ces pièces sont découpées dans des feuilles de tôle, le plus souvent avec un mouton armé d'un emporte-pièce; un autre emporte-pièce perce les trous nécessaires. La feuille qui doit former les côtés de la boîte est pliée en trois sur l'enclume. Pour les serrures à bon marché, le coffre entier, moins son mécanisme, est obtenu par emboutissage, dans un seul morceau de tôle et d'un seul coup. Le pêne est, avec la broche, la seule pièce forgée, et c'est à la lime qu'il reçoit ses entailles. Quant au ressort, il ne présente rien de particulier.

La gâche est préparée comme le coffre.

La clef est généralement obtenue par estampage, puis finie à la lime.

Les pièces qui doivent composer le coffre au complet passent entre les mains des *ajusteurs*, ouvriers qui *finissent* les pièces venues brutes de forge ou de fonderie, puis entre celles des *monteurs*, ouvriers qui *montent* les appareils avec les pièces détachées. L'ouvrier rive les bords du coffre au palastre, s'ils ne sont pas d'une seule pièce avec lui, et fixe les garnitures de l'intérieur à la place qu'elles doivent y occuper. Il les y assujettit, soit par des soudures, soit par une sorte de rivetage.

La fabrication des serrures est une industrie localisée surtout dans la Somme, la Loire, l'Orne, le Jura, et la Seine pour la serrurerie de luxe. Tinchebray (Orne) en fabrique beaucoup.

CHAPITRE VIII

Coutellerie.

La *coutellerie* est l'industrie qui s'occupe de la fabrication des *couteaux*, ciseaux, et en général, de tous les instruments tranchants; la *taillanderie* n'en est qu'une branche spéciale qui fabrique les scies, haches, faux et faucilles. Nous ne nous occuperons ici que de la fabrication des couteaux, et nous ajouterons quelques mots sur celle des *armes blanches*.

Les couteaux sont de deux sortes : les *couteaux non fermants*, comme les couteaux de table, et les *couteaux fermants*, comme les couteaux de poche. Un couteau non fermant se compose d'une *lame* d'acier A (fig. 85), tranchante d'un bord, prolongée par une *soie* ou queue B, qui s'emmanche dans une poignée de bois, de corne, d'ivoire ou d'os. Entre la soie et la lame se trouve une partie en saillie *c*, appelée *bascule*, maintenue dans la poignée par une *virole d*, qui est destinée, lorsque le cou-

teau est posé à plat sur une table, à maintenir la lame à distance de la nappe.

Un couteau fermant se compose d'une lame d'acier L, tranchante d'un bord, pointue ou non à son extrémité, et dont l'autre extrémité se termine par une partie x, moins large, arrondie et percée d'un trou; d'une boîte en tôle ou laiton, servant de manche, et qui contiendra la lame quand le couteau sera fermé; les côtés de la boîte P, assemblés par des rivets depuis l'articulation q jusqu'à l'extrémité o, sont appelés *platines*; un ressort R, muni d'une tête a, assujetti par des rivets en r et r', ferme la boîte d'un côté et maintient la lame ouverte ou fermée, selon la position qu'elle occupe. La lame est articulée à l'intérieur du manche à l'aide d'un axe allant d'une face à l'autre, autour duquel elle peut tourner. La boîte servant de manche est habillée en dehors de *plaques p*, M, de substances diverses : bois, écaille, corne, ivoire, etc.

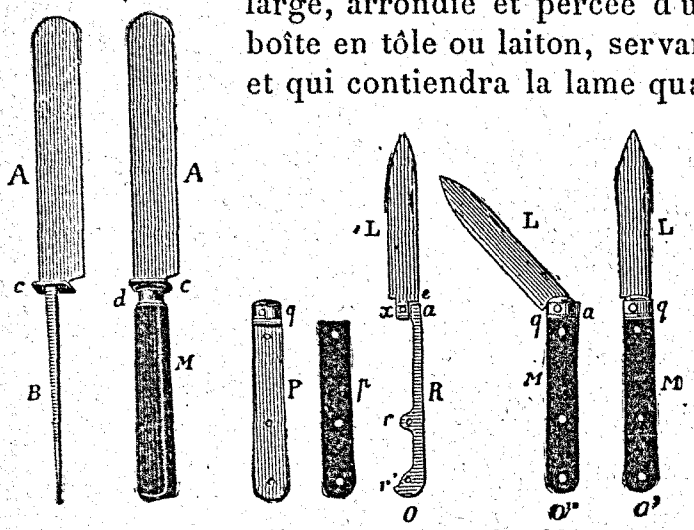


Fig. 85. — Pièces d'un couteau de table et d'un couteau de poche.

§ Ier

FABRICATION DES COUTEAUX NON FERMANTS

L'acier employé pour la fabrication des couteaux doit être de très bonne qualité, et avoir été soigneusement corroyé. Quand le couteau non fermant est fait à la main, c'est avec le marteau qu'on forge la barre d'acier qui doit

le donner. Sur une enclume, l'ouvrier amincit la lame et étire la soie, en réservant entre les deux une partie à laquelle il ne donne ordinairement aucune façon au marteau; mais, après l'avoir fait réchauffer, il porte la pièce sous un mouton ou un balancier à estamper, et là, à l'aide d'une matrice convenable, il produit la bascule aux dépens de la partie non façonnée.

Aujourd'hui, on façonne le plus souvent les couteaux par des procédés mécaniques. La forme générale est donnée par un laminoir (fig. 86) dont les deux cylindres présentent en creux la moitié de l'épaisseur d'un couteau. L'ouvrier leur présente la barre d'acier, coupée à la longueur voulue et portée au rouge. Elle sort de l'autre côté, à l'état de couteau. Cependant on est quelquefois obligé d'achever la bascule à l'aide d'un appareil d'estampage, car elle n'a été qu'ébauchée par le laminoir.

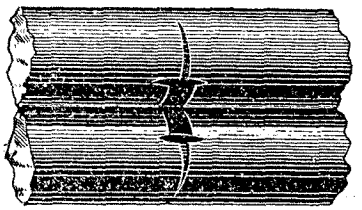


Fig. 86. — Laminoir à couteaux.

Que le couteau ait été fait à la main ou au laminoir, il est brut, présente une surface rugueuse, et ses contours sont encore informes. On lui donne sa forme définitive à la main avec une lime, et l'on égalise sa surface avec une *machine à fraiser*, qui n'est autre chose qu'une lime mécanique. (Voir ci-après 2e partie, 2e division, chap. X.)

Il faut ensuite procéder à la *trempe*. Pour cela, les lames sont portées au rouge, puis refroidies brusquement dans un bain d'eau froide ou d'huile. Le métal étant devenu cassant, on lui fait subir un *recuit* à une température inférieure au rouge naissant. De cette façon, les lames acquièrent un peu de flexibilité, tout en restant suffisamment dures.

On procède ensuite à l'*émoulage*, qui est un commencement d'*aiguisage*, puis on aiguise sur des meules (fig. 87) en grès fin, recouvertes d'un enduit d'eau et de suif, et qui tournent avec une grande vitesse. De là on

passe à l'*affilage*, qui a pour objet de donner le *fil* au tranchant; pour cela, on passe les lames sur des pierres à aiguiser. Enfin on termine par le *polissage*, pour leur donner l'éclat métallique, en les soumettant à l'action de meules en bois recouvertes de feutre, ou de peau de buffle.

Il ne reste plus qu'à procéder au *montage*. On introduit, pour cela, la soie dans le trou ménagé suivant l'axe du manche, et on l'y assujettit soit à l'aide d'un mastic résineux, soit en en rivant l'extrémité. On termine en ajoutant la *virole*, pièce métallique, couvrant le manche près de la bascule, et fabriquée par estampage en deux pièces qu'on soude. Souvent on met la virole en place avant de commencer à emmancher.

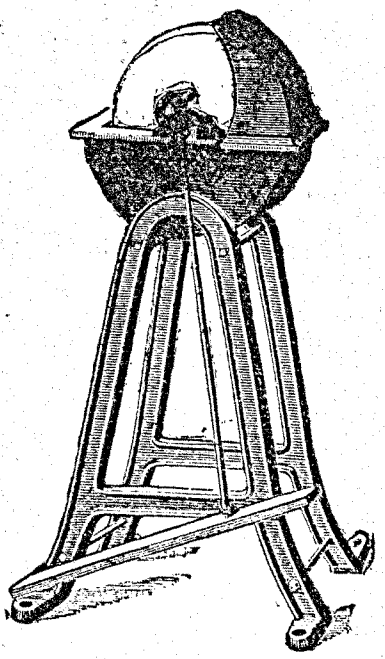


Fig. 87. — Meule à aiguiser.

Les manches sont faits à la main. Il existe cependant des machines qui les coupent, les rabotent, les percent, les emmanchent, le tout automatiquement.

Les couteaux de table se font surtout à Thiers, à Paris et à Châtellerault. Le département de la Haute-Marne constitue aussi un centre important de fabrication.

§ II

FABRICATION DES COUTEAUX FERMANTS

La fabrication des couteaux fermants ressemble, dans ses traits généraux, à celle des couteaux non fermants. Pour les lames, il ne saurait y avoir de différence importante. Quant au manche, c'est un tout autre travail. Les pièces métalliques qui le composent sont obtenues par le

découpage à l'emporte-pièce, et finies à la lime. On monte en réunissant les platines et le ressort, qu'on fixe ensemble par deux rivets serrés à fond, et en introduisant la lame entre les deux platines, en tête, et l'y assujettissant par un autre rivet qu'on ne serre pas complètement. Si les platines portent des plaques, ce qui est le cas général, on les a adaptées avant de procéder au montage.

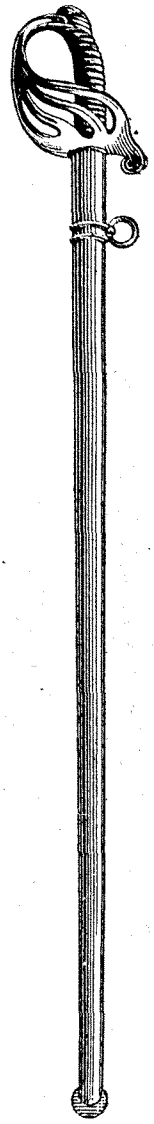


Fig. 88. Sabre dans son fourreau.

Les couteaux fermants se font surtout à Thiers, à Nogent (Haute-Marne) et à Paris.

§ III

FABRICATION DES ARMES BLANCHES

Les *armes blanches*, sabres, épées et épées-baïonnettes, sont faites pour le compte de l'Etat dans les établissements de Saint-Etienne et de Châtellerault. Les procédés de cette fabrication sont identiques à ceux des couteaux non fermants, dont aucune de ces armes ne diffère sensiblement au fond. La seule particularité à signaler, c'est qu'elles présentent souvent des cannelures longitudinales, formées au laminoir, et qu'à l'émoulage la meule doit présenter des cannelures circulaires sur son pourtour, pour pouvoir frotter dans celles de la lame.

Le montage se fait dans des poignées (fig. 88), en bois pour les sabres et les épées, en fer pour les épées-baïonnettes; la *soie* est toujours rivée à l'extrémité dans les deux premiers cas, et soudée dans le second. Sur la poignée de bois du sabre ou de l'épée, on enroule une tresse formée de cuir et de fil de laiton. Cette poignée est complétée par un *pommeau* et une *garde*, souvent d'une seule pièce, en laiton ou en fer, obtenus par emboutissage.

Les *fourreaux* sont fabriqués par l'emboutissage à froid d'une tôle d'acier autour d'une tige jouant le rôle de mandrin, et par la soudure à chaud de la jointure. On termine à la lime et au marteau, et l'on polit à la meule de buffle ou de feutre.

CHAPITRE IX

Fabrication des Armes à feu.

Les *armes à feu* sont des engins servant à lancer des projectiles par la force élastique des gaz qui résultent de la combustion d'un mélange explosif. Les armes à feu employées aujourd'hui sont les *canons*, les *fusils* et les *pistolets-revolvers*, ou, plus simplement, les *revolvers*. Nous étudierons sommairement la fabrication des canons et des fusils, la confection des revolvers ne différant pas, en principe, de celle des fusils.

§ Ier

FABRICATION DES CANONS

Un *canon* se compose d'un tube métallique, en acier, appelé *pièce*, ou *canon* proprement dit, pouvant se fermer à un bout, et d'un chariot fixe ou roulant, nommé *affût*, sur lequel repose le tube par des tourillons. La pièce comprend elle-même la *volée* ou partie antérieure, et la *culasse* ou partie postérieure. L'intérieur est l'*âme*; la *bouche* est l'ouverture du côté de la volée, ouverture qui reste toujours béante; la *culasse mobile* est une sorte de porte servant à fermer l'ouverture postérieure; la *lumière* est une ouverture étroite percée dans la culasse mobile, ou dans la pièce elle-même, et permettant de mettre le feu à la charge. L'âme est *rayée* suivant toute sa longueur par un ensemble de rainures formant des hélices au pas très

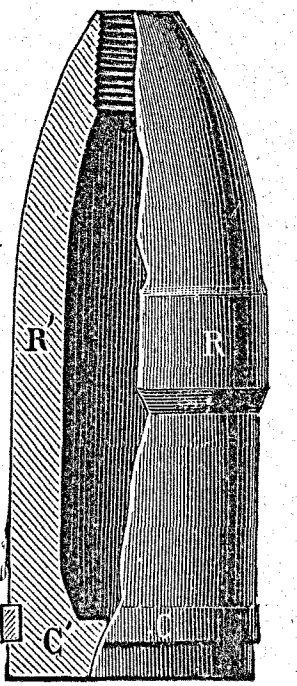


Fig. 89. — Obus.

allongé. Les projectiles à lancer présentent sur leur pourtour un ou plusieurs cercles C, R de plomb (fig. 89), de cuivre, ou d'un autre métal mou; quand le projectile part, ce métal mou se loge dans les rayures, empêchant ainsi les gaz de passer en avant et forçant le projectile lui-même à prendre un mouvement de rotation qu'il conserve au sortir de la pièce, ce qui a pour effet de lui communiquer une plus grande force de pénétration, de lui donner une plus longue portée, et d'assurer au tir une justesse plus parfaite.

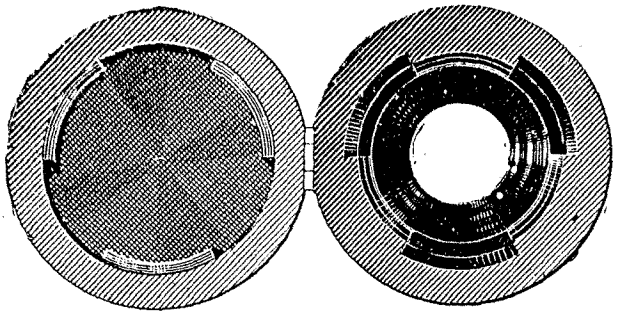


Fig. 90. — Figure théorique pour montrer le mode de fermeture des canons français.

Tous les systèmes de canons n'ont pas la même culasse mobile. La plupart des canons français ont la *culasse à vis* en acier, qui pénètre dans l'âme comme un boulon dans un écrou (fig. 90 et 91). Elle se compose essentiellement du *volet* V, ou cadre circulaire articulé à la pièce par un gond BB', ou *boulon de charnière*, se manœuvrant comme une porte, et de la *vis de culasse*, cylindre fileté en pas de vis, jouant le rôle de bouchon, qui tourne

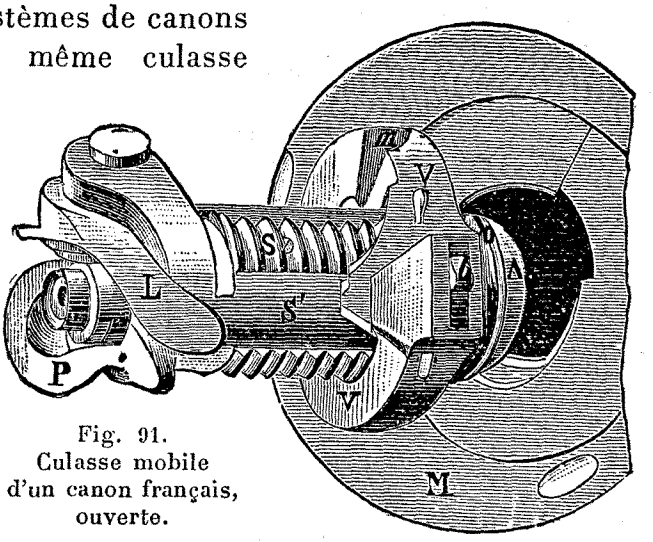


Fig. 91.
Culasse mobile d'un canon français, ouverte.

dans le volet par lequel il est porté, et s'introduit dans l'âme lorsqu'on lui fait subir un mouvement de rotation. Le pas de vis est de six ou huit tours, mais on ne fait pas faire au bouchon six ou huit tours pour fermer à fond; on y arrive d'un seul coup grâce à l'artifice de construction suivant. Le filetage n'existe pas sur tout le pourtour du bouchon, non plus que sur tout le pourtour de l'âme. Il est interrompu trois fois, si bien que le pourtour présente trois parties *filetées et saillantes* S et trois parties *lisses et*

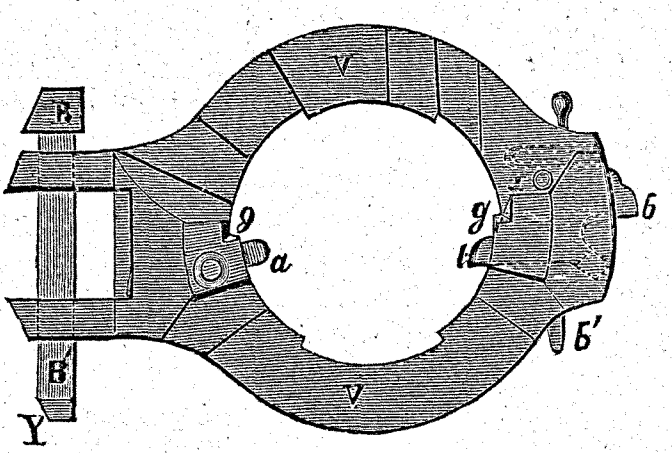


Fig. 92. — Détails du volet.

creuses S'. Quand la culasse mobile est ouverte, les parties en saillie de son bouchon font face aux parties creuses de l'âme; lorsqu'on la ferme, le bouchon entre donc d'emblée jusqu'au fond; alors, à l'aide d'une poignée, on lui fait faire un sixième de tour, et, ses parties filetées entrant dans les parties filetées de l'âme, la culasse se trouve vissée. Le même mouvement en sens contraire permet de l'ouvrir. La vis de culasse porte en avant une partie arrondie A qui est le *champignon*, lequel est séparé du reste de la vis par une rondelle plastique O, appelée *obturateur*. A sa partie postérieure, la vis de culasse porte une *poignée* fixe P, et un *levier* L. Non seulement elle peut tourner dans le volet, mais elle peut y glisser d'arrière en avant, et d'avant en arrière, en portant sur les *glissières* g et g' (fig. 92). Dans

l'intérieur du volet, et sur le côté se trouve un *loquet* qui porte trois parties saillantes : le *bec supérieur b*, le *bec inférieur b'* et le *talon t*.

Quand la culasse est fermée, le *bec supérieur* est engagé dans une gâche, de sorte que la vis de culasse ne peut reculer, et elle ne peut tourner non plus, parce que le *levier* est abaissé, de telle sorte que sa tête, ou *bec de came*, est engagée dans la *mortaise de sûreté m*.

Quand on veut ouvrir la culasse, on relève le levier pour faire sortir son bec de came de la *mortaise m*; puis, saisissant la poignée, on fait tourner la vis de culasse d'un sixième de tour. Pendant ce mouvement de rotation, le *talon t*, qui était logé dans une rainure transversale de la vis de culasse, est obligé de remonter une rampe qui forme le fond de cette rainure. Dans ce mouvement, il s'abaisse et fait remonter le *bec supérieur* qui sort de sa gâche en faisant sortir le *bec inférieur*, qui maintient le volet fixé à la vis de culasse. On fait tourner le levier en travers; une came, portée par lui, prend appui sur le volet, ce qui entraîne un commencement de recul de la vis. On achève de la tirer par la poignée. Le recul s'arrête quand la vis vient butter contre le *bec de la clef a*. Ce mouvement de recul fait aussi ouvrir le volet, car il est rendu solidaire de la vis par le *talon* qui s'engage à ce moment dans une cavité que présente cette dernière. Une série de manœuvres inverses produit la fermeture.

Il existe en France un autre canon, du calibre 75, dont le mode de fermeture est différent : c'est la fermeture *à coin* que voici. L'arrière de la culasse est creusé en godet. Dans ce creux peut se mouvoir transversalement, en tournant autour d'un pivot fixe, un plateau métallique qui présente une ouverture excentrique égale à celle de l'âme. On le fait tourner à l'aide d'une poignée, laquelle porte en saillie un taquet à ressort qui vient entrer dans une encoche pour assurer la fermeture. Quand on tourne dans un sens, le plateau présente son ouverture à l'âme, et l'on peut charger; en tournant en sens inverse, la

partie pleine du plateau obture l'âme, à la façon d'un diaphragme. Un percuteur est logé dans la *lumière*.

Ce même canon est dit *à tir rapide*, parce que son tir est accéléré par la possibilité de tirer sans pointer à chaque coup, une fois le tir réglé. Ce résultat tient à ce que le canon, après le recul produit par le coup, reprend automatiquement sa place, sous l'action d'un frein *hydro-pneumatique*. Ce frein consiste essentiellement en un tube de gros calibre, placé sous le canon, et fixé à l'affût. Ce tube est formé de deux réservoirs variables, la cloison qui les sépare étant mobile. Le premier contient de la glycérine, le second de l'air comprimé. Un piston, lié invariablement au canon, se meut dans le premier. Le canon lui-même n'est pas fixé sur l'affût, mais engagé dans un anneau qui, lui, est fixé à l'affût, et il peut glisser dans cet anneau. Lorsque le coup part, le canon recule; le piston qu'il entraîne refoule la glycérine, qui pousse la cloison mobile, et celle-ci comprime l'air. Une fois tout l'effet de recul produit, cet air se détend, refoule cloison, glycérine et piston, ramenant ainsi le canon à sa place sur l'affût, qui n'a pas changé de position non plus. Ce genre de frein a été adapté à d'autres pièces.

Le lingot d'acier destiné à faire une pièce de canon est préparé au four Martin. On lui donne une longueur plus grande que celle de la pièce. On le forge au marteau pilon, après l'avoir réchauffé, pour lui donner la ténacité voulue : c'est le *martelage*. Puis, toujours au marteau pilon, et en réchauffant de temps en temps, on lui fait subir *l'estampage*, après avoir adapté au marteau une matrice demi-cylindrique et en avoir fixé une autre à l'enclume. On enlève ensuite, à l'aide d'une scie circulaire, les deux extrémités qui n'ont pas l'homogénéité nécessaire, on lui fait subir un *recuit* au rouge cerise, et l'on procède au *forage*, ou perçage, qui se fait avec une *machine à forer*. Il s'agit maintenant de procéder à la *trempe* du tube obtenu ; pour cela, on le fait chauffer au rouge dans un four élevé, où il est suspendu verticalement, puis on le trempe brus-

quement dans une cuve profonde pleine d'huile. Ensuite on l'expose à un nouveau *recuit*, pour lui rendre de l'élasticité et de la ténacité. La pièce quitte la *forge* et passe à l'*ajustage*.

Là, elle est d'abord *alésée*, c'est-à-dire que l'âme reçoit à l'aide d'une machine à aléser son diamètre définitif. L'extérieur reçoit aussi sa forme dernière au moyen d'un *tour* mécanique. Une autre machine spéciale procède au *rayage* de l'âme, et une troisième, au filetage de la culasse. Il ne reste plus qu'à placer les *frettes*. On appelle de ce nom des anneaux d'acier qu'on applique sur la culasse de la pièce pour la renforcer en épaisseur; ce sont eux qui produisent ce renflement qu'on remarque à l'arrière de tous les canons; l'un de ces anneaux porte les tourillons. Ces frettes sont posées à chaud; en se refroidissant, elles se contractent et serrent fortement le tube, en même temps qu'elles se lient entre elles. La culasse mobile est mise en place; toutes ses pièces ont été faites à la forge, et sa *vis de culasse* a été filetée à la machine.

L'affût n'est composé que de feuilles de tôle d'acier épaisse, qu'on découpe de la forme voulue et qu'on rive ensemble. Sa fabrication ne présente donc rien de particulier.

La fabrication des pièces de canon et des affûts se fait dans les grandes usines de la Loire, du Creusot, du Havre, de Toulon et de Paris et dans quelques usines nationales. Le montage final est effectué dans les arsenaux de l'Etat.

§ II

FABRICATION DES FUSILS

Dans les fusils, l'inflammation du mélange explosif est produite par la *percussion* d'une amorce fulminante qui, sous l'action du choc, détone et met le feu à la charge. Un fusil (*fig.* 93) se compose essentiellement d'un tube métallique qui doit contenir la charge et diriger le projectile,

et qu'on appelle *canon*, d'une monture en bois, appelée *bois de fusil*, et de *l'appareil de percussion*. Le canon et le bois de fusil sont à peu près de même forme dans tous les fusils, mais l'appareil de percussion varie avec les systèmes. Tous les fusils modernes se chargent par la *culasse*, ou partie postérieure du canon.

On distingue les *fusils de guerre* et les *fusils de chasse* ou de luxe. Les premiers sont à *canon fixe*, les seconds généralement à *canon mobile*. Ces dénominations signifient que, pour charger les premiers, on ne fait subir aucun déplacement au canon, tandis que, pour charger les seconds, on fait rabattre ce dernier par rapport à la monture. Cependant quelques fusils de luxe, employés surtout pour les exercices de tir, sont aussi à canon fixe et se chargent comme les fusils de guerre.

Fusils de guerre. — Le canon des fusils de guerre est en acier; il est rayé comme les pièces de canon. A sa partie postérieure, il porte une sorte de boîte B, appelée *culasse fixe* (fig. 94) ou *boîte de culasse*, que vient fermer un appareil mobile *mn* constituant à la fois une *culasse mobile* et l'appareil de percussion. Dans le fusil français, cette culasse

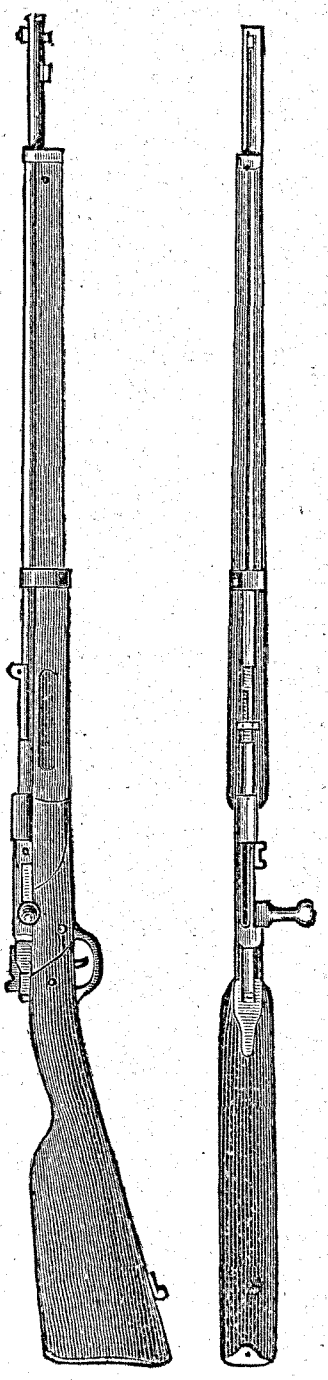


Fig. 93. — Monture d'un canon de fusil.

mobile se compose (fig. 95) d'un cylindre creux C, terminé en avant par la *tête mobile* T et muni d'une

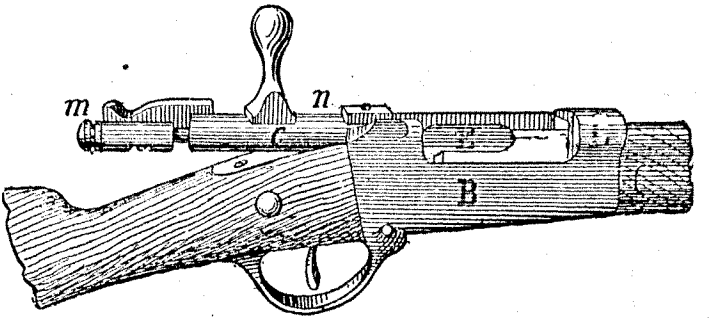


Fig. 94. — Boîte de culasse.

poignée latérale *kl*, appelée *verrou*. A l'intérieur de ce cylindre se trouve le *percuteur*, grosse aiguille (fig. 96), présentant une partie effilée *bap*, et entourée d'un ressort à boudin buttant d'un côté contre l'embase près de *b*, de l'autre contre le fond du cylindre. Il traverse la *tête mobile*

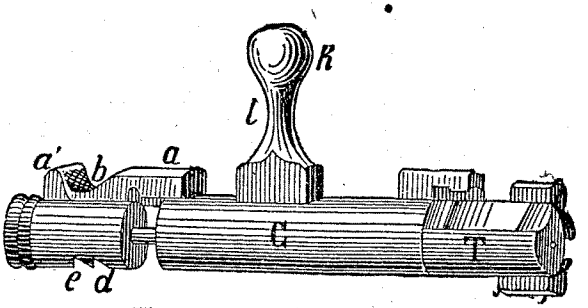


Fig. 95. — Culasse mobile.

et se fixe par son extrémité T *p'* dans l'échancrure *o* du *manchon* M, à l'arrière du *chien*. Ce dernier est la

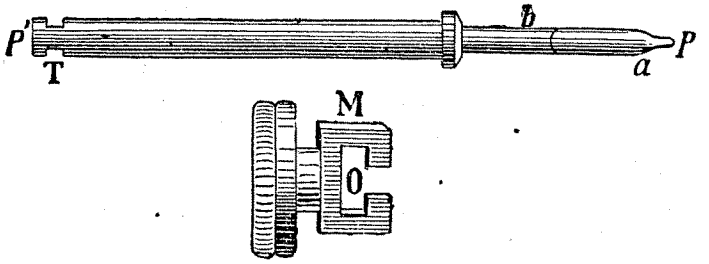


Fig. 96. — Percuteur.

partie postérieure de la culasse mobile; il porte sur sa surface supérieure une gorge *b* (fig. 95) dans un contrefort *aa'*, puis, au-dessous, deux crans : *d*, le *cran de repos*, *e*,

le *cran de l'armé*. La culasse mobile court dans une gouttière métallique incrustée dans une rainure correspondante du bois. Lorsqu'on veut charger, on saisit le verrou, ordinairement rabattu sur le côté; on le redresse verticalement, on tire à soi, et toute la culasse mobile est ramenée en arrière, découvrant ainsi la culasse fixe. Dans ce double mouvement, le chien, empêché par son contrefort, n'a pu tourner, et a seulement reculé, entraînant le percuteur qui a un peu comprimé son ressort. On place alors la cartouche, comprenant la charge P, le projectile B (fig. 97) et l'amorce *e e'* logée dans le culot *b b'*.

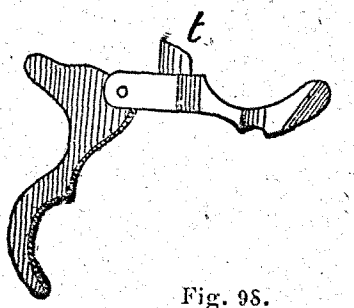


Fig. 98.
Gâchette, détente.

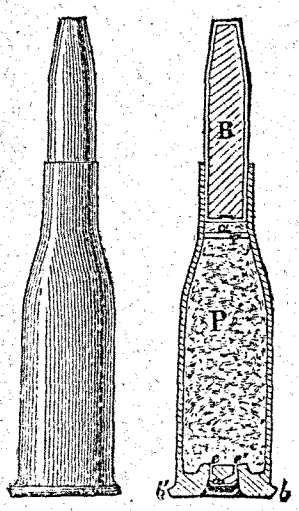


Fig. 97.
Cartouche Lebel.

Pour fermer, on repousse la culasse mobile, ce qui pousse la cartouche dans la *chambre* de l'*âme*, puis on rabat le verrou, ce qui fait encore progresser un peu le cylindre. Du même coup, le chien vient buter contre la tête de la gâchette par son cran *de l'armé*; le cylindre, dans sa rotation, achève de bander le ressort du percuteur. Le fusil est chargé.

Pour *tirer*, on baisse la tête de la gâchette à l'aide d'un levier *afh*, situé au-dessous et appelé *détente* (fig. 98); il est protégé contre tout accrochage par une boucle *cm*, dite *pontet* (fig. 99); le percuteur, n'étant plus retenu, est poussé par son ressort, et va frapper l'amorce placée derrière la cartouche.

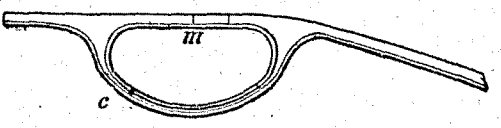


Fig. 99. — Pontet.

Certains fusils de guerre sont munis d'un mécanisme *à répétition*, permettant de tirer plusieurs coups sans

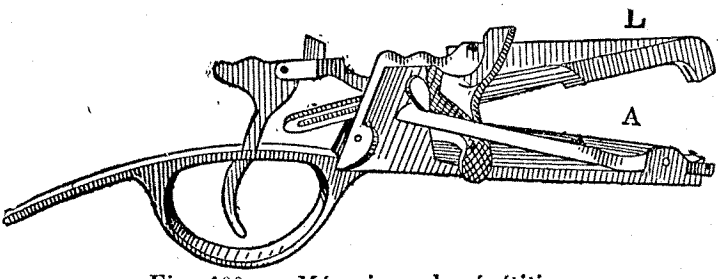


Fig. 100. — Mécanisme de répétition.

avoir à recharger l'arme. Ce mécanisme est un *chargeur*,

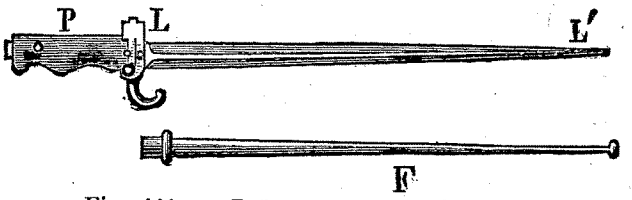


Fig. 101. — Baïonnette et son fourreau F.

boîte ou cylindre, contenant plusieurs cartouches et placé à proximité de la culasse fixe. Quand cette dernière se découvre, un levier L (fig. 100) saillit de l'auget A, et soulève à la hauteur du canon une cartouche prise par lui au chargeur. La culasse mobile la pousse dans l'âme, quand on ferme.

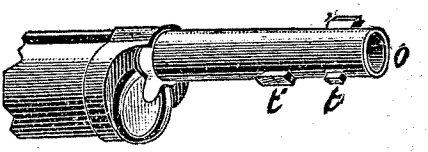


Fig. 102. — Bouche de canon avec les tenons *t t'* et le guidon *g*.

L'arme blanche qui accompagne le fusil est la *baïonnette* P L L' (fig. 101). Elle se fixe au bout du canon *o*, grâce aux tenons *t t'* (fig. 102). Sur le canon se trouve la *hausse* qui sert à viser (fig. 103); elle se compose d'une échelle *p p'* sur laquelle

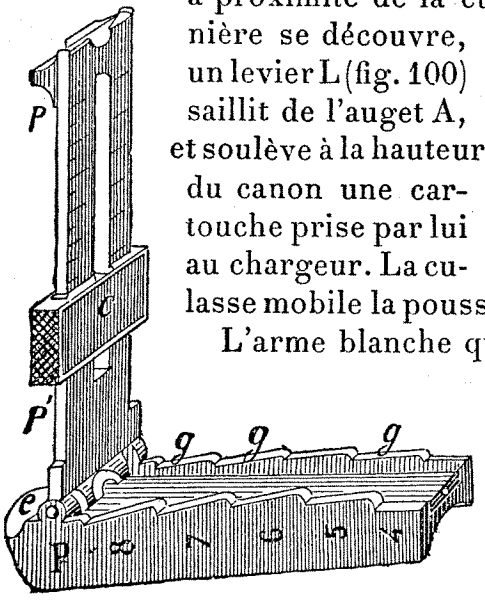


Fig. 103. — Hausse.

se meut un curseur *c*, et qui, tournant autour de la charnière *e*, peut être rabattue sur un sommier P, pourvu de crans *g*, numérotés.

Les pièces composant la culasse mobile et ses annexes sont forgées, le plus souvent matricées, puis terminées aux machines-outils, tours ou fraiseuses ; la lime n'intervient que rarement. Quant au canon, c'est une barre qu'on forge avec soin et qu'on soumet ensuite à un *forage* mécanique qui doit donner l'âme. Au forage succède l'*alésage*. On façonne l'intérieur au tour et on le *raye* avec une *machine à rayer*. Le bois de fusil est façonné par des machines qui lui donnent la forme voulue. L'assemblage du tout ne présente aucune difficulté.

Fusils de chasse. — Pour charger les fusils de chasse, on rabat le canon, qui est ordinairement double, C, C' (fig. 104), sur le reste de la monture BX, par un mouve-

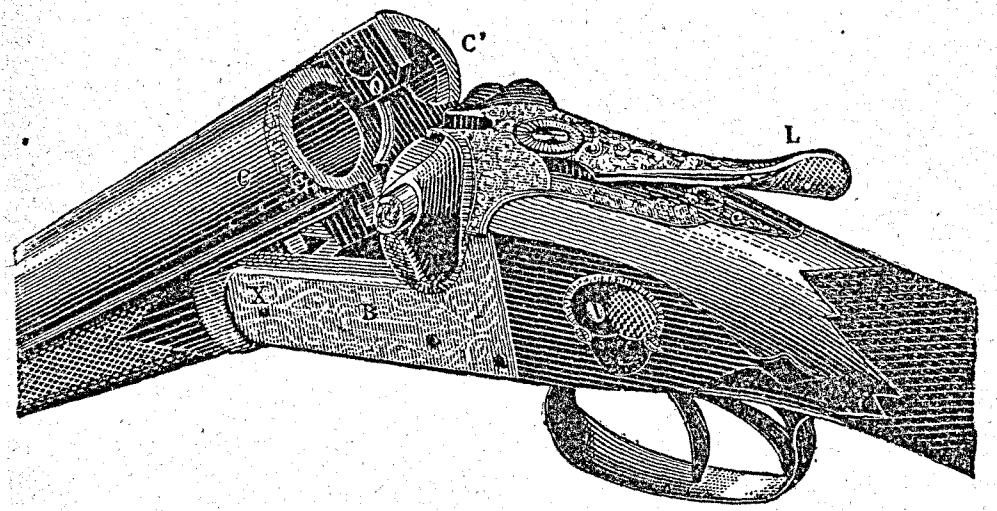


Fig. 104. — Mode de chargement d'un fusil de chasse hammerless (Greener à triple verrou).

ment de bascule ; dans cette position, sa culasse est béante ; on y introduit la charge, puis on redresse le canon. Ce dernier, lorsqu'il est relevé, est maintenu au moyen de *verrous* manœuvrés à l'aide d'une *clef* L, et s'engageant dans des ouvertures ou des encoches O. Il existe plusieurs dispositifs pour cette articulation (fig. 107).

Le canon est lisse, mais il présente souvent un rétrécissement qui a pour but de grouper les plombs au sortir de l'arme; le canon est alors dit *choke-bored;* il est cylindrique jusqu'à 5 centimètres de la bouche, là, il se rétrécit légèrement sur une longueur de 3 centimètres, puis redevient cylindrique jusqu'à l'extrémité (fig. 105). Dans les fusils à deux coups l'un des canons est ordinairement *choke-bored.*

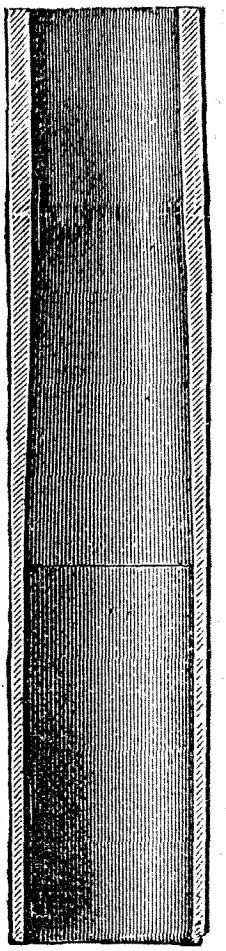


Fig. 105. — Extrémité d'un canon choke-bored.

L'appareil de percussion porte le nom général de *platine* (fig. 106). C'est un ensemble de pièces, montées sur une plaque métallique vissée sur le côté de la culasse, comprenant surtout un *chien*, sorte de marteau, un ressort qui tend sans cesse à abattre le chien, et des arrêts pour maintenir le chien en place quand il est redressé, c'est-à-dire prêt à frapper, ce qu'on exprime en disant que le fusil est armé. Ces arrêts sont lâchés par une détente enfermée dans un pontet, comme dans le fusil de guerre. Tantôt le chien frappe sur une amorce fulminante coiffant une cheminée aboutissant à la charge, qui, dans ce cas, doit être à nu; tantôt il frappe une aiguille ou percuteur, placée dans une cavité située en arrière de la culasse et soulevée par un petit ressort à boudin; l'aiguille va, sous l'impulsion du marteau, frapper l'amorce qui est adhé-

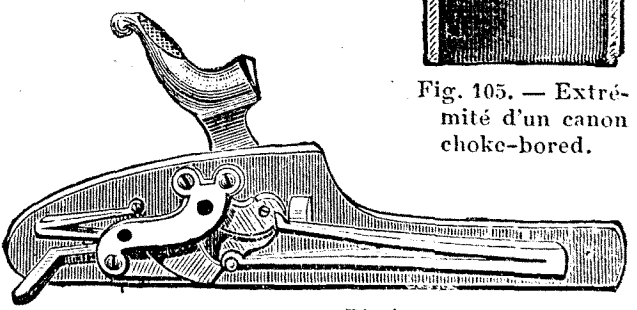


Fig. 106. — Platine.

rente à la cartouche. Quelquefois (système *hammerless*), (fig. 104 et 107), les chiens ne sont pas visibles : la platine est dissimulée dans la poignée.

Il y a plusieurs modes de fabrication pour les canons de fusils de chasse, selon le degré de solidité qu'on veut leur donner. Ils peuvent être en fer ou en acier, ou en fer et acier. Les canons tout en fer ou tout en acier se font de la manière suivante. On prend une barre de fer ou d'acier; on la soumet à un *laminage* qui l'amène à l'épaisseur que doivent avoir les parois du canon. On enroule la lame ainsi obtenue sur un tube en tôle mince appelé *chemise*, glissé sur un mandrin, de telle façon que les tours d'hélice soient bien contigus

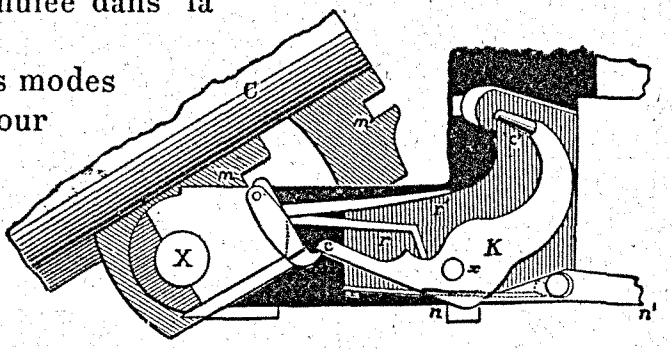


Fig. 107. — Mécanisme d'ouverture et de percussion d'un fusil hammerless. (Greener à triple verrou.) C, canon; X, articulation; *mm'*, encoches pour les verrous; K, chien tournant autour de l'axe *x*; *c'*, percuteur; *n*, *n'*, gâchette et détente; *r*, *r'*, ressorts.

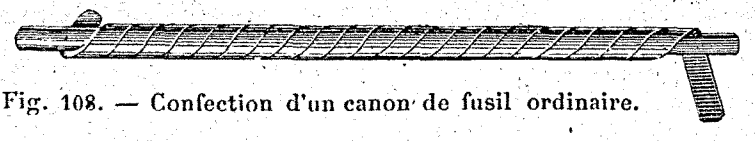


Fig. 108. — Confection d'un canon de fusil ordinaire.

(fig. 108). On chauffe au rouge blanc et l'on martèle à la forge pour souder ensemble les bords des tours d'hélice. Après un dressage approximatif, on procède au *forage* pour enlever le tube de tôle, ensuite au *meulage*, pour donner à l'extérieur la forme qu'il doit avoir; on passe enfin à l'*alésage* et au *dressage*. On assemble ensuite les deux canons qui doivent former le même fusil, on y ajoute les deux bandes qui doivent les relier, on le couvre de terre glaise mélangée de crottin de cheval et on l'entoure de fragments de cuivre; on le chauffe à blanc : le

cuivre coule sur la surface et réunit toutes les parties à souder : c'est le *brasage*. Il ne reste plus qu'à le polir avec un outil spécial appelé le *rabot* et à le monter sur le bois.

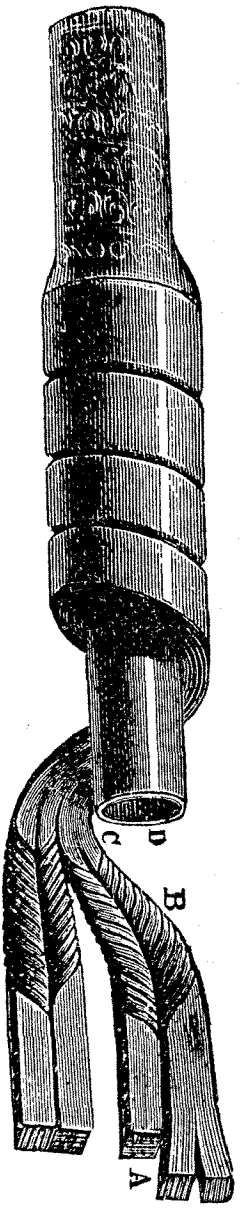


Fig. 109. — Confection d'un canon de fusil damassé.

Certaines armes de luxe ont le canon *damassé*, c'est-à-dire présentant à sa surface des dessins moirés.

La fabrication de ces canons (fig. 109) comprend les opérations suivantes. On réunit en un faisceau un certain nombre de fils de fer et de fils d'acier, en les mélangeant bien. Le faisceau ainsi préparé est soudé au four pour ne former qu'une seule masse de métal, qu'on lamine ensuite pour la réduire à l'état de baguette carrée A. Ces baguettes sont chauffées au rouge blanc et tordues ensuite en tire-bouchon B. Puis on les réunit par deux, trois ou quatre (C) pour former un *ruban*. Ce ruban est enroulé sur un tube en tôle D, comme il a été dit à propos des canons de fusil ordinaires. Le reste des opérations se continue comme pour ces derniers. Le moiré s'obtient en passant sur le canon aiguisé et poli un tampon imprégné d'acide sulfurique étendu; en agissant différemment sur le fer et sur l'acier, l'acide produit un dessin plus ou moins régulier.

Il se fait aussi de faux canons damassés, sur lesquels l'effet du moiré est obtenu par la morsure de l'acide, après les avoir mouchetés d'une matière grasse avec un petit tampon de coton. L'acide ne peut attaquer le métal que dans les parties

laissées à nu; on enlève ensuite la matière grasse.

Les pièces composant la platine sont forgées et finies à la lime. Le bois de fusil est fait soit à la main, soit avec des machines spéciales. Puis le tout est assemblé par un *armurier*.

Les *revolvers* sont des pistolets à répétition. Le *percuteur* est un chien rabattant comme dans les fusils de chasse. Le mécanisme de répétition diffère de celui du fusil de guerre que nous avons décrit. Le *magasin* ou *chargeur* de cartouches est un *barillet*, c'est-à-dire un cylindre interposé entre la platine et le canon, ayant son axe

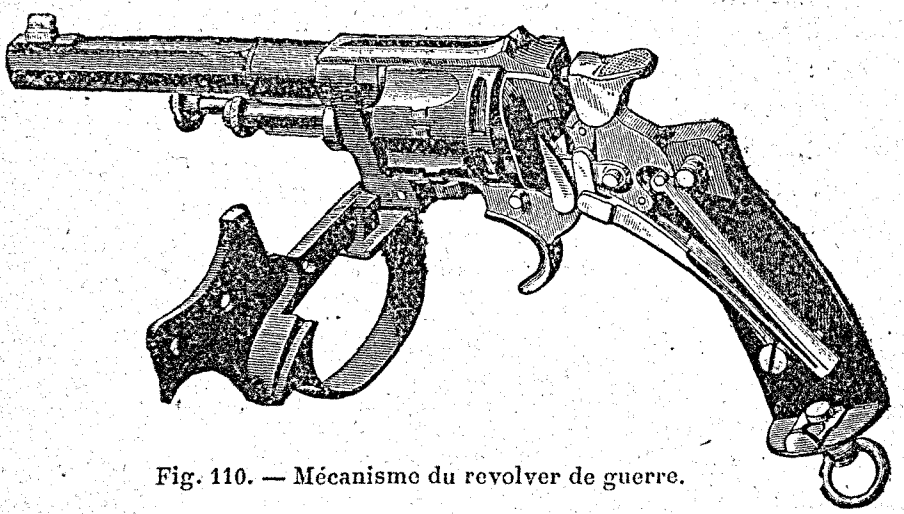


Fig. 110. — Mécanisme du revolver de guerre.

parallèle à celui de ce dernier, et pouvant tourner autour de cet axe. Il est percé, sur le pourtour, de trous cylindriques également distants, et dans une direction parallèle à celle du canon. Leur distance radiale est telle, qu'ils se trouvent tous exactement à hauteur de l'âme quand ils sont amenés en face d'elle. C'est dans ces trous que sont placées les cartouches. Grâce à un dispositif approprié, en armant le chien, on fait tourner du même coup le barillet de la fraction de tour nécessaire pour amener une cartouche au droit de l'âme. Dans les revolvers de guerre et quelques autres modèles, le même mouvement de la détente arme et tire, en tournant le barillet.

Les fusils et revolvers de guerre (fig. 110) se font dans les manufactures de l'Etat de Saint-Etienne, de Châtellerault et de Tulle. Les fusils de chasse et de luxe sont fabriqués à Saint-Etienne et à Paris.

CHAPITRE X

Construction des Machines en général.

MACHINES-OUTILS

Une *machine* est un appareil qui sert à transmettre ou à transformer de l'énergie. On distingue les *machines simples* et les *machines composées*. Les machines simples sont : le *plan incliné*, le *levier*, la *poulie*, le *treuil* et la *vis*, qui peuvent d'ailleurs affecter des formes très variées : le levier, par exemple, peut être balance, brouette, pincette, etc. Les machines composées, qu'il s'agisse d'une montre, d'une bicyclette ou d'une locomotive, sont des combinaisons de machines simples qui en constituent les *organes*.

La construction d'une machine revient donc, en somme, à fabriquer séparément les organes qui la composent, puis à les assembler par le montage. Ces organes sont fabriqués avec des *matériaux* et affectent des *formes* variant avec l'usage qui doit en être fait. Les matériaux qui entrent le plus fréquemment dans la construction d'une machine sont : le bois, la fonte, le fer et l'acier, auxquels viennent s'ajouter le cuivre et le bronze, et plus rarement l'aluminium. La forme est donnée à un organe suivant ce qu'il doit être, et suivant la solidité qu'il doit avoir, par fonderie, forgeage, estampage ou emboutissage. Le *finissage* a lieu à la lime et à la machine. On procède aussi très souvent à un *polissage*. La fabrication de toutes les pièces à la main, possible lorsqu'elles sont de petites dimensions, devient d'une grande difficulté lorsqu'elles atteignent un volume ou un poids quelque peu considérable ; dans tous les cas, elle est d'une grande lenteur, et sa perfection dépend entière-

ment de l'adresse de l'ouvrier. Aussi, sauf pour la fonderie, exécute-t-on mécaniquement la plus grande partie des façons. Le forgeage, l'estampage et l'emboutissage se font au marteau-pilon, à la presse hydraulique ou au laminoir. Le finissage et le polissage s'exécutent à l'aide des *machines-outils*. On appelle ainsi des engins qui remplacent à la fois l'ouvrier et son outil; ou plutôt l'outil s'y retrouve, quelquefois un peu modifié, à la vérité, mais l'ouvrier est complètement remplacé. Un surveillant suffit, qui peut avoir l'œil sur plusieurs machines à la fois; son travail consiste uniquement à régler la machine avant sa mise en marche, à placer la pièce convenablement et à veiller aux accidents. Les déplacements de la pièce ou de l'outil sont parfois complètement automatiques; aussi l'exécution est-elle très régulière et très accélérée, et il n'y a de malfaçon que si le réglage de la machine a été mal fait.

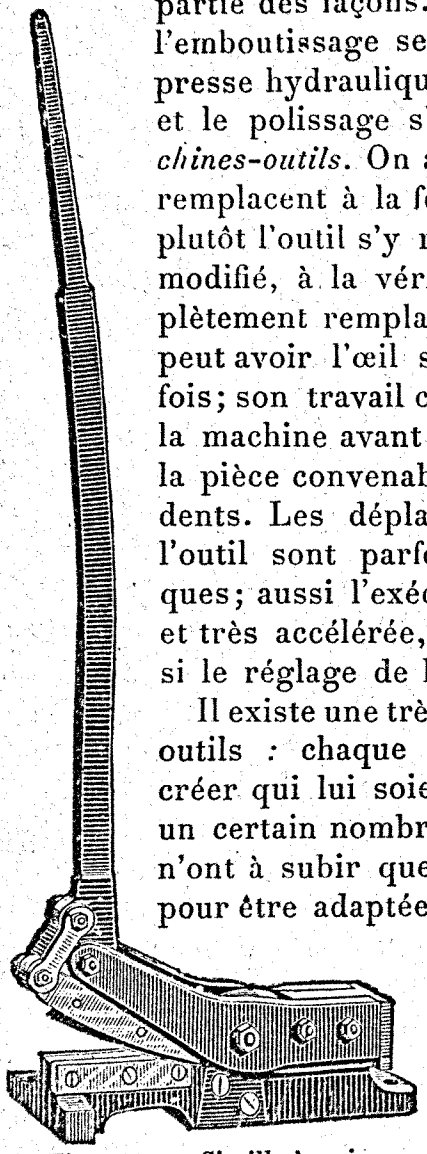


Fig. 111. — Cisaille à main.

Il existe une très grande variété de machines-outils : chaque industrie est obligée d'en créer qui lui soient propres. Mais il en existe un certain nombre d'un emploi général; elles n'ont à subir que des modifications partielles pour être adaptées à un usage particulier. Ce sont les *scies mécaniques*, les *cisailles*, les *étaux-limeurs*, *machines à raboter*, *à mouluràr*, *à mortaiser*, *à percer*, *à forer*, *à aléser*, *à fraiser*, et les *tours*. Elles peuvent être mues à bras ou par moteur. Dans les grands ateliers, elles peuvent être mises en mouvement par des organes de transmission qui le reçoivent eux-mêmes des machines motrices. Voici une description sommaire des formes générales de ces machines.

Scies et Cisailles. — A propos de l'exploitation des bois, nous avons déjà décrit les *scies mécaniques* employées pour le travail du bois. Pour couper les métaux, les rails par exemple, on n'utilise que des scies circulaires peu différentes des premières. Le sciage se fait à chaud ou à froid.

Les *cisailles* servent à couper les tôles, les barres de fer ou d'acier plates ou rondes de dimensions restreintes. Elles opèrent à froid. Comme les simples ciseaux de couturière, elles se composent de deux lames allant à la rencontre l'une de l'autre. Le plus souvent, cependant, une des lames est fixe. Quelques-unes même n'ont qu'une lame; cette lame unique se meut en rasant un socle sur lequel se trouve la pièce à couper, qui, prise ainsi en porte-à-faux entre la lame et l'arête du socle, est tranchée comme par deux lames (fig. 111).

Machines à raboter. — Les *raboteuses* servent à *dresser* les surfaces, c'est-à-dire à les aplanir. Un *rabot* à main (fig. 112) se compose essentiellement d'une lame d'acier tranchante, montée obliquement dans une pièce de bois ou de métal qu'elle traverse de part en part, faisant un peu saillie en dessous par son bord tranchant. On présente cette lame à la surface à dresser, et l'on pousse l'outil en avant. La lame entame la surface sur une épaisseur dépendant de la saillie, et en enlève une partie lorsqu'on pousse. Les grands rabots s'appellent *varlopes*. Ces deux outils, devant être employés à la main, ne sont utilisés que pour le travail du bois. La raboteuse (fig. 113) qui peut travailler les métaux, porte le même outil tranchant se présentant obliquement à la surface à dresser, mais cet outil est fixé à un bâti en forme de cadre, et c'est le corps à raboter qui, entraîné par un chariot qui le porte, se déplace sous lui.

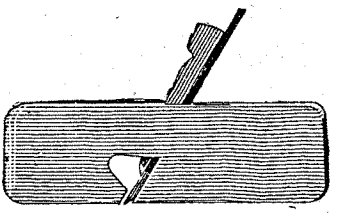


Fig. 112. — Rabot.

Dans certaines raboteuses cependant, c'est le bâti qui est mis en mouvement par le moteur à l'aide d'un engre-

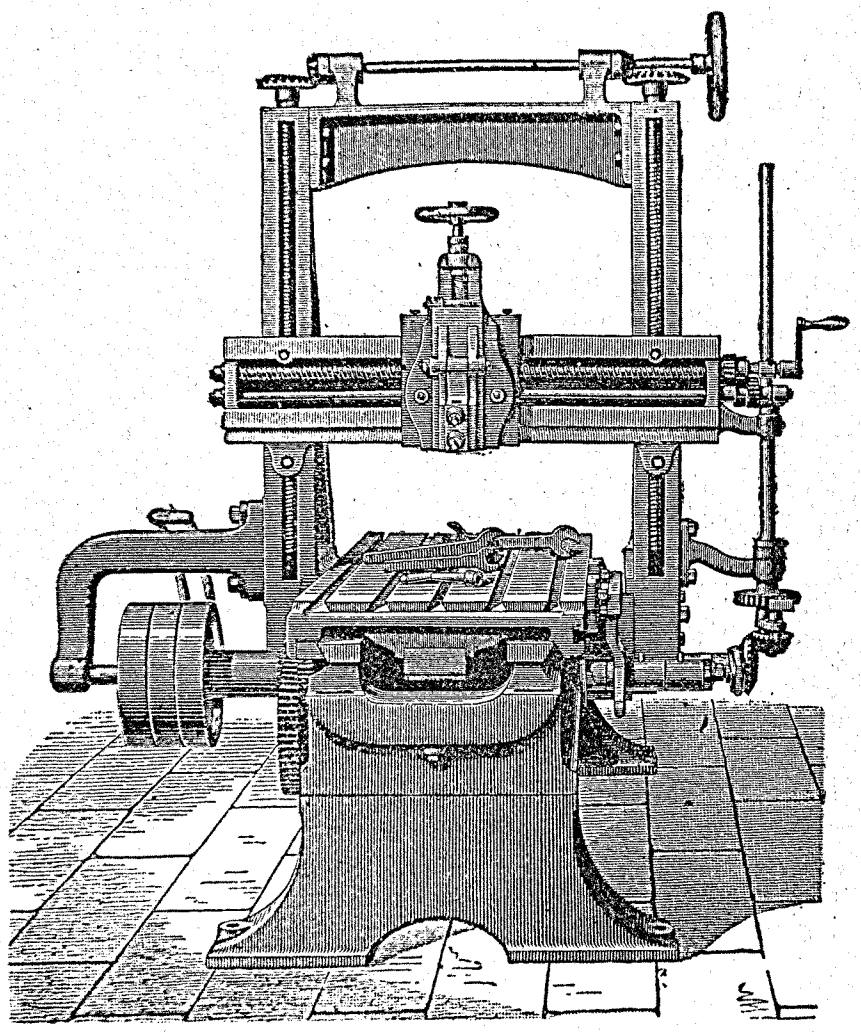


Fig. 113. — Raboteuse.

nage à crémaillère ou d'une vis sans fin, et qui déplace sa lame sur la pièce à dresser.

L'outil doit être animé d'un mouvement transversal le long de la traverse supérieure du cadre ; sans quoi, il raboterait constamment la même place. A cet effet, le surveillant, à chaque passe, fait tourner une manivelle d'une même quantité ; il déplace le support de l'outil qui

joue ainsi le rôle d'écrou mobile. Dans la plupart des machines ce déplacement transversal se fait automatiquement.

Étaux-limeurs. — La *lime* est un outil à main en acier très dur, de forme allongée, et de section variable ; il est emmanché comme un couteau de table. La surface en est entaillée de manière à offrir de nombreuses

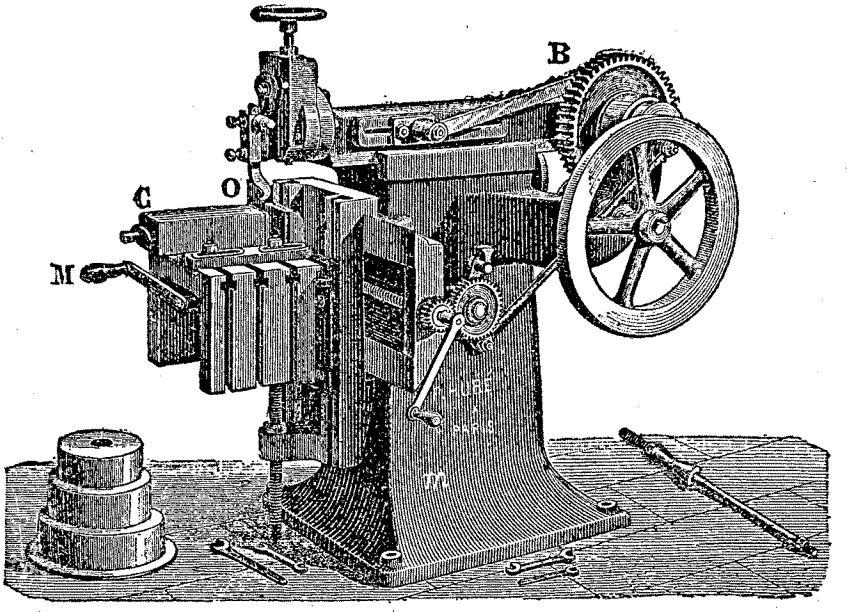


Fig. 114. — Étau-limeur.

aspérités. Celle qui est employée pour le travail du bois se nomme *râpe*.

La lime est employée à deux fins : à *dresser* les surfaces, et à *entailler* les objets de manière à produire sur eux les effets de creux et de relief qui doivent leur donner leur forme. C'est l'outil par excellence de l'ouvrier *ajusteur*. Son emploi entraîne celui d'un autre outil servant à maintenir la pièce à travailler, l'*étau*, formé de deux mâchoires, l'une fixe, l'autre articulée à la première, et pouvant s'en rapprocher ou s'en éloigner par le jeu d'une vis et d'un écrou. (Voir fig. 338, un étau en bois E sur un *établi* de menuisier).

Le travail de la lime s'effectue mécaniquement dans les *étaux-limeurs* ou *limeuses*, qui font le travail de *dressage*, et dans les *machines à fraiser*, ou *fraiseuses*, qui font le travail d'*entaille*. Les premiers se composent d'une lame étroite O (fig. 114) montée dans un porte-outil qui peut être abaissé à la main à l'aide d'un volant, et mû horizontalement par une bielle B, recevant elle-même le le mouvement d'un moteur quelconque. La pièce à dresser est portée par un chariot C, qu'on peut élever à l'aide d'une manivelle M, et déplacer latéralement à l'aide d'une autre manivelle *m*. La machine une fois en marche, on n'a plus qu'à combiner les mouvements des deux manivelles pour assurer un travail convenable, qui n'est, en somme, qu'un rabotage.

Machines à fraiser. — La *fraise* est un outil tranchant, à taillants multiples qui, lorsqu'elle est animée d'un mouvement de rotation continu, viennent successivement attaquer la matière et y produisent un limage.

Les fraises sont dites *de forme* (fig. 115), *cylindriques* ou *tronçoniques*. Les fraises *de forme* sont employées pour obtenir un profil déterminé, par exemple pour tailler des dents d'engrenages; ces fraises sont établies suivant le profil de l'entaille à produire; la taille exécutée au burin et à la lime, en est droite. Les *fraises cylindriques* ou *tronçoniques* peuvent être à taille droite ou héliçoïdale. Le taillant à hélice doit être préféré; il attaque le métal obliquement, progressivement, sans choc, et fournit une coupe plus uniforme que le taillant droit. L'angle de coupe des taillants et l'inclinaison des hélices sur la verticale varient suivant la nature des métaux et la vitesse des outils. Toutes sont en en acier supérieur.

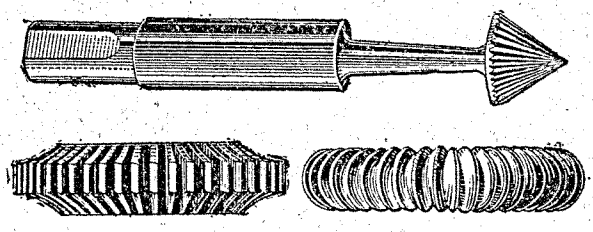


Fig. 115. — Différentes *fraises de forme*.

Les *machines à fraiser* ont la disposition générale d'une machine à percer (voir ci-après). Dans les unes, l'axe de l'outil est vertical; dans les autres, il est horizontal; dans d'autres encore, il peut être successivement horizontal et

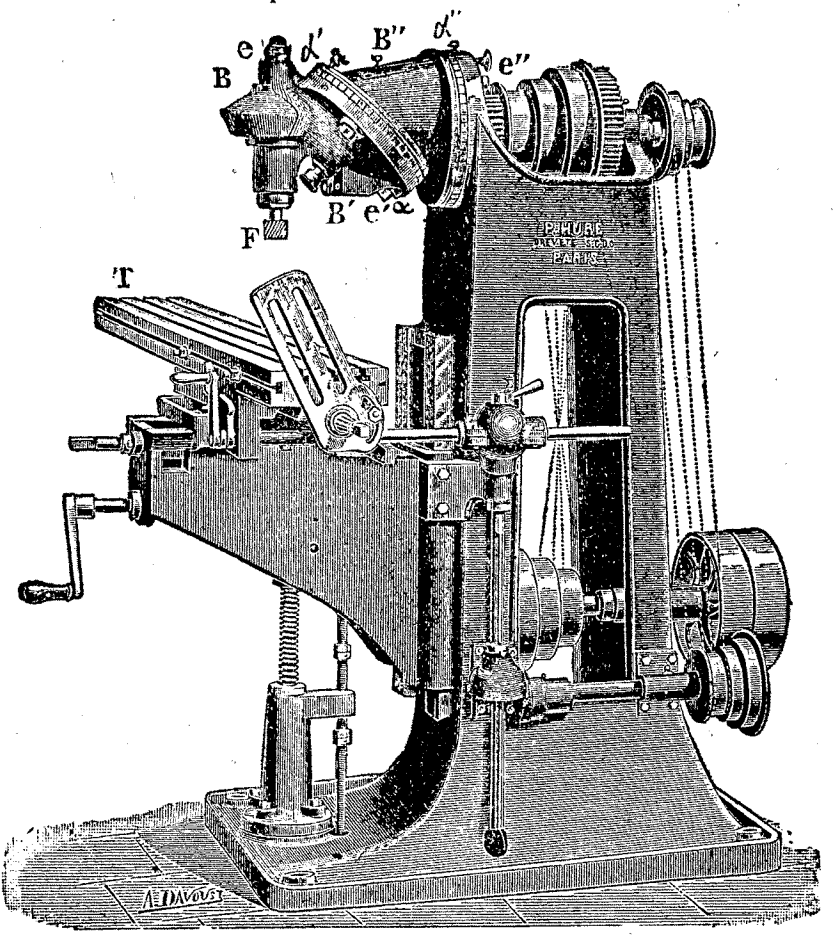


Fig. 116. — Fraiseuse universelle Huré.

vertical. On construit des *fraiseuses universelles*, permettant de donner à l'axe de l'outil diverses inclinaisons.

La figure 116 représente la *fraiseuse universelle* Huré, l'une des plus perfectionnées. La fraise F est mue par l'intermédiaire de la roue d'angle contenue dans une boîte B, qui fait corps avec une seconde boîte creuse B' terminée par le plateau circulaire α; le bord de ce plateau α

s'appuie sur le bord d'un second plateau circulaire divisé α' appartenant à une troisième boîte B″ contenant l'engrenage de transmission de mouvement, et pouvant tourner autour de l'axe horizontal de cet engrenage d'un nombre de degrés indiqués par la graduation d'un cercle vertical α''. Le plan commun des deux plateaux α, α', et celui du plateau α'' font entre eux un angle de 45°. Par le serrage ou le desserrage de l'écrou e', l'ensemble des deux boîtes B, B′ peut être rendu solidaire de la boîte B″, ou laissé libre de prendre autour de l'axe de B′ un mouvement de rotation. L'axe de la fraise F occupant comme dans la fig. 116 la position verticale, l'écrou e' étant serré et l'écrou e'' desserré, on pourra l'amener, en faisant tourner l'ensemble B,B′B″ autour de l'axe de transmission, à occuper toutes les positions d'un cercle vertical. L'axe de l'outil occupant au contraire une position horizontale, on pourra, par un mouvement analogue lui faire prendre toutes les positions des génératrices d'un cylindre horizontal, et pour chacune des deux positions qui précèdent, l'écrou e'' étant serré et l'écrou e' desserré, l'axe de l'outil pourra occuper toutes les positions des génératrices d'un cône de révolution, d'axe perpendiculaire au plan du

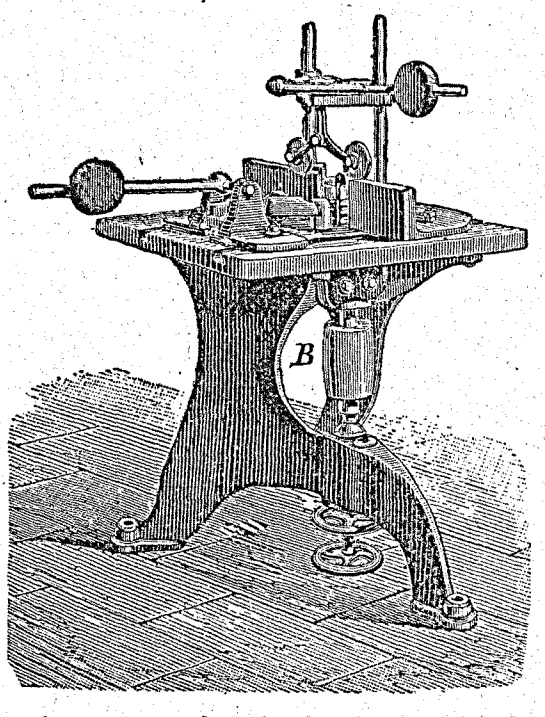


Fig. 117. — Machine à moulurer, ou toupie.



Fig. 118. Ciseau à main.

plateau α, α'. Dans la figure 116, la fraise est verticale et peut travailler une pièce placée sur le plateau mobile T.

Machines à moulurer. — Les *machines à moulurer* (fig. 116) servent à creuser des *moulures* dans les pièces en bois déjà plus ou moins travaillées. Cette machine se compose d'un arbre vertical B à la partie supérieure duquel peut se fixer solidemen l'outil à moulurer, pourvu du fer profilé suivant la *moulure* à obtenir. L'arbre tournant à la vitesse de 3 à 4.000 tours par minute, on vient présenter au fer la surface à moulurer. Pour obtenir des *rainures*, on remplace l'outil à moulurer par un disque denté.

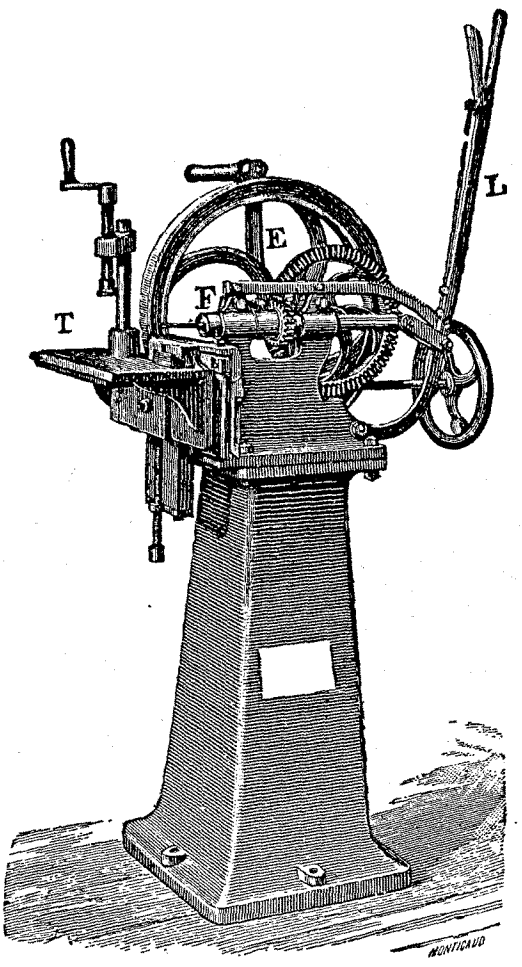


Fig. 119. — Machine à percer horizontale.

Machines à mortaiser. — Les *mortaiseuses* servent à pratiquer des *mortaises* ou entailles. L'outil est un *ciseau* analogue aux ciseaux à main (fig. 118), et il est mû verticalement ou horizontalement. Le bras qui le porte est animé d'un mouvement de va-et-vient.

Machines à percer. — Les *machines à percer* (fig. 119 et 120) servent à pratiquer des trous dans le bois ou les métaux. Pour percer à la main, on se sert d'une vrille

(fig. 121), espèce de vis conique, ou d'une *tarière*, qui se

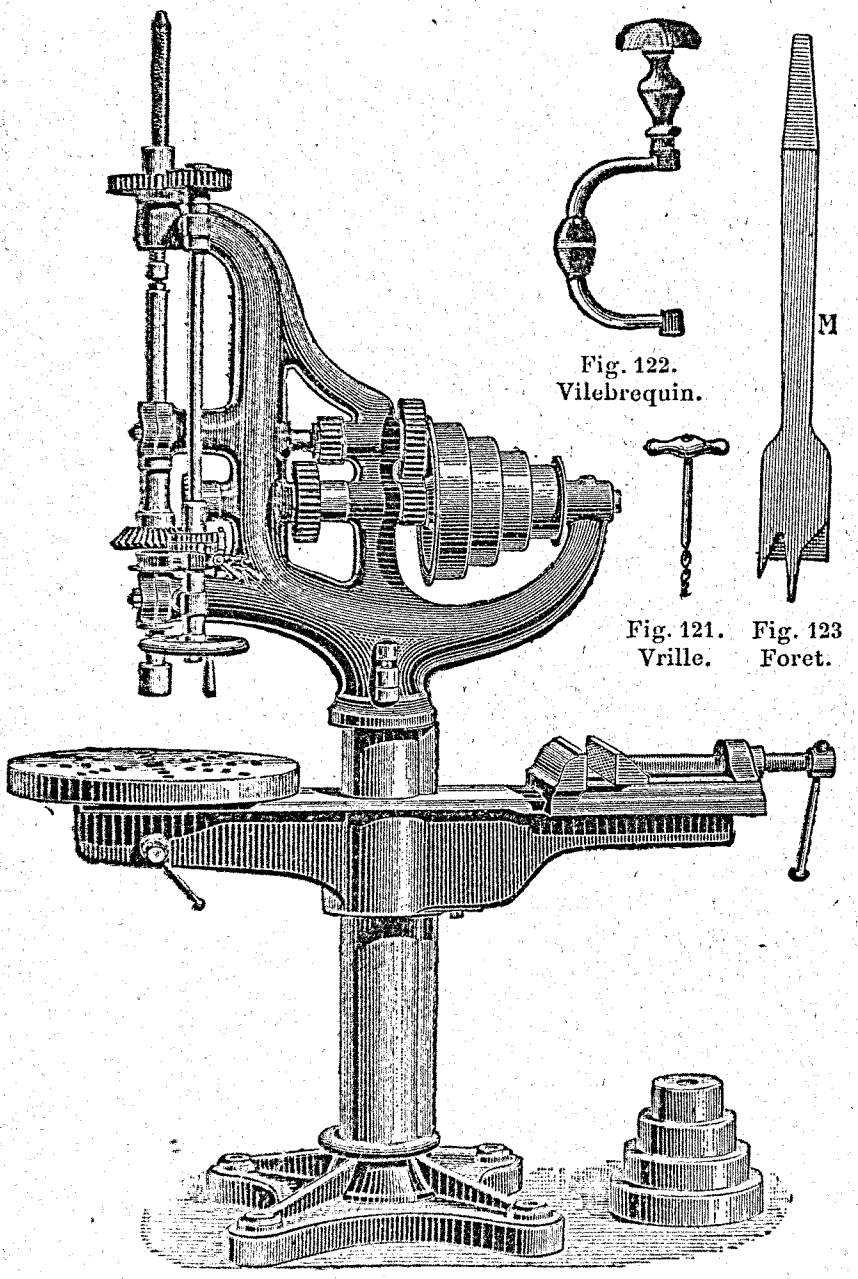


Fig. 122.
Vilebrequin.

Fig. 121.
Vrille.

Fig. 123
Foret.

Fig. 120. — Machine à percer verticale.

manœuvre comme une vrille, mais dont la partie perforante est un *ciseau* en forme de demi-cylindre creux, ou

bien encore d'un *vilebrequin* (fig. 122), espèce de manivelle armée d'un *foret* ou *mèche* (fig. 123) qui est à la fois vrille et ciseau. Le même foret se retrouve dans la machine à percer; il est adapté à une tige F, appelée *porte-foret*, qui peut tourner autour de son axe et se déplacer dans le sens de sa longueur Le premier mouvement est donné au porte-foret par un *engrenage d'angle* E; quant au second, il lui est imprimé, soit, s'il s'agit d'une perceuse verticale, par une vis engagée dans une bague faisant partie du bâti de la machine, dans laquelle on la fait pénétrer peu à peu à la main, ou mécaniquement, de sorte qu'elle pousse le porte-foret du haut en bas, soit, s'il s'agit d'une perceuse horizontale, par un simple levier L manœuvré à la main. Au-dessous se trouve une *table* T, sur laquelle est placée la pièce à percer.

Les *machines à forer* ne sont que de grandes machines à percer. Pour pratiquer les trous dans la tôle, on se sert plus souvent d'une machine dite à *poinçonner*, qui n'est autre chose qu'un emporte-pièce porté par un mouton ou par un balancier.

Machines à aléser. — Les *alésoirs* servent à raboter les surfaces intérieures des pièces cylindriques, coniques, ou sphériques creuses. L'outil est composé de lames diverses en acier trempé. Il est porté par un arbre, horizontal dans les petits alésoirs, vertical dans les grands; cet arbre est animé à la fois d'un mouvement de rotation autour de son axe, et d'un mouvement de translation suivant son prolongement.

Tours. — Le *tour* (fig. 124) est une machine qui sert à la fabrication et au façonnage des pièces de révolution : cylindres, cônes, sphères, etc... Il se compose, dans les cas les plus ordinaires, d'une sorte de table ou banc et de deux *poupées* P,P'. La poupée P, à la gauche du tour, est fixe; l'autre peut se déplacer sur le banc. La poupée fixe porte un arbre rotatif sur lequel est calée une poulie *p*, se terminant par un *plateau* M destiné à porter et à entraîner la pièce à *tourner*. L'autre ne porte qu'un pivot *m'*, appelé

contre-pointe, qui sert à caler la pièce à tourner lorsqu'elle est longue. Le mouvement de rotation est imprimé à l'arbre rotatif et par conséquent à la pièce à tourner par une pédale N que l'ouvrier actionne avec le pied, ce qui, par l'intermédiaire d'une bielle et d'une manivelle, fait tourner une grande roue R servant de vo-

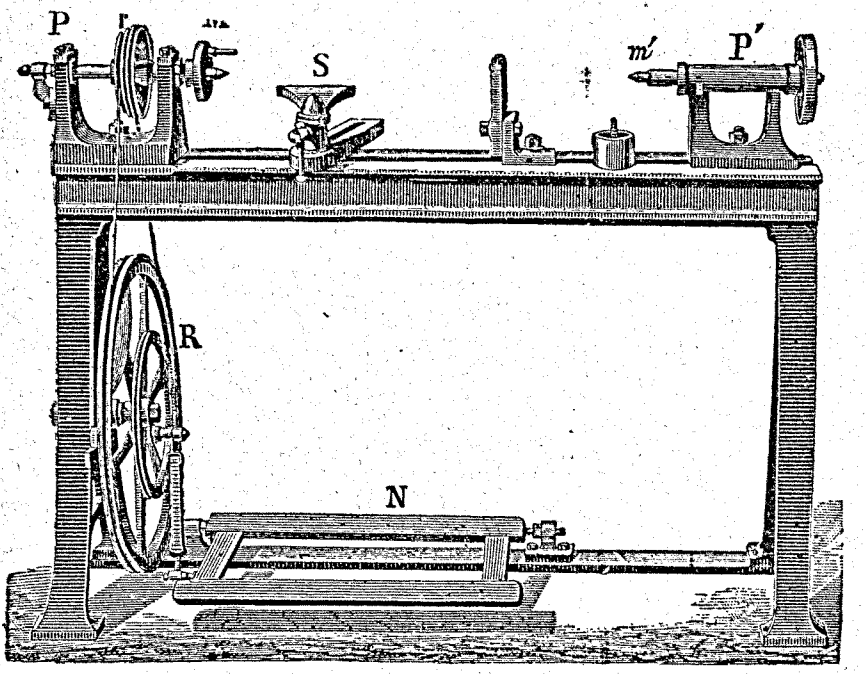


Fig. 124. — Tour ordinaire.

lant; cette roue, par une courroie, entraîne la poulie de l'arbre. L'outil tranchant du tour se nomme le *crochet;* il est taillé dans une barre d'acier trempé de section ronde ou carrée; l'angle de coupe est plus ou moins aigu suivant la nature du métal à travailler. L'ouvrier le tient à la main, et, l'appuyant contre une cale ou *support* S, vient en effleurer la surface de la pièce à tourner. En transportant cet outil tout le long de la pièce, il lui fait subir toutes les façons qu'elle doit recevoir.

Les *tours mécaniques* (fig. 125) servent à faire les grandes pièces, et principalement des pièces métalliques. Ils sont mus par un moteur quelconque. L'outil

est monté sur un *chariot* C qui fait écrou par rapport à une vis sans fin V, tournant sur elle-même et placée le long de la table, de sorte qu'il se déplace automatiquement. L'ouvrier n'a qu'à agir sur un levier ou une manivelle pour approcher ou éloigner le tranchant de la pièce à entamer. Ces tours sont encore appelés *tours parallèles*.

Les tours parallèles peuvent servir à fileter des vis, ou

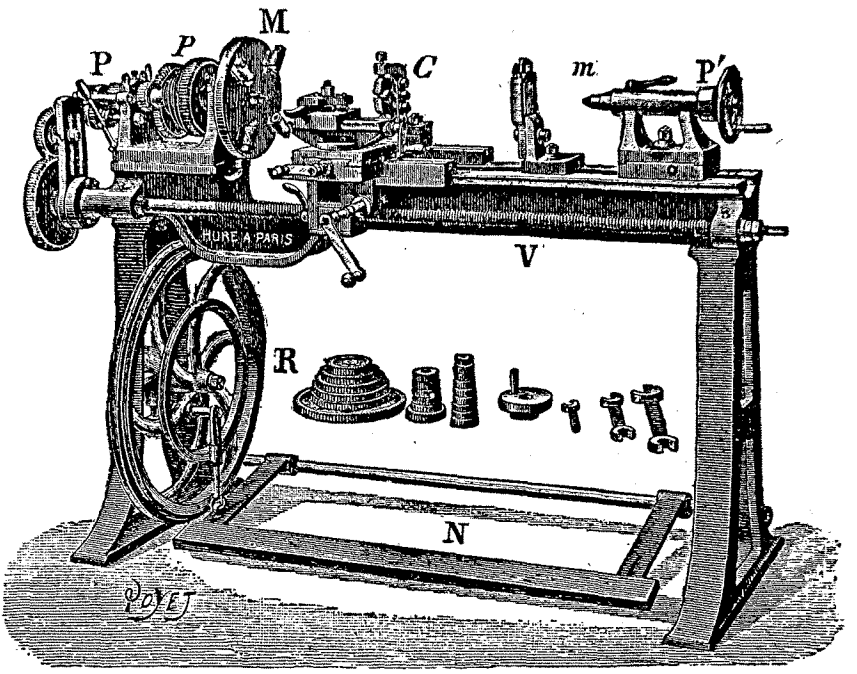


Fig. 125. — Tour parallèle pouvant marcher à pédale ou au moteur.

à tarauder des écrous ou des pièces jouant le rôle d'écrou. On obtient le pas cherché en donnant à la vis mère, par l'intermédiaire de roues d'engrenages, une vitesse plus ou moins grande.

Dans les *tours en l'air*, la pièce à travailler n'est plus serrée entre deux pointes; elle est seulement fixée à l'une de ses extrémités; il existe des tours disposés pour être utilisés à la fois comme *tours à pointes* ou comme *tours en l'air* (fig. 270).

On commence à se servir, depuis quelque temps, de *tours à axe vertical*.

ÉCOLE
NORMALE PROVINCIALE
d'INSTITUTEURS
à CHARLEROY

DEUXIÈME DIVISION

INDUSTRIES CHIMIQUES

CHAPITRE PREMIER

Acides commerciaux

On appelle *acides commerciaux* quelques acides fréquemment employés dans l'industrie, ou qui jouent un rôle important dans certaines fabrications. A la première catégorie appartiennent l'*acide sulfurique*, l'*acide azotique* et l'*acide chlorhydrique*. A la seconde appartiennent l'*acide acétique* et les *acides gras*. Nous allons étudier ici les trois premiers, dont le principal est l'acide sulfurique; l'acide acétique sera étudié à propos de la fabrication du vinaigre, et les acides gras à propos de la fabrication des bougies.

§ Ier

ACIDE SULFURIQUE

L'acide sulfurique qu'on trouve dans le commerce, encore appelé *vitriol*, ou *huile de vitriol*, est un liquide incolore, visqueux, donnant 66° au pèse-acide Baumé. Il est très avide d'eau; avec elle il forme des composés, ou *hydrates;* aussi l'emploie-t-on pour dessécher les gaz. Il est très caustique, et désorganise les matières organiques, qui se carbonisent à son contact. Toutefois, si son action est courte, il peut produire d'autres effets; ainsi, la cellulose et l'amidon sont transformés par lui en dextrine, puis en glucose; le papier qui ne fait que le traverser n'est pas détruit, mais transformé en une membrane résistante, appelée *parchemin végétal*. Il ronge presque tous les métaux; le plomb n'est attaqué que par l'acide titrant plus de 62° Baumé. Il est sans action sur l'or; le platine est légèrement attaqué lorsque l'acide est bouillant et titre 66° Baumé.

L'action de l'acide sulfurique sur les métaux l'a fait employer à un grand nombre d'usages; c'est ainsi qu'il sert pour le déca-

page des métaux, pour les piles électriques, pour la préparation de certains sulfates. On l'emploie beaucoup dans la préparation d'autres produits chimiques, tels que l'acide azotique et l'acide chlorhydrique. On l'utilise pour changer les phosphates naturels en superphosphates, pour transformer la fécule et les chiffons en glucose. Il sert encore dans beaucoup d'autres cas ; de tous les produits chimiques, c'est peut-être le plus employé.

Pour préparer l'acide sulfurique, on *oxyde* et on *hydrate l'anhydride sulfureux*. Le principe de l'opération est le suivant. Etant donné de l'*anhydride sulfureux*, on fait agir sur lui de l'*anhydride azoteux*, de l'*oxygène* et de la *vapeur d'eau* ; il se forme un corps solide, en cristaux, appelé *sulfate de nitrosyle* (*cristaux des chambres de plomb*). En présence d'une quantité un peu plus grande de vapeur d'eau, ce sulfate se dissocie en donnant de l'*acide sulfurique* et régénérant de l'*anhydride azoteux*. Puis le cycle recommence.

En fait, l'opération ne peut être conduite avec assez de précision pour que le sulfate de nitrosyle se dissocie avec régularité, de sorte qu'une partie de l'anhydride azoteux qui en provient se dédouble en *oxyde azotique*, *peroxyde d'azote* et *protoxyde d'azote*, produits qui se dissolvent avec lui dans l'acide sulfurique formé; ce dernier doit donc être *dénitrifié*, c'est-à-dire débarrassé de ces trois *gaz nitreux*.

L'anhydride sulfureux est obtenu par la combustion du soufre, ou des *pyrites* (sulfures de fer ou de cuivre), ou encore du sulfure de zinc (*blende*). L'anhydride azoteux est créé dans l'appareil de fabrication par de l'acide azotique qui y est introduit, et qui, au contact de l'anhydride sulfureux, se désoxyde partiellement, en donnant justement l'anhydride azoteux. Si tout se passait conformément à la théorie, il n'y aurait besoin d'acide azotique qu'au début, pour amorcer l'opération. Celle-ci, une fois commencée, continuerait indéfiniment avec la même quantité d'anhydride azoteux, qui n'aurait pas besoin d'être renouvelée.

L'appareil à fabriquer l'acide sulfurique se compose

essentiellement d'un *four* à brûler le soufre ou les pyrites, et de deux ou plusieurs grandes *chambres de plomb* où s'accomplissent les réactions qui transforment l'anhydride sulfureux en acide sulfurique. Comme accessoires, il y a le *dénitrificateur* et le *condenseur*. Le four varie suivant qu'on brûle du soufre ou des pyrites. Pour la combustion du soufre, c'est une simple sole; pour les pyrites, c'est un ensemble de soles superposées par

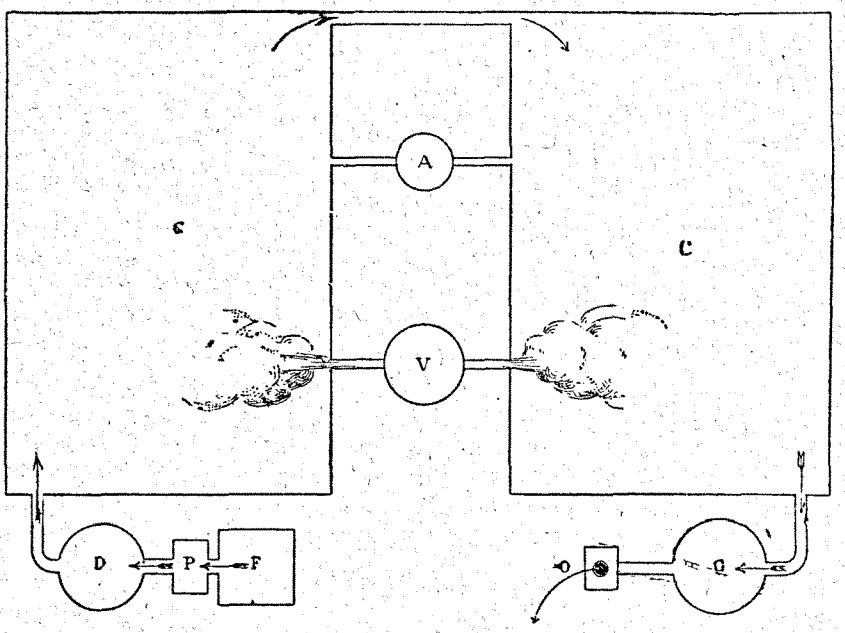


Fig. 126. — Figure schématique de la fabrication de l'acide sulfurique (plan).

étages et disposées en chicane. L'anhydride sulfureux, au sortir du four F, passe dans une *chambre à poussière* P (fig. 126), et de là dans le dénitrificateur D qui est à la suite. Ce dernier est une sorte de tour dont les parois sont formées par des feuilles de plomb, et garnies en dedans par un revêtement siliceux; cette construction est presque remplie de fragments de silex ou de grès : c'est la *tour de Glover*. Dans le dénitrificateur, l'acide sulfurique sortant des chambres de plomb comme celui venant de la tour de Gay-Lussac (voir ci-après), chargé de gaz nitreux,

tombe en pluie fine, et l'anhydride sulfureux leur enlève au passage les gaz nitreux qui y étaient dissous; l'acide obtenu est souvent livré directement au commerce, notamment pour la préparation des engrais phosphatés.

Du dénitrificateur, l'anhydride sulfureux se rend dans les *chambres de plomb* C, C, très grandes caisses dont les parois sont en plomb. Là arrivent également de la vapeur d'eau fournie par une chaudière voisine V et de l'acide azotique venant d'un réservoir A. Parfois, l'acide azotique coule directement dans la tour de Glover; ailleurs, il y arrive en vapeur, dégagé d'un mélange d'acide sulfurique et d'azotate de sodium situé sur le four. C'est dans la première chambre que s'opèrent la production du sulfate de nitrosyle et sa dissociation en acide sulfurique et anhydride azoteux, et c'est dans la deuxième que les gaz qui ont échappé à la réaction la subissent à leur tour.

L'acide sulfurique formé dans les chambres en sort et se rend dans un réservoir inférieur. A l'aide de pompes à air comprimé, une partie est envoyée dans le dénitrificateur, et le reste, dans la tour de Gay-Lussac pour y récupérer les gaz nitreux ayant échappé à la réaction.

Ces derniers, au sortir de la deuxième chambre, arrivent à la partie inférieure d'une autre tour en plomb G, presque remplie de coke et appelée *tour de Gay-Lussac*. On y fait tomber en pluie fine de l'acide sulfurique à 52° Baumé (tel qu'il se produit dans les chambres) qui enlève à ces gaz les produits nitreux, lesquels seraient perdus sans cette précaution. Cet acide se nitrifie donc encore davantage, et doit aller aussi se dénitrifier à la tour de Glover. Rouge parfois à l'entrée de la tour de Gay-Lussac, la masse des gaz est incolore à la sortie. Elle passe de là par une grande cheminée O qui l'expulse dans l'atmosphère.

Dans la fig. 127, on voit en F les fours, en A, A′, A″, les chambres de plomb, en K la tour de Gay-Lussac, en v les jets de vapeur, en h' le tube qui conduit l'acide sulfurique en M, d'où il descend dans la tour de Glover pour

s'y dénitrifier en M', le réservoir de l'acide sulfurique à 52° B., qui doit arrêter les produits nitreux au passage.

Dans certaines usines, on produit l'acide sulfurique sur place en faisant agir de l'acide sulfurique sur de l'azotate de sodium. Dans certaines autres ce mélange est placé sur le four à brûler le soufre; l'acide azotique en vapeur

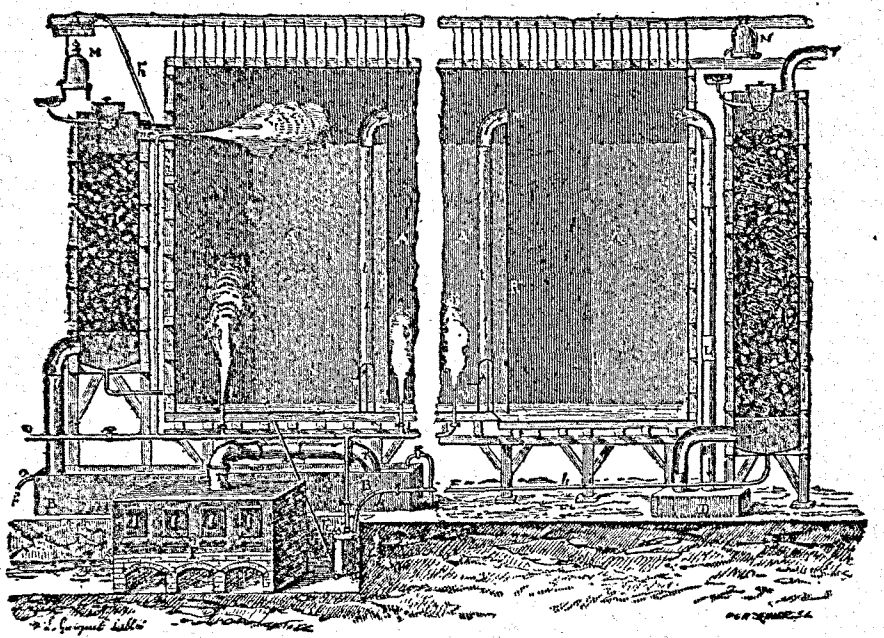


Fig. 127. — Dispositif réel des chambres de plomb et parties accessoires.

est conduit dans la tour de Glover, ce qui dispense d'en faire arriver dans les chambres.

La tour de Glover, outre une dénitrification parfaite, opère la concentration de l'acide fabriqué. En effet, au contact des gaz chauds qui sortent du four, cet acide perd une partie de son eau, et de 52° Baumé il arrive à 60° et même 64° Baumé. Les gaz entraînent cette eau à l'état de vapeur dans les chambres, ce qui dispense d'en envoyer une grande quantité de la chaudière. Enfin les gaz sont refroidis par leur passage dans cette tour jusqu'à la température de 80° au maximum, température la plus favorable à l'accomplissement des réactions qu'ils doivent subir.

L'acide sulfurique fabriqué doit être *concentré*, au moins pour certains usages. Pour cela, on le fait bouillir dans des bassines en plomb, chauffées à la vapeur au moyen de serpentins en plomb

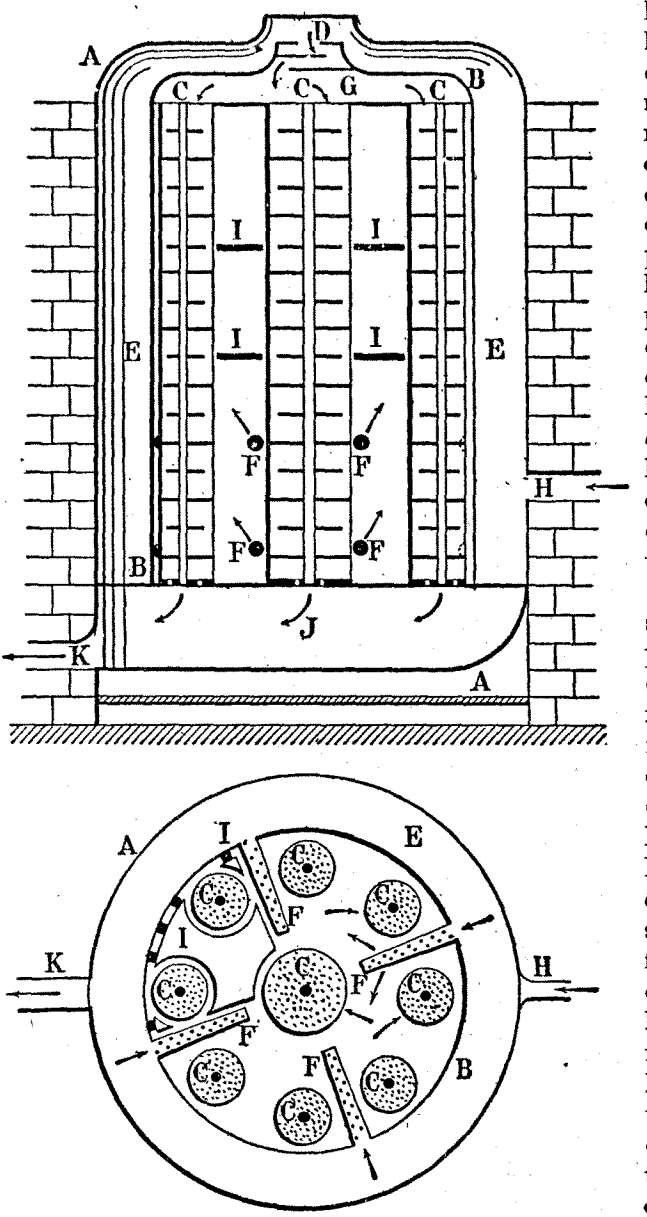


Fig. 128. — Catalyseur.

baignés dans le liquide. A partir du moment où il marque 62° Baumé, on continue la concentration jusqu'à 66° B., dans des alambics en platine, dorés à l'intérieur. On peut aussi le concentrer dans des capsules en porcelaine formant cascade, chauffées à l'intérieur d'une caisse au travers de plaques de fonte.

L'acide contient souvent encore des produits nitreux; on les fait disparaître par le sulfate d'ammonium, qui provoque le dégagement de l'azote combiné. L'acide doit aussi être débarrassé du sulfate de plomb formé dans les chambres, et de l'arsenic provenant des pyrites. Pour cela, on l'étend de son poids d'eau, et on le fait traverser par un courant d'hydrogène sulfuré; on précipite ainsi un sulfure de plomb et un sulfure d'arsenic. On décante et l'on concentre.

On prépare aussi de l'acide sulfurique en utilisant la *catalyse* qui consiste en réactions provoquées en mettant simplement les gaz

en présence dans un corps poreux ou très divisé. Dans le cas qui nous occupe, on fait arriver l'anhydride sulfureux et l'air destiné à fournir l'oxygène sur de la toile d'amiante platinée : la réaction donne un produit pur, l'anhydride sulfurique, qu'on additionne d'eau pour l'amener au degré d'hydratation voulu. L'amiante platinée se prépare en trempant l'amiante dans une solution concentrée d'un sel de platine, préférablement du chlorure. On réduit ensuite ce sel par l'acide formique (employé à l'état de formiate de sodium), qui précipite le métal sur les fibres de l'amiante.

Un des *catalyseurs* les plus employés se compose (fig. 128) d'un cylindre en tôle A, clos, entouré de maçonnerie; à l'intérieur se trouve un autre cylindre B, présentant en haut une ouverture D, à chicanes, et renfermant des petits cylindres C, qui contiennent des plateaux circulaires troués, sur lesquels est placée l'amiante platinée, et enfilés sur une tige de fer centrale (fig. 129). La capacité E, existant entre les deux grands cylindres A et B, communique avec l'intérieur du cylindre B par des tubes perforés F, mais non avec le haut du même cylindre, lequel forme un dôme indépendant G. L'anhydride sulfureux et l'air, portés à 500° pour commencer, moins chauds ensuite, pénètrent dans l'appareil par l'ouverture H; ils se répandent dans l'intervalle E, et pénètrent dans le cylindre B par les tubes F; là, ils contournent les cylindres C, et sont assujettis à lécher leurs parois par les plaques cloisonnantes I. Ils pénètrent ensuite dans le dôme G, par l'entrée en chicane où ils se mélangent intimement, puis de là traversent les cylindres à amiante C du haut en bas. Au cours de cette traversée se fait la réaction; l'anhydride sulfurique produit et l'azote résiduel sortent, par le bas des cylindres, dans la cavité J, d'où ils sont évacués par le conduit K. Un réfrigérant condense le premier.

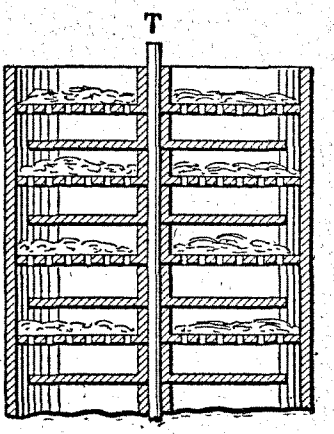


Fig. 129.

Il existe un autre acide sulfurique commercial, l'acide pyrosulfurique, ou acide de Nordhausen. Ce corps est un liquide brun clair, visqueux, fumant à l'air; on le considère comme un mélange de l'acide sulfurique monohydraté avec l'anhydride sulfurique. Il ne contient aucun produit nitreux, et, pour cette raison, est très employé pour la préparation du sulfate d'indigo et des couleurs dérivées du goudron de houille. On le prépare en faisant dissoudre l'anhydride sulfurique obtenu par catalyse dans de l'acide sulfurique ordinaire.

§ II

ACIDE AZOTIQUE

L'acide azotique, ou *acide nitrique*, est un liquide incolore, fumant à l'air lorsqu'il est concentré. Celui du commerce marque 36° Baumé : c'est un hydrate de l'acide azotique normal. Les propriétés chimiques de ces deux acides sont les mêmes. Tous les métaux, sauf l'or et le platine, sont attaqués par l'acide azotique; c'est pourquoi il est très employé pour le décapage, la gravure, et la préparation des azotates métalliques. Il cède facilement une partie de son oxygène; aussi l'utilise-t-on pour préparer l'acide sulfurique et les couleurs d'aniline. C'est encore la raison pour laquelle il entre dans la composition de certaines matières explosibles, telles que la nitroglycérine, les picrates, fulminates, etc., tous mélanges dans lesquels l'oxygène est mis à proximité d'un combustible. Il détruit les matières organiques par une action analogue.

Le principe de la préparation de l'acide azotique est le suivant. L'acide sulfurique peut décomposer un azotate quelconque pour lui prendre son métal. Dans l'industrie, on attaque l'*azotate de sodium* (*nitrate de soude*, ou *salpêtre du Chili*) par de l'acide sulfurique à 60° Baumé (fig. 130 et 131).

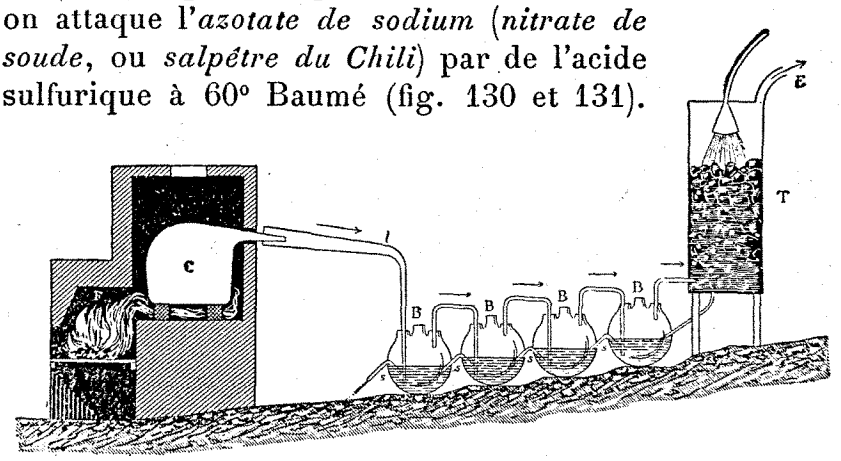


Fig. 130. — Figure schématique montrant la fabrication de l'acide azotique.

Le sel est mis dans une marmite en fonte C, placé dans un fourneau F, et communiquant par un tuyau en grès cérame *t* avec une batterie de bonbonnes B, B.... contenant de l'eau. Après avoir versé l'acide sulfurique

dans la marmite, on lute les joints et l'on chauffe. L'acide azotique, qui se dégage en vapeur, arrive dans les bonbonnes dont il suit toute la série en se dissolvant un peu dans l'eau de chacune d'elles ; après la dernière, il passe par une sorte de tour T remplie de coke sur lequel tombe constamment de l'eau en pluie ; de là, ce qui en reste

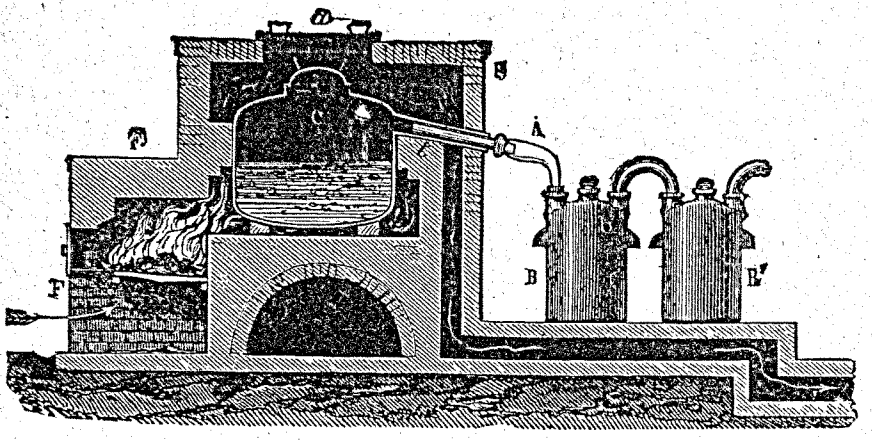


Fig. 131. — Dispositif réel de la fabrication industrielle de l'acide azotique.

s'échappe au dehors par une cheminée d'appel E. C'est l'eau de la tour qui parcourt les bonbonnes, passant de l'une à l'autre par un siphon et s'enrichissant de plus en plus. Au sortir de la bonbonne la plus rapprochée du fourneau, ce liquide est recueilli : c'est l'acide azotique du commerce. Souvent les premières bonbonnes ne contiennent pas d'eau ; elles recueillent l'acide marchand, résultant de la condensation directe des vapeurs (fig. 131).

En cet état, il est impur ; il contient des gaz nitreux qui le colorent, de l'acide sulfurique entraîné, du chlore et de l'acide chlorhydrique provenant des chlorures qui accompagnent toujours l'azotate de sodium. En ajoutant à l'acide, tel qu'il sort des bonbonnes, de l'azotate d'argent, on précipite un chlorure d'argent qui le débarrasse du chlore et de l'acide chlorhydrique. En y ajoutant de l'azotate de baryum, on précipite un sulfate de baryum qui le débarrasse de l'acide sulfurique. Enfin, par le

bichromate de potassium, on enlève tous lez gaz nitreux, grâce à un phénomène d'oxydation qui se manifeste par un précipité de sesquioxyde de chrome. On décante pour avoir le liquide

Les opérations peuvent s'effectuer dans une atmosphère raréfiée; alors la cornue et l'appareil de condensation sont réunis à une trompe à eau; des touries spéciales interposées absorbent les gaz non condensés : on a ainsi rapidement un acide pur. On en prépare aussi par catalyse de l'air, mais surtout en faisant passer de l'air dans un milieu chauffé par l'arc voltaïque épanoui par des électro-aimants, puis faisant monter les gaz produits dans une tour à la rencontre de l'eau qui tombe. On peut obtenir des nitrates par le même moyen.

§ III

ACIDE CHLORHYDRIQUE

L'*acide chlorhydrique*, ou *acide muriatique*, ou *fumant*, qu'on trouve dans le commerce, n'est autre chose que la dissolution aqueuse de l'acide chlorhydrique proprement dit, gaz incolore, très caustique et très avide d'eau. Cette dissolution possède d'ailleurs les propriétés atténuées du gaz. A l'air, elle répand des fumées blanches, dues à la combinaison d'une partie du gaz qui s'échappe de l'eau, avec la vapeur d'eau de l'atmosphère; il se forme un hydrate qui se condense. Elle attaque les métaux, sauf l'or et le platine; l'aluminium lui-même est attaqué à froid : il se forme des chlorures; de là vient qu'on s'en sert pour décaper les métaux et pour préparer certains chlorures métalliques. Les composés métalliques aussi sont attaqués avec formation de chlorures; de là vient l'usage du *fumant* pour préparer l'anhydride carbonique, pour nettoyer le marbre, et enlever les taches d'encre.

A vrai dire, la fabrication de l'acide chlorhydrique, en tant qu'industrie, n'existe pas : cet acide n'est qu'un produit secondaire de la fabrication du sulfate neutre de sodium, dont voici le principe. En faisant agir à chaud l'*acide sulfurique* sur le *chlorure de sodium*, il se forme du

sulfate neutre de sodium et du *gaz acide chlorhydrique* qui se dégage ; il n'y a qu'à faire barboter ce gaz dans l'eau pour avoir l'acide du commerce. La réaction a lieu (fig. 132) dans un four divisé en deux compartiments, et chauffé par un foyer à part. Le chlorure de sodium et l'acide sulfurique sont mis d'abord dans le compartiment G, le plus éloigné du foyer, dont la sole est une cuvette en

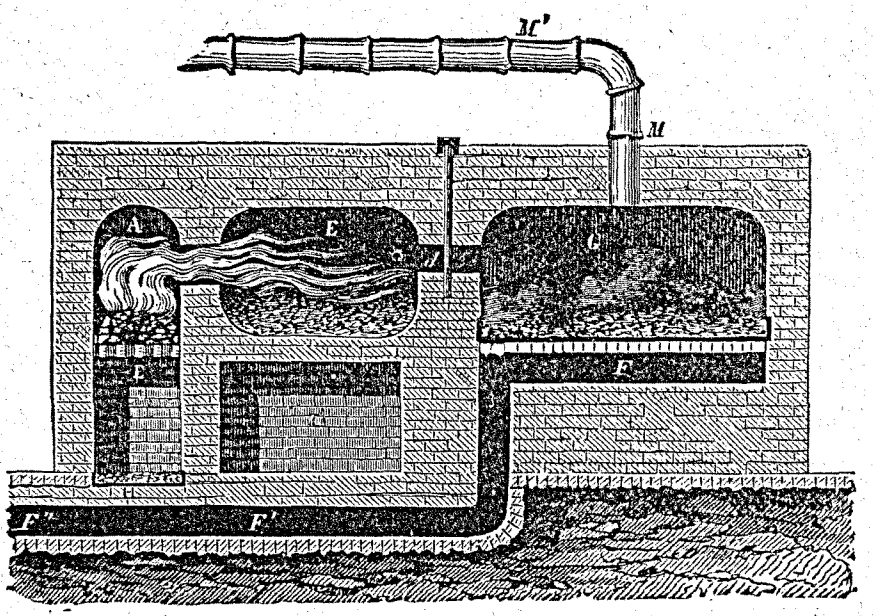


Fig. 132. — Four pour préparer le sulfate neutre de sodium.

fonte ou en plomb, et qui est séparé de l'autre compartiment E par un registre *d*. Là, ils sont chauffés par les produits de la combustion venant du foyer A et qui arrivent par un conduit F'. L'attaque du chlorure commence et l'acide chlorhydrique s'en va par le tuyau M, M'. Au bout de quelque temps, on ouvre le registre et l'on pousse, à l'aide de ringards, le mélange dans le compartiment E, plus chaud, où l'opération s'achève. L'acide dégagé va se dissoudre dans l'eau contenue dans une série de bonbonnes disposées comme celles qui servent à préparer l'acide azotique, et finalement il va s'échapper par une tour à coke A, appelée *douche*, sous une chute

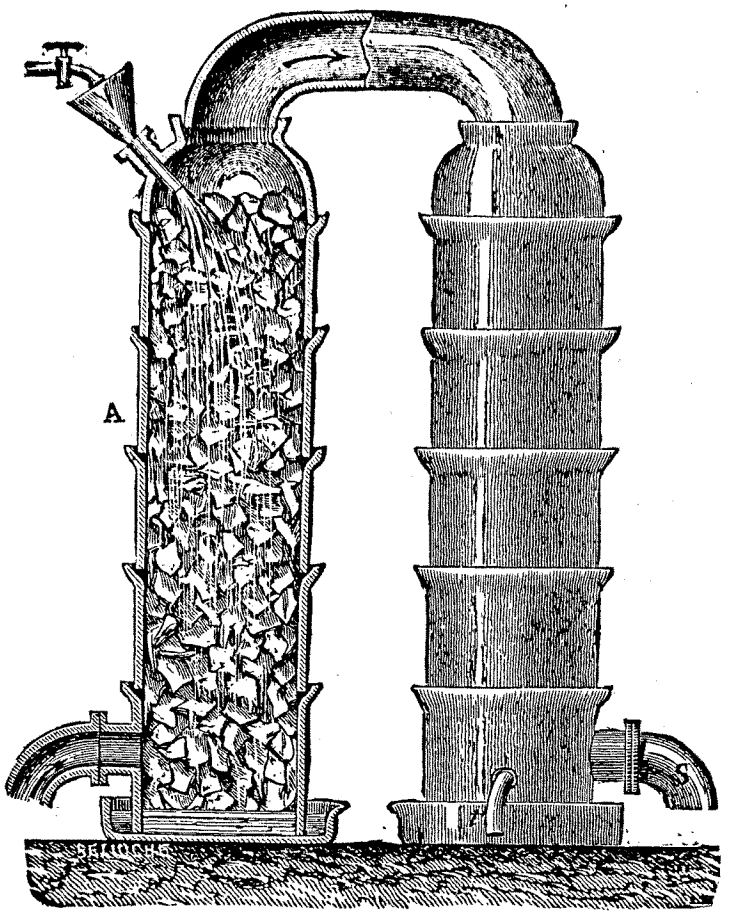


Fig. 133. — Tour à coke pour condenser l'acide chlorhydrique.

d'eau (fig. 133). Dans certaines usines, les bonbonnes sont remplacées par des auges A, A', A'' en pierres sili-

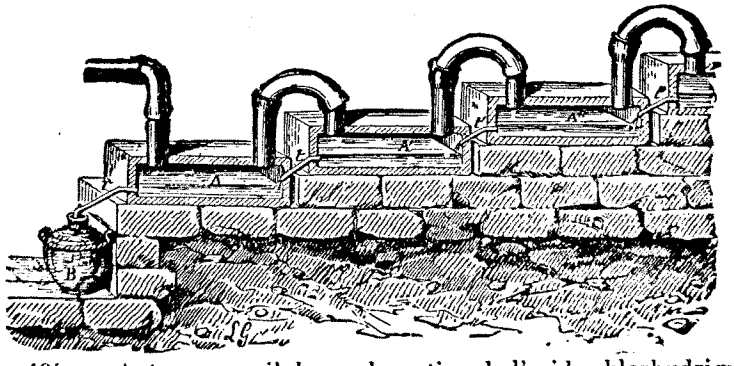


Fig. 134. — Autre appareil de condensation de l'acide chlorhydrique.

ceuses ou en lave de Volvic, dans lesquelles l'eau circule aussi en cascade (fig. 134).

Les acides se fabriquent surtout dans les localités qui se sont fait une spécialité de la préparation des produits chimiques : Paris, Saint-Denis, Lyon, Marseille, Lille et quelques autres villes du Nord.

CHAPITRE II

Soudes et Potasses.

Les *soudes* et *potasses du commerce* ne sont pas, comme leur nom semblerait l'indiquer, des oxydes de sodium et de potassium, mais bien des *carbonates neutres* de ces métaux, leurs oxydes portant les noms de *soude caustique* et de *potasse caustique*. Ce sont deux produits d'un emploi fréquent dans certaines industries, et leur fabrication a une grande importance.

§ I

SOUDES DU COMMERCE

La *soude du commerce*, ou *carbonate neutre de sodium*, ou *sel de soude*, ou *cristaux de soude*, est un sel blanc, cristallin, assez soluble dans l'eau, présentant à 38° un maximum de solubilité. En présence des matières grasses, elle se décompose, et il se forme, par suite de la présence d'un acide dans la matière grasse, un sel organo-métallique, appelé *savon*. Aussi est-elle employée dans la *savonnerie*. Ce savon est soluble; c'est pourquoi on emploie la soude dans le blanchissage, car les corps gras qui constituent la crasse du linge de corps sont transformés en savon et dissous par l'eau qui les enlève. On l'utilise aussi dans la fabrication du verre, et pour la préparation de certaines matières colorantes, comme la fuchsine.

On distingue communément deux sortes de soude : la *soude naturelle* et la *soude artificielle*; en réalité, elles ne diffèrent que par leur origine.

La soude naturelle est obtenue par l'incinération de certaines plantes marines, telles que la *soude*, la *salicorne*,

qu'on fait brûler dans des fosses. Le sel se trouve dans les cendres; il suffit ensuite de lessiver ces cendres pour en extraire le sel à l'état de pureté.

On se sert beaucoup plus souvent de la soude artificielle. Cette dernière est obtenue aujourd'hui par un procédé dit *à l'ammoniaque*. La réaction fondamentale qui sert de principe à cette préparation est la suivante. Le *bicarbonate d'ammonium*, agissant sur le *sel marin*, produit du *chlorure d'ammonium* et du *bicarbonate de sodium*, difficilement soluble; ce dernier, calciné, devient du *carbonate neutre*.

Pour réaliser cette opération, on procède ainsi (fig. 135). Une solution d'ammoniaque, venant de H, est lancée par un injecteur à pulvériser J dans un récipient R où est contenue la dissolution de chlorure de sodium. On fait arriver ensuite un courant d'anhydride carbonique, à 20° au plus, venant de deux fours, A et C, par les conduits I : il se forme du bicarbonate de sodium qui se précipite. Le chlorure d'ammonium reste dissous. On recueille le bicarbonate de sodium, on lave, puis on le calcine dans le four A. Cette calcination le transforme en carbonate neutre de sodium *livrable au commerce*, et dégage de l'anhydride carbonique, ainsi que de la vapeur d'eau. A l'usine est annexé un four à chaux C, dans lequel on calcine du calcaire; l'anhydride carbonique qui en provient, ainsi que celui qui se dégage dans l'opération précédente, sont conduits dans le récipient R dont il a été question en commençant; quant à la chaux, elle est chauffée en B avec le chlorure d'ammonium, qui est le résidu de la réaction fondamentale;

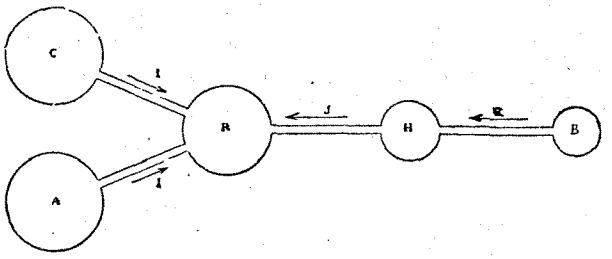


Fig. 135. — Figure schématique montrant l'enchaînement des opérations qui donnent le bicarbonate de sodium, destiné à fournir la soude à l'ammoniaque.

il se forme du chlorure de calcium, et il se dégage du gaz ammoniac qui sert à saturer une nouvelle quantité de chlorure de sodium. En définitive, on régénère continuellement l'ammoniaque ainsi qu'une partie de l'anhydride carbonique, et l'on ne dépense que du calcaire et du chlorure de sodium. La soude obtenue est pure et n'a pas besoin d'être soumise à un lessivage.

§ II

POTASSES DU COMMERCE

La *potasse du commerce*, ou *carbonate neutre de potassium*, à l'état de pureté, est un sel blanc, cristallisé, déliquescent, très soluble dans l'eau. On s'en sert pour fabriquer l'eau de Javel, la potasse caustique. Elle entre dans la composition des verres de Bohême, des verres d'optique. Elle sert dans la chamoiserie. Comme elle se comporte vis-à-vis des corps gras de la même manière que la soude du commerce, elle sert aussi à faire des savons et à accélérer le blanchissage du linge. L'emploi des cendres de bois, dans les ménages, pour lessiver le linge, est motivé par la présence de ce corps dans les cendres.

On distingue les *potasses naturelles* et la *potasse artificielle* ; cette dernière ne diffère, au fond, des premières que par son origine ; elle est cependant plus pure.

Les potasses naturelles sont : la *potasse perlasse*, la *potasse de vinasses* et la *potasse védasse*.

La *potasse perlasse* est extraite des végétaux terrestres, qui contiennent beaucoup de potasse combinée à des acides organiques : acide tartrique, acide oxalique, etc. On brûle ces végétaux ; l'incinération a pour effet de transformer ces sels organo-potassiques en carbonate neutre de potassium qui reste dans les cendres. On lessive ces dernières et l'on filtre : le liquide obtenu est une solution du carbonate. On l'évapore à siccité, et il reste le *salin*, cristaux bruns qui doivent leur couleur à des résidus organiques carbonisés. Une calcination dans un four à réverbère les en débarrasse, et il reste définitivement sur la sole de ce four la potasse perlasse.

La *potasse de vinasses* est extraite de la mélasse qui constitue le résidu de la fabrication du sucre de betterave. Cette mélasse contient du sucre qui n'a pu cristalliser; on le convertit en alcool par la fermentation et l'on distille pour retirer cet alcool; le résidu contenu dans l'alambic est ce qu'on appelle la *vinasse de betterave*; toute la potasse des betteraves s'y trouve combinée à des acides organiques. On évapore cette vinasse jusqu'à consistance demi-fluide, et on l'étend ensuite sur la sole d'un four à réverbère, où on la calcine au rouge. On fait ensuite une lessive méthodique du salin qui reste jusqu'à ce que le liquide marque 30° B.; on filtre, puis, quand la solution est bien limpide, on concentre à chaud jusqu'à 42° B.; en laissant refroidir jusqu'à la température de 30°, du sulfate de potassium se dépose, puis du chlorure de potassium; on fait ensuite bouillir jusqu'à 50° B.; il se dépose alors du carbonate double de potassium et de sodium. On traite ce dépôt par de l'eau bouillante en petite quantité qui le dédouble et dissout le carbonate de sodium, laissant le carbonate de potassium. L'eau dans laquelle a cristallisé le carbonate double contient encore en dissolution du carbonate de potassium dont on peut tirer profit; pour l'en extraire, on évapore à sec et l'on calcine le résidu. Le salin non lessivé est employé directement pour la fabrication du *savon noir*.

La *potasse védasse* est tirée de la *crème de tartre*, ou lie de vin. Ce corps est calciné; le résultat de cette calcination est un corps poudreux, appelé *flux noir*, mélange de charbon et de carbonate de potassium. On le traite par l'eau froide; le carbonate se dissout. Il suffit ensuite de filtrer cette solution et de faire évaporer pour avoir le sel à l'état pur.

On retire aussi une potasse, dite naturelle, des *eaux de dessuintage* de la laine. Nous verrons plus loin qu'une matière grasse, le *suint*, imprègne la laine sur le corps des animaux; elle contient des sels de potassium à acides organiques, provenant de la sueur.

Pour pouvoir utiliser la laine après la tonte, on est obligé de la soumettre à un lavage énergique qui est le *dessuintage*. On recueille l'eau qui a servi à cette opération, et on l'évapore à chaud jusqu'à consistance sirupeuse, puis on calcine; dans cette calcination, les sels de potassium à acides organiques subissent une sorte de décomposition et se transforment en carbonate de potassium. On redissout le salin, on filtre et l'on évapore pour avoir le sel.

On prépare la *potasse artificielle* en partant du chlorure de potassium. On commence par le transformer en sulfate neutre de potassium. Pour cela, on l'attaque par de l'acide sulfurique à 58° Baumé. La réaction se fait sur la sole d'un four à réverbère (fig. 136), et on la facilite par un brassage énergique. C'est sur le sulfate ainsi obtenu

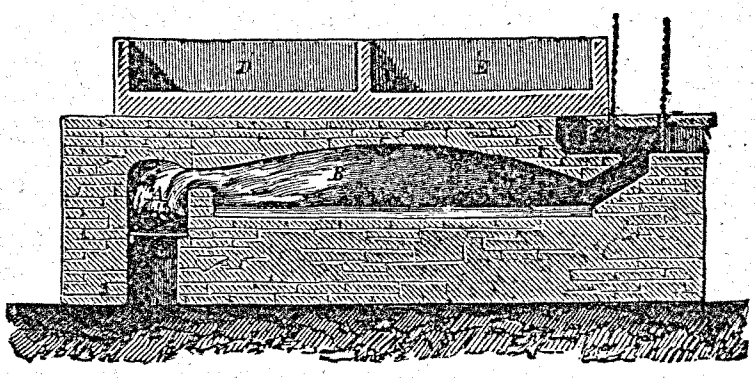


Fig. 136. — Four à réverbère pour la préparation de la potasse artificielle.

que s'opérera la réaction fondamentale qui sert de principe à la préparation de la potasse artificielle. Voici cette réaction : si l'on met en présence du sulfate de potassium, du charbon et de la craie et qu'on chauffe, le charbon transforme d'abord le sulfate en anhydride carbonique et sulfure de potassium, puis le carbonate de calcium transforme le sulfure de potassium en sulfure de calcium et carbonate neutre de potassium qu'on peut recueillir.

On concasse séparément les trois produits, on les mélange intimement et l'on met le tout sur la sole d'un four à réverbère B, à voûte très surbaissée, en commençant par la partie la plus éloignée du foyer A; au bout d'une heure de calcination, on ramène les matières vers la par-

tie la plus chaude de la sole, et l'on brasse continuellement. Quand la masse s'épaissit, on la tire au dehors et on l'emporte pour la lessiver. Dans beaucoup d'usines, on remplace le four à réverbère par un four tournant, cylindre métallique garni intérieurement de matières réfractaires, tournant autour de son axe à l'aide de deux tourillons creux par lesquels pénètrent dans le four les produits gazeux du foyer, puis sortent les produits de la réaction. On évite ainsi le brassage à la main, très pénible et forcément incomplet.

On emploie généralement un excès de charbon et un excès de craie. L'excès de charbon, décomposant la craie en supplément, donne de l'oxyde de carbone et de la chaux. L'oxyde de carbone, en se dégageant au travers de la masse, la rend poreuse. La chaux, quand la masse est extraite du feu et laissée à l'air avant le lessivage, absorbe la vapeur d'eau de l'atmosphère, ce qui a pour effet de déliter cette masse. D'une façon comme de l'autre, le lessivage est facilité.

La matière extraite des fours est la *potasse brute*; pour certains usages, elle est employée telle quelle, pour les savons de qualité inférieure, par exemple. Mais le plus souvent on doit la lessiver pour séparer le carbonate du sulfure de calcium. On lui fait subir cette opération dans une grande caisse à quatre compartiments, que l'eau est obligée de traverser successivement, mais en entrant par chacun d'eux à tour de rôle, suivant le degré d'épuisement de la potasse brute qui y est contenue. La lessive marque au sortir de là 20 à 28° Baumé. On l'évapore et l'on calcine le résidu; il reste ce qu'on appelle dans le commerce le *sel de potasse*. Cette évaporation se fait dans des cuves D et E placées sur le four où s'accomplit la réaction fondamentale (fig. 136).

Pour avoir la potasse du commerce encore plus pure, c'est-à-dire les *cristaux de potasse*, on redissout le *sel de potasse* dans de l'eau bouillante; on laisse reposer, on décante dans des cristallisoirs en fonte, et, par refroidis-

principalement de la margarine et de la stéarine. L'huile de palme contient de la *palmitine*, corps isomère de la margarine et longtemps confondu avec elle; aussi est-elle solide et devrait-elle plutôt être classée dans les beurres, qui fondent vers 36°.

Tous les corps gras, la cohésion mise à part, ont les mêmes propriétés. Ils sont onctueux au toucher, insolubles dans l'eau, plus légers qu'elle, brûlent facilement avec beaucoup de flamme; ils tachent le papier sans que la chaleur puisse faire disparaître la tache, qui ne fait au contraire que s'accentuer. Sous l'influence des alcalis et autres bases énergiques, ils se dédoublent : leur acide s'empare du métal de l'alcali ou de la base pour former un sel gras, appelé *savon*, et la glycérine reste seule. Cette réaction s'appelle *saponification*. Au contact prolongé de l'air, ils s'oxydent, acquièrent une saveur âcre, deviennent *rances*. Certaines huiles végétales, telles que l'huile de lin, celle d'œillette, etc., arrivent ainsi à se solidifier; on donne à ces huiles le nom d'*huiles siccatives*. Les autres huiles, sans se solidifier, perdent aussi un peu de leur fluidité et deviennent moins combustibles. On utilise dans la peinture cette aptitude de certaines huiles à se solidifier rapidement; on l'augmente même en les faisant bouillir avec un peu de litharge (7 à 8 °/₀). C'est cette affinité de l'huile pour l'oxygène, et la chaleur résultant de leur combinaison, qui produisent les incendies spontanés des dépôts de chiffons ayant servi au nettoyage des machines. C'est aussi cette affinité qui empêche d'employer certaines huiles végétales pour graisser les organes des machines afin de lubrifier leurs surfaces de frottement. Leur emploi produit le *cambouis*, matière grasse qui tend à devenir de plus en plus dure. Les corps gras très purs ne rancissent pas : dans les produits commerciaux, les matières qui fermentent et donnent le rancissement sont des matières azotées, qui s'y trouvent mélangées.

Les corps gras les plus employés par l'industrie sont les graisses et les huiles. Les graisses qu'on utilise le plus sont celles de bœuf, de mouton et de porc. Celle de bœuf et celle de mouton portent le nom de *suif* : elles contiennent plus de stéarine que de margarine et d'oléine; elles servent à faire les savons, les chandelles et l'acide stéarique des bougies. Celle du porc, appelée encore *axonge* ou *saindoux*, contient plus de margarine et d'oléine. Elle entre pour une grande proportion dans la fabrication des savons de toilette.

Les huiles contiennent presque exclusivement de la margarine et surtout de l'oléine. Elles sont encore liquides à 0°, mais déjà, à cette température, la stéarine et la margarine nagent en flocons dans l'oléine : l'huile *se fige*.

Les principales huiles employées industriellement sont les suivantes :

L'*huile d'arachide*, extraite de l'arachide, plante d'Afrique. Elle est jaune et sert surtout à faire les savons durs; elle est comestible; on en consomme de grandes quantités.

L'*huile de cameline*, extraite de la cameline cultivée. Elle est siccative et a une couleur jonquille. Dans l'industrie, elle sert en peinture; elle entre dans la composition des savons mous, qu'elle fait mousser abondamment.

L'*huile de chènevis*, extraite du chanvre cultivé. Elle est jaune verdâtre, mais brunit en vieillissant. Elle est aussi très siccative. Elle sert dans la peinture, et pour faire des savons mous, auxquels elle communique sa couleur qui ne peut s'enlever.

L'*huile de colza*, extraite du colza cultivé. L'huile est jaune, d'une odeur et d'une saveur fortes. On en fait des savons mous, mais elle sert surtout à l'éclairage.

L'*huile de coton*, extraite du cotonnier. Elle est jaune, mais, en masse, elle paraît un peu rouge; elle est inodore. Elle sert à faire les savons durs et les savons mous.

L'*huile de lin*, extraite du lin cultivé. Elle est jaune ou brunâtre, selon la façon dont l'extraction a été conduite. Elle est très siccative. C'est la principale des huiles employées par les peintres; on s'en sert aussi pour l'apprêt de certaines étoffes, pour la fabrication du vernis gras et de l'encre d'imprimerie, ainsi que pour celle des savons mous.

L'*huile de noix*, extraite du noyer commun. Elle est verdâtre ou jaune suivant son mode d'extraction. Elle sert dans l'alimentation, la peinture; la savonnerie l'emploie pour les savons mous; on peut aussi en faire des savons durs, mais à la condition de la mélanger avec du suif.

L'*huile d'œillette*, extraite du pavot blanc. Elle est incolore ou jaune d'or. Dans le premier cas, elle sert à l'alimentation; dans le second, on l'emploie pour faire les savons mous.

L'*huile d'olive*, extraite de l'olivier. Cette huile est incolore, verdâtre, ou jaune, suivant son mode d'extraction. Elle a une saveur fruitée très reconnaissable; quand elle est neutre de goût, ce que recherchent beaucoup de consommateurs mal renseignés, c'est qu'elle est mêlée d'huile de sésame. Les huiles d'olive les meilleures comme goût sont réservées pour l'alimentation; les autres servent dans la savonnerie, dans l'éclairage et comme huiles de graissage. Pour faire les savons marbrés, on les associe à d'autres huiles.

L'*huile de sésame*, fournie par le sésame oriental. Elle est jaune; elle peut servir dans l'alimentation et dans la savonnerie.

L'*huile de palme*, extraite de l'élaïde de Guinée, nous vient de la côte occidentale d'Afrique. Il y en a deux sortes : l'une, extraite des graines, appelée *huile de palmiste*, est blanc verdâtre et sert

pour les savons durs; l'autre, l'*huile de palme* proprement dite, est extraite des fruits; sa couleur est jaune orangé; elle sert pour toutes sortes de savons. Toutes les deux sont solides.

On utilise aussi dans l'industrie des huiles, dites *animales*, parce qu'elles sont extraites de certaines parties du corps de quelques animaux. La plus importante est l'*huile de pied de bœuf*, difficile à congeler, et employée à graisser les organes délicats des machines. On l'obtient en faisant bouillir dans l'eau des pieds de bœuf, de vache, de mouton, de cheval, etc. Elle surnage en grosses gouttes à la surface de l'eau, d'où on l'enlève par décantation.

§ II

EXTRACTION DES HUILES VÉGÉTALES.

L'huile d'olive et l'huile de palme proprement dite sont extraites de la pulpe des fruits de l'olivier ou de l'élaïde. Toutes les autres huiles citées plus haut proviennent de graines. Le procédé d'extraction varie suivant le cas, mais le principe est toujours le même : il faut comprimer les fruits ou les graines pour en exprimer l'huile. On fait une première pression *à froid* pour avoir une première huile, dite *vierge*, très fluide, incolore ou d'une couleur tirant sur le vert, et d'un bon goût fruité; puis, comme une partie notable de l'huile est encore retenue dans les tissus du fruit ou de la graine par les enveloppes cellulaires, ou par des matières albuminoïdes qui en sont imbibées, on fait une seconde pression *à chaud*, ou après avoir fait chauffer, ce qui coagule l'albumine, met l'huile en liberté et lui permet de couler. Cette dernière est jaune, ou d'une couleur tirant sur le rouge, moins bonne au goût, et plus épaisse.

Extraction de l'huile d'olives. — On écrase les olives dans une auge circulaire, sous des meules verticales tournant autour d'un arbre vertical, mû lui-même par un moteur quelconque, et qui les entraîne dans son mouvement (fig. 145). Il en résulte une pulpe qu'on enferme dans des sacs en grosse laine, ou *couffins*; ces sacs sont portés sous un *pressoir*, composé d'un plateau, supporté par une vis engagée dans un bâti

supérieur qui sert d'écrou. Si l'on fait tourner cette vis, elle descend, et le plateau avec elle, comprimant ainsi la pulpe d'olives. Dans beaucoup de pressoirs, au contraire, la vis est fixe ; c'est l'écrou qui est mobile et porte sur le plateau. *L'huile vierge*, assez fluide, s'échappe et coule dans le bassin disposé au-dessous de la sole du pressoir. Dans certaines exploitations, ce dernier est remplacé par une presse hydraulique verticale, ou, le plus souvent, horizontale.

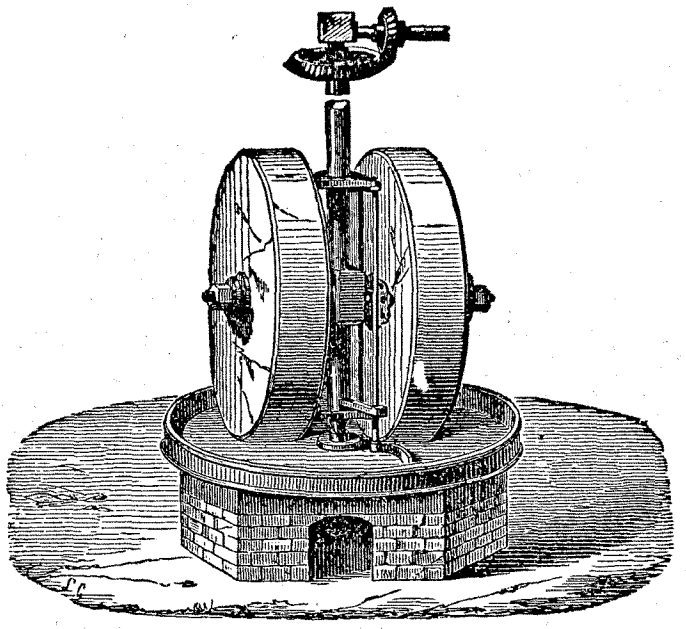


Fig. 145. — Moulin à écraser les olives.

On jette ensuite dans de l'eau bouillante la pulpe qui vient d'être pressée ainsi ; on délaye le tout, et l'on remet en couffin ; on presse de nouveau, et on a *l'huile ordinaire*, jaune, moins fluide, plus sujette à rancir, employée quelquefois dans l'alimentation comme l'huile vierge, mais plus souvent pour le graissage.

La pulpe qui vient de subir cette seconde pression s'est durcie en un pain sans consistance qui est le *tourteau*, appelé aussi les *grignons*. On le broie, on le fait chauffer

avec de l'eau, et l'on presse de nouveau. On a ainsi une troisième huile, *l'huile de ressence,* qui ne sert qu'à faire les savons. On peut aussi enlever l'huile des grignons par une simple lixiviation avec de l'eau froide; en opérant ainsi, on en perd une partie; mais le produit obtenu est meilleur au goût et peut servir dans l'alimentation. C'est ce qu'on fait dans les grandes huileries qui ramassent tous les grignons d'une région pour les traiter en masse; telles sont les huileries du Sahel tunisien. Les grignons de cette dernière opération sont brûlés, ou employés comme engrais; mais on peut encore en extraire de l'huile par macération dans le sulfure de carbone, comme on le verra ci-après pour les huiles de graines.

Extraction de l'huile de palme — On écrase les fruits, puis on les fait longuement bouillir avec de l'eau. L'huile abandonne les tissus et vient se rassembler à la surface du liquide où elle se fige. Il ne reste qu'à la recueillir. On emploie aussi un autre procédé qui consiste à réduire les fruits, une fois secs, en une farine, qu'on place dans des sacs; ces derniers sont mis entre des plaques creuses, dans lesquelles on peut amener de la vapeur, et le tout est soumis à une presse hydraulique horizontale. La chaleur de la vapeur amène l'huile au-dessus de son point de fusion, ce qui lui permet de s'écouler.

Extraction des huiles de graines. — Toutes les huiles de graines s'extraient par le même procédé. On commence par opérer un broyage au *concasseur* (fig. 146). C'est un laminoir en fonte, composé de deux cylindres *b*, tournant en sens contraire, et au-dessus duquel est une trémie *a*, où l'on place les graines. Après le broyage entre ces cylindres, la matière des graines est presque pulvérulente, et tombe dans le récipient *c*.

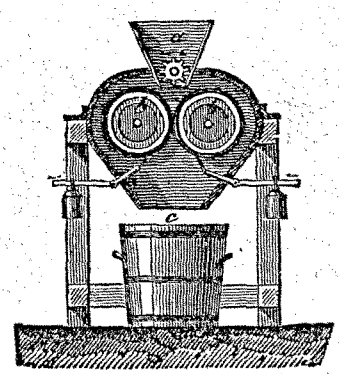


Fig. 146. — Concasseur des graines oléagineuses.

On porte cette sorte de pulpe sous les meules du moulin (fig. 145), et de là sous le pressoir, après l'avoir mise dans des sacs,

enfermés eux-mêmes dans une *étreindelle*, ou pièce d'étoffe de crin composée de trois parties qui peuvent se rabattre l'une sur l'autre. On a ainsi l'huile vierge. La pulpe, après cette compression, est un tourteau solide; on le broie au moulin, on chauffe la poudre qui en provient, on met de nouveau en presse, et l'on a de l'huile de seconde qualité, *l'huile de rebat*. On s'arrête là; le tourteau sert comme engrais ou comme aliment pour le bétail. On peut cependant en tirer encore de l'huile, en le concassant et le faisant macérer dans du sulfure de carbone, lequel, dissolvant les corps gras, s'empare de l'huile. En distillant ce mélange, le sulfure se volatilise, et il reste l'huile. L'extraction des huiles par ce corps, ou un autre dissolvant, comme les hydrocarbures liquides et dérivés, tend à remplacer même la pression. L'opération consiste alors dans une *diffusion méthodique* (3e partie, chap. VII, § II).

Epuration de l'huile. — Toutes les huiles doivent, après leur extraction, être abandonnées à elles-mêmes

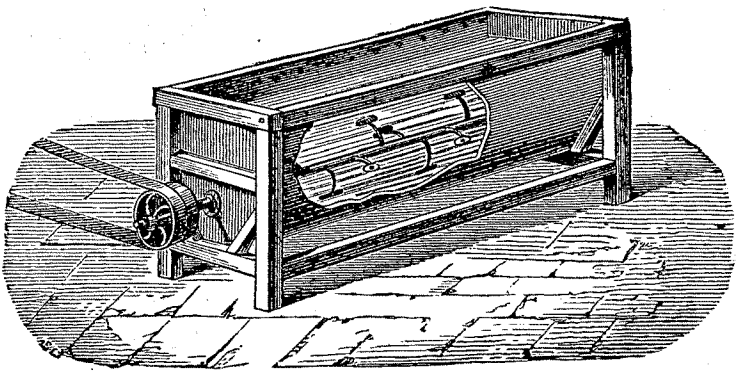


Fig. 147. — Bac à épurer l'huile.

pendant un assez long temps, afin qu'elles puissent se clarifier. Mais, lorsqu'il s'agit des huiles obtenues à l'aide de la chaleur, cela ne suffit point. En même temps que l'huile, se sont échappées de la pulpe des matières albuminoïdes susceptibles de provoquer rapidement l'altération du liquide. Pour l'en débarrasser, on utilise la

propriété qu'a l'acide sulfurique de détruire les matières organiques. Dans des caisses où peut se mouvoir un agitateur (fig. 147), on verse l'huile; on y ajoute 1,5 à 3 centièmes d'acide, puis on brasse. La matière albuminoïde est carbonisée et précipitée. On ajoute, par hectolitre, 20 à 30 litres d'eau tiède, ou mieux encore, on y fait passer un courant de vapeur; on bat de nouveau, on décante et l'on fait reposer pendant quelques jours. La masse liquide se sépare en trois couches : en haut, de l'huile épurée limpide; au milieu, de l'huile trouble, et au fond, de l'eau contenant l'acide. On enlève la première par décantation; on filtre la seconde au travers d'un tamis de coton et l'on a ainsi une nouvelle quantité d'huile épurée limpide.

On extrait de l'huile de noix et de l'huile de colza dans presque toutes les parties de la France, en vue des besoins des ménages de la campagne. L'extraction de l'huile d'olive est spéciale à la Provence et au Languedoc, ainsi qu'à la Tunisie et à l'Algérie; le Nord produit les huiles de lin, d'œillette, de sésame et d'arachide. L'huile de palme arrive toute prête d'Afrique.

§ III

FABRICATION DES SAVONS

Nous avons dit que les *savons* sont des sels formés par la combinaison des acides gras avec les alcalis ou autres bases énergiques. Il en existe donc un grand nombre, mais il en est peu d'utilisés. Leurs propriétés varient avec la nature de leur métal et avec celle de leur acide gras. Ainsi les savons de potassium et de sodium sont seuls solubles dans l'eau; les savons de potassium sont mous et ceux de sodium sont durs, parce que les stéarates, margarates et oléates de sodium sont moins attaquables par l'eau que les mêmes sels de potassium. Les stéarates et les margarates de potassium ou de sodium sont moins solubles que les oléates des mêmes métaux; cela explique que les savons d'un métal déterminé soient plus ou moins durs, selon les acides gras qui les composent, et par conséquent selon le corps gras qui a servi à les fabriquer. Ainsi les *savons durs* sont à base de soude, et préparés avec les huiles d'olive, d'arachide, de coton, de palme, de sésame, ou avec le suif; les *savons mous* sont à base de potasse,

et préparés avec les autres huiles, ou quelquefois avec des graisses de rebut.

Les savons de sodium sont employés au dégraissage, au nettoyage et au blanchissage du linge; car l'oxyde de leur métal agit comme un alcali faible et attaque les matières grasses, formant avec elles une émulsion soluble. Les plus fins servent pour les besoins de la toilette. Dans l'industrie, pour le dégraissage de la laine, des draps, etc., on utilise les savons de potassium.

Fabrication du savon dur brut. — Cette fabrication comprend trois phases : la première, l'*empâtage*, consiste à chauffer dans une grande chaudière, à fond hémisphérique en tôle, une *lessive* ou solution de *soude caustique*, marquant 10° Baumé. Quand l'ébullition commence, on y verse en plusieurs fois le corps gras à saponifier, huile ou suif. Il se produit une émulsion avec beaucoup d'écume, émulsion qu'on accélère par un brassage. Quand l'écume tombe, on ajoute de la *lessive* à 18° ou 20° Baumé, et l'on fait bouillir de nouveau, jusqu'à ce que l'émulsion ait pris la couleur blanche, indice d'homogénéité, et qu'elle soit devenue assez peu consistante.

On procède alors au *relargage*, qui doit enlever à cette pâte fluide l'eau en excès, apportée par les lessives faibles dont on s'est servi. Sans la retirer de la chaudière, on lui ajoute une *lessive* salée, marquant 25° à 30° Baumé, qu'on obtient en mélangeant une lessive de soude, un peu plus concentrée que la dernière employée, avec une solution de sel marin contenant, en chlorure de sodium, 30 à 40 % du poids de la soude. On brasse continuellement; le savon déjà formé, insoluble dans l'eau salée, se ramasse en grumeaux qui viennent flotter sur le liquide. On laisse tomber le feu, et, au bout de quelque temps, on soutire l'eau salée et la glycérine par l'*épine*, robinet placé au fond de la chaudière.

On ajoute encore à la masse demi-solide obtenue une nouvelle lessive salée, plus concentrée que la précédente, et plus riche en sel marin, puis on fait bouillir de nouveau pour achever la saponification. C'est la *cuite* ou *coction*. Il se forme de nouveaux grumeaux qui montent à

la surface et s'agglomèrent. On reconnaît que l'opération est achevée, lorsque le savon comprimé entre le pouce et l'index prend une consistance dure, et qu'il se dissout dans l'eau chaude sans laisser d'*yeux* (gouttes d'huile ou de graisse) à la surface. On laisse alors écouler tout le liquide, et l'on recueille le savon qu'on coule dans des *mises*, caisses démontables, où il se solidifie complètement en se refroidissant. Il est alors noirâtre, ce qui est dû à la présence d'un savon de fer provenant des impuretés contenues dans la soude.

Certaines usines préparent leur soude caustique elles-mêmes. Elles se procurent de la *soude brute du commerce*, et la *caustifient* en incorporant de la chaux dans sa dissolution. Il se forme du carbonate de calcium qui se précipite, et la soude caustique en dissolution est libre.

Savon blanc. — Pour obtenir du *savon blanc* avec le savon brut dont nous venons d'expliquer la fabrication, on fait dissoudre ce dernier dans une lessive de soude faible, à une température peu élevée et en agitant constamment. Le savon de fer se dépose peu à peu ; on enlève le savon blanc qui surnage et on le coule dans des mises où il se solidifie ; il ne reste plus qu'à le couper en pains.

Le *savon de toilette* n'est que du savon blanc préparé avec des matières très pures, bien débarrassé de toute soude en excès et aromatisé par un parfum quelconque. Pour fabriquer les savons transparents, dits de *glycérine*, on dissout du savon de suif par de l'alcool à chaud ; cet alcool ne dissout que le savon et laisse les impuretés. La dissolution, refroidie et éclaircie par le repos, est versée dans des moules où elle se solidifie. Au bout de quelque temps, la masse est devenue transparente, ou plutôt translucide.

Savon marbré. — Le *savon marbré* est du savon brut dans lequel on a forcé le savon de fer à se disposer en veines. On arrive à ce résultat en délayant le savon brut dans une faible quantité de lessive, de sorte que le savon de fer, lors du repos qui accompagne le refroidissement

et détermine la solidification, ne peut se déposer et reste concrété en veines dans la masse. Pour avoir une *marbrure* plus accentuée, on ajoute souvent à la pâte du *sulfate ferreux*, pendant la cuite (1 kil. par tonne d'huile). Longtemps préféré pour le nettoyage du linge, ce savon est de plus en plus remplacé par le savon blanc.

Fabrication du savon mou. — Le *savon mou* est d'une préparation plus simple. On fait bouillir l'huile avec des lessives de potasse caustique; on concentre le mélange pour vaporiser l'excès d'eau, et l'on coule dans des tonneaux quand la pâte a la consistance voulue. Ces savons ressemblent à de la pommade et sont presque toujours colorés : ils sont verts quand ils ont été faits avec des huiles jaunes et qu'on y a ajouté, à la fin de l'opération, un peu de sulfate d'indigo ; ils sont noirs (*savon noir*) si on les a colorés par du sulfate de fer, du tannin et du bois de Campêche, éléments de l'encre ordinaire. Pour la toilette, on les prépare blancs : ils constituent alors la *crème de savon*, parfumée avec des essences.

Marseille est, en France, le grand centre de la savonnerie ; mais d'autres localités fabriquent aussi beaucoup de savons; telles sont : Lyon, Rouen, Nantes, Amiens, Paris, Dijon, Tours. Dans certains endroits, à Lyon par exemple, on fabrique des savons résineux par l'incorporation de colophane à la pâte ordinaire, avant la cuite. C'est un produit caustique utilisé par les indigènes de l'Afrique.

CHAPITRE VI

Tannerie et industries connexes.

Le *tannin* (*acide tannique*) est un corps qui a la propriété de se fixer sur les fibres dermiques de la *peau*, ce qui les empêche de se coller les unes aux autres par la dessiccation, de sorte que la souplesse n'en est pas diminuée; le *cuir* ainsi obtenu est imputrescible, absorbe peu l'eau, et ne peut plus être converti en gélatine.

Le tannin se trouve dans les tissus de beaucoup de végétaux : sumac, bouleau, cachou, châtaignier, chêne, noix de galle, etc. C'est celui de l'écorce de chêne qu'on utilise le plus souvent dans nos pays. On se sert, soit de l'écorce elle-même qu'on réduit en une poudre appelée

tan, soit d'un produit qu'on en retire, appelé *extrait de tannin*, parce qu'il contient tout le tannin qu'elle peut fournir.

La *tannerie* est l'industrie qui opère la transformation des *peaux* en *cuir* à l'aide du tannin. Elle utilise les peaux de tous les mammifères domestiques et celles d'un grand nombre d'espèces sauvages. Les plus employées sont celles de buffle, de bœuf, de vache, de veau, de cheval, de chèvre, de mouton, de chamois, de chien. Les peaux de buffle, de bœuf (*cuirs forts*), sont réservées pour les semelles de chaussures fortes; celles de vache, de taureau, de veau, de cheval, de chèvre, de mouton (*cuirs mous*), pour les semelles légères (cuirs lissés), les tiges de chaussures, la sellerie, la bourrellerie, la carrosserie, la maroquinerie; les peaux de chevreau, d'agneau, de chamois, de chien, pour la ganterie et la cordonnerie fine; les peaux de loutre, de castor, d'otarie, pour la pelleterie.

Les procédés de la tannerie varient suivant les peaux traitées et leur destination; il en résulte qu'elle se subdivise en un certain nombre de branches, qui sont autant d'industries réellement différentes. La préparation des *cuirs forts* est la *tannerie* dite *à la jusée*, celle des *cuirs mous* est la *tannerie* dite *à la molletterie*; ces derniers doivent en outre subir la *corroierie*. La préparation des cuirs fins pour les gants et la chaussure fine s'appelle la *mégisserie;* la *chamoiserie* est un tannage à l'huile; la *maroquinerie*, la *parcheminerie* et la *pelleterie* sont des variétés des préparations ci-dessus indiquées.

Les peaux arrivant à l'atelier forment trois catégories : les *peaux fraîches* ou peaux de pays, les *peaux sèches*, et les *peaux salées* qui nous viennent des pays étrangers, surtout de la République Argentine et de l'Australie. C'est pour pouvoir les conserver et les transporter qu'on a dû sécher ou saler ces dernières. Avant de pouvoir utiliser ces peaux exotiques, il faut les amener au même état que les peaux fraîches. Pour cela, on les fait baigner pendant plusieurs jours dans de l'eau renouvelée fré-

quemment, afin de les dessaler, de les ramollir (*reverdissage*); puis on les piétine longuement et on les soumet à des efforts d'étirage dans tous les sens (*foulage*), jusqu'à ce qu'elles aient acquis la souplesse d'une peau fraîche, et qu'elles soient suffisamment imprégnées d'eau douce dans toute leur épaisseur. Toutes les peaux, avant d'être mises entre les mains des ouvriers tanneurs, doivent être macérées dans l'eau pendant deux ou trois jours, pour que leurs éléments solubles et le sang, dont elles peuvent être maculées, soient enlevés (*trempage*).

§ Ier

TANNERIE PROPREMENT DITE

Les peaux destinées à donner des *cuirs forts*, après avoir subi le reverdissage, le foulage et le trempage, doivent subir le *gonflement*, qui a pour but de dilater

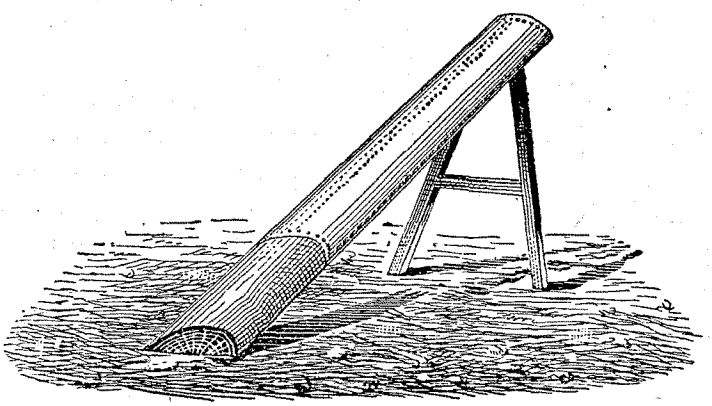


Fig. 148. — Chevalet de rivière.

leurs pores et de détruire l'adhérence des poils. A cet effet, on les sale légèrement et on les empile; il s'opère une sorte de fermentation (*échauffe naturelle*) qui produit au bout de quelques jours l'effet voulu. On arrête cette fermentation avant que le poil s'arrache trop facilement, car la peau serait altérée. On peut accélérer

la fermentation en chauffant ces peaux dans une étuve sèche ou une étuve à vapeur : trois jours suffisent en été; il faut une semaine en hiver. On peut aussi la favoriser en arrosant les peaux avec de la *jusée*. On appelle ainsi une infusion aqueuse de tan ayant servi (*tannée*) et auquel on a fait subir une exposition prolongée à l'air; il s'y est développé de l'acide acétique qui favorise la chute des poils.

On procède ensuite à l'*épilage* ou *débourrage*. La peau est étendue par son *côté chair* sur le *chevalet de rivière* (fig. 148), tronc demi-cylindrique soulevé d'un seul côté sur deux pieds, et on l'y racle de haut en bas avec le *couteau rond* (fig. 149), lame courbe, à biseau double, émoussé, et munie d'une poignée de chaque côté.

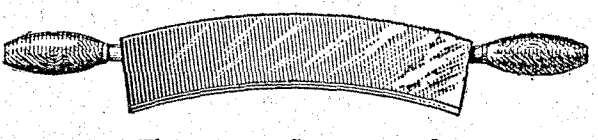


Fig. 149. — Couteau rond.

On passe ensuite au *travail de rivière*, comprenant quatre opérations : d'abord, un *lavage* à grande eau; puis l'*écharnage*, par lequel on enlève toutes les portions de chair adhérentes à la peau et on égalise sa surface, le tout à l'aide d'un couteau circulaire tranchant; ensuite le *cœursage*, par lequel on adoucit le grain du côté du poil (*côté fleur*) avec une *cœurse*, couteau semblable au précédent, mais en grès; et enfin la *grand'façon*, qui consiste à nettoyer complètement les deux faces avec le *couteau rond*.

On soumet ensuite la peau à un second gonflement (*passerie*) dans des bains de jusée de plus en plus concentrés. Au bout de douze jours, on peut commencer le tannage. Quelquefois cependant, on la fait macérer encore pendant un mois dans une infusion aqueuse de tan n'ayant pas servi, et dans laquelle flottent des fragments d'écorce de chêne; cette macération commence la transformation en cuir. Le tannage se fait dans de grandes fosses, appelées *fosses à tan*. Les peaux y sont empilées; on les

sépare par des couches de tan (écorce de chêne broyée), et l'on y fait arriver de l'eau, qui dissoudra le tannin et le fera pénétrer avec elle dans la peau. On renouvelle quatre fois la poudre : la première poudre opère pendant deux mois, les deux autres pendant quatre mois chacune, et la quatrième pendant cinq mois. Cette longueur excessive de temps peut être abrégée de plus de moitié par le tannage mixte, dans lequel on emploie à la fois la poudre de tan et l'*extrait de tannin,* retiré de l'écorce du châtaignier, du chêne ou des autres végétaux renfermant du tannin. Il existe enfin un troisième système de tannage, dit rapide, qui peut se faire en quelques jours en agitant les peaux en présence de l'extrait tannique au degré voulu dans des tonneaux tournants. On a essayé, sans obtenir de résultats probants, l'action du courant électrique pour entraîner le tannin dans les peaux et l'y fixer. On a expérimenté bien d'autres moyens de tannage, mais aucun ne donne des résultats satisfaisants de tout point. On fait aussi des cuirs *sans tan* : le meilleur procédé, et le seul auquel un certain avenir semble réservé pour les cuirs autres que ceux de semelles, est le procédé du cuir *au chrome*, obtenu par l'action du bichromate de potassium sur la peau.

Le cuir, au sortir de là, est fait; pour le mettre en état d'être employé, il n'y a plus qu'à lui faire subir un battage énergique (*pilonage*), pour lequel on se sert de marteaux, mus mécaniquement dans les grands établissements, ou un *cylindrage*, qui a pour effet de le lisser.

§ II

MOLLETTERIE

Après avoir subi le reverdissage, le foulage et le trempage, les peaux destinées à donner des *cuirs mous* subissent le *pelanage*, qui a pour but de détruire l'adhérence des poils et des lambeaux de chair. On les immerge pour cela dans des *pelains*, bassins qui contiennent un lait de

chaux de plus en plus concentré, quelquefois additionné d'un peu de soude caustique, ou de borax, qui empêche l'altération de la peau par la chaux. Le pelanage dure deux ou trois semaines. On procède ensuite au *débourrage* comme pour les cuirs forts, puis à l'*écharnage*, au *cœursage* et à la grand'façon qui s'appelle ici *recoulage*, et doit être poussée d'autant plus loin qu'on veut des cuirs plus souples.

On fait ensuite subir aux peaux la passerie, appelée ici *coudrage*; mais, au lieu de sortir les peaux pour renouveler la jusée, on se borne à augmenter la concentration de celle-ci par l'addition de liquide de plus en plus fort, et à les agiter au sein de ce bain.

Au bout de dix à douze jours, les peaux sont transportées dans une cuve où on les sépare les unes des autres par une couche de tan neuf et humide, et où on les arrose avec du jus provenant d'un coudrage antérieur. Cette opération est le *refaisage;* elle dure un mois. Au bout de ce temps, on procède au tannage comme pour les cuirs forts.

Entre le recoulage et le coudrage, les peaux de vache, qui sont toujours un peu fortes, doivent être assouplies par un foulage supplémentaire; chaque peau est placée dans un baquet contenant un peu d'eau, et là, elle est frappée par des ouvriers avec des pilons en bois. Dans certaines usines, cette opération est faite à l'aide d'un *foulon*, appareil semblable à un laminoir, dont les cylindres sont en bois et cannelés longitudinalement; chaque peau est introduite entre ces cylindres, et leurs cannelures produisent le frottement et l'étirement nécessaires.

§ III

CORROIERIE

Les cuirs mous sortant des fosses sont appelés *cuirs à œuvre.* Ils doivent, pour être utilisés, subir diverses opérations destinées, d'abord à les assouplir encore da-

vantage, puis à les mettre en état de servir à chaque usage auquel ils sont destinés. A cet effet, ils passent des mains du tanneur dans celles du *corroyeur*.

Ce dernier fait d'abord subir au cuir un *trempage* à l'eau. Quand le séjour dans ce liquide l'a suffisamment amolli, il le soumet à un *foulage*, qu'il opère, soit en piétinant le cuir avec de gros souliers, soit en le frappant avec des pilons en bois, soit en le faisant passer au foulon déjà décrit.

Le cuir est ensuite *buté*, c'est-à-dire débarrassé du tan et autres matières étrangères adhérentes, à l'aide de l'*étire* (fig. 150), râcloir de métal ou de corne avec poignée en bois. Puis il est soumis au *dérayage* ou *refendage*, opération qui consiste à égaliser l'épaisseur, et qui se fait, tantôt avec un couteau tranchant, tantôt avec une *machine à refendre*.

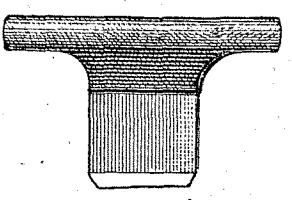


Fig. 150. — Étire.

Il est ensuite *rebroussé*. Ce travail consiste à frotter le cuir, étendu sur une table, avec un outil en bois de cormier ou de poirier, appelé *marguerite* (fig. 151), ayant la forme d'un arc de cercle, dont la surface est cannelée, et qui est mû à la main. Cette opération se fait sur les deux côtés; elle a pour effet de rendre au cuir son grain naturel et de lui enlever l'aspect dur que lui a donné la dessiccation. Il existe des marguerites mécaniques.

La *mise au vent*, qui vient ensuite, consiste à racler le côté poil du cuir avec l'étire, pendant qu'on le lave à grande eau. On rend ainsi le cuir plus dense, plus lisse, et plus uniforme du côté chair.

La *mise en huile*, qui a pour objet de lui conserver sa souplesse, se fait en étendant le cuir sur une table et en enduisant sa surface d'une couche de dégras. Après dessiccation, on enlève l'excès d'huile par un *décrassage*.

Enfin, suivant les besoins de certaines fabrications, on le repasse à l'étire une dernière fois (*blanchissage*) et on l'adoucit avec une marguerite de liège (*tirage au liège*).

Il ne reste plus qu'à le finir (*finissage*), opération variable suivant le cas. Ainsi, le cuir destiné à faire des semelles légères doit être *lissé*, c'est-à-dire frotté jusqu'au poli. Celui destiné aux empeignes mates doit être *ciré*. A cet effet, on l'enduit, avec une brosse, d'un cirage noir composé d'huile, de suif et de noir de fumée, qu'on répartit également en frottant avec une lame de glace dont la tranche est arrondie sur les arêtes (*glaçage*); on étend ensuite un peu de colle de peau avec une éponge.

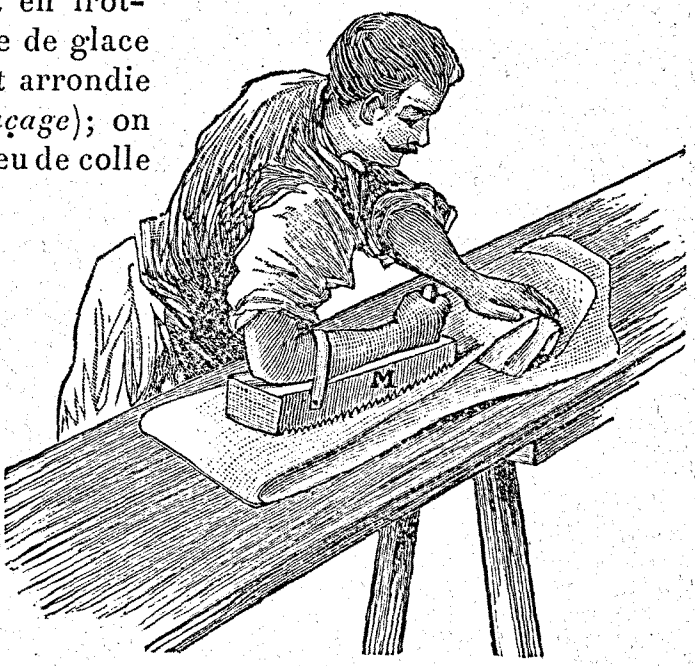


Fig. 151. — Travail à la marguerite M.

Le cuir destiné à être *verni*, après le tirage au liège, passe à l'*apprétage*, qui consiste à étendre à sa surface un mélange d'oxyde de plomb et d'ocre délayé dans l'huile de lin cuite, à faire sécher cet enduit à l'étuve et à polir à la pierre ponce. On répète cette opération plusieurs fois. Pour la dernière application, le mélange est délayé dans l'essence de térébenthine. Les pores du cuir sont ainsi bouchés. Il ne reste plus qu'à appliquer le vernis au pinceau. Il existe un grand nombre de formules de vernis : une des plus communément employées, pour la chaussure et le harnais, est une dissolution de bitume de Judée et de vernis gras au copal, dans de l'essence de térébenthine et de l'huile de lin cuite en présence de la litharge. Le vernis, une fois appliqué, doit être *cuit;* on commence à l'étuve à 50°, et l'on termine au soleil.

§ IV

MÉGISSERIE ET HONGROYAGE

Dans la *mégisserie*, la peau est rendue imputrescible par *l'alun*. On lui fait subir les mêmes opérations préparatoires qu'à celles qui doivent subir l'action du tan : reverdissage, foulage et trempage. Elle est ensuite exposée à un *pelanage*, destiné à faciliter l'épilage et à enlever les matières grasses. A cet effet, on fait un lait de chaux à divers degrés de concentration, et on y ajoute de l'*orpiment* ou *orpin* (sulfure d'arsenic) ; ce liquide est versé dans des cuves où l'on empile les peaux. Quelquefois on se contente de faire une bouillie avec les deux produits, et on en barbouille la peau du côté chair; alors le pelanage s'appelle *enchaussenage*.

Les peaux subissent le *travail de rivière* au complet, ensuite un *foulage* soigné, puis la *mise en confit*. On appelle de ce nom une sorte de fermentation qu'on leur fait éprouver dans un bain de son aigri, et qui a pour effet de dilater les pores. Elles sont ensuite soumises à un *recoulage* sur le chevalet de rivière, avec le couteau rond.

Vient ensuite *l'alunage* par le séjour dans un bain composé d'une solution aqueuse d'alun et de sel marin, puis la *mise en pâte* pour les adoucir et les blanchir; pour cela, on enduit les peaux d'une bouillie de jaunes d'œufs battus avec de la farine de froment. Souvent la bouillie est ajoutée à la solution précédente, de sorte que les deux opérations ont lieu du même coup. On fait ensuite sécher sur des cordes dans *l'étendoir*, à l'abri du soleil. Au moment de la vente, on fait disparaître les plis à l'aide du *palisson*, couteau mousse analogue à l'étire.

Le *hongroyage* est une série d'opérations analogues à celles de la mégisserie, et qu'on fait subir aux peaux épaisses employées dans la sellerie et la bourrellerie; le travail est seulement poussé moins à fond, et l'on remplace la *mise en pâte* par la *mise en suif*. Il se fait dans des ateliers spéciaux appelés *étuves*.

§ V

CHAMOISERIE

La *chamoiserie* rend les peaux imputrescibles par *l'huile*. Elles subissent toutes les préparations usitées en mégisserie, jusqu'à la *mise en confit* inclusivement. Au sortir du *confit*, on les tord pour chasser le liquide, puis on les *effleure* du côté poil à l'aide du

couteau d'effleurage, à lame circulaire et émoussée, manié comme l'étire, ce qui a pour effet d'enlever l'épiderme (*fleur*).

On procède ensuite au *tannage* à l'huile. Chaque peau est mise dans un baquet contenant de l'huile (huile de poisson, de baleine, etc.), et là, elle est foulée énergiquement, puis portée à l'étuve; après dessiccation, elle est encore foulée dans de l'huile nouvelle, puis séchée de rechef, et ce double traitement est répété plusieurs fois.

Les peaux sont ensuite empilées dans un local clos, où elles subissent une sorte de fermentation (*échauffe*) qui achève de bien faire pénétrer l'huile. Puis elles sont soumises à l'action rapide d'une lessive alcaline qui enlève l'huile suintante (*dégraissage*). La matière grasse ainsi extraite des peaux s'appelle le *moellon*; elle sert à faire le *dégras* employé dans la corroierie. Enfin, on procède, comme pour les peaux *mégies*, au *palissonnage*, qui fait disparaître les plis, et à un *parage* approprié.

§ VI

MAROQUINERIE

Le *maroquin* est de la peau de chèvre ou de mouton tannée au *sumac*, et teinte; de plus, elle est souvent *grainée*.

Les façons à faire subir à ces peaux sont exactement les mêmes que dans la mégisserie, jusqu'à la *mise en confit* inclusivement. Le *pelanage* est toutefois analogue à celui employé en molletterie, mais on préfère souvent employer *l'enchaussenage;* alors on recouvre les peaux, du côté chair, d'une bouillie de chaux et d'orpiment; on les plie en quatre, et on les abandonne à une sorte de fermentation pendant une trentaine d'heures.

Le *tannage* vient ensuite, et se fait de la même manière que le tannage au chêne.

A la sortie des fosses, les peaux sont *lavées*, *foulées*, puis *butées*, c'est-à-dire nettoyées sur le chevalet avec le couteau rond, et enfin *battues*, c'est-à-dire frappées sur un billot dont la surface est garnie de petits cylindres couchés, de façon à les briser. Il n'y a plus qu'à les laisser sécher, puis à les teindre.

La teinture en rouge doit cependant se faire avant le tannage. Voici comment on procède. Après les façons de rivière, on coud les peaux deux à deux, le côté poil en dehors, de manière à former des sacs qu'on plonge dans un bain de *chlorure d'étain* destiné à fixer la couleur sur la peau, puis dans un bain de *cochenille*. On teint aussi en *garance*, mais alors *l'alun* remplace le chlorure d'étain. On rince à grande eau, et l'on procède au tannage, qui

dans ce cas particulier s'opère comme il suit : on découd le sac d'un côté, on introduit dedans le tan du sumac, on recoud, on insuffle de l'air et l'on plonge dans une infusion aqueuse du même tan. Une immersion de deux jours suffit.

Pour les autres couleurs, on fait *revenir* la peau déjà tannée, en la plongeant dans de l'eau tiède, puis en la foulant. On la passe ensuite dans des bains appropriés et composés selon la nuance à obtenir. Ainsi le noir s'obtient par un premier bain de sumac et de noix de galle, suivi d'un second bain de bière aigre contenant de la vieille ferraille; le bleu s'obtient avec le sulfate d'indigo additionné de chaux et de sulfate de fer; etc. Les couleurs d'aniline peuvent être employées.

Les peaux teintes sont soumises à la presse qui en exprime l'excès d'eau et de couleur; un *lavage* achève de les nettoyer. Ensuite on procède à la *mise en huile*, qui leur restitue leur souplesse, et qui se fait en passant du côté poil une brosse douce imbibée d'huile de lin. Puis on leur fait subir un corroyage comprenant le *dérayage*, *l'étirage*, le *lustrage* ou le *pannelage*. Les cuirs qui doivent être lustrés passent entre des cylindres lamineurs en cristal. Ceux qui doivent être *pannelés*, c'est-à-dire présenter un aspect grenu, passent entre des cylindres dont la surface est elle-même grenue, ou mieux, garnie de *peau de chagrin* (peau de roussette) : les rugosités de cette peau donnent le grain.

§ VII

PARCHEMINERIE

Le *parchemin* n'est pas un cuir, mais simplement de la peau rendue imputrescible au moyen d'une dessiccation faite à fond par des procédés convenables. Il sert de feuille à écrire; on l'emploie aussi pour les cribles, les tambours, les dos de registres, etc.

Avant de subir les opérations de la *parcheminerie*, les peaux ont déjà passé, chez le mégissier, par le reverdissage, le trempage, le pelanage, l'épilage et un lavage. Le parcheminier commence par le *brochage*, lequel n'est qu'un lavage destiné à enlever toute trace de chaux. Il les fait ensuite sécher en les tendant bien sur une *herse*, sorte de châssis en bois. Puis, avec *l'échaussoir*, couteau circulaire tranchant, il les *écharne*, c'est-à-dire qu'il enlève les parties inutiles pour régulariser l'épaisseur, et il les *édosse*, ce qui consiste à frotter avec l'outil le dos ou côté poil, pour enlever toute matière étrangère.

Il les saupoudre ensuite de chaux éteinte ou de blanc d'Espagne en poudre, pour qu'elles ne puissent absorber la vapeur d'eau de l'atmosphère, et il les fait de nouveau sécher sur la herse.

Pour certains usages, le parchemin doit recevoir des façons supplémentaires. Ainsi celui qui est destiné à l'écriture ou à l'impression doit être bien égalisé à l'échaussoir, puis poncé.

Les peaux destinées à faire les autres parchemins ne subissent pas toutes les opérations précédentes. La peau dont on fait le parchemin pour *peau de tambour* reste quinze jours dans les pelains de chaux, et doit sécher au soleil en sortant de ces bains. Le parchemin ou peau à couvrir les malles ne subit pas l'épilage.

§ VIII

PELLETERIE

La *pelleterie* consiste à préparer les peaux des animaux, *tout en conservant leurs poils*, pour en faire des *fourrures*. Les procédés varient suivant qu'il s'agit de grandes ou de petites peaux.

Préparation des grandes peaux. — L'imputrescibilité est obtenue ici par *l'alunage*. Les premières façons sont les mêmes que dans la mégisserie, sauf qu'on ne fait subir aux peaux ni pelanage, ni épilage. Avant le travail de rivière, il faut *nettoyer le poil*, ce qui se fait dans de l'eau de savon avec une brosse dure. Après la sortie du confit, on *alune* de la façon suivante : avec une brosse en crin trempée dans la solution d'alun et de sel marin, on frotte chaque peau; on fait ensuite sécher à l'étendoir. Pour enlever les plis, on se sert de l'*estrèque*, palisson plus grand que celui dont nous avons parlé, et muni d'un manche de bêche qui se place sous l'aisselle.

Préparation des petites peaux. — On met d'abord les petites peaux dans un bain d'eau salée pour les faire *revenir*, si elles sont sèches; on les y foule quotidiennement, en les plaçant chaque jour dans un bain de moins en moins concentré; on termine par de l'eau pure. On procède ensuite à *l'écharnage*, puis on coud les peaux deux à deux, le poil en dedans (*boursage*); ensuite on les *graisse*, ce qui consiste à frotter le côté chair avec de la graisse de porc ou de l'huile d'olive, et on les *foule* pour que le corps gras les pénètre bien. On découd ces sortes de sacs, on étend les peaux pour les *sécher*, puis on les *assouplit*, en frappant les poils avec une *baguette*, ou en frottant le côté chair sur une corde, ou encore en les battant avec un battoir en fer plat. On les *dégraisse* ensuite en les plaçant dans un tonneau tournant muni de chevilles à l'intérieur, et dans lequel on met des matières capables d'absorber la graisse ou l'huile, telles que sable fin, craie, plâtre, son, sciure, etc. On bat de nouveau à la baguette, et l'on donne au poil un coup de peigne et un coup de brosse (*parage*). En somme, les petites peaux sont rendues imputrescibles par l'huile.

Lustrage. — Toutes les peaux, petites et grandes, subissent le

lustrage, ensemble d'opérations qui ont pour but de cacher les défauts de la peau, de rendre le poil brillant, et d'en modifier la couleur, s'il y a lieu. Ainsi, pour donner du brillant et du moelleux au poil, on le frotte avec une brosse imbibée d'un mélange d'alcool, de gomme laque, de glycérine, de jaune d'œuf et d'huile de coton; pour imiter les peaux *tachetées* de blanc, on fait un mouchetage blanc avec un pinceau trempé dans l'hydrosulfite de sodium, etc.

La tannerie et les industries connexes sont des industries florissantes en France. Châteaurenault, en Touraine, en est le centre principal; mais on prépare de très grandes quantités de peaux dans les villes de Paris, Lyon, Bordeaux, Marseille, Nantes, Annonay, Grenoble, et bien d'autres.

de *farine* avec de l'eau, et en soumettant cette pâte à une *fermentation* spéciale, puis à la *cuisson*.

Le principe de cette opération est la possibilité de provoquer dans la farine, une fois qu'elle a été réduite en pâte, la *fermentation panaire*, par un malaxage suffisant en présence de l'eau. C'est le gluten qui subit cette transformation.

L'agent de ce phénomène est un microbe, attaché au grain de blé. Il peptonise le gluten, et produit à ses dépens l'*anhydride carbonique*, l'*alcool éthylique*, l'*acide acétique*, etc. L'amidon ne se modifie qu'au moment de la cuisson, en se transformant en *amidon soluble*. Le ferment alcoolique s'y trouve aussi, et provoque la fermentation alcoolique de la glucose et de la dextrine. C'est aussi lui qui détermine le départ de la fermentation panaire, en provoquant une évolution physiologique spéciale du premier microbe; aussi peut-on provoquer cette fermentation avec de la *levure de bière* ou mieux de *grains*. Mais il suffit d'avoir gardé un peu de la pâte d'une fermentation précédente, et de l'adjoindre à la farine qu'on va travailler, pour y introduire les deux ferments; cette réserve de pâte constitue le *levain*. On peut aussi utiliser d'autres *levures*, contenant d'autres ferments alcooliques. Les fermentations s'opèrent donc aux dépens du gluten et de la glucose contenus dans la farine: leur produit le plus abondant est l'anhydride carbonique; ce gaz et les vapeurs d'alcool produisent à l'intérieur de la pâte des boursouflures qui la font gonfler et la rendent plus légère. Ces cavités persistent après la cuisson et constituent les *yeux*; elles sont d'autant plus nombreuses, et plus uniformément distribuées dans la masse que la pâte a été mieux malaxée et que la fermentation a été plus complète.

Les opérations de la boulangerie sont au nombre de trois : le malaxage ou *pétrissage*, la fermentation ou *apprêt*, et la *cuisson*.

Pétrissage. — Le *pétrissage* a pour but de mélanger le ferment avec de la farine, de l'eau et du sel, de manière à obtenir une pâte homogène. La fermentation de la pâte, dès que l'eau est en présence de la farine, est due au gluten. L'eau employée est tiède; elle hydrate le gluten, l'amidon, fait crever les grains de ce dernier, et dissout les matières solubles. La farine nécessaire est placée dans une auge en bois, appelée *pétrin*. Avec la main, on pratique une cavité dans la farine, on y place le levain ou la levure, et l'on y ajoute en deux fois un poids d'eau un peu supérieur à la moitié de celui de la farine. On délaye dans

ce liquide le levain et la quantité de sel nécessaire, et l'on mélange ensuite les 9/10 de la farine avec le levain délayé, par portions successives. Cette opération est la *frase*. On pratique ensuite la *contrefrase*, qui consiste, après avoir étalé sur la pâte le reste de la farine, à remuer la masse avec les mains d'avant en arrière, d'un côté à l'autre, tout en la soulevant, en la mettant sens dessus dessous et en l'étirant. La qualité du pain dépend beaucoup de ce travail. Le *soufflage* est un malaxage supplémentaire précédant la contrefrase. Ce travail se fait en soulevant la pâte avec les mains, et la laissant retomber de tout son poids.

Le pétrissage à la main est malpropre; aussi beaucoup d'établissements se servent-ils de *pétrins mécaniques*, dont il existe plusieurs modèles. Le *pétrin Boland* (fig. 162), un des plus connus, contient

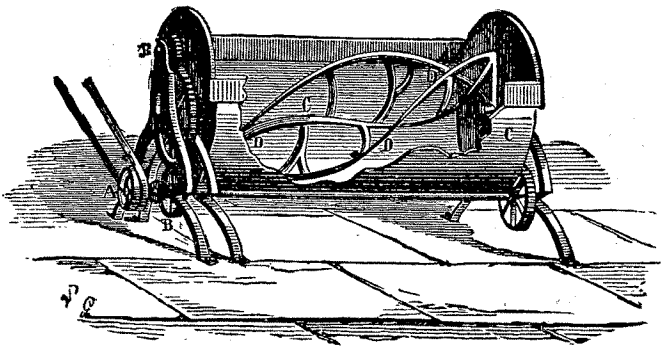


Fig. 162. — Pétrin mécanique Boland.

dans son intérieur un agitateur formé de lames à jour CD, à surface gauchie comme un versoir de charrue. En tournant, ces lames remuent et retournent la pâte sans trop la déchirer. Le mouvement est imprimé à l'agitateur par la transmission A et l'engrenage B.

Apprêt. — Quand le pétrissage est achevé, on divise la pâte en *pâtons*, dont chacun doit former un pain. On place ces pâtons dans des corbeilles (*panetons*) ou sur de la toile saupoudrées de menu son (*recoupette* ou *fleurage*) ou même de sciure de *corozzo*, matière végétale servant à faire des boutons de vêtements. La pâte est abandonnée là à

elle-même et subit la fermentation. On voit se gonfler les pâtons; lorsqu'on juge que l'opération est assez avancée, ce qui demande d'une à deux heures, selon la température, on procède à l'*enfournage*.

Cuisson. — Les *fours* à *cuire le pain* sont de la forme des *fours à réverbère* : la voûte en est très basse. On peut les chauffer par l'intérieur ou par l'extérieur. Dans le premier cas, le plus fréquent, on chauffe avec du bois qu'on introduit dans le four même et qu'on y enflamme. On peut aussi chauffer au charbon; mais alors le foyer doit être distinct du four, dans lequel on fait seulement passer les produits gazeux de la combustion, en évitant de le faire pendant que les pains sont à cuire. Le chauffage est donc *intermittent*. Il est au contraire *continu* dans les fours à chauffage extérieur, dits *fours aérothermes*; dans ce cas, non seulement le foyer est distinct du four, mais les produits gazeux de la combustion en font le tour dans une gaîne et en chauffent ainsi les parois. La température de la voûte doit atteindre environ 250°; la sole doit être moins chaude.

Quand le four est chaud à point, on *enfourne* les pains. On renverse les pâtons, saupoudrés de fleurage, sur une pelle en bois à long manche, qui va les déposer à l'endroit choisi sur la sole. Les pains les plus petits sont placés près de la porte, qui doit être fermée. Au bout de 30 à 60 minutes, suivant la grosseur des pains, la cuisson est achevée. Il s'est formé une *croûte* dure, colorée et sapide. Sa coloration et sa saveur sont dues à une transformation en *caramel* de la dextrine et de la glucose préexistantes ou produites par son amidon sous l'action de la chaleur. La *mie*, dont la température n'a pas dépassé 80°, a vu son amidon changé, partie en *empois*, partie en *maltose* et *dextrine*, et elle a gardé presque toute son eau. Quand on a détourné, le pain se refroidit; la vapeur d'eau qui se trouvait aussi dans les *yeux* de la mie rentre dans la pâte (*ressuage*), et le vide appelle de l'air qui s'introduit ainsi dans les cavités primitivement occupées par

l'anhydride carbonique et les vapeurs Au bout de six heures, le pain est bon à manger.

La fabrication du pain est restée jusqu'à nos jours une industrie familiale. Mais déjà, dans quelques grandes villes, on commence à organiser des *usines à pain;* les manutentions militaires sont des ateliers de ce genre.

On a essayé à diverses reprises d'effectuer la mouture du blé et la panification de la farine dans une même installation, réunissant deux industries aujourd'hui séparées, et revenant ainsi par un détour aux pratiques familiales d'autrefois. C'est ce qui a été réalisé par M. Schweitzer, qui a créé une *meunerie-boulangerie*, fonctionnant à l'aide d'appareils de son invention qui constituent en grande partie l'originalité du système.

Une installation de ce genre comprend : un *nettoyeur* de blé, qui ne diffère guère de ceux déjà connus, un *moulin* avec *blutoir*, un *pétrin mécanique* et un *four continu*.

Le moulin, tout petit, se compose d'une paire de meules, en acier, à cannelures réduites, renfermée dans un casier métallique. C'est la meule inférieure qui est mobile; elle est portée sur un plateau qui tourne sur un pivot, et qui fait corps avec une poulie large placée sur la caisse; cette poulie reçoit le mouvement nécessaire. La meule supérieure, portée par le plateau qui couvre la caisse est fixe. On peut rapprocher les deux meules autant qu'on le désire : il suffit de descendre le plateau de la meule fixe, à l'aide de vis qui lient ce plateau aux parois de la caisse; en tournant ces vis dans un sens ou dans l'autre, on monte ou l'on descend le plateau; le même mouvement permet, à l'aide d'une couronne de dents régnant autour du plateau, de donner à la meule la position convenable. Le blutoir qui vient ensuite est une sorte de *plansichter*. (Voir ci-dessus, 3e partie, chapitre I.)

Le *pétrin* est formé d'une caisse fixe et d'un arbre à palettes tournant à l'intérieur, chacune de ces palettes passant entre d'autres palettes fixées aux parois.

Le *four* est continu. Le pain entre d'un côté et sort de

l'autre. Il peut être chauffé avec un combustible quelconque; une petite chaudière placée au-dessus fournit la buée nécessaire pour le glaçage de la croûte; il est souvent double.

La farine obtenue est un peu jaune, car elle contient, en plus de celle qu'on obtient à l'aide des cylindres, le *germe* et la partie sous-corticale de l'amande. En effet, les cylindres aplatissent ces parties, au lieu de les pulvériser, si bien qu'elles ne passent pas au blutoir.

Ce système présente les avantages suivants : obtention d'une grande quantité de farine avec un moulin très réduit, petitesse de tous les appareils, si bien qu'on peut les loger partout et même les transporter au loin. C'est ce dernier avantage qui est peut-être le plus appréciable, car il en permettra l'emploi dans des cas particuliers, par exemple dans les colonies, ou encore dans les armées en campagne, qui trouvent souvent du blé, mais n'ont pas de moulin pour le moudre.

CHAPITRE III

Pâtes alimentaires.

Les *pâtes alimentaires*, ou *pâtes d'Italie*, sont des préparations à base de farine qui jouent un grand rôle dans l'alimentation. La farine employée est celle du blé, et plus spécialement des variétés appelées *blés durs*; on emploie de préférence les gruaux, la fleur étant réservée pour la boulangerie. Quelques-unes de ces pâtes ne subissent qu'une manipulation rudimentaire : tels sont la *semoule* et le *tapioca*; d'autres, comme le *vermicelle*, etc., sont l'objet d'un travail plus compliqué.

Semoule, tapioca. — La *semoule* n'est autre chose que le gruau de blé dur. Au sortir du blutage, les gruaux sont soumis au *sassage*, qui a pour but de les classer en *gros gruau, gruau moyen* et *gruau fin*. Le premier retourne aux meules; le second constitue la *semoule en*

grains du commerce, et le troisième est réservé pour la fabrication des autres pâtes alimentaires.

Le *tapioca* est de la *fécule de manioc*, hydratée et chauffée à 120°. On traite les racines de manioc comme la pomme de terre pour en extraire la fécule. On délaye cette dernière avec de l'eau, de manière à en faire une bouillie épaisse qu'on met dans une *passoire*, ou bassin à fond percé de trous. Au-dessous se trouve une plaque chauffée à la température de 120° environ. La pâte perle au fond de la passoire, et tombe en gouttes sur la plaque où elle se solidifie. Ces grumeaux, ramassés, constituent le tapioca du commerce. On fait aussi du tapioca de qualité inférieure avec de la fécule de pommes de terre.

Vermicelle, nouilles, etc. — Les autres pâtes : *vermicelle*, *nouilles*, *étoiles*, *macaroni*, etc., se font avec de la farine, ou mieux avec du gruau fin. On y ajoute souvent le gluten, qui est le résidu de l'extraction de l'amidon ; la pâte est en ce cas plus facile à faire prendre ; elle est plus nourrissante et supporte mieux la cuisson. Si l'on veut que la pâte soit bien blanche, on ajoute un tiers de fécule de pommes de terre, mais alors le produit obtenu est moins nourrissant et se désagrège pendant la cuisson. Si l'on veut, au contraire, que la pâte ait une couleur ambrée, on lui incorpore un peu de safran, ou même de curcuma. Enfin, dans certains cas, on ajoute du beurre ou des œufs.

On commence par effectuer le mélange de toutes les matières employées ; on ajoute le quart du poids du mélange d'eau bouillante, et l'on procède au *pétrissage* à bras ou au pétrin mécanique. La pâte est ensuite placée dans une auge circulaire où elle est broyée par une meule verticale, identique à celles qui servent à écraser les graines oléagineuses. Quand la pâte est suffisamment prise et bien homogène, on la soumet à la *presse*. On appelle ainsi un cylindre creux en bronze, à fond percé de trous dont la forme varie suivant la pâte qu'il s'agit de façonner ; pour le vermicelle, ce sont de simples orifices

Une demi-heure après, on retourne le fromage obtenu, on change la toile, on resserre le cercle et l'on comprime de nouveau. On continue ainsi assez longtemps pour expulser tout le petit lait. Le fromage est ensuite mis sur des rayons en bois à claire-voie, et saupoudré de sel tous les jours pendant au moins deux mois. On le conserve encore quelque temps avant de le livrer au commerce, afin qu'il puisse s'affiner. Pendant tout ce temps, il faut le frotter de temps à autre avec un linge mouillé. Les *yeux* du fromage de Gruyère proviennent des gaz dégagés au cours des fermentations qu'il subit.

Les noms des fromages indiquent leurs provenances. Dans toute la France, on fait des fromages de ménage, en dehors de ceux qu'on trouve dans le commerce. La fabrication des fromages est encore en grande partie une industrie familiale, mais pour quelques variétés, telles que le fromage de Gruyère, cette fabrication tend de plus en plus à prendre un caractère véritablement industriel.

CHAPITRE VI

Préparation des Conserves alimentaires.

On appelle *conserves alimentaires* des produits naturels propres à la nourriture de l'homme, auxquels on a fait subir des opérations ayant pour but de les maintenir pendant assez longtemps *en état d'être consommés*, soit qu'on veuille en jouir hors saison, soit qu'on se propose de les expédier au loin. Ce sont particulièrement les *fruits*, les *légumes* et les *viandes* qui sont traités de la sorte.

Le problème de la conservation des matières alimentaires consiste essentiellement à les préserver de la *fermentation putride*, ou *putréfaction*, qui atteint infailliblement les matières azotées; or, les viandes, les légumes et les fruits contiennent précisément des matières azotées.

La fermentation est due à des microbes ; ces microbes flottent dans l'air et sont déposés par lui sur les corps. Pour que la fermentation se produise, il faut en outre que la température soit convenable : au-dessous de 0°, les microbes sont comme engourdis; à 100°, ils sont tués, quelques-uns le sont dès 70°, mais ce n'est qu'à 110° que leurs spores sont détruites; c'est entre 15° et 35° qu'ils sont le plus actifs. Il faut, de plus, le concours de l'eau sous n'importe quelle forme. Un certain nombre de substances sont des poisons pour les microbes de la putréfaction ; citons le sel marin, le sucre, l'alcool, l'acide acétique, l'acide borique, l'acide salicylique, le phénol, le formol, l'acroléine, la créosote, etc. On les appelle des *antiseptiques*. On reconnaît qu'un corps est atteint de putréfaction à l'odeur fétide qui s'en dégage en même temps que certains gaz, parmi lesquels l'ammoniaque et, si ce corps contient du soufre et du phosphore, l'hydrogène sulfuré et l'hydrogène phosphoré.

D'après ce qui précède, il est plusieurs moyens pour gêner ou faire disparaître les microbes de la putréfaction et, partant, pour conserver les substances auxquelles ils pourraient s'attaquer : on peut les empêcher de se déposer sur les corps en *soustrayant* ces derniers *au contact de l'air;* on peut les engourdir par le *froid;* on peut les tuer par la *chaleur;* on peut les empêcher de se développer par la *privation d'eau*; enfin on peut les empoisonner par les *antiseptiques*. De là autant de méthodes opératoires susceptibles d'être employées dans cette sorte d'industrie. L'emploi des antiseptiques comporte lui-même autant de sous-méthodes qu'il y a de produits susceptibles de jouer ce rôle.

§ I

CONSERVATION PAR LE FROID

On emploie un grand froid pour la conservation des viandes. On les suspend à cet effet dans des chambres *frigorifiques*, autour desquelles circulent des tuyaux constamment parcourus par une solution de chlorure de magnésium ou de calcium, refroidie au moyen de machines à acide sulfureux, ou à ammoniaque, ou à chlorure de méthyle. Dans ces machines, le gaz est liquéfié sous pression, puis vaporisé brusquement, produisant par détente le froid nécessaire à la réfrigération de la solution, qui doit circuler dans les chambres, mais qui passe auparavant dans la machine. Les tuyaux rampent sous le plafond, et l'air refroidi parcourt les chambres de haut en bas. Cet air doit être introduit très sec. La température à laquelle il faut amener la viande doit être d'autant plus basse que la durée de la conservation doit être plus longue;

si cette durée doit être de plusieurs mois, il faut maintenir pendant trois jours la température à 15° au-dessous de zéro, de façon à congeler la viande *à cœur*. Traitée de la sorte, elle peut être emmagasinée dans des locaux dont l'air se tient dans le voisinage de 0°.

La viande conservée par le froid doit être consommée dès sa sortie des magasins frigorifiques. On ne peut donc pas en faire un article de commerce ordinaire; aussi cette industrie est-elle forcément limitée et localisée.

§ II

CONSERVATION PAR LA CHALEUR

Puisque la chaleur tue les germes de la putréfaction, il est tout indiqué de faire cuire les matières alimentaires à la température d'au moins 100°, mais il ne s'ensuivra pas qu'on puisse les conserver ensuite, car l'air pourra déposer dessus de nouveaux microbes. Il faut donc associer la privation d'air à la cuisson. C'est ce qu'on fait par le *procédé Appert*. Les aliments sont cuits comme pour une consommation immédiate, et introduits dans une boîte en fer-blanc. On soude le couvercle, puis on plonge cette boîte dans un bain-marie d'eau salée qui ne bout que vers 105°, et l'on porte à l'ébullition pendant une heure. La chaleur tue les germes qui pourraient se trouver à l'intérieur de la boîte et, comme l'air ne peut plus y rentrer, la conservation est assurée. Si l'on s'apercevait plus tard que le fond d'une boîte vient à bomber, ce serait une preuve que la fermentation a lieu : la conserve aurait été mal préparée et le produit devrait être jeté. On remplace souvent les boîtes en fer-blanc par des bocaux fermés par un bouchon, qu'on ficelle et qu'on garnit de cire ou de paraffine pour le rendre imperméable.

§ III

CONSERVATION PAR DESSICCATION

La privation d'eau rend impossible le développement des microbes; si donc on soumet les produits alimentaires à une dessic-

cation énergique, on pourra les conserver longtemps, en ayant soin de les maintenir toujours au sec. Quand on voudra les consommer, il faudra les tremper quelque temps dans l'eau pour leur restituer un peu de ce liquide. Dans certains pays exotiques, à la Plata, en Australie, au Turkestan, on conserve la viande par ce moyen : on se borne à la couper en lanières qu'on suspend au soleil. En France, on ne conserve guère ainsi que quelques fruits (pruneaux, figues) et certains légumes; la conservation de ces derniers a seule quelque importance industrielle. On commence par les éplucher et les laver avec soin; puis, on les fait cuire dans un autoclave à vapeur où l'on pousse la pression de façon à atteindre la température de 115° environ. La cuisson ne demande que quelques minutes; les légumes sont enlevés et mis à sécher sur des bannes rangées dans des séchoirs, où l'on fait arriver un fort courant d'air chaud et surtout sec; quand les légumes sont devenus cassants, on les expose un peu à l'air pour qu'ils *reviennent*, c'est-à-dire qu'ils reprennent un peu de flexibilité, puis on les emballe soigneusement, en ayant la précaution de les tenir toujours au sec.

§ IV

CONSERVATION PAR LES ANTISEPTIQUES

Salaison. — Le *sel marin* est un excellent agent de conservation des matières organiques : non seulement il agit comme *antiseptique*, mais encore, à cause de sa déliquescence, il agit comme *déshydratant*, c'est-à-dire qu'il enlève aux corps une bonne partie de leur eau dans laquelle il se dissout, privant ainsi les microbes d'un élément nécessaire à leur existence. Le liquide qui résulte de la dissolution du sel dans l'eau des produits conservés, et auquel se trouvent souvent mélangés d'autres liquides spéciaux à ces produits, s'appelle *saumure*. Ce sont surtout les légumes (pois, haricots, choucroûte), la viande (bœuf, porc) et les poissons (sardine, hareng, morue), que l'on conserve au sel.

Pour conserver les *légumes verts*, tels que les pois, les haricots, les asperges, etc., on les fait cuire comme pour une consommation immédiate, puis on les immerge dans de l'eau saturée de sel marin qu'on a versée dans des bocaux. On bouche ces bocaux avec des bouchons ficelés,

puis on chauffe au bain-marie comme dans le procédé Appert.

Pour faire la *choucroûte*, on réduit en copeaux les choux pommés. On empile ces débris dans des tonneaux placés debout et dont le fond supérieur est enlevé, en faisant alterner des couches de gros sel avec des couches de chou. On recouvre le tout avec du sel et l'on met un couvercle, qui supporte un poids destiné à maintenir la masse compacte. De temps à autre, on soutire la saumure qui s'accumule au fond et on la reverse par dessus. Le chou ainsi conservé ne subit pas la putréfaction, mais une autre fermentation particulière.

Dans nos pays, on ne sale guère d'autre viande que celle du porc. Chaque partie du corps de cet animal est préparée par un tour de main spécial : l'industrie de la *charcuterie* n'est pas autre chose que l'ensemble de ces préparations, et l'art de donner à la marchandise un cachet spécial pour la mise en vente. Mais qu'il s'agisse de saler du porc, du bœuf ou toute autre viande, les procédés généraux sont toujours les mêmes. L'animal doit être dépecé avec une propreté rigoureuse. Chaque pièce est salée séparément; on la saupoudre pour cela de sel fin qu'on fait pénétrer jusqu'entre les muscles par une friction appropriée. Toutes les pièces sont ensuite rangées dans des caves où elles sont laissées pendant quelques jours; on arrose la masse chaque jour avec la saumure soutirée du bas. Finalement, on *embarille* en empilant la viande et le sel dans des tonneaux par couches alternées.

La *dessiccation* vient quelquefois ajouter son effet à la salaison : c'est ainsi qu'on suspend les saucissons et les jambons aux poutres des greniers, ou qu'on les enfouit dans de la cendre de bois. On ajoute assez souvent du salpêtre au sel marin; il joue aussi un rôle antiputride, et il donne à la viande une couleur rosée, qu'elle n'a pas quand elle a été conservée par le sel seul.

La *sardine au sel* est ainsi préparée. Les poissons, en vue de leur transport à l'atelier de préparation, sont mis dans de grands paniers, où on les saupoudre de sel. A leur arrivée, on les *arrime*, c'est-à-dire qu'on les dispose en couches alternées avec des lits de sel dans des baquets. Puis, finalement, on les *embarille* en les plaçant dans des tonneaux fermés où ils sont encore mélangés à du sel.

Le *hareng salé* se prépare de la façon suivante. Le poisson est d'abord *caqué*, c'est-à-dire débarrassé de ses entrailles, et jeté dans une *mée*, auge ouverte d'un côté. Là, on le saupoudre de sel, pendant qu'on remue toute la masse avec une pelle en bois. Par l'ouverture, on fait tomber le tout dans une fosse, en continuant d'agiter le mélange et en ajoutant du sel; quand la fosse est pleine, on la couvre d'une couche épaisse de gros sel. Dix jours après, on en extrait le poisson, et on le lave avec de la saumure composée de sel fondu dans le sang provenant de la *caque*; du baquet où il vient d'être lavé, il repasse dans la mée, où il est trié pour être mis en tonneaux, dans lesquels il est disposé comme la sardine.

La *morue* peut être salée de deux manières; ou bien elle est salée et séchée tout à la fois: elle est vendue dans ce cas sous le nom de *morue sèche* ou *stockfish*; ou bien elle est salée et vendue en tonneaux comme les harengs : c'est la *morue verte*. Le stockfish se prépare de la façon suivante. Quand le poisson est pris, on le *flaque*, ce qui veut dire qu'on le vide et qu'on enlève la tête, la colonne vertébrale et les côtes; puis on le lave et on le sale à peu près de la même façon que la sardine et le hareng; arrivés à terre, les poissons sont enfin mis à sécher dans des étuves. La préparation de la morue verte est plus compliquée. Aussitôt pêché, le poisson est *flaqué*, puis lavé, salé à la main sur toutes ses parties, et ensuite jeté dans un tonneau, dont on fait la *couverture* avec du gros sel. Au bout de trois ou quatre jours, on le retire, on le lave dans sa saumure, et l'on recommence la même opé-

ration dans un autre tonneau; mais cette fois la saumure doit être *étanchée*, c'est-à-dire soutirée. A l'arrivée à terre, on retire les morues, on les lave à l'eau douce en les brossant, on les trie pour les classer par grosseurs, et on les remet en tonneaux, toujours avec du sel. Au moment de l'expédition, il faut de nouveau *étancher*, et resaler dans un second tonneau, qui est le tonneau à expédier.

Boucanage. — Le *boucanage* ou *fumage* est une opération qui consiste à faire pénétrer les produits à conserver par la *fumée* provenant de la combustion du *bois*. Cette fumée contient en effet quelques agents antiseptiques, tels que la *créosote*, *l'acide pyroligneux*, *l'acroléine*, etc.; de plus, par sa haute température, elle peut agir également sur les microbes. On conserve ainsi la viande de bœuf, le jambon, les saucisses, le hareng.

Pour les viandes, les jambons, les saucisses, on se borne à les suspendre à l'intérieur de grandes cheminées où brûle un feu de bois, ou de chambres dans lesquelles on fait arriver la fumée. L'opération dure plusieurs semaines, et doit surtout être conduite rapidement pendant les premiers jours.

Le *hareng fumé* ou *hareng saur* est préparé comme il suit. Aussitôt pêché, il est simplement *brayé*, c'est-à-dire salé dans des mées, pendant qu'on l'y remue à la main. Arrivé à terre, il est dessalé dans l'eau douce, lavé à plusieurs eaux, et enfilé sur le *hénet*. On appelle ainsi des baguettes sur lesquelles les harengs sont embrochés par la tête en grand nombre. Les hénets sont suspendus dans les *bouffisseries*, grandes cheminées où brûle un feu de bois de hêtre. Au bout d'une semaine, le *saurissage* est terminé; on peut mettre les poissons en tonneaux, sans sel.

Emploi de l'alcool. — L'*alcool de vin* sert pour conserver les cerises, les prunes, etc. C'est l'eau-de-vie ordinaire qu'on choisit de préférence. Les fruits sont lavés, privés de leur pédoncule, et immergés dans le liquide sans autre préparation. En vertu de l'osmose, l'alcool pénètre dans le fruit, pendant qu'une partie du jus sucré en sort et édulcore l'eau-de-vie.

Emploi du sucre. — Le *sucre* est également un antiseptique. Les *fruits confits* sont des fruits préparés au sucre. Les *confitures* sont des pâtes de fruits préparées avec du sucre. Pour préparer une conserve de fruits au

sucre, on commence par la faire *confire*, c'est-à-dire cuire dans un sirop de sucre, qu'on obtient en faisant dissoudre du sucre dans l'eau, de façon à réaliser une concentration, variable avec chaque nature de fruit, mais comprise dans tous les cas entre 27° et 35° Baumé. Le sirop doit pénétrer le fruit complètement. Certains fruits sont cependant l'objet d'une opération préalable : ainsi les abricots sont *décolorés* par une exposition rapide à l'acide sulfureux, qu'on obtient en brûlant du soufre dans une caisse, puis ils sont lavés à plusieurs eaux; les marrons sont *blanchis*, c'est-à-dire cuits à l'eau pour qu'on puisse enlever la pelure qui les recouvre. Quand la *cuisson* est terminée, les fruits sont égouttés, puis immergés dans du sirop neuf, préparé comme le premier, et dont on remplit des jarres, des bocaux ou des cantines. Ces récipients sont fermés avec des bouchons ficelés, puis chauffés au bain-marie, comme dans le procédé Appert.

Pour faire les confitures, on réduit les fruits en pulpe, on mélange cette pulpe avec du sucre en poudre, et l'on fait cuire le tout en remuant la masse. Quand le mélange est à peu près fluide et bien homogène, on le coule dans des vases qu'on ferme soigneusement et où il se fige.

Les *fruits glacés* sont confits comme les précédents, puis plongés dans un sirop à 38 ou 40° dont on les retire presque immédiatement, et qui se solidifie à leur surface. Presque toutes les préparations de la *confiserie*, dont il sera question plus loin, consistent en conserves au sucre.

Emploi du vinaigre. — *L'acide acétique* est également employé comme agent conservateur; c'est sous forme de *vinaigre blanc* qu'on l'utilise; les produits ainsi conservés sont les piments et les cornichons. La préparation est simple. Les fruits sont légèrement entaillés, et mis à macérer dans de l'eau salée. Là, ils *dégorgent*, c'est-à-dire qu'ils laissent sortir de leurs tissus une partie de leur eau. On les immerge ensuite dans du vinaigre blanc de bonne qualité, et l'on ferme les vases avec soin.

§ V

CONSERVATION PAR ENROBAGE

Puisque les microbes qui peuvent causer l'altération des substances alimentaires viennent presque toujours de l'atmosphère, le moyen qui paraît le plus simple pour les en préserver est la *privation d'air,* que l'on peut effectuer en les recouvrant d'un *enrobage*, matière dans laquelle elles sont comme noyées, et sûrement à l'abri des germes aériens. C'est ainsi que l'on conserve les œufs en les revêtant d'une couche d'albumine ou de gélatine. Mais, dans bien des cas, l'invasion de la substance par les microbes a pu avoir lieu au cours des manipulations qu'elle a subies antérieurement; aussi associe-t-on ordinairement un des procédés précédents à celui de l'enrobage. C'est ainsi que la matière qui sert à *enrober* peut être un *antiseptique;* mais elle peut être également une autre matière imperméable à l'air, et aussi peu altérable que possible par lui, un corps gras par exemple; dans ce cas, on fait intervenir la chaleur. C'est ainsi qu'on conserve la viande dans la graisse, le thon et la sardine dans l'huile. Nous venons de voir que les fruits peuvent de même être conservés dans le sucre.

Pour faire une conserve de viande dans la graisse, on fait cuire cette viande comme il a été dit, et on l'immerge dans de la graisse en fusion, de telle façon qu'elle en soit complètement couverte. On sort le récipient du foyer et on laisse refroidir. La graisse se fige et l'occlusion est à peu près complète.

Les conserves de *sardines à l'huile* se font ainsi : lorsque les poissons arrivent à l'atelier de préparation, ils ont été un peu *salés* dans les paniers qui ont servi au transport; on leur arrache la tête et, du même coup, les entrailles. On les lave, on les range dans des paniers larges, qu'on porte dans une étuve pour qu'ils s'y dessèchent en partie. On les jette ensuite dans des bassins

d'huile chaude, pour les y cuire; on les en sort pour les égoutter dans d'autres paniers. Finalement, on les place convenablement dans des boîtes en fer-blanc, qu'on achève de remplir avec de l'huile; on soude le couvercle et l'on chauffe au bain-marie, par application du procédé Appert. Les conserves de thon, et toutes les conserves de poisson à l'huile, se font d'une manière analogue.

CHAPITRE VII

Fabrication du Sucre.

§ Ier

PROPRIÉTÉS DU SUCRE

Le *sucre ordinaire, sucre de canne,* ou *saccharose,* est un corps solide, blanc, à structure cristalline. Il est très soluble dans l'eau, surtout à chaud : cette dissolution, suffisamment concentrée, a une consistance visqueuse (*sirupeuse*), et se nomme alors *sirop de sucre,* ou simplement *sirop.* Par l'évaporation lente du sirop marquant 40° Baumé, il se produit une cristallisation en beaux cristaux constituant le *sucre candi.* Le sucre est presque insoluble dans l'alcool.

Il fond à 160°, et, par le refroidissement, se prend en une masse vitreuse, appelée *sucre d'orge,* qui, au bout de peu de temps, perd sa transparence pour prendre l'aspect et la structure du sucre non fondu. A 220°, il se transforme par perte d'eau en un corps brun appelé *caramel.* Si l'on pousse la température au-delà de 220°, tous ces composés se détruisent, et, finalement, il ne reste plus que du *charbon* pur.

Le sucre dissous dans l'eau, chauffé pendant longtemps de 80° à 100°, *s'intervertit,* c'est-à-dire se transforme, par absorption d'eau, en un mélange de *glucose* et de *lévulose.* Les acides *étendus,* ainsi que l'*invertine,* produisent un effet identique, même à froid. Le sucre *interverti* est susceptible de *fermenter* sous l'influence de certains microbes, tandis que le sucre ordinaire ne le peut en aucun cas.

Le sucre peut se combiner avec les bases pour donner des sels : ainsi avec la chaux, la baryte, il donne des *saccharates de calcium, de baryum.*

Le sucre ordinaire se trouve à l'état de solution aqueuse dans les cellules de certains organes d'un grand nombre de végétaux, notamment dans la tige de la canne, du sorgho, du maïs; dans la sève des palmiers, des érables; dans la racine des betteraves, des carottes; dans les abricots, les oranges, les melons, les ananas, etc. On l'extrait surtout de la canne et de la betterave. En France, on ne l'extrait que de cette dernière plante.

§ II

EXTRACTION DU SUCRE DE LA BETTERAVE

Toutes les betteraves pourraient être utilisées pour fournir du sucre; mais l'industrie emploie de préférence les variétés les plus riches en cette substance, comme la *betterave de Magdebourg*, la *betterave améliorée de Vilmorin*, et la *betterave française à collet vert* ou *à collet rose*, qui contiennent jusqu'à 18 % de sucre. La fabrication comporte un certain nombre d'opérations distinctes que nous allons détailler.

Lavage et découpage. — Les betteraves doivent d'abord être débarrassées de la terre qui les enrobe en partie. Pour cela, elles sont *lavées* dans une cuve, au milieu de laquelle tourne un axe sur lequel sont implantés perpendiculairement des bras de bois, les joints d'implantation décrivant une hélice autour de cet axe. Dans ce récipient, les betteraves sont ainsi remuées, frottées les unes contre les autres, et dépouillées de la terre adhérente.

Il s'agit maintenant d'en extraire le sucre. Autrefois on commençait par râper la betterave au moyen de machines spéciales, et la pulpe produite était soumise à l'action de presses hydrauliques qui en extrayaient le jus. Plus tard on suivit un autre mode d'extraction appelé *macération* et consistant à mettre la betterave découpée en contact avec de l'eau qui dissolvait le sucre et produisait le jus sucré. Aujourd'hui on emploie exclusivement le procédé de la *diffusion*. Au sortir du wagonnet peseur, la bette-

rave est livrée à une machine qui la découpe en petites lanières appelées *cossettes*, de 12 a 15 centimètres de longueur, de 7 à 8 millimètres de largeur, et de 1 à 2 millimètres d'épaisseur. Ces lanières sont portées, sur des courroies sans fin, aux *diffuseurs*.

Diffusion. — Les *diffuseurs* sont de grands cylindres

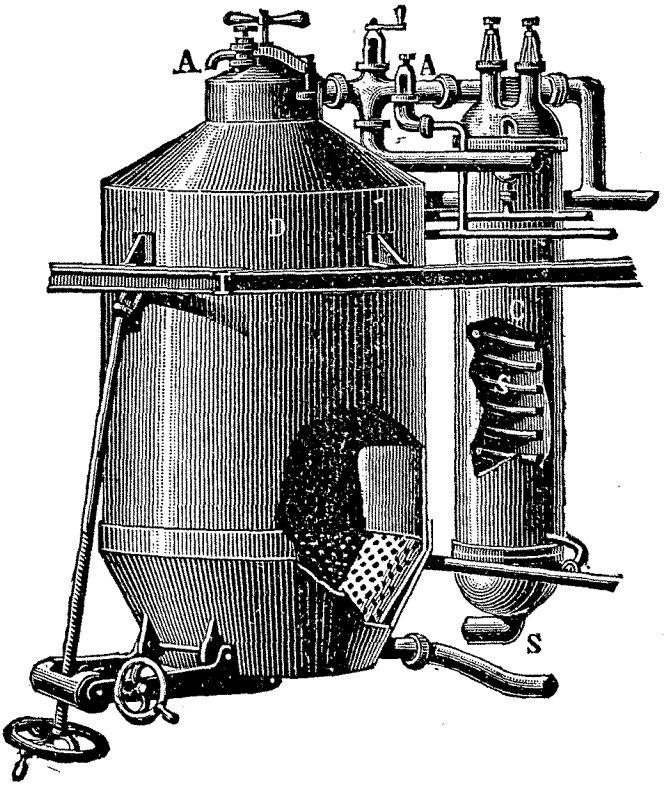


Fig. 167. — Diffuseur Cail.

D (fig. 167) à fonds tronco-coniques. L'ouverture d'entrée des cossettes est en A, celle de sortie est à l'opposé. En C se trouve un petit cylindre annexe, le *calorisateur*, destiné à chauffer, au moyen d'un serpentin à vapeur S, l'eau envoyée dans le diffuseur. Un certain nombre de ces diffuseurs sont disposés en batterie circulaire au-dessus d'un vaste bassin. Les cossettes et l'eau chaude (50°) étant en présence, il se produit le phénomène physique connu

sous le nom d'*osmose* ou *diffusion*. L'eau sucrée sort des cellules du végétal, en passant au travers des membranes cellulaires, et l'eau non sucrée va l'y remplacer en prenant le même chemin. Mais comme, pour la marche de ce phénomène, il importe que le liquide extérieur ait toujours une densité notablement inférieure à celle du liquide intra-cellulaire, on s'arrange de façon à ne pas mettre ou à ne pas laisser en présence, d'une part, de l'eau déjà suffisamment chargée en sucre, d'autre part, des cossettes déjà presque épuisées. A cette fin, on procède à une *diffusion méthodique*, faisant passer l'eau pure sur les cossettes presque épuisées, puis la conduisant sur des cossettes qui le sont moins, et ainsi de suite jusqu'aux cossettes fraîches. C'est pour ce motif que plusieurs diffuseurs (12 ou 14) sont disposés côte à côte : chacun contient les cossettes à un degré différent d'épuisement; l'eau est assujettie à les parcourir tous, en pénétrant dans chacun d'eux par le bas. Si le diffuseur qui porte le n° 1 a commencé l'opération, ce sont ses cossettes qui seront épuisées les premières; alors, l'eau entrera dans la batterie par le n° 2, le n° 1 recevra des cossettes fraîches, et c'est de là que sortira le jus sucré définitivement extrait. Quand le n° 2 aura ses cossettes épuisées, ce sera le n° 3 qui recevra l'eau pure, et le n° 2 qui tiendra la dernière place du cycle, et ainsi de suite, chaque diffuseur recevant tour à tour l'eau d'entrée. Cette eau, après avoir passé partout, peut contenir tout le sucre des betteraves traitées, de sorte que les cossettes épuisées n'en contiendraient plus que 0,15 0/0; mais, pour avoir un jus plus pur, on ne va pas jusque-là.

Défécation et carbonatation. — Il n'est pas sorti seulement du sucre des cellules, mais encore des matières albuminoïdes, des acides, etc., en quantité faible, il est vrai, mais cependant suffisante pour provoquer une rapide altération du jus. C'est pourquoi, aussitôt le liquide sorti des diffuseurs, on lui incorpore un lait de chaux représentant 3 % de chaux; puis, au moment de re-

prendre l'extraction, encore 2 %. Cet alcali neutralise les acides, se combine avec les albuminoïdes, et forme avec le sucre, du *saccharate de calcium*; c'est la *défécation*. Cette dernière opération se fait dans des bacs, dits *carbonateurs* (fig. 168) grandes caisses de tôle C,

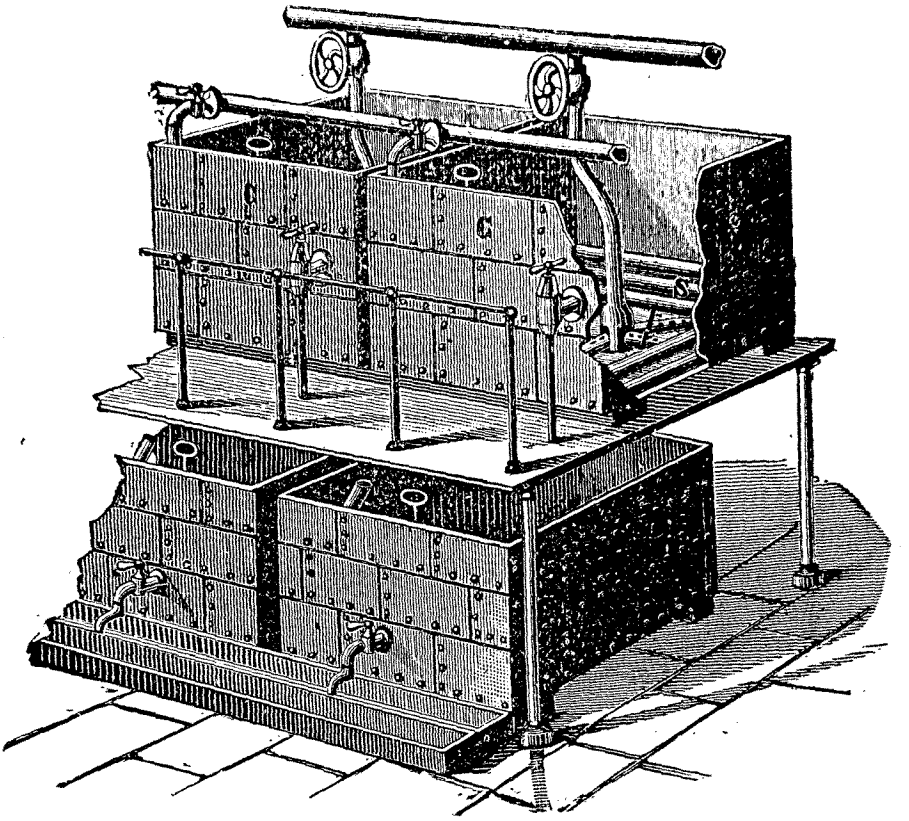


Fig. 168. — Carbonateur.

chauffées à 70° par un serpentin à vapeur S, et dans lesquelles arrive aussi un tube *t*, percé de trous, qui amène de l'anhydride carbonique qui va mettre le sucre en liberté, en s'emparant de la chaux du saccharate ainsi détruit (*carbonatation*). Les composés divers formés par la chaux, autres que le saccharate, forment une écume au fond. A la sortie du carbonateur les jus troubles tombent dans un bac mélangeur où une pompe les reprend pour

les refouler dans les *filtres-presses*. La chaux est souvent

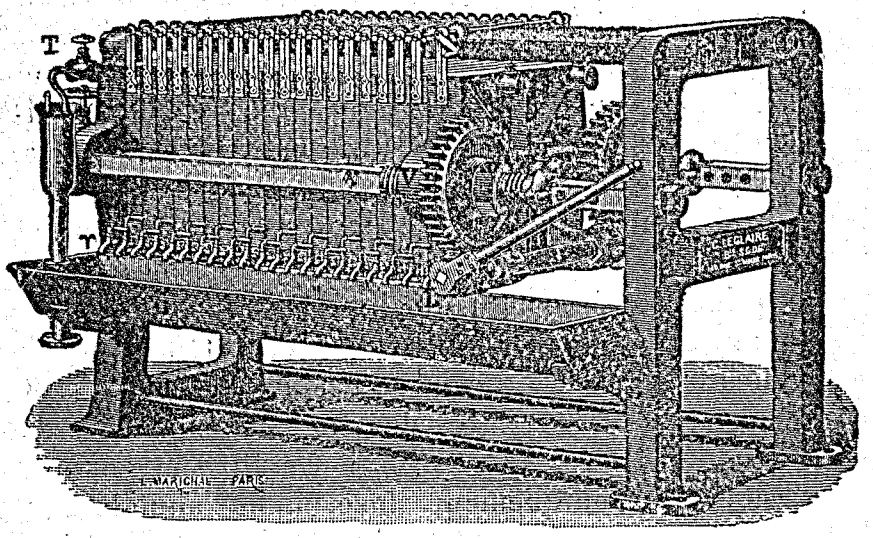


Fig. 169. — Filtres-presses.

remplacée, pour la défécation, par du sulfate d'aluminium ou de l'aluminate de baryum, qui jouent un rôle analogue. On emploie aussi la *dialyse* électrique. (Voir ci-après, le traitement de la *mélasse*).

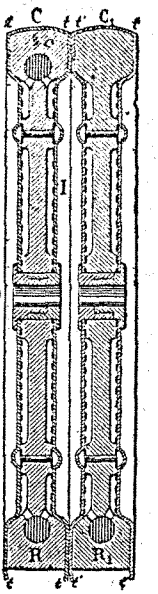


Fig 169 *bis*.

Filtration. — Les *filtres-presses* (fig. 169 et 169 *bis*) sont composés d'une série de plateaux ou cadres, C, C_1, en fonte cannelée, recouverts d'une toile filtrante *tt*, *t't'*, et présentant à leur partie centrale une ouverture O. Le jus sucré pénètre par cette ouverture dans les intervalles I des plateaux, traverse en se filtrant les toiles et les plaques perforées qui les soutiennent, puis se réunit au bas des cadres et est enfin évacué par les rigoles RR_1 et la série des robinets correspondants *r*. Les impuretés sont retenues dans les intervalles I, à l'état de boues ou gâteaux d'écume. Pour dissoudre le sucre

resté dans ces boues, on leur fait subir un lavage. Le conduit central d'admission O et les robinets de rang impair étant fermés, on fait arriver par le tuyau T et le conduit *c*, dans les plateaux de rang pair, de l'eau sous pression. Cette eau traverse les toiles et les boues, qu'elle lave, et sort par les robinets de rang pair restés ouverts. Les vis de pression V manœuvrées par le levier L ne servent qu'à maintenir les plateaux serrés les uns contre les autres.

Le liquide sucré sortant du filtre-presse subit le plus souvent une seconde carbonatation, quelquefois une troisième, destinées à lui enlever le restant de chaux qu'il a pu conserver; il est filtré de nouveau dans un *filtre mécanique,* tel que le *filtre Philippe*. Ce filtre se compose d'une caisse hermétiquement close, dans laquelle sont suspendus des sacs fermés, ne communiquant avec l'extérieur que par des tubes en fer, ligaturés sur une étroite ouverture circulaire pratiquée sur un des côtés du sac. Le liquide, amené dans cette caisse, se filtre de l'extérieur à l'intérieur, et sort du sac par le tube. Il ne constitue plus dès lors qu'une solution aqueuse de sucre concentrée, contenant environ 10 % de sucre.

Évaporation. — Il faut maintenant pousser plus loin la concentration du jus, afin que le sucre qui s'y trouve puisse cristalliser; pour cela, on doit faire vaporiser l'eau. On le porte donc à la température d'ébullition. Mais, si on le maintenait longtemps à cette température, le sucre s'intervertirait. On évite cet inconvénient en faisant bouillir le jus à une température plus basse. On sait que, si l'on diminue la pression qui s'exerce sur un liquide, la pression atmosphérique par exemple, le *point d'ébullition* de ce liquide s'abaisse. On peut donc, dans une atmosphère raréfiée, provoquer l'ébullition d'un liquide à une température plus basse. C'est ce qu'on fait dans la concentration des sirops pour en retirer le sucre. Cette opération se fait presque exclusivement dans un appareil désigné sous le nom de *triple effet*, et dont l'in-

vention est due à un ingénieur français (fig. 170). Il se compose de trois chaudières cylindriques droites A, B, C, identiques, présentant dans leur moitié inférieure un certain nombre de tubes verticaux, qui laissent entre eux un certain espace. C'est dans ces chaudières qu'est introduit le jus, qui remplit le fond sous les tubes, les tubes eux-mêmes, et encore un certain intervalle au-dessus des tubes jusqu'au milieu de la hauteur totale.

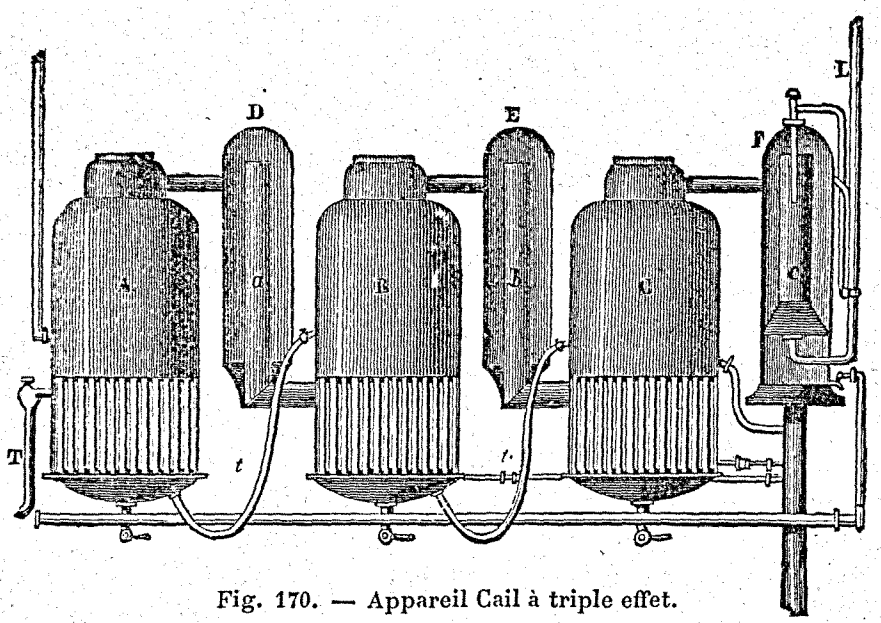


Fig. 170. — Appareil Cail à triple effet.

Chaque chaudière communique avec sa voisine de deux manières : 1° en bas, par des tubes *t, t,* destinés à faire passer le sirop de l'une dans l'autre; 2° en haut, par les tubes *a, b,* destinés au passage de la vapeur d'eau; ces tubes ne partent pas directement de la chaudière précédente, mais prennent naissance dans des manchons D, E, qui les coiffent pour assurer l'obturation. La dernière chaudière C communique avec un réfrigérant F, dans lequel on injecte de l'eau froide par L *c*.

Quand l'appareil est en fonction, il arrive par T de la vapeur d'eau provenant d'un générateur quelconque. Cette vapeur pénètre entre les tubes de la chaudière A et

porte à l'ébullition le jus qui s'y trouve. La vapeur d'eau qui s'échappe de ce jus se rend par *a* entre les tubes de la chaudière B et fait aussi bouillir leur jus; la vapeur qui s'en échappe va de même provoquer l'ébullition du jus de C. La condensation de la vapeur de C par l'eau froide injectée en F suffit pour diminuer la pression dans cette chaudière; une pompe spéciale aspire l'eau condensée. En C, la pression ne dépasse pas 80^{mm}; en B, elle est un peu plus élevée; en A, elle est encore inférieure à 760^{mm}; si bien qu'en C le liquide bout à 54°, en B à 82°, et en A à 96°. L'interversion n'est donc pas à craindre, et de plus, grâce à la disposition employée, on réalise une économie de combustible. Si, par suite du tumulte de l'ébullition, des goutelettes de sirop sont entraînées, elles tombent dans l'intervalle compris entre les tubes *a*, *b*, et les manchons D, E.

Le sirop évaporé dans la chaudière A passe dans la chaudière B, puis de celle-ci dans la chaudière C, d'où il sort au degré voulu de concentration; il marque à ce moment 23° Baumé.

Il existe aussi des *appareils à quadruple effet.*

Cuite. — Le sirop qui a subi le traitement précédent est louche et doit être éclairci. On le clarifie en le faisant passer à travers des filtres mécaniques. Un grand nombre de fabricants traitent aujourd'hui les sirops par l'acide sulfureux gazeux provenant de la combustion du soufre, pour les décolorer. On procède ensuite à la *cuite en grains.*

Le sirop est introduit dans une grande chaudière (fig. 171) chauffée intérieurement à l'aide de la vapeur qui arrive par le tube *t* pour circuler dans un serpentin S, et dans laquelle on raréfie, comme ci-dessus, l'atmosphère. Quand la concentration est assez avancée, ce qu'on reconnaît à ce qu'une goutte de sirop, prise entre le pouce et l'index, reste sur le pouce quand on écarte l'index, on continue le chauffage en alimentant de sirop, pour permettre au grain très petit qui s'est formé, de grossir, et d'arriver à son volume normal; dès que

l'appareil est plein, on coule dans des bacs rectangulaires à fonds cylindriques, munis d'agitateurs, où le cristal se nourrit encore pendant 12 à 24 heures. Puis la masse est envoyée au *turbinage*.

Turbinage. — La masse en question est formée de cristaux nageant dans un liquide brun. Pour séparer ces deux éléments, on la verse dans une *turbine*, appareil qui n'est autre chose qu'une essoreuse. C'est une sorte de panier cylindrique en métal, fixé à un axe central et pouvant tourner dans une caisse à la vitesse de 2.000 tours par minute. Pendant la rotation, la force centrifuge projette tout le liquide au travers de trous percés dans les parois du panier, et les cristaux restent à l'intérieur, formant ce qu'on appelle le *sucre de premier jet*, bien blanc. Quant au liquide, ou *sirop d'égout*, il est évacué par un tube. Comme il pourrait arriver que la mélasse adhère tellement aux cristaux qu'elle ne puisse s'en détacher totalement, on verse dans la turbine un peu de sirop faible (*clairce*) pour la rendre plus fluide et en favoriser le départ. En même temps que la clairce, on envoie dans le panier

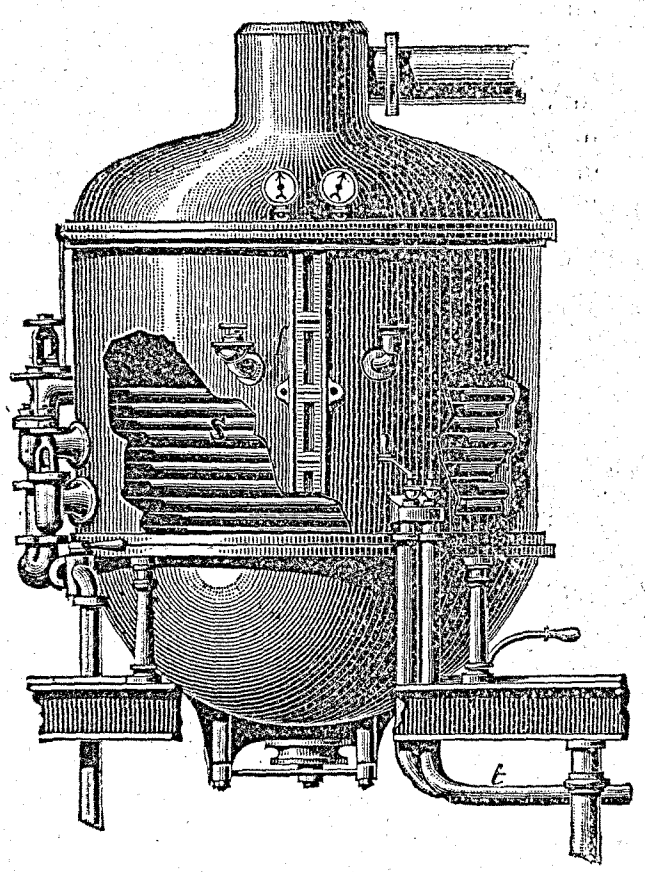


Fig. 171. — Chaudière à cuire.

de la turbine, à la fin de l'opération un jet de vapeur qui achève de chasser le sirop et qui dessèche complètement le sucre. Ce dernier est exposé à un courant d'air, puis mis en sacs.

Le sirop d'égout contient encore du sucre non cristallisé. Pour l'en extraire, après une nouvelle cuite dans le vide, on le fait cristalliser dans des bassins placés dans des locaux chauffés à 45°, appelés *emplis*. On turbine et l'on obtient le *sucre de second jet*, moins blanc que le premier. Le sirop de cette deuxième opération peut encore être traité de la même manière à 60°, et fournir un *sucre de troisième jet*. La *mélasse*, résidu de cette troisième opération, est livrée aux distillateurs, qui lui font subir la fermentation alcoolique et en extraient l'alcool dit *de mélasse*; le résidu, ou *vinasse*, sert à fabriquer de la potasse (voir 2e Partie, chap. II, §II).

On peut cependant encore extraire du sucre de la mélasse. On se sert pour cela du *dialyseur*. C'est une haute caisse divisée, en hauteur, en plusieurs compartiments communiquant deux à deux. Les séparations de ces compartiments sont de simples feuilles de parchemin végétal. La mélasse, étendue d'eau, circule dans les compartiments pairs, et de l'eau chaude circule dans les compartiments impairs; un peu de cette eau passe dans la mélasse au travers du parchemin, mais elle reçoit du sucre de la mélasse par la même voie, si bien qu'elle devient un sirop dont on peut retirer le sucre. La mélasse ainsi traitée, ne peut plus faire que de la potasse. En faisant communiquer respectivement chacun des pôles d'une pile électrique avec chaque série de compartiments, on a un *dialyseur électrique*, plus actif.

Raffinage. — Le sucre de premier jet est assez blanc pour être livré à la consommation; on le vend en effet sous le nom de *sucre cristallisé*. Mais les sucres de second et de troisième jet sont d'une couleur plus ou moins jaune, surtout s'il s'agit de sucre de canne *(cassonade)*. Pour les livrer au commerce, il faut leur faire subir une série d'opérations dont l'ensemble constitue le *raffinage*. Si l'on veut mettre le sucre de premier jet sous forme de *pains*, il faut aussi le raffiner.

La cassonade de canne a une réaction acide; celle de betterave a plutôt une réaction basique, due à la présence d'un peu de chaux. C'est pourquoi on mélange souvent la cassonade de betterave avec une certaine quantité

de cassonade de canne pour obtenir un sucre neutre.

On fond d'abord dans de l'eau chaude la cassonade ou les cassonades mélangées, c'est la *fonte*. On ajoute assez d'eau pour que le sirop ainsi obtenu marque de 37° à 39° Baumé. Puis on y incorpore du noir animal en poudre et du sang de bœuf, et l'on porte à l'ébullition. La fibrine et l'albumine du sang se coagulent, emprisonnent à la fois les impuretés et les grains de noir, constituant ainsi une masse de couleur brun foncé qui vient former un chapeau à la surface. Un malaxeur agite constamment le tout.

Quand on juge que le chapeau ne s'accroît plus par l'adjonction de nouvelles impuretés, on fait passer le liquide dans un monte-jus, d'où il se rend de lui-même dans une *chaudière à clarifier*, récipient chauffé à la vapeur. Cette chaudière communique avec une pompe pneumatique par laquelle on peut raréfier l'air sur le sirop. Là, toutes les écumes se ramassent définitivement sur le liquide, et celui-ci, au-dessous, est considérablement éclairci. Le sirop ne tarde pas à atteindre 100°.

A ce moment, on dirige le liquide vers des filtres mécaniques où il se *filtre*, laissant, à l'extérieur des sacs, des boues fines qui le souillaient encore. Pour plus de sûreté, on le fait encore passer, au sortir de là, dans de grandes colonnes de 10 à 12 mètres de hauteur remplies de noir animal en grains. Il s'y filtre encore et s'y décolore complètement.

On procède ensuite à une *cuite*. Elle se fait dans des *chaudières à cuire*, identiques à celles que nous avons déjà vues, mais en cuivre. On cuit rapidement, en ne raréfiant que faiblement l'air. Quand les cristaux apparaissent, on envoie la masse cuite dans un grand bac en cuivre, à double fond, maintenu à une température de 80°.

On puise dans ce bac pour remplir les *formes*. On appelle ainsi les moules coniques qui vont donner le pain de sucre; elles sont placées la pointe en bas, et cette

pointe est percée d'un trou qui, au moment de la *coulée*, est fermé par un tampon de linge, appelé *tapette*. Les formes, une fois pleines, sont portées dans un grenier chauffé à 35°, sans courant d'air, et abandonnées à elles-mêmes. Quand la croûte du dessus s'est établie, on la brise, et l'on brasse la masse dans chaque forme, pour assurer une cristallisation régulière (*opalage*).

Au bout de huit heures environ, on porte les formes

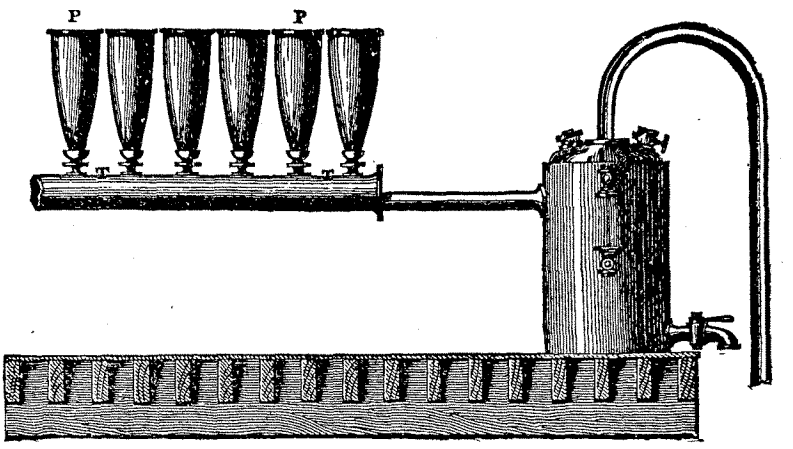


Fig. 172. — Sucette pour le clairçage pneumatique des pains.

dans d'autres locaux, où on les place sur des tables percées de trous (*lits-de-pains*), chacune étant engagée dans un de ces trous, et l'on enlève les tapettes. Le sirop qui imprègne encore le pain coule et s'égoutte peu à peu, mais, comme il en resterait encore beaucoup à cause de sa grande viscosité, on l'aide à sortir en procédant au *clairçage,* qui consiste à verser sur la base de chaque pain une petite quantité d'un sirop faible et bien pur, qui pénètre dans la masse et entraîne l'autre; on en ajoute jusqu'à ce que le liquide sorte incolore.

Enfin, pour extraire de la masse du pain de sucre les dernières traces de sirop, on porte les formes P, P, sur une rampe T, T, ou gros tuyau muni de trous, dans lesquels on peut les introduire. Une machine pneumatique

fait le vide dans ce tuyau et la pression atmosphérique force tout le sirop à s'écouler vers le bas (fig. 172).

Il ne reste plus qu'à dresser la base du pain, à le *locher*, c'est-à-dire à le retirer de la forme, à le sécher par une exposition de huit jours dans une étuve maintenue à 55° par un courant d'air chaud circulant de bas en haut, et à l'habiller de papier.

La fabrication du sucre en pain tend de plus en plus à être remplacée par celle du sucre en tablettes rectangulaires, plus aptes à être sciées mécaniquement.

De son côté le clairçage pneumatique cède partout la place au clairçage par turbinage.

L'industrie du sucre tend à se scinder en trois industries distinctes. Déjà le *raffinage* est fait depuis longtemps dans quelques usines spéciales à Paris, à Marseille, à Nantes; mais la préparation du jus elle-même se fait maintenant le plus souvent dans des *râperies* situées sur les lieux de récolte. Ces établissements exécutent les opérations du lavage, du découpage et de la diffusion, puis envoient le jus, additionné de 2 °/₀ de chaux, aux *sucreries* proprement dites, qui peuvent ainsi être alimentées par plusieurs râperies. Ces deux sortes d'installations, en France, sont localisées dans la région du Nord.

CHAPITRE VIII

Confiserie.

La *confiserie* est l'art de fabriquer les produits alimentaires à base de sucre. Le nombre de ces produits est considérable et la nature en est très variée, de sorte qu'il est difficile d'en établir une classification rigoureuse. En principe, la *confiserie* comprend particulièrement la préparation des *confitures* et des *fruits confits*; elle comprend aussi la fabrication des *bonbons*, produits dans lesquels le sucre, au lieu d'être simplement, comme dans les deux produits précédents, un édulcorant et un agent conservateur, est l'élément principal; les *dragées* sont une sorte de bonbons. On peut rattacher la fabrication du *chocolat*

à la confiserie et, en fait, beaucoup de confiseurs fabriquent eux-mêmes leur chocolat.

§ Ier

CONFITURES ET FRUITS CONFITS

Les *confitures* et les *fruits confits* sont préparés par les procédés que nous avons indiqués à propos de la préparation des conserves alimentaires. Mais, en outre, le confiseur fait souvent subir aux fruits confits d'autres traitements spéciaux ayant pour but d'en varier l'aspect et la saveur. C'est ainsi qu'il prépare les *fruits glacés*, dont nous avons aussi parlé; les *fruits bottés*, c'est-à-dire enveloppés d'un enrobage de *sucre fondant* préparé comme il sera dit plus loin, au moyen d'un simple trempage à chaud dans ce sucre; les *fruits cristallisés* ou *candis*, qu'on obtient en plaçant les fruits dans un *candissoir* (cristallisoir), au sein d'un sirop marquant 35° Baumé, et en les abandonnant ainsi pendant six à huit heures dans une étuve à air chaud, maintenue à une température de 30°, ce qui a pour effet de les couvrir d'une enveloppe de jolis cristaux de sucre candi.

§ II

BONBONS

Les *bonbons* sont des préparations de sucre, aromatisées avec des parfums, colorées quelquefois avec des couleurs artificielles, et dans lesquelles entrent fréquemment des pâtes de fruits, des amandes ou des pistaches pilées. Les variétés en sont extrêmement nombreuses, et il ne saurait être question de les énumérer ici, à plus forte raison d'en donner la description et les procédés de fabrication. On peut toutefois les grouper approximativement en quatre catégories : les bonbons de *sucre mi-ouvrés* ou *bonbons cristallins*, tels que les *pastilles* et *pastillages*; les bonbons *de sucre fondant* ou *bonbons mous*, tels que les *fondants*; les bonbons de *sucre cuit*, ou

bonbons durs, tels que les *berlingots*, les *drops*, les *pralines*, les *caramels* (qui n'ont que le nom de commun avec le sucre chauffé à 220°), les *nougats*; les bonbons de *sucre cristallisé* ou *bonbons candis*, tels que les *œufs*, les *bonbons liqueurs*.

Nous allons, pour chacune de ces catégories, exposer sommairement en quoi elle consiste, et donner le procédé général servant à préparer les bonbons qui la composent; nous prendrons l'un d'eux comme exemple.

Dans la fabrication des bonbons de *sucre mi-ouvré*, ou *bonbons cristallins*, on ne fait subir au sucre qu'un demi-travail; ces bonbons ont la structure cristalline. Les pastilles de menthe et les pastilles de Vichy en sont des exemples connus. Pour préparer les pastilles de menthe, on mélange du sucre en poudre avec un peu d'eau, de telle sorte qu'une partie seulement des cristaux de sucre puisse se dissoudre. On brasse ce mélange; on obtient ainsi une pâte demi-fluide, dans laquelle on verse le parfum voulu, et qu'on coule ensuite sur une surface froide, telle qu'une table de marbre légèrement huilée. On ne laisse tomber qu'une goutte à la fois; elle s'étale, se solidifie et donne une pastille. Il existe des *pastilleuses* mécaniques dont le fond, percé comme un crible, laisse tomber les gouttes sur une sole sans fin défilant au-dessous. Les pastilles de Vichy sont en outre comprimées.

Les bonbons de *sucre fondant*, ou *bonbons mous*, sont ainsi appelés parce qu'ils sont mous au toucher et qu'ils se dissolvent dans la bouche avec la plus grande facilité. Pour faire ces bonbons, on prépare un sirop qu'on amène par l'ébullition *au boulé*, c'est-à-dire à un point de concentration au delà de 40° Baumé, tel que le pèse-sirop ne peut plus fonctionner; on reconnaît que cette concentration est suffisante à ce que le sirop, pris dans la bassine avec le pouce et l'index préalablement trempés dans l'eau froide, adhère un peu à la peau, mais pas assez cependant pour qu'on ne puisse pas en faire une boulette en le roulant entre les doigts. A ce moment, on le par-

fume, puis on le coule sur une surface froide, et, avec une spatule en fer, on le brasse jusqu'à ce qu'il devienne solide et qu'il perde sa transparence. On le transforme alors en bonbons par *trempage* ou par *coulage*. Pour faire des bonbons par *trempage*, on façonne des boulettes, soit avec ce sucre fondant ainsi préparé et mélangé à d'autres aromates, soit avec d'autres pâtes et, après l'avoir ramené, par un léger chauffage, à un état demi-fluide, on y trempe ces boulettes, qui s'entourent ainsi de fondant, et constituent un bonbon à deux parfums différents. Le *coulage* ne donne qu'un parfum; pour procéder ainsi, on prépare un cadre de bois plein d'amidon, dont la surface supérieure est bien aplanie; avec une planche munie en dessous de saillies ayant la forme qu'on veut donner aux bonbons, on appuie sur la surface de l'amidon; les saillies s'impriment et donnent ainsi des moules, dans lesquels on n'a plus qu'à couler le fondant à l'état mi-fluide. L'amidon accélère la dessiccation, et les bonbons, une fois secs et nettoyés, peuvent être livrés à la consommation. Le plus souvent, qu'il s'agisse de fondants trempés ou de fondants coulés, on les recouvre de sucre candi, en procédant comme il a été dit à propos des fruits.

Les bonbons *au sucre cuit*, ou *bonbons durs*, sont obtenus avec du sucre dont la concentration a été poussée encore plus loin que pour les précédents, jusqu'*au cassé*, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'une goutte de sirop, prise entre le pouce et l'index, n'adhère plus aux doigts et forme à l'air une petite masse cassante. Après avoir reçu le parfum, ce sirop est coulé sur une surface froide. Il s'étale et commence à se solidifier; à ce moment, s'il s'agit de *caramels*, on le découpe en petits carrés à l'aide d'une sorte d'emporte-pièce formé d'un cadre présentant, au lieu de fond, un réseau de lames de fer verticales qui déterminent une série de rectangles ayant les dimensions d'un bonbon. La solidification achevée, une simple pression du doigt détache ces carrés les uns des autres. S'il s'agit de *berlingots*, pendant que le sirop se refroidit, on

le remue avec une spatule; on le ramasse en une boule, et, dès qu'on peut saisir cette dernière sans se brûler, on l'étire longuement. Le sucre devient opaque, et cet étirage lui donne une apparence soyeuse. Avant que la masse soit tout à fait solide, on la passe dans un laminoir dont les cylindres présentent des concavités de la forme des berlingots. Les *pralines* sont des amandes qui, après avoir reçu un léger enrobage de sucre par un trempage dans du sirop faible, sont grillées, puis agitées dans une bassine maintenue chaude avec du sirop de sucre cuit dont elles s'enrobent.

Les bonbons au *sucre cristallisé*, ou *bonbons candis*, sont fabriqués, comme leur nom l'indique, avec du sucre candi. C'est ainsi que se font les *œufs de Pâques* en sucre. Le sirop est concentré jusqu'à 38° Baumé, et coulé dans l'amidon, comme les fondants, ou dans des moules en plâtre qui absorbent aussi l'eau. La partie la plus externe, perdant son eau, cristallise; à l'intérieur, il reste du liquide qu'on vide par un trou ménagé dans la paroi. Les gros œufs sont faits en deux moitiés qu'on réunit ensuite.

Les *bonbons liqueurs* sont faits avec du sirop concentré à 35° Baumé, dans lequel on a versé la liqueur qu'ils doivent contenir. On les coule dans l'amidon et, par un phénomène singulier, dû à la dessiccation rapide opérée par l'amidon, tout le jus sucré se porte à l'extérieur, y cristallise, et la liqueur reste seule à l'intérieur. Pour assurer la solidité de la croûte de sucre candi ainsi formée, on la recouvre d'une autre couche de sucre candi en procédant comme pour les fruits.

Dans la confiserie à bon marché, beaucoup de bonbons sont fabriqués avec des machines appropriées; la glucose remplace pour une bonne partie le sucre; les parfums sont fréquemment des essences chimiques qui n'ont que le nom de commun avec les fruits ou fleurs dont elles sont censées sortir; les couleurs sont quelquefois des sels métalliques, qui ne sont pas toujours inoffensifs.

§ III

DRAGÉES

Les *dragées* ne sont autre chose qu'un noyau (amande, noisette, anis) enrobé de sucre. Ce sucre est ici venu de sirop faible, et non de sucre cuit, comme dans les pralines. La fabrication de la dragée, indépendamment de la préparation du noyau, comprend quatre opérations qui peuvent être réduites à trois : le *garnissage,* le *blanchissage*, le *remplissage* et le *lissage;* ce sont ces deux dernières qu'on effectue quelquefois en une seule, appelée le *finissage*. Les noyaux, bien décortiqués et nettoyés, sont mis dans une grande bassine en cuivre, suspendue par deux boucles au plafond; l'opérateur projette dessus du sirop à 34° et, après avoir allumé au dessous un foyer d'intensité modérée, il saisit la bassine par deux anses et la balance pour remuer les noyaux, qui s'enrobent ainsi de sirop; ce dernier se solidifie à leur surface. Quand ils sont secs, ce qui demande un quart d'heure, il projette une nouvelle quantité de sirop, remue de nouveau la bassine, et ainsi de suite, en ayant toujours soin de ne mettre que peu de sirop à la fois et seulement quand tout est sec. On ajoute généralement alors un peu de gomme adragante en dissolution, pour que la dragée soit moins cassante. Tel est le *garnissage*.

Le lendemain, on procède au *blanchissage*. Il consiste à recommencer le travail de la veille, avec du sirop à 33°, dans lequel on a dilué un peu d'amidon.

Le *remplissage* et le *lissage*, auxquels on procède ensuite, se font presque à froid, avec un sirop marquant seulement 32°.

Dans les grands ateliers, les bassines B ne sont pas remuées à la main : elles sont montées par le milieu de leur fond sur un pivot, incliné d'environ 30° sur l'horizontale et tournant avec lui (fig. 173). La vapeur circule dans leurs parois, qui sont souvent constituées par le tube

à vapeur lui-même enroulé en spirale. On projette à l'intérieur le sirop à la main. Un tuyau T, venant au devant de la bassine, lui insuffle à l'intérieur de l'air chaud ou froid, suivant les besoins.

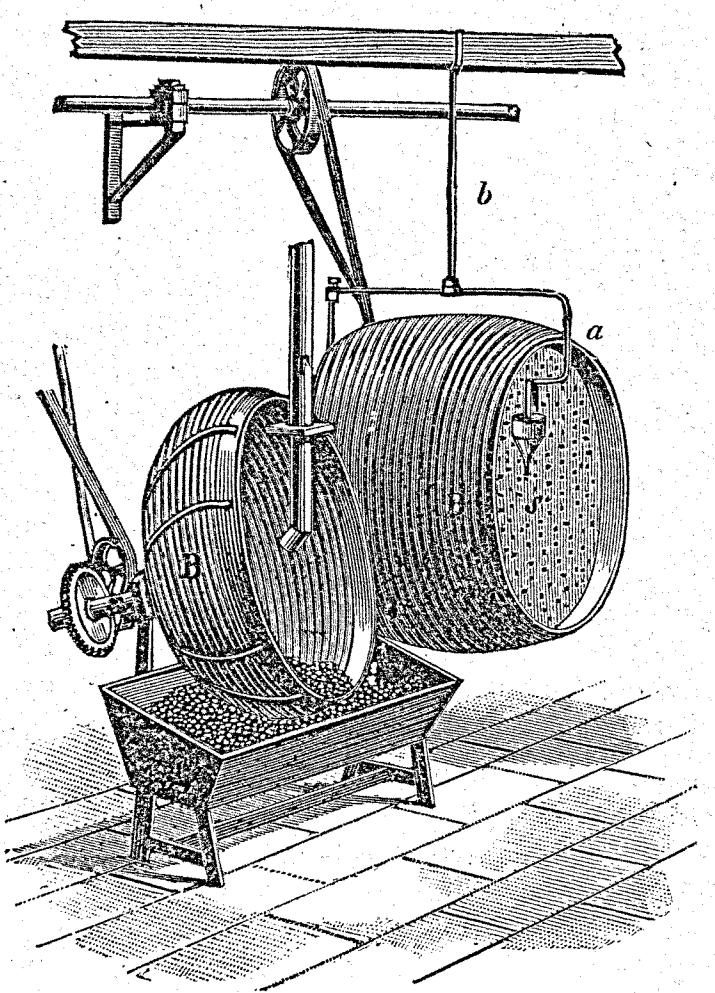


Fig. 173. — Bassines mécaniques pour la fabrication des dragées.

Les petites dragées désignées sous le nom de *perles* sont faites dans une bassine spéciale B, dans laquelle un entonnoir S laisse tomber goutte à goutte un sirop plus concentré (cuit *au filé*) que celui qui sert à faire le premier enrobage, et qui, en se solidifiant instantanément, produit des aspérités à leur surface.

On fait des *dragées-liqueurs* avec des *bonbons-liqueurs*, qu'on traite comme les amandes.

Les dragées à bon marché contiennent ordinairement une certaine quantité de farine incorporée au sucre.

§ IV

CHOCOLATERIE

Le *chocolat* est une pâte solide formée d'un mélange de *cacao* et de sucre, aromatisé par de la vanille, de la cannelle ou tout autre aromate. Le grain de cacao contient en moyenne 11 % d'eau, 10 % d'amidon, 50 % de *beurre de cacao*, analogue aux graisses ou huiles, 20 % de *légumine*, matière azotée, et 3 % d'un alcaloïde, la *théobromine*, qui donne le parfum spécial au cacao après qu'il a été fortement grillé; le reste consiste en cellulose et en sels minéraux.

La première opération à faire subir aux grains de cacao est la *torréfaction*, sorte de grillage auquel ils sont soumis dans un appareil analogue à celui qui sert à torréfier le café : leur arome se dégage. Ils sont ensuite livrés à un appareil *décortiqueur* qui les débarrasse de leur enveloppe, rendue fragile par la chaleur. Puis ils passent dans un *tarare* analogue à celui dont il a été parlé à propos de la meunerie, et là, le courant d'air enlève les pellicules ou débris d'enveloppe.

Les grains ainsi décortiqués sont ensuite *broyés* dans un *mélangeur*, appareil formé tantôt de deux cylindres de granit tournant comme des laminoirs, tantôt de meules de granit tournant verticalement dans une auge, comme celles qui servent à l'extraction de l'huile. Il se produit, par ce broyage, non une simple poudre, mais une pâte très fluide, formée par le beurre de cacao, dans lequel nage tout le reste. Ce produit peut se vendre tel quel: c'est le *cacao*. En lui enlevant 70 à 80 % de son beurre, on a une poudre qu'on vend sous le nom de *poudre de*

cacao. En l'incorporant à de la glucose, on en fait du *cacao en feuilles*.

Le *cacao*, ainsi préparé, doit recevoir du sucre pour devenir du chocolat. Dans une caisse légèrement chauffée, on mélange du cacao avec environ les deux tiers de son poids de sucre; on ajoute les aromates nécessaires, et l'on porte le tout à une autre *broyeuse*, composée de cylindres de granit formant laminoir. La pâte passe un grand nombre de fois entre ces cylindres, qu'on rapproche de plus en plus, et l'on a soin de la maintenir toujours assez chaude pour qu'elle reste suffisamment fluide ; le mélange se fait ainsi d'une façon parfaite. Il ne reste plus qu'à mouler cette pâte. On la place dans des moules, où on la comprime avec le doigt. On réunit plusieurs moules sur une planche et l'on secoue cette planche, ce qu'on appelle *tapoter*. Le *tapotage* a pour objet de faire pénétrer la pâte dans les recoins du moule, d'expulser l'air qui pourrait y être resté emprisonné, enfin de forcer le beurre à se porter un peu à l'extérieur de la pâte, ce qui donnera le brillant à l'objet démoulé. Il existe des machines appelées *tapoteuses*. Certains objets de chocolat, moulés avec de la pâte très liquide, ne subissent pas le tapotage. Il ne reste plus qu'à refroidir le chocolat brusquement pour pouvoir le démouler.

Les chocolats à bon marché contiennent souvent de la glucose au lieu de sucre, et certaines graisses en remplacement d'une partie du beurre de cacao, qui a été enlevée.

La confiserie est une industrie qui s'exerce un peu partout; cependant quelques localités se sont fait une spécialité de certains produits : ainsi Clermont-Ferrand pour les fruits confits, Verdun pour les dragées, Montélimart pour les nougats, etc.

CHAPITRE IX

Fabrication du Vin.

§ Ier

NATURE ET CLASSIFICATION DES VINS

Le *vin* est un liquide résultant de la *fermentation alcoolique* du *moût de raisin*. En écrasant ce fruit, on en exprime la pulpe semi-fluide qui est à l'intérieur : c'est cette pulpe qui forme le *moût*.

Le moût est formé surtout par de l'eau, qui contient en dissolution beaucoup de glucose mélangée à un peu de lévulose, ce qui constitue du sucre inverti, ou interverti, des albuminoïdes, des gommes, des acides, des sels, notamment du bitartrate de potassium, et d'autres matières, dites *extractives*, parmi lesquelles se trouvent celles qui donneront au vin son *bouquet* (odeur et saveur). La pellicule contient une matière colorante, et la rafle du tannin. Ces deux produits se retrouveront dans le vin, si le moût n'est pas séparé des pellicules et des rafles.

C'est aux dépens de la *glucose* et de la *lévulose* que se produit la fermentation. Sous l'influence d'un ferment spécial, le *ferment alcoolique*, ces corps se dédoublent en *alcool ordinaire* et *anhydride carbonique*, avec production secondaire d'un peu de *glycérine* et d'*acide succinique*. Ce microbe est déposé par l'air sur la pellicule du raisin, mais il ne commence la fermentation que lorsque, par l'écrasement, on l'a mis en contact avec la pulpe.

Le vin se compose d'eau, d'alcool ordinaire (de 4 à 20 °/₀), de glycérine, d'acide succinique, de matières albuminoïdes, de matières gommeuses, d'acides minéraux, de sels, d'*éthers* et d'*aldéhydes* qui forment le bouquet, et qui se sont développés par une transformation chimique des matières extractives, opérée parallèlement à la fermentation des matières sucrées, et grâce à la chaleur déga-

gée par cette fermentation. Beaucoup de vins contiennent encore des matières sucrées qui n'ont pas complètement fermenté. D'autres contiennent de l'anhydride carbonique qu'on n'a pas laissé échapper. On divise par conséquent les vins en *vins secs*, tels que les Bordeaux ou les Bourgognes, dont tout le sucre est devenu de l'alcool et dont la saveur est astringente; en *vins doux*, tels que le Madère, le Malaga, le Porto, le Frontignan, qui ont une saveur sucrée, parce qu'ils contiennent encore des matières non fermentées, et en *vins mousseux*, tels que le Champagne, le Saint-Péray, l'Asti, qui contiennent en dissolution de l'anhydride carbonique. Les deux premières catégories se subdivisent en *vins blancs* et *vins rouges*. Ces derniers ont gardé la matière colorante de la pellicule.

On désigne les diverses variétés de vins par le nom de leur terroir d'origine. Ils se distinguent entre eux surtout par le bouquet. Les différences de saveur tiennent en grande partie aux différences de composition chimique du sol qui a fourni le raisin; c'est ainsi que les vins de Bordeaux ont une saveur caractéristique, due au fer qu'ils contiennent. Les différences d'odeur et, pour une partie, les différences de saveur, tiennent à ce que les matières extractives n'ont pas la même nature ou les mêmes proportions dans tous les moûts, et à ce que les transformations qu'elles subissent sont aussi des fermentations, dues à des microbes qui ne sont pas partout les mêmes; ainsi, on arrive à donner à un vin un bouquet qui appartient à un autre vin, en ensemençant simplement le moût du premier avec de la *levure* prise dans le second, c'est-à-dire avec une portion de ce dernier renfermant les microbes qui transforment ses matières extractives.

§ II

DÉTAILS DE LA FABRICATION

Vins rouges. — La fabrication du vin rouge comporte trois opérations principales : le *foulage*, la *fermentation* et l'*entonnelage*.

Les raisins, cueillis et apportés au cellier où doit se faire la fermentation, sont soumis au *foulage*. Cette opération consiste à écraser le fruit, pour permettre au ferment d'entrer en contact avec la pulpe, et faire en sorte que la masse occupe moins de volume. Pour ce travail, on étale une certaine quantité de raisin sur une surface plane munie de rebords, et on la piétine avec les pieds

nus; quand on a obtenu une bouillie suffisamment liquide, on jette le tout, jus et pulpe, dans la cuve à fermentation. On peut fouler aussi au *fouloir*, sorte de laminoir formé de deux cylindres cannelés, entre lesquels on fait passer les raisins qui sont ainsi écrasés. Pour certaines variétés de raisins, contenant dans leurs pellicules assez de tannin pour qu'on puisse se passer de celui des rafles, qui n'aurait d'autre effet que de donner de l'amertume au vin, on fait précéder le foulage d'un *égrappage*, opération qui consiste à arracher les grains de raisin de leur rafle, et qui se fait dans des baquets, à l'aide de fourches en bois à trois dents (*égrappoirs*) ou à travers des claies.

La *fermentation* peut se faire dans deux sortes de récipients : les uns, appelés *cuves*, sont de grands cylindres généralement en bois posés debout et sans fond supérieur. Dans ces récipients, la fermentation s'opère à l'air libre; l'acide carbonique qui se dégage se diffuse dans l'atmosphère; le dessus du moût se trouve ainsi en contact avec l'oxygène de l'air qui peut transformer une partie de l'alcool en acide acétique, et les produits qui donnent au vin son bouquet peuvent s'évaporer. Il se forme à la surface une croûte d'écume et de rafles qu'il faut enfoncer de temps à autre dans le moût avec un *refouloir*, sorte de fourche, pour éviter l'acétification. On peut la maintenir submergée, en la chargeant d'un grand disque en bois percé de trous. Les autres récipients sont des foudres, posés horizontalement, sans autre ouverture qu'une bonde assez étroite, et qui, par cela même, ne présentent pas les inconvénients des cuves dont ils jouent cependant le rôle. Dans les pays chauds, à cause de la température ambiante qui peut être très élevée au moment du travail, on est obligé de maintenir les cuves au frais, pour qu'il ne se produise pas de fermentations parasites pendant ou après la fermentation alcoolique; c'est ce qu'on obtient en se servant de cuves en maçonnerie, dont l'intérieur est garni de carreaux en terre cuite vernie, et qui sont parfois creusées dans le sol. On arrive

au même résultat en faisant circuler autour de la cuve, par un dispositif approprié, un liquide réfrigérant, ou encore, en employant un appareil analogue au *réfrigérant Baudelot* (fig. 174), mais qui en diffère cependant en ce que c'est le moût qui circule dans les tuyaux, et l'eau qui tombe en pluie. C'est une pompe qui produit la circulation, c'est-à-dire qui aspire le moût de la cuve pour l'y refouler ensuite, et cela, pendant toute la durée de son séjour dans ce récipient; sa fermentation n'est pas entravée par ce déplacement. Aussitôt introduit dans la cuve, le moût entre en fermentation, si la température n'est pas inférieure à 20°. On entend un bruissement à l'intérieur, et, quand ce bruissement cesse, le travail biologique et chimique est achevé.

Lorsque la fermentation est terminée, on procède au décuvage et à *l'entonnelage*. On soutire le jus, c'est-à-dire le *vin*, et on le conduit par une série de tuyaux dans les pièces ou tonneaux; s'il s'agit de cuves creusées dans le sol, on emploie une pompe. Dans tous les cas, le vin doit être exposé le moins possible au contact de l'air, qui pourrait acétifier l'alcool et déposer dans le liquide d'autres germes provoquant des fermentations ultérieures, appelées *maladies du vin*. Les tonneaux ont dû être au préalable bien nettoyés à l'eau bouillante, stérilisés par l'anhydride sulfureux qu'on produit en brûlant du soufre à leur intérieur, et, s'il y a lieu, débarrassés de toute moisissure au moyen d'un lavage à l'eau additionnée d'acide sulfurique, qu'on fait suivre d'un vigoureux rinçage. Dans le tonneau, la fermentation continue ordinairement, car il reste toujours dans le liquide un peu de glucose non décomposée; mais elle est très lente et ne se manifeste que par un peu d'écume qui monte à la surface; on ne l'entrave pas, on laisse la bonde ouverte. Tantôt on fait sortir l'écume, en ajoutant plusieurs fois du vin: c'est ce qu'on appelle *ouiller*; tantôt on ne remplit pas entièrement le tonneau; l'écume se ramasse à la surface du vin; mais, quand la fermentation est achevée, elle se précipite au fond : c'est

alors qu'on ferme la bonde. Le vin, une fois enfermé, se clarifie, par le dépôt de toutes les matières en suspension; ce dépôt, dans lequel se trouvent beaucoup de matières colorantes et une grande partie du bitartrate de potassium précipité par l'alcool et par l'abaissement de la température, se nomme la *lie*. Pour séparer le vin des lies qu'il dépose successivement, on le change plusieurs fois de tonneau (soutirage). Enfin, on le rend tout à fait limpide en le *collant*, c'est-à-dire en le battant avec du blanc d'œuf, du sang de bœuf, de la gélatine ou de la colle de poisson. L'albumine, la fibrine ou la gélatine, coagulées par l'alcool ou combinées avec le tannin, forment un voile membraneux qui descend lentement, emprisonnant et entraînant sous lui toutes les matières qui restaient en suspension.

Telles sont les opérations principales qui concourent à la fabrication du vin; mais parallèlement à celles-là, ou s'y superposant, ont lieu des opérations accessoires. Ainsi le résidu de la cuve, composé des rafles et des pellicules et constituant ce qu'on appelle le *marc de raisin*, contient encore du vin retenu par adhérence. On l'en extrait en soumettant la masse au *pressurage*, sous un *pressoir* mécanique, appareil composé d'une vis verticale implantée au milieu d'un plateau à rebords formant cuvette, et le long de laquelle on fait descendre un énorme écrou qui appuie sur un plateau. Ce dernier comprime le marc et en exprime ainsi le jus, qui est du vin de seconde qualité. Le marc est ensuite soumis à une distillation qui en retire l'*eau-de-vie de marc;* le résidu final sert d'engrais.

Il existe une autre manière de tirer parti du marc qui reste dans la cuve; c'est la *pétiotisation* ou *sucrage*, qui consiste à faire une seconde cuvée de vin, en provoquant une deuxième fermentation par l'addition de sucre. On verse dans la cuve de l'eau sucrée (20 kilog. de sucre pour 100 litres d'eau). Ce sucre s'intervertit, puis fermente et donne un vin de seconde cuvée de qualité inférieure, appelé *vin de sucre*. Le marc est ensuite pressuré comme à l'ordinaire. On a même procédé parfois à une troisième cuvée par une nouvelle addition de sucre.

Il ne faut pas confondre l'opération précédente avec la *chaptalisation*, qui consiste à ajouter du sucre au moût dès la première fermentation, lorsque les raisins sont incomplètement mûrs et ne contiennent pas assez de glucose.

Lorsqu'on ne fait pas de sucrage, on traite quelquefois les marcs,

après le pressurage, par de l'eau chaude, qui fournit une boisson appelée *piquette*. Mais, dans ce cas, la distillation qui devrait se faire ensuite n'est pas effectuée.

Une opération très fréquente est le *plâtrage*. Elle se fait en vue de la conservation du vin. On répand sur le moût, avant que la fermentation commence, 1 k. de plâtre en poudre pour 3 ou 4 hectol. de vendange. Le plâtre est dissous par le moût, mais, quand la fermentation a lieu, l'alcool le précipite et il entraîne avec lui des matières albuminoïdes qui pourraient s'altérer et altérer le vin. De plus, il décompose le bitartrate de potassium, forme un tartrate de calcium qui se retrouve dans la lie, de l'acide tartrique et du sulfate neutre de potassium, qui restent dissous et concourent à la conservation du vin. Ce dernier sel est nuisible à la santé ; aussi la loi a-t-elle limité à deux grammes de sulfate neutre de potassium par litre la quantité de ce sel que peut contenir un vin, quel qu'il soit.

Il arrive parfois qu'un vin, à la suite d'une insuffisante maturité du raisin, ne contient pas assez d'alcool pour pouvoir se conserver. On en ajoute alors : c'est le *vinage*. Cette opération n'est nullement malfaisante, si l'alcool ajouté est bien de l'alcool de vin.

En vieillissant, le vin prend des qualités nouvelles, au moins pendant un certain temps. Il faut pour cela le soustraire à l'évaporation en le mettant en bouteilles. Là, il se fait un travail chimique très lent : de l'alcool se produit encore, des aldéhydes nouvelles apparaissent, etc. C'est une sorte d'oxydation. On a tenté de la reproduire artificiellement en faisant barboter de l'ozone dans le vin, ou encore en faisant traverser le vin par un courant électrique, qui électrolyse l'eau et met en liberté de l'oxygène électrisé, c'est-à-dire de l'ozone. Ces procédés ne sont encore que d'une application restreinte.

Les vins doux contiennent toujours un excédent de glucose. Cela tient à ce qu'un excès d'alcool empêche la fermentation. Celle-ci s'arrête donc dès que la proportion d'alcool atteint 18 à 19 °/₀ en volume. Toute la glucose, non décomposée à ce moment, doit se retrouver dans le vin.

Vins blancs. — Les *vins blancs* peuvent se faire avec des raisins blancs ou des raisins rouges; la vendange, parfois égrappée et foulée, est portée au pressoir. Le jus qui sort de cet appareil est ensuite versé dans la cuve pour y fermenter. Si l'on se sert de raisins rouges, la vendange, cueillie avec soin, est portée tout de suite au pressoir et pressurée immédiatement; on sépare les dernières parties du moût, dès qu'elles apparaissent colorées.

Certains raisins ont la pulpe elle-même colorée. Le vin fait *en blanc* avec cette pulpe est d'un rose assez intense. En ce cas, on est obligé de le décolorer par des procédés chimiques, par exemple, en brûlant du soufre à l'intérieur du tonneau immédiatement avant l'entonnelage, ce qui a pour effet d'y créer une atmosphère d'anhydride sulfureux qui décolore le vin au fur et à mesure qu'on l'y verse, ou encore en versant dans le vin lui-même du bisulfite de sodium, qui produit le même effet.

Vins mousseux. — Les *vins mousseux* sont presque tous des vins blancs; ils doivent leur propriété de mousser à la présence de l'anhydride carbonique qu'ils contiennent en dissolution. Lors de l'*embouteillage*, la fermentation du vin n'était pas achevée, et, une fois le liquide en bouteille, elle a repris de plus belle, produisant l'anhydride qui s'est dissous dans l'eau par sa propre pression; il s'en dégage tumultueusement lorsqu'on débouche, car on ramène brusquement le liquide à la pression atmosphérique.

La préparation des vins mousseux, jusqu'à l'embouteillage, ne diffère pas, en principe, de celle des autres vins blancs. Mais, pour chaque espèce de vin, il faut certains *tours de main* qui varient d'une espèce à l'autre, et dans le détail desquels nous ne pouvons entrer ici. Nous allons seulement, à titre d'exemple, indiquer comment se fait le plus célèbre des vins mousseux, le *vin de Champagne*.

Le *champagne* est fait en grande partie avec des raisins rouges, qui sont plus riches en glucose que les raisins blancs. Les trois quarts environ des vignobles de la Champagne donnent des raisins rouges. On emploie du reste non seulement les raisins du pays, mais encore des raisins d'autres provenances.

Le moût est mis à fermenter dans des tonneaux placés dans des locaux où la température n'excède guère 20°. Au bout de vingt-quatre heures, on décuve et l'on met en pièces dans des tonneaux que l'on conserve bien pleins et surtout bien bouchés. Dans le courant de l'hiver, on soutire et on colle trois fois, à un mois d'intervalle, quand le vin est clarifié, un *dégustateur* exercé fait un choix parmi les cuvées, pour déterminer celles dont le mélange

donnera les produits de première qualité. Aux premiers beaux jours, on met en bouteilles. S'il s'agit d'un vin suffisamment riche en glucose, il n'y a aucune précaution à prendre lors de l'embouteillage; mais, si le vin provient de raisins moins sucrés, il faut y ajouter du sucre : pour cela, on verse dans chaque bouteille un peu de *liqueur à sucre*, c'est-à-dire d'une dissolution de sucre candi (3 à 5 °/₀ du vin à sucrer) dans du vin blanc. La mise en bouteilles doit se faire dans un local à 20°. La bouteille, une fois munie de son bouchon, passe entre les mains d'ouvriers qui la *mettent en fil* de fer.

Les bouteilles bouchées sont ensuite *entreillées*, c'est-à-dire placées horizontalement les unes sur les autres. La fermentation continue toujours, et il se produit de la mousse à l'intérieur de chaque bouteille. A ce moment, on les descend dans les caves où doit régner une température de 10°. On les y entreille de nouveau et on les abandonne pendant un an et demi. Quand le vin est limpide, le dépôt est formé dans chaque bouteille : il s'agit de l'enlever. Pour cela, on commence par la *mise sur pointe*, opération qui consiste simplement à placer les bouteilles, le goulot en bas, sur des planches trouées. On les y remue de temps en temps pour en changer l'inclinaison; ce remuage fait descendre peu à peu le dépôt sur le bouchon. Chaque bouteille subit ensuite le *dégorgeage*, et, pour cela, passe entre les mains d'un homme qui, la tenant le goulot en bas, tire très vivement le bouchon et la redresse immédiatement en y mettant un bouchon provisoire : la pression intérieure a chassé le dépôt pendant le court espace de temps où la bouteille a été débouchée. Un *égaliseur* ramène par une addition convenable le volume de liquide de chaque bouteille au même point et ajoute en même temps une liqueur sucrée, dite *liqueur d'expédition*, qui constitue la spécialité de chaque fabricant et donne le bouquet propre à son vin. En général, elle se compose de sirop de canne pur, de vieux vin de Champagne de qualité supérieure, et parfois d'esprit de cognac de choix. La bouteille est de nouveau bouchée, et enfin parée pour la vente.

Le pétillement mousseux étant un des attraits dominants des vins de Champagne, on devait naturellement penser à les imiter en gazéifiant, comme on le fait pour une eau gazeuse artificielle, des vins blancs de bonne qualité, et en les traitant pour le surplus comme un vin de Champagne véritable. On obtient ainsi, notamment dans la région de Saumur, des boissons agréables, mais qui ne sauraient être comparées aux véritables vins de Champagne. C'est ce qu'on appelle des *vins champanisés*.

La fabrication du vin, en dehors du vin de Champagne, est encore une industrie familiale, qui s'exerce dans tous les pays vignobles.

On a fait aussi, pendant les années où le raisin était peu abondant, du *vin de raisin sec*. Lorsque le grain de raisin se dessèche, son eau seule disparaît, la glucose et les sels restent; c'est tout au plus si l'oxygène de l'air y pénètre un peu et y oxyde quelques corps, qui dès lors ne se retrouvent plus tels que dans les raisins frais. Si l'on déchire la pellicule et qu'on restitue l'eau enlevée lors de la dessiccation, la fermentation alcoolique se produira, et l'on aura un vin se rapprochant plus ou moins du vin naturel. Cette fabrication, tout à fait industrielle, est restée localisée dans quelques villes du Midi et dans le département de la Seine.

CHAPITRE X

Fabrication de la Bière.

La *bière* est un liquide provenant de la fermentation alcoolique du *moût d'orge*, et aromatisé par la fleur du houblon. L'industrie qui s'occupe de la fabrication de la bière porte le nom de *brasserie*.

Le grain d'orge, comme tous les grains des céréales, est très riche en amidon. Or, nous avons vu (2e partie, 2e division, chapitre IV) que l'amylase possède la propriété de transformer l'amidon en dextrine, puis celle-ci en maltose, et, finalement, cette dernière en glucose, surtout sous l'influence de la chaleur. L'embryon du grain d'orge produit précisément cette diastase pendant la germination. Il s'agit donc, pour amener la matière du grain d'orge à l'état fermentescible, de provoquer la production de l'amylase par une germination réglée, et de forcer cette diastase à transformer l'amidon en maltose. Cette dernière subira ensuite la fermentation alcoolique sous l'action d'un ferment spécial ou levure, en donnant de l'alcool ordinaire et de l'anhydride carbonique.

Le fruit du houblon, ainsi que les bractées de sa fleur, portent à leur extérieur de très petites glandules jaunes

qui contiennent un principe amer et aromatique, appelé *lupuline*; c'est ce principe, sorte d'essence, qui aromatise la bière et contribue à la conserver. En mettant les fleurs de houblon dans la matière qui doit donner la bière, on y incorpore cette essence qui s'y dissout et s'y diffuse.

Les opérations principales, qui constituent la fabrication de la bière, sont au nombre de cinq : le *maltage*, la *saccharification*, le *houblonnage*, la *fermentation* et l'*entonnelage*.

Maltage. — Les grains d'orge, après avoir été soigneusement lavés, sont mis à tremper dans de l'eau pendant une durée de soixante heures environ, afin d'en absorber la quantité nécessaire pour une germination limitée, soit la moitié du poids du grain sec. L'eau tombe généralement en pluie sur la couche de grains, afin de s'aérer. Les grains, convenablement gonflés, sont portés au *germoir*, cellier dallé, maintenu à la température de 13 à 17°. La *germination* se produit et on la laisse durer une dizaine de jours, suivant la saison, en diminuant tous les jours l'épaisseur de la couche de grain. On arrête quand la plantule, sortie du grain, atteint les deux tiers de la longueur de ce dernier.

On a ainsi le *malt vert*, contenant encore la moité de l'eau absorbée par le grain. Afin d'arrêter tout de suite la germination, et aussi la respiration, qui consomme de la glucose sans arrêter le travail de la diastase, on *fane* ce malt, en le plaçant dans un grenier, sur un plancher à claire-voie au travers duquel passe un courant d'air énergique; une partie de l'eau s'en va. On procède ensuite au *touraillage* pour dessécher complètement le malt. Il s'effectue dans des étuves à air chaud (*tourailles*) élevées comme des tours : le malt y est placé sur des toiles métalliques que traverse l'air chaud. Si l'on veut faire de la *bière brune*, on va jusqu'à la torréfaction.

Au sortir de la touraille, le malt est introduit dans une *dégermeuse*, tambour tournant rapidement; les plantules sèches se détachent facilement; un *tamisage* les sépare des grains.

Saccharification. — L'opération précédente a fait apparaître l'amylase ; celle-ci n'attend plus qu'une chaleur humide pour agir sur l'amidon et le *saccharifier*, c'est-à-dire en faire de la glucose. C'est l'objet de la *saccharification* ou *brassage ;* de la bonne exécution de cette opération, qui a donné son nom à l'industrie de la *brasserie,* dépendent toutes les qualités de la bière.

Le malt passe d'abord au *concasseur*, où les grains sont écrasés entre des cylindres formant laminoir, puis porté dans les *cuves-matières*. On appelle de ce nom des cuves parfois à double fond, dans lesquelles se meut un agitateur mécanique à palettes tournant autour d'un axe central, et portant le nom de *vagueur*. Le malt repose sur le faux fond, qui est percé de trous. Entre les deux fonds aboutissent deux tubes, l'un d'arrivée pour l'eau chaude qui va agir sur le malt, l'autre de départ, pour emmener le moût après l'opération.

Il y a deux méthodes pour effectuer le brassage : la méthode *par infusion* et la méthode *par décoction*, donnant chacune une bière différente.

Pour opérer *par infusion*, on verse sur le malt contenu dans la cuve-matière de l'eau à 40°, en quantité suffisante pour former une pâte épaisse, et l'on met en marche le vagueur pendant un quart d'heure ; on laisse ensuite reposer pendant une demi-heure. Puis on ajoute de l'eau à 60°, on brasse de nouveau, et on laisse encore reposer pendant une heure, après avoir couvert la cuve. On ouvre alors le robinet du tube de départ et l'on retire l'infusion obtenue, qui a passé à travers le faux-fond. On la reverse sur le malt, avec de l'eau à 75°, et l'on recommence le travail. On vidange de nouveau et l'on reporte la nouvelle infusion sur le malt avec de l'eau à 80°. Un nouveau brassage a lieu. Après un court repos, on vidange définitivement l'infusion ou moût ainsi obtenue, et on l'envoie au houblonnage ; le résidu solide ou *drèche,* qui reste sur le faux-fond, est livré à l'agriculture pour la nourriture du bétail. Pendant cette opération, les

matières azotées du malt passent en partie dans le moût, et fournissent à la bière des éléments nutritifs ; en même temps la diastase saccharifie l'amidon. La bière qui provient d'un malt ainsi traité est alcoolique, un peu nutritive, mais d'un goût plutôt sec : telles sont les bières anglaises.

Pour opérer *par décoction*, on verse sur le malt contenu dans la cuve-matière de l'eau à 35° ; on agite vivement pour obtenir une pâte liquide dont on fait passer le tiers environ dans une chaudière à réchauffer ; on porte ce moût à l'ébullition et on le rejette dans la cuve matière où on le brasse au contact du moût resté froid ; la température est alors de 50° ; on recommence cette opération une deuxième fois, pour obtenir la température de 60 à 63° ; puis une troisième pour atteindre celle de 70 à 72° On laisse reposer une heure, et l'on vidange définitivement le moût devenu clair, pour l'envoyer au houblonnage. Ce qui distingue cette méthode de la précédente, c'est que le malt a été bouilli : il a cédé la plus grande partie des matières azotées qu'il contenait ; ces dernières, par suite de quelques transformations qu'elles ont subies, ont pris une couleur brune ; de sorte que la bière fabriquée par ce procédé est plus foncée en couleur, plus nutritive, plus moëlleuse au goût, mais aussi moins alcoolique : telles sont les bières allemandes. En France, les deux procédés sont employés concurremment.

Houblonnage. — Le *houblonnage* n'est autre chose que l'addition des fleurs de houblon au moût ; il se fait en même temps qu'une *cuisson*. Le moût est mis dans une chaudière à fond hémisphérique, chauffée à la vapeur. Là, il est cuit pendant trois heures ; on ajoute les deux tiers du houblon après une heure d'ébullition, et le reste une demi-heure avant de vider les chaudières. Pendant cette cuisson, le houblon cède au moût sa lupuline et du tannin ; ce tannin précipite les matières albuminoïdes qui s'y trouvent, réalisant ainsi une sorte de *collage*. La cuisson stérilise aussi le moût, qui au sortir de la cuve-

matière contenait des germes de fermentations variées; elle fait également coaguler les matières albuminoïdes, ce qui les précipite et contribue à la clarification. Comme le moût se concentre par le départ d'une certaine quantité d'eau, il se produit contre les parois une caramélisation partielle, qui a pour effet de le colorer en brun.

Après la cuisson, le moût houblonné est versé dans les

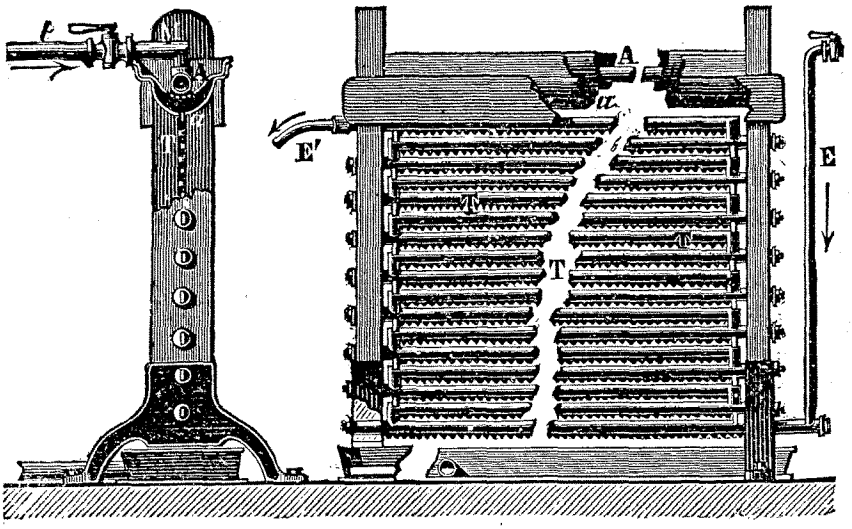


Fig. 174. — Réfrigérant Baudelot.

refroidisseurs, grands bacs peu profonds, placés dans des locaux bien aérés, où il se refroidit et abandonne un dépôt. Puis on l'en retire pour le faire couler en pluie sur des tuyaux horizontaux parcourus, de bas en haut, par un courant d'eau glacée, et formant un *réfrigérant* (fig. 174). L'eau arrive en E, et sort en E'; le moût arrive par *t'*, tombe dans des gouttières A, percées de trous, et coule sur les tuyaux T. En même temps que le moût se refroidit, il subit une sorte d'*oxydation.*

Fermentation. — Après refroidissement, le moût est introduit dans des cuves pour y subir la fermentation. Le ferment ne préexiste pas dans ce moût, comme dans

celui du vin : il faut l'y introduire. C'est ce qu'on fait en y ajoutant de la *levure de bière*, sorte d'écume pâteuse provenant d'une fermentation précédente, et contenant les microbes qui ont la propriété de provoquer cette fermentation alcoolique.

En introduisant ce ferment dans le moût, il faut éviter de lui en apporter d'autres qui provoqueraient des fermentations parasites ultérieures, susceptibles d'altérer la bière. Le moût a déjà été stérilisé par la chaleur. On a stérilisé la cuve en la chauffant intérieurement par la vapeur; il reste à obtenir de la levure ayant subi la même opération. On place la prise de levure de la fermentation précédente dans un ballon stérilisé d'avance, et on l'y laisse au contact d'agents antiseptiques pouvant tuer les microbes sans atteindre celui de la levure. On place du moût dans un bidon; on le fait bouillir pour plus de précaution, et l'on réunit le récipient au ballon à levure par un ajutage; la levure tombe ainsi dans le moût sans subir le contact de l'air. C'est le contenu de ce bidon qu'on verse dans les cuves pour en *ensemencer* le moût. La fermentation commence au bout d'un jour et demi environ.

On distingue deux sortes de fermentations : la *fermentation haute* et la *fermentation basse*. La première se fait avec les moûts *brassés par infusion* et la deuxième avec les moûts *brassés par décoction*. La bière obtenue par la première se conserve peu; celle obtenue par la seconde se conserve davantage. La levure n'est pas la même pour l'une et l'autre fermentation, bien qu'il s'agisse du même microbe; d'où l'existence de *levures hautes*, prélevées sur une cuve où s'est produite une fermentation haute, et de *levures bassès*, prises dans une cuve à fermentation basse.

Le moût préparé en vue de la *fermentation haute* a été refroïdi à 12° seulement. Elle se produit à une température variant de 13° à 20°. Elle est tumultueuse, et peut durer de quatre à dix jours; la levure monte à la surface du liquide, d'où le nom qu'on donne à l'opération.

Le moût préparé pour la *fermentation basse* a été refroidi jusqu'à 5°. On effectue cette fermentation dans des cuves en bois, vernies à l'intérieur, installées dans des caves ventilées. Elle doit se faire entre 5° et 8°. Aussi des machines frigorifiques empêchent-elles la température de s'élever dans le sein de la masse. Elle est calme et lente, durant de dix à vingt jours. La levure se dépose au fond.

Entonnelage. — Dès que la fermentation est terminée, la bière est soutirée, puis mise dans des tonneaux, où elle achève de fermenter. On laisse la bonde ouverte pour les bières provenant de fermentation haute, afin que l'écume, ou levure, puisse s'échapper. Le local où se trouvent les tonneaux doit être froid. La bière se clarifie pendant le séjour dans les tonneaux.

La *bière de conserve* provient d'une fermentation basse. On peut la préparer soit en enfermant la bière dans des foudres placés dans des caves refroidies au moyen de glace, où elle peut se conserver cinq ou six mois, et la faisant consommer aussitôt au sortir de là; soit en la *pasteurisant*, c'est-à-dire en la mettant dans des bouteilles qu'on ferme et qu'on porte à 65° dans un bain-marie.

L'industrie de la brasserie a pris une grande importance en France. On fait de la bière dans presque toutes les villes importantes; cependant les centres principaux de cette fabrication sont les régions du Nord et du Nord-Est, Paris, Lyon, Marseille, Melun, Saint-Etienne.

CHAPITRE XI

Fabrication du Cidre.

Le *cidre* est un liquide résultant de la *fermentation alcoolique* du *moût de pommes*. Ces fruits, comme beaucoup d'autres, contiennent, quand ils sont mûrs, une notable quantité de lévulose et un peu de glucose. Ce sont ces sucres que l'on fait fermenter pour avoir de l'alcool. Le ferment habituel des pommes se trouve naturellement sur

le fruit où il est déposé par l'air, et il commence son travail chimique dès qu'il est mis en contact avec l'intérieur. Les pommes, même mûres, contiennent un acide spécial, l'*acide malique*, qui se retrouve presque complètement dans le cidre, auquel il donne la saveur spéciale qu'on lui connaît. Certaines variétés de pommes, dites *pommes acides*, en contiennent plus que d'autres.

Pour faire du bon cidre, il faut employer trois sortes de pommes : des *pommes douces*, riches en sucre, qui donnent au liquide un excédent de matière sucrée, et par conséquent une saveur agréable; des *pommes acides* pour lui donner du piquant, et des *pommes amères* contenant un principe qui contribuera à en assurer la conservation.

Après la récolte, les pommes sont mises en tas et abandonnées à elles-mêmes de quatre à six semaines, pour que leur maturation s'achève. Ensuite on les soumet à un écrasement, soit à l'aide d'une meule verticale en pierre tournant dans une auge, comme celle qui sert à écraser les graines oléagineuses, soit à l'aide de cylindres cannelés formant laminoir, dont l'ensemble constitue le *grugeoir*. Pendant qu'on procède à cet écrasement, on ajoute de l'eau, dans la proportion de 10 à 15 %. La pulpe ainsi obtenue est laissée en repos pendant vingt-quatre heures dans des cuves en bois où se fait une macération ; elle brunit, ce qui aura pour effet de donner au cidre la couleur ambrée.

Elle est ensuite portée sous un *pressoir*. Le jus qui s'en écoule est filtré à travers des tamis de crin, puis versé dans d'autres cuves ou de grands tonneaux. Là, la fermentation s'opère aux dépens de la lévulose et de la glucose, et il en résulte finalement de l'alcool éthylique, de l'anhydride carbonique, de la glycérine et de l'acide succinique, ces deux derniers en petite quantité. Quand la fermentation a passé la phase tumultueuse, on soutire et l'on met en tonneaux; la fermentation continue plus calme. Elle ne s'achève jamais entièrement, car on

retrouve dans le cidre une certaine quantité de sucre interverti. Si l'on veut du *cidre mousseux*, on met en bouteilles au moment du soutirage. L'anhydride carbonique, qui se dégage par la fermentation lente, reste dans le liquide.

En certaines contrées, on laisse la fermentation s'achever complètement dans les premières cuves ; alors toutes les matières sucrées se détruisent, et le cidre a une saveur âpre.

La fabrication du cidre est une industrie familiale; elle est localisée pour la France dans les départements du nord-ouest. Mais dans le reste du pays on fait aussi avec des pommes, des sorbes ou des prunelles, une sorte de boisson analogue appelée cidre ou *piquette*, qui peut être assimilée au vrai cidre.

Le *poiré* n'est autre chose qu'un cidre de *poires*. Il se fait de la même manière que l'autre, avec cette différence que la pulpe ne subit pas de macération avant le pressurage: il est d'une conservation beaucoup plus difficile.

CHAPITRE XII

Fabrication des Alcools et Eaux-de-Vie.

§ Ier.

NATURE, USAGES ET CLASSIFICATION DES ALCOOLS

L'*alcool ordinaire* (*esprit de vin*, *alcool vinique*, *alcool éthylique*, *hydrate d'éthyle*, *éthanol*), est un liquide incolore, d'une odeur caractéristique et d'une saveur brûlante. Il est plus léger que l'eau, bout à 78° et ne se solidifie qu'à — 130°. Il est doué d'un pouvoir dissolvant considérable; ainsi il dissout des gaz, tels que l'anhydride carbonique, des corps simples comme l'iode, des alcalis comme la potasse, des matières organiques comme les résines et les essences. Il est très combustible

avec plus ou moins de perfection, dans la fabrication de ménage; le *procédé Pasteur*, qui n'est qu'un perfectionnement du précédent; le *procédé allemand;* et la *distillation du bois.*

Procédé orléanais. — Le vin, après avoir été filtré s'il n'est pas parfaitement clair, est introduit dans des tonneaux de la contenance d'un double hectolitre, placés dans des caves où la température doit se maintenir à 30°. On a au préalable mis dans chaque tonneau 100 litres de vinaigre déjà fabriqué, qui apporte avec lui le ferment. On ajoute seulement 10 litres de vin. L'acétification de ce dernier s'opère immédiatement; au bout de deux mois, on peut commencer à soutirer. Tous les huit jours, on retire 10 litres de vinaigre du tonneau et on les remplace par 10 litres de vin; la quantité de liquide contenue reste ainsi constante dans le tonneau, qui est, comme on le voit, toujours à demi plein d'air. L'acétification s'accomplit, en somme, assez lentement. Cela tient à ce que les ferments ne restent pas toujours à la surface du liquide, où ils forment un voile membraneux gluant *(mère du vinaigre, zooglée).* Quand le vinaigre est depuis longtemps dans le même récipient, ce qui a justement lieu lorsqu'on emploie le procédé d'Orléans, il s'y développe des vers, très petits, appelés *anguillules du vinaigre*, qui, pour pouvoir respirer, montent à la surface, s'engluent dans le voile et l'entraînent au fond avec eux, si bien qu'il faut que quelque microbe, échappé à l'asphyxie, crée toute une nouvelle génération de ferments, sinon l'acétification serait arrêtée. Pendant ce temps, l'acétification est ralentie. Pour contrarier la multiplication de ces vers, toutes les quatre semaines, au lieu de tirer 10 litres de vinaigre, on en tire quarante et on les remplace par quarante litres de vin.

Procédé Pasteur. — Dans ce procédé, trop peu employé, on commence par préparer une solution formée de 70 % d'eau, 20 % d'alcool et 10 % d'acide acétique. On l'introduit dans une cuve de 50 à 100 litres,

ayant 1 mètre carré de fond, ce qui assure au liquide une large surface d'aération. On *sème* sur ce liquide une *mère de vinaigre* antérieurement formée; on ajoute une solution de phosphates alcalins, qui a pour but de fournir au microbe une nourriture abondante. Celui-ci, rendu vigoureux, se multiplie rapidement et prend le dessus sur les anguillules, qui souvent même n'apparaissent pas du tout. Quand l'acétification du liquide est opérée, on en retire chaque jour 5 ou 6 litres, qu'on remplace chaque fois par du vin. La cave où l'on opère doit être à une température de 20° au plus.

Procédé allemand. — On se sert d'un tonneau à trois compartiments (fig. 179). On le place debout, le plus petit compartiment en haut. Le premier fond est percé de deux trous traversés par des tubes; l'un *d* s'ouvre dans l'entre-fond; l'autre *t* traverse le double fond *ii*. Ce double fond est lui-même percé d'un grand nombre de petits orifices, au travers desquels sont engagés des bouts de ficelle, retenus par un nœud et pendant à l'intérieur du compartiment du milieu. Ce dernier est rempli de copeaux de hêtre et présente une rangée de trous *a*, *a*, au-dessous de la partie rebondie; il est séparé du troisième compartiment par une cloison percée; et ce dernier communique avec l'extérieur par un ajutage *b*, fixé au bas. Pour commencer l'opération, on prépare une solution composée de cinq parties d'eau, une partie d'alcool et un peu de levure de bière; on la verse par le tube *d*; elle coule lentement le long des ficelles, s'étale sur les copeaux où elle se trouve en contact,

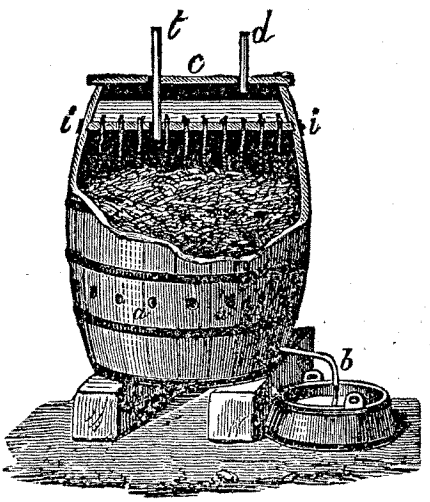


Fig. 179. — Appareil pour la fabrication du vinaigre, procédé allemand.

d'une part, avec l'air venu par les trous *a*, et, d'autre part, avec le microbe qui a été déposé par l'air sur les copeaux. L'acétification s'opère. L'air s'échappe par le tube *t*. On retire de temps en temps du vinaigre et l'on ajoute autant de vin. C'est l'expérience qui a indiqué le hêtre comme le bois le plus propre à cette opération.

Distillation du bois. — Lorsqu'on porte du bois au rouge, en vase clos, il se dégage des produits volatils et il reste comme résidu du charbon de bois, ainsi que nous l'avons vu à propos de la préparation de ce dernier. C'est dans les produits volatils dégagés que se trouve l'acide acétique. Le bois est introduit dans la cornue A (fig. 58, 1re partie, chap. V, § IV); les matières gazeuses qui distillent sortent par le tube *g*, contourné en forme d'S, et refroidi par de l'eau venant du réservoir *k*, laquelle descend par le tube *l*, circule dans les manchons *m* qui entourent les parties droites du tube de dégagement, passe d'un manchon à l'autre par les tubes *o* et s'échappe par *t*. Ce refroidissement a pour effet de condenser tous les corps faiblement volatils, qui tombent ainsi à l'état liquide dans le baquet *r*; les autres, restés gazeux, sont dirigés par le conduit *s* sur le foyer, où ils servent de combustibles. Les liquides arrivés dans le baquet *r* s'y divisent en trois couches superposées; la couche supérieure est formée par des huiles, la couche inférieure par du goudron; la couche moyenne constitue l'*acide pyroligneux*, qui n'est qu'un mélange d'eau, d'acide acétique, d'esprit de bois et d'acétone, et qui est souillé par du goudron.

On sature l'acide pyroligneux par la chaux et l'on distille pour séparer l'esprit-de-bois et l'acétone, qui sont volatils; le pyrolignite ou acétate de calcium, reste dans la chaudière de la colonne à l'état de solution.

On évapore à sec, puis on chauffe dans une cornue de verre en ajoutant de l'acide sulfurique qui s'empare de la chaux. Les vapeurs d'acide acétique qui se dégagent sont condensées dans un réfrigérant. Il ne reste plus

qu'à additionner ce vinaigre d'eau pour le ramener au degré d'acidité voulu.

La fabrication du vinaigre de vin est surtout une opération de ménage; il n'y a guère qu'à Orléans qu'elle constitue une industrie véritable. Celle du vinaigre de bois a naturellement lieu partout où l'on fait du charbon de bois par le procédé des cornues ou cylindres, et de l'esprit-de-bois.

ÉCOLE
NORMALE PROVINCIALE
d'INSTITUTEURS
LEROY

QUATRIÈME PARTIE

INDUSTRIES DU VÊTEMENT ET DE LA TOILETTE

Les vêtements que nous portons sont fabriqués, pour la plupart, avec des matières filamenteuses, enchevêtrées de diverses façons et constituant des corps de mince épaisseur, mais à surface étendue, appelés *tissus*. L'extraction des matières filamenteuses forme un premier genre de travail, dont les phases varient avec chaque matière.

La *filature* transforme en fils ces matières. Le *tissage*, ou préparation des tissus, est la mise en œuvre des fils obtenus. Les tissus, une fois faits, doivent subir diverses opérations destinées, soit à en changer la couleur (*blanchiment*, *teinture*), soit à leur donner du lustre, de la fermeté (*apprêts*, *etc.*); alors seulement ils passent entre les mains de l'ouvrier qui en confectionne des *vêtements*.

A l'industrie du vêtement se rattachent plusieurs autres, la chapellerie et la cordonnerie, par exemple.

Quelques industries spéciales comme la brosserie, la fabrication des boutons, des aiguilles, des peignes, etc., dépendent plus directement des industries de la toilette.

CHAPITRE PREMIER

Matières textiles.

Les *tissus* sont obtenus, nous l'avons dit, par l'entrelacement de fils ou de simples filaments, disposés de manière à présenter une certaine résistance à la traction. Lorsque l'entrelacement est régulier, ce qui a lieu dans le cas de fils longs, les tissus portent le nom général d'*étoffes;* lorsqu'il est irrégulier (filaments courts), les tissus sont appelés *feutres*.

Les matières qui servent à faire les tissus se nomment *matières textiles*. Elles sont de diverses natures. Les unes sont tirées du règne animal : telles sont la soie, la laine, le poil de lapin, etc.; les autres, du règne végétal : telles sont le lin, le chanvre, le coton, le jute, la ramie, l'alfa, etc. Il en est même qui sont tirées du règne minéral, comme l'amiante, sorte de pierre filamenteuse, ou la laine minérale provenant, comme on l'a vu ci-dessus (1re partie, chapitre IV, § V), des scories de haut fourneau, qui toutes deux fournissent des tissus incombustibles.

Leurs propriétés ne sont pas identiques : qu'il s'agisse de la résistance, du poids, de la souplesse, de la conductibilité calorifique, de la facilité plus ou moins grande à se colorer artificiellement, elles présentent entre elles de notables différences. Leur choix est donc imposé par l'usage auquel on les destine, et les tissus divers sont des plus variés.

Nous étudierons chacune de ces matières en faisant connaître ses propriétés, et la manière de la préparer. Nous nous en tiendrons à celles qui sont le plus employées dans nos pays, c'est-à-dire la soie, la laine, le lin, le chanvre et le coton; nous ajouterons cependant quelques mots sur le jute et la ramie.

§ Ier

SOIE

La soie est une matière textile, se présentant en longs filaments extrêmement ténus, qui ne sont autre chose qu'une sorte de bave solidifiée, produite par le *ver à soie*. On appelle de ce nom la chenille du *bombyx du mûrier* (fig. 181), qui se nourrit des feuilles du *mûrier blanc*. Le filament de soie est une matière complexe; il est formé essentiellement, à l'intérieur, d'un cylindre de matière azotée, la *fibroïne*, qui est la soie proprement dite; autour de ce cylindre, d'une gaîne quasi-minérale, le *grès*; le tout est enveloppé d'une couche de *matière gommeuse*.

La soie ainsi constituée est appelée *soie brute*, *soie crue* ou *soie grège*. Elle est assez rude au toucher. Mais, lorsqu'on a enlevé la gomme et le grès, comme nous le verrons plus loin, la soie, dite *cuite* ou *décreusée*, présente toutes les qualités qui en font la plus belle des matières



Fig. 180. — Fil de soie décreusée.

textiles (fig. 180). Elle est alors douce au toucher, souple, brillante et d'une ténacité extraordinaire; elle absorbe aisément l'humidité de l'air; elle se teint avec la plus grande facilité et prend des nuances très vives; si les bains dans lesquels on la teint sont un peu acides, elle acquiert le *craquant* caractéristique des tissus de soie. Mise en fil, elle sert à fabriquer les étoffes connues sous le nom de *soieries*. On en fait aussi du fil à coudre.

Sériciculture. — L'élevage des vers à soie (*magnans*) constitue la *sériciculture*. Les œufs pondus l'année précédente par les bombyx femelles sont placés dans des boîtes ou des sacs, enfermés dans un *castelet*, ou chambre d'incubation, dont la température, de 14° au début,

s'élève progressivement jusqu'à 20° pendant les dix à douze jours que dure l'incubation. A ce moment, on les expose à l'air, mais en les recouvrant de feuilles de papier percées de trous, ou de tulle. Les jeunes vers traversent ces trous, ou les mailles du tulle, et viennent s'attacher à des feuilles de mûrier mises à leur portée. Quand ils sont en nombre suffisant, on enlève le papier ou le tulle, et l'on transporte d'un seul coup, sans rien déranger, feuilles et vers dans la *magnanerie*, local chauffé où se passera toute la vie des vers. Ces derniers sont déposés sur des claies horizontales, garnies de papier; il n'y a plus qu'à surveiller leur croissance, en leur fournissant des feuilles de mûrier au fur et à mesure de leurs besoins. Avant de commencer à donner sa soie, le ver subit quatre *mues (maladies)*. La première phase est de cinq jours. Au bout de ce temps il cesse de manger, s'endort et change de peau. La seconde est de quatre jours, puis vient une deuxième mue; et ainsi de suite jusqu'au trente-deuxième jour. A ce moment, le ver a pris tout son développement et se dispose à filer, ce qui se reconnaît aux mouvements de balancement qu'il imprime à sa tête. On dispose alors, entre les barreaux des claies, des brindilles de bruyère, de genêt ou de bouleau. Le ver *monte* sur ces brindilles et commence son *cocon*, dont la confection exige de 3 à 5 jours. Le cocon n'est autre chose qu'une sorte d'enveloppe de forme ovoïde, dont s'entoure le ver; elle est constituée par un seul filament de soie faisant des milliers de fois le tour du corps de l'insecte.

La bave est expulsée par deux trous ou *filières*, très rapprochés, et situés à la partie inférieure de la tête. Elle sort sous la forme d'un liquide visqueux qui se solidifie à l'air. Les deux brins se réunissent à la sortie avant la solidification.

Son cocon achevé, le ver se transforme, comme toutes les chenilles, en *chrysalide*, et reste enfermé de 15 à 20 jours. Puis cette chrysalide devient *papillon* et sort

du cocon en le perçant (fig. 181). La sortie du papillon a donc pour effet de donner un cocon dont le fil n'est plus continu. Afin d'éviter cet inconvénient, on ne laisse sortir que le nombre de papillons nécessaires pour assurer la provision d'œufs de l'année suivante. Quant aux autres,

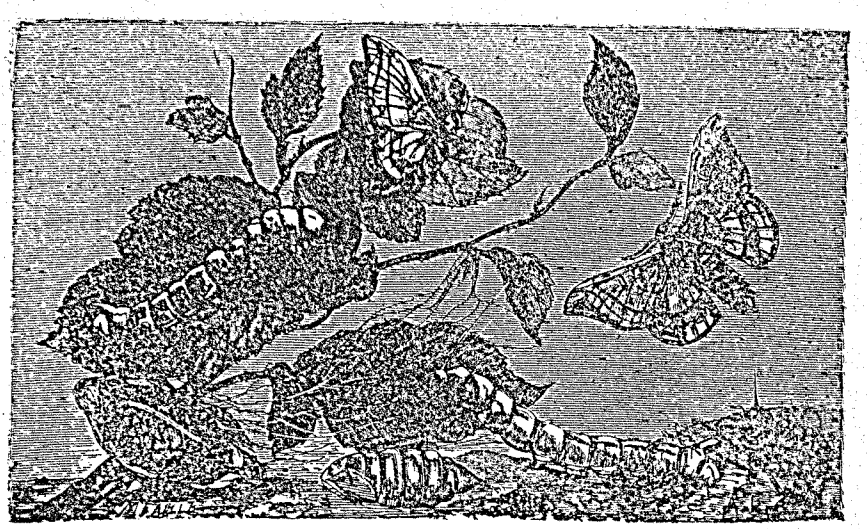


Fig. 181. — Formes diverses du bombyx du mûrier.

on les tue dans le cocon au moyen de la vapeur d'eau bouillante. Ces cocons ainsi ébouillantés sont ensuite placés sur des claies dans un endroit aéré; ils y restent environ trois mois; pendant le premier mois, on les retourne tous les deux ou trois jours pour en favoriser la dessiccation. Au bout de ce temps, on les trie et on les envoie aux filatures.

Les cocons percés ne sont pas jetés au rebut, pas plus que les cocons tachés ou avariés. On les envoie aux filatures, ainsi que la bourre entourant le cocon (*blaze*); joints aux déchets des filatures elles-mêmes, ou *frisons*, aux déchets du moulinage, ou *bourre*, aux déchets de peignage, ou *bourrette*, ils servent à faire les *schappes*, fils de soie de qualité inférieure dont nous parlerons plus loin.

La sériciculture est pratiquée dans tout le midi de la France, surtout en Provence et en Languedoc; mais nous importons beaucoup

de cocons d'Italie, d'Anatolie, de Syrie, de Chine, d'Indo-Chine et du Japon. La soie des Cévennes est particulièrement estimée.

Soies sauvages. — Indépendamment du bombyx du mûrier, il existe d'autres bombyx vivant aux dépens de certaines plantes, telles que le chêne, l'ailante, etc., et qui donnent également de la soie; d'autres chenilles peuvent aussi donner de la soie utilisable. En Orient, on recueille ces soies, dites *soies sauvages*; le *pongee*, le *tussah*, qu'on importe en France, sont des soies de cette provenance. Leur qualité est inférieure à la soie du bombyx du mûrier.

Soies artificielles. — On fabrique aujourd'hui de la *soie artificielle* différant fort peu de la soie naturelle, du moins au point de vue chimique. Pour cela, on transforme par nitrification la cellulose, et l'on en fait une espèce de collodion qui est ensuite filé; cette cellulose est extraite des bois tendres (peuplier, tremble, sapin), comme s'il s'agissait d'en faire du papier, opération que nous étudierons plus loin; séchée dans une étuve à 100°, puis traitée par l'acide azotique mélangé d'acide sulfurique dans la proportion de 3 contre 1, elle devient la *cellulose octonitrique*, matière explosible bien connue sous le nom de *fulmi-coton*. Ce produit est lavé et séché, puis dissous dans un mélange d'éther sulfurique à 65° et d'alcool à 95°. La dissolution est un collodion; on la filtre sur de la soie de blutoir, puis on la soumet dans un récipient à une pression pouvant aller jusqu'à 15 atmosphères. Du fond supérieur de ce récipient sortent de petits tubes de verre capillaires, entourés d'un manchon dans lequel circule de l'eau froide. La pression force le collodion à sortir par ces tubes; il se solidifie en les traversant, et chacun d'eux donne ainsi un filament qui va s'enrouler sur une bobine. Tout en s'enroulant, les filaments se réunissent par 4 ou par 8 et deviennent les fils; le travail de la filature est ainsi tout fait. Cette soie, très inflammable, doit être dénitrifiée en partie pour qu'elle s'enflamme moins. Étant peu résistante, elle est employée à la fabrication des produits où l'on veut réunir le brillant au bon marché : passementeries, tissus d'ameublement, etc. On fait d'autres soies artificielles (*viscose*, etc.), par d'autres procédés et à l'aide d'autres dissolvants (sulfure de carbone, oxyde de cuivre ammoniacal, etc.). Cette fabrication est localisée en France (Besançon, Givet, Izieux, Arques), en Suisse et en Allemagne.

§ II

LAINE

La *laine* recouvre le corps d'un certain nombre de *ruminants*. On sait que les mammifères ont la peau généralement couverte de deux sortes de *poils* : le *jarre*, poils

longs, soyeux et raides; le *duvet*, poils courts, ternes et frisés, dissimulés sous le premier. Chez quelques ruminants, tels que le mouton, les chèvres d'Angora et de Cachemire, le chameau, le dromadaire, le lama, la vigogne et l'alpaca, le duvet prend une importance extraordinaire et annihile presque complètement le jarre. C'est lui qui constitue la laine. Quoique les poils en soient allongés et fortifiés, relativement à ce qu'ils sont chez les autres animaux, ils restent encore souples et fins. Ils sont formés par une matière azotée contenant du soufre, la *kératine*, et assez semblable à de la corne.

Un brin de laine n'est pas une fibre lisse, comme le fil de soie : c'est un tube recouvert de petites écailles. Vu au microscope, il présente l'aspect d'une série de calottes coniques emboîtées les unes dans les autres (fig. 182). Ce sont ces écailles qui donnent à la laine la propriété de *se feutrer :* les écailles s'accrochent les unes aux autres, lorsque les brins s'enchevêtrent dans tous les sens, et l'ensemble de ces poils finit par former une masse indivise.

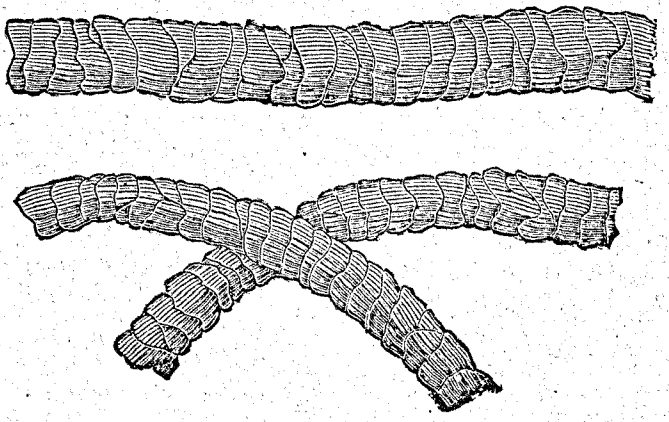


Fig. 182. — Brins de laine vus au microscope.

La laine du mouton domestique est celle qui se feutre le mieux. C'est aussi celle qu'on se procure le plus facilement chez nous, et c'est d'elle que nous allons plus spécialement parler.

Le poil de laine n'est pas rectiligne : il est plus ou moins contourné. On distingue la *laine vrillée*, plus contournée que la *laine ondulée*, qui elle-même l'est plus que la *laine lisse* ou *plate*.

La laine est toujours imprégnée d'une matière grasse, appelée *suint*, par l'intermédiaire de laquelle de nombreuses impuretés viennent se fixer sur elle. Elle contient de 20 à 25 °/₀ de suint dans les qualités ordinaires et jusqu'à 75 °/₀ dans les qualités fines.

Les brins de laine sont réunis, sur l'animal, en touffes ou *mèches* enchevêtrées, dont l'ensemble forme la *toison*. La tonte des moutons a lieu tous les ans de mai à juillet. Le poids de la toison varie de 1 kil. 500 à 2 kilogr. dans les petites espèces, et de 5 à 6 kilogr. dans les grosses. La longueur des poils peut varier de 2 à 32 centimètres. Les laines sont dites *courtes*, lorsque leurs brins ne dépassent pas 10 centimètres, et *longues* dans le cas contraire. La laine est ordinairement d'autant plus fine qu'elle est plus courte, et qu'elle provient d'une race plus petite ; les variétés à la fois longues et fines sont les plus estimées. La couleur varie du blanc au noir, en passant par le jaune, le roux et le brun. Les laines blanches sont les plus recherchées. Non seulement la forme, la longueur et la couleur, mais encore la résistance ou *nerf*, la finesse, l'élasticité, la douceur, la souplesse, sont autant de qualités qu'on recherche dans les laines, et qui leur donnent leur valeur.

Relativement à l'origine, les laines se classent en trois types : 1° les laines *mérinos* ; 2° les laines *communes* ; 3° les laines *métis*.

Les laines *mérinos* sont fournies par les moutons mérinos, race de montagne, à laine courte et fine, originaire d'Espagne, et qui a servi à améliorer les races ovines du monde entier. On les réserve pour les beaux lainages.

Les laines *communes* sont données par les races de plaine. Elles sont longues et ont des propriétés diverses : les unes sont noires et raides comme du crin ; d'autres sont souples, et présentent parfois une certaine frisure ondulée. Elles sont affectées à la bonneterie, la chapellerie et les draps communs.

Les *laines métis* proviennent du mouton métis, obtenu

par le croisement de brebis communes avec des béliers mérinos. Elles présentent de très nombreuses variétés tendant toutes à se rapprocher de la laine mérinos. Presque toutes les laines de production française appartiennent à cette catégorie. Elles sont fournies par les races de Brie, de Bourgogne, de Berry, de Champagne, du Soissonnais, de Beauce, de Picardie, de Roussillon, de Franche-Comté. Nous importons beaucoup de laines étrangères, très inférieures aux nôtres, notamment d'Algérie, d'Australie et de la Plata.

La laine se rencontre dans le commerce sous les états suivants :

1° A l'état de *laine en suint*; c'est celle qui est coupée sur le dos du mouton et livrée au commerce sans aucune préparation;

2° A l'état de *laine lavée à dos;* la laine est lavée à l'eau froide sur le dos du mouton, quelques jours avant la tonte; par cette opération, on dissout une partie des sels de potasse que contient le suint, soit 30 à 33 % du poids total de suint;

3° La *laine lavée à chaud*, ou *scoured*; c'est la laine qui a été lavée à l'eau tiède; on retire ainsi de 50 à 65 % du suint; ainsi sont traitées certaines laines coloniales, dans le but de réduire le volume et le poids de la matière à transporter;

4° La *laine lavée à fond;* c'est celle qui a été entièrement dégraissée par les alcalis avant d'être passée à l'eau pure. On ne traite ainsi que des laines tout à fait ordinaires et sans grande valeur, car dans cette opération le textile perd de son élasticité et de sa douceur.

Les peigneurs de laine, qui font aujourd'hui partie de la grande industrie, opèrent dans leurs ateliers le dessuintage, et ils dégraissent toutes les laines sans exception (voir ci-dessus, II^e^ partie, 2^e^ division, chap. II, § II). Les filateurs reçoivent la laine toute peignée à l'état de *rubans*.

Outre les laines précédentes, il existe encore dans le commerce les *laines mortes*, coupées sur les animaux morts; telles sont les

laines d'abat, détachées des peaux de mouton par la chaux vive; les *écouailles*, ou laines d'abat soigneusement lavées; les *morilles*, laine des animaux morts de maladie. Toutes ces laines sont de qualité inférieure.

§ III

LIN

Dès la plus haute antiquité l'homme sut extraire de la plante connue sous le nom de *lin* et mettre en œuvre des filaments allongés, qui ne sont autre chose que les fibres, ou plutôt les faisceaux de vaisseaux libériens contenus dans l'écorce de sa tige. Ces fibres sont d'une assez grande finesse, presque blanches, souples, résistantes, imputrescibles, bonnes conductrices de la chaleur. Elles donnent un fil qui sert à faire les toiles fines et le fil à coudre. On fait aussi avec le lin des toiles très fortes pour tentes, bâches, prélarts, et même des toiles à voiles.

Battage et rouissage. — Pour procéder à l'extraction du lin, il faut d'abord isoler la matière filamenteuse de la tige qui la porte. Les fibres qui la composent sont réunies entre elles et à la tige par une matière gommeuse, la *pectose*, insoluble dans l'eau. Cette gomme peut subir une sorte de fermentation *putride* sous l'influence d'un des microbes de la putréfaction. Sous cette influence, la pectose se décompose en pectine et acide pectique, et se liquéfie en partie ; dès lors, toute adhérence cesse entre les fibres. L'opération qui consiste à provoquer cette fermentation est le *rouissage*. Les tiges de lin ayant été arrachées, puis *séchées,* subissent d'abord au moyen d'une *batte* ou *macque* un battage qui a pour but de séparer la graine et la menue paille. Elles sont ensuite immergées dans l'eau d'une rivière, d'un étang, ou même dans des bassins spéciaux appelés *routoirs*. La fermentation ne tarde pas à s'établir. Au bout de dix ou douze jours, elle est achevée. On retire les tiges de l'eau et on les fait sécher, soit en les maintenant debout contre un appui, soit en les étendant sur le sol. On sèche quelquefois aussi dans un *haloir*,

pièce où l'on élève progressivement la température jusqu'à 45°.

Le rouissage du lin à l'eau courante donne une filasse forte, résistante, propre à la fabrication des tissus fins; il doit être préféré non seulement au rouissage à l'eau stagnante, mais encore à tous les autres.

Le lin est fréquemment roui *sur pré;* les tiges sont étalées sur le sol, et l'action de la rosée ou de la pluie suffit pour provoquer la fermentation voulue. Il faut retourner le lin de temps en temps. Ce procédé est long; le travail chimique dure jusqu'à quarante jours, et l'on est obligé d'arroser, s'il ne pleut pas. On obtient ainsi des lins de couleur inégale

On emploie encore le *rouissage mixte,* qui dure de 8 à 10 jours.

On peut aussi *rouir à l'eau chaude.* L'eau et les tiges sont mises dans de grandes cuves, et chauffées à 30° par un courant de vapeur.

Dans le *rouissage à la vapeur,* le lin est maintenu pendant 30 minutes dans une chaudière autoclave. L'eau y est remplacée par de la vapeur à 5 atmosphères, ce qui amène à 125° la température de l'intérieur de la chaudière. Il ne reste plus qu'à sécher dans des chambres closes.

On a enfin récemment essayé, à Lille, un procédé nouveau fondé sur l'action combinée de la chaleur et du vide.

Les derniers procédés ont, comme le rouissage sur pré, le grand avantage de ne pas donner d'émanations fétides et de ne pas corrompre les eaux.

Mais jusqu'à présent aucun des procédés de rouissage mécanique ou chimique n'a donné de résultats entièrement satisfaisants.

Teillage. — Les tiges rouies et séchées sont broyées au moyen du *broie* ou *macque* (fig. 183). C'est un outil formé d'une pièce de bois B, articulée par l'une de ses extrémités D autour d'un point fixe, sur une table A, et portant en-dessous des cannelures longitudinales qui engrènent avec des cannelures identiques ménagées dans la table. On manœuvre l'appareil par la manette C, comme un couteau de boulanger. Les tiges sont engagées en travers de ces cannelures, et, en abaissant le broie, on les brise; mais les fibres libériennes, souples, ne sont pas déchirées.

Il reste à séparer par le *teillage* les fibres des fragments

de tige, ou *chènevottes*; l'ouvrier, d'une main, passe une poignée de ces tiges broyées au travers d'une fente pra-

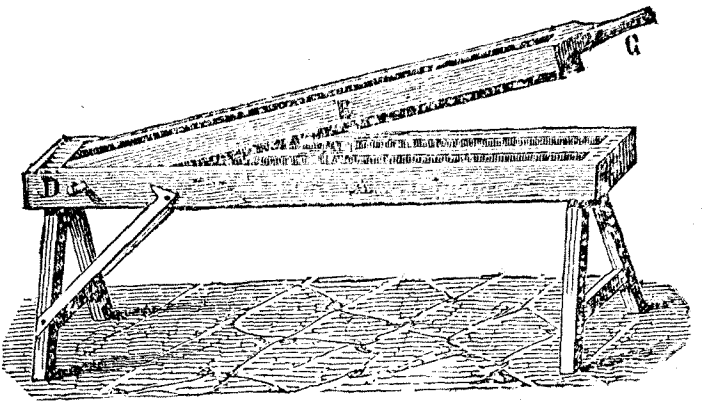


Fig. 183. — Broie.

tiquée dans une planche verticale (*chevalet à espader*), et de l'autre, armé d'une palette (*écangue*, *écouche* ou *espadon*), il bat la partie des tiges qui dépasse, et en fait tomber la chènevotte; il passe ensuite le paquet de fibres qui lui reste en main sur un peigne en bois pour les paralléliser, et il obtient finalement ainsi la *filasse*.

On teille aussi avec la *machine à teiller*. C'est une grande roue R, mue au moyen d'une manivelle M, et munie sur sa circonférence de palettes P,

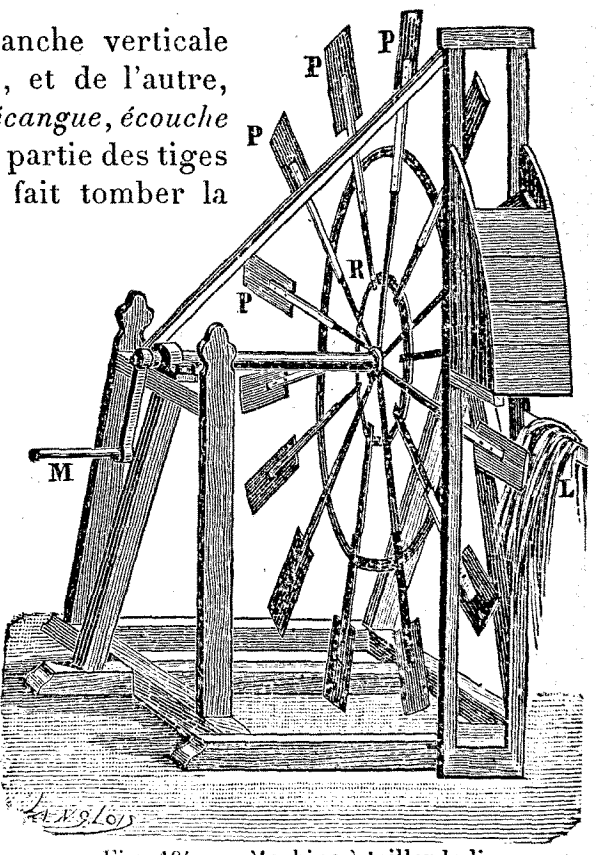


Fig. 184. — Machine à teiller le lin.

dont le plan est le même que celui de la roue, et qui viennent frapper des tiges L placées comme précédemment (fig. 184).

La filasse obtenue est expédiée aux *filatures*.

Les lins les plus estimés sont ceux de la France (Nord et Nord-Ouest), de la Belgique et de la Hollande; puis viennent ceux d'Irlande, de Russie, de Silésie, de Saxe, de Westphalie. La Russie produit à elle seule autant de lin que toutes les autres nations d'Europe.

§ IV

CHANVRE

Le *chanvre* est une matière textile, filamenteuse comme le lin, et provenant du *chanvre cultivé*. Les filaments ne sont autres que les fibres libériennes de l'écorce. La filasse du chanvre présente à peu près les caractères de celle du lin, mais avec moins de finesse, moins de souplesse et plus de résistance; sa couleur est jaune clair. Les fils qui en proviennent servent à faire les grosses toiles et les cordes. On en fait également du fil à coudre et le *ligneul* des cordonniers.

Les opérations de *rouissage*, de *macquage* et de *teillage* sont les mêmes que pour le lin. Cependant, comme la tige de la plante est plus grosse, on teille le plus souvent à la main. Quand la *filasse* est obtenue, on en dispose les brins parallèlement, de manière à en former des tresses, qu'on assouplit en les frappant avec des pilons de bois, ou en les faisant fouler par des meules verticales en granit.

La culture du chanvre est plus répandue en France que celle du lin. C'est notre pays qui produit les meilleures qualités (vallée de la Loire). La Picardie, la Champagne, le Dauphiné en donnent aussi. On en tire également d'Italie et de Russie.

§ V

COTON

Le *coton* est une fibre végétale qui entoure les grains du *cotonnier*, en formant un duvet fin, soyeux, et généralement blanc. Grains et duvet sont enfermés dans le fruit, qui est une capsule déhiscente, s'ouvrant par déchirement lorsqu'il est mûr. C'est à ce moment qu'on doit procéder à la récolte.

Il existe de nombreuses espèces de cotonniers : les uns sont herbacés, d'autres sont arborescents; ils sont cultivés dans beaucoup de régions chaudes. Les pays qui en contiennent le plus sont les États-Unis, l'Amérique du Sud, l'Hindoustan, l'Algérie, l'Egypte, le Sénégal, quelques parties de l'Europe méridionale.

Examiné au microscope, le filament de coton montre une série de cellules longues, plates, repliées sur elles-mêmes. Il doit être long, fin, souple, fort, élastique, brillant et soyeux. Sa valeur dépend surtout de sa longueur : les filaments longs, en effet, possèdent généralement toutes les autres qualités, et on les obtient plus facilement à l'état de propreté absolue. On distingue les cotons *longue soie*, ayant de 25 à 55 millimètres, les cotons *courte soie*, ayant de 10 à 25 millimètres et les *très courtes soies*, ayant moins de 10 millimètres.

La récolte une fois faite, le coton est séparé, par l'opération de l'*égrenage*, des grains qui s'y trouvent emprisonnés. Cette opération est effectuée de plusieurs manières; nous citerons le principe de celle qui est le plus employée pour les cotons à fibres courtes. La masse cotonneuse, ayant été bien séchée au soleil, est placée sur une grille; tout contre cette grille se trouve un cylindre animé d'un mouvement de rotation rapide, et armé d'un grand nombre de cercles dentelés, comme des scies, sur leur circonférence extérieure. Lorsque le cylindre tourne, les dents de scie, venant raser la grille,

accrochent le coton et le tirent à elles au travers des barreaux, tandis que les graines elles-mêmes, ne pouvant passer, restent isolées et tombent sous la machine.

Le coton est ensuite mis en balles, comprimé et expédié aux filatures.

Cette matière textile sert à faire les tissus appelés *cotonnades*. Elle entre en mélange dans beaucoup de tissus mixtes, avec la soie, la laine, le lin, etc. On en fait des tissus imitant ceux de soie, de laine ou de lin purs, et qui en portent même souvent le nom, sans en réunir d'ailleurs les qualités.

La fibre de coton soumise à l'action des alcalis caustiques concentrés prend un aspect nouveau; elle acquiert le brillant et le toucher de la soie; les fils qu'elle fournit dans ce cas, très employés dans ces derniers temps, sont appelés *fils mercerisés*.

§ VI

AUTRES TEXTILES

Jute. — Le *jute* est une matière filamenteuse formée des fibres libériennes du *jute*, plante voisine du tilleul, qui croît dans l'Inde; d'où le nom de *chanvre de Calcutta* qu'on lui donne parfois improprement. C'est une fibre grossière, moins résistante que le chanvre. L'extraction s'en fait par des procédés analogues à ceux qui sont employés pour la préparation de ce dernier.

On l'utilise, seul ou mélangé au chanvre, pour faire des torchons, des toiles cirées, des toiles à matelas, des toiles d'emballage, des toiles à sacs, des bâches, des voiles, des stores, etc. Il entre même dans la composition des tapis et des velours à bon marché.

Ramie. — La *ramie* est une matière filamenteuse formée par les fibres libériennes d'une plante voisine du chanvre, l'*ortie de Chine*. La matière connue sous le nom de *china grass* n'est pas autre chose.

Les fibres de la ramie sont blanches et aussi brillantes que la soie, d'une élasticité intermédiaire entre celles de la soie et du coton; elles sont plus tenaces que le meilleur chanvre, et plus fines que le plus beau lin; elles résistent mieux qu'eux à la torsion; elles supportent bien les lessivages, lavages, et, en général, l'humidité; enfin, elles prennent bien les apprêts et la teinture. La ramie, seule ou mélangée, sert à fabriquer différents tissus, même de luxe; elle donne d'excellente toile à voile, des filets de pêche, des tuyaux de pompe.

Pour extraire la ramie, on fait subir aux tiges l'opération du *decortiquage*, et aux lanières d'écorce obtenues celle du *dégommage*.

La plus grande partie de la ramie utilisée en filature provient de la Chine et des Indes, où le décortiquage est presque exclusivement effectué à la main. Les tiges venant d'être coupées, l'écorce s'en détache facilement; elle est râclée longitudinalement au moyen de couteaux de bois, et débarrassée de son épiderme; les fibres textiles restent seules, plus ou moins agglutinées par une matière gommo-résineuse; les lanières ainsi préparées sont réunies en écheveaux, plongées dans l'eau bouillante, blanchies sur le pré et expédiées par ballots à l'état de filasse, généralement sur le marché de Londres.

Pour suppléer à l'insuffisance du décortiquage à la main, de nombreux inventeurs ont cherché à réaliser mécaniquement cette opération. Les machines *décortiqueuses* consistent presque toutes en une combinaison de rouleaux ou de mâchoires, entre lesquelles viennent passer les tiges de ramie, soit à l'état vert, soit à l'état sec. Pour isoler les fibres textiles, il faut ensuite faire disparaître la matière gommo-résineuse qui les imprègne. C'est l'objet du *dégommage*, qui consiste en une série de traitements chimiques spéciaux, dans le détail desquels nous ne saurions entrer ici.

La ramie pousse naturellement en Chine, au Japon, dans l'Inde, dans les îles de la Sonde; on la cultive quelque peu dans le midi de l'Europe et en Algérie.

CHAPITRE II

Filature.

La *filature* est l'ensemble des opérations qu'on fait subir aux matières filamenteuses brutes, pour les amener à l'état de *fils*.

Ces opérations sont nombreuses; elles varient suivant la matière textile qu'il s'agit de travailler, mais elles peuvent toutes être groupées en trois séries :

1° Les opérations préparatoires, consistant à faire subir aux fibres les manipulations nécessaires pour les nettoyer, s'il y a lieu, les isoler, les démêler, les assembler, de manière à en former une sorte de ruban continu;

2° Le *filage* proprement dit, qui consiste à transformer en fil le ruban précédemment obtenu;

3° Les opérations par lesquelles on donne au fil terminé la forme commerciale voulue.

§ Ier

FILATURE DE LA SOIE

La filature de la soie est beaucoup plus simple que celle du lin, car le fil fourni par le cocon est déjà long et tout formé; il s'agit surtout de le renforcer pour le rendre propre au tissage. On y arrive par deux opérations successives : le *tirage* et le *moulinage*.

Tirage. — Le *tirage* ou *dévidage de la soie* consiste à dérouler les fils des cocons en en réunissant parfois plusieurs : on obtient ainsi la *soie grège*. Quoique susceptible déjà d'entrer comme élément constituant dans un tissu, la soie grège n'est pas encore un fil parfait; il lui manque la régularité, la souplesse et la solidité; ces qualités lui seront données par le moulinage.

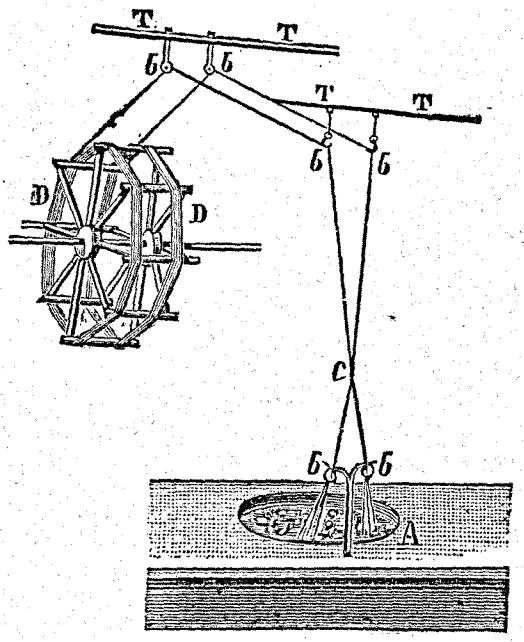


Fig. 185. — Schéma du tirage de la soie.

Le tirage de la soie s'opère dans des bassins de métal A (fig. 185) contenant de l'eau chauffée à 90° environ. Chaque bassine est surveillée par une ouvrière. Cette dernière jette les cocons dans l'eau chaude (*ébouillantage*); puis, s'armant d'une *escoubette*, petit balai de bruyère,

elle procède au *battage*. L'ébouillantage a fait se dissoudre la matière gommeuse qui engluait chacun des cocons; grâce au battage, les bouts de leurs fils s'accrochent au balai. En tirant celui-ci, l'ouvrière amène à elle un certain nombre de ces fils; elle les tire jusqu'à ce que chacun d'eux apparaisse bien net: c'est le *débavage*. A ce moment, elle brise tous ces bouts de fil qui iront rejoindre les autres déchets, et constituent le *frison;* elle ressaisit les bouts qui restent adhérents aux cocons, et commence le tirage proprement dit. Au-dessus de la bassine A est planté un support portant deux crochets en agate appelés *barbins* (*b b*). Plus en arrière, se trouve un *tour* ou *dévidoir* D. Entre la bassine et lui, sont deux tringles T, T, constituant le *trembleur*. Elles portent des crochets ou broches et sont destinées à distribuer uniformément le fil sur le tour, grâce à leur mouvement de va-et-vient exécuté transversalement. L'ouvrière prend les fils de cinq ou six cocons pour en faire un seul, les passe ensemble dans l'un des barbins, de là dans les crochets du trembleur, et finalement les engage sur le tour. Dans leur passage au travers des barbins, les fils se refroidissent, et la matière gommeuse les réunit en se coagulant. Pour accélérer le travail, on tire habituellement deux de ces fils de grège à la fois, chacun passant par un barbin différent; mais, au sortir de leurs barbins respectifs, ils s'enroulent l'un sur l'autre (*croisure*) et dans leur mouvement se frottent l'un contre l'autre, ce qui les débarrasse des boucles et produit des fils plus cylindriques. Le fil s'enroule sur le tour, où il donne un écheveau. Afin d'assurer la régularité de la grège, la grosseur du fil étant, à la fin du cocon, trois fois moindre qu'au début, l'ouvrière doit faire un triage pour assortir les fils, en réunissant des cocons à un degré de tirage différent.

Les frisons sont cardés, puis traités comme le coton; ils donnent la *filoselle*.

Moulinage. — La soie grège présente une résistance

insuffisante; il faut en augmenter la solidité par la torsion. On y arrive par le *moulinage*, qui se subdivise en plusieurs opérations, et s'effectue souvent dans des ateliers distincts des précédents.

On commence par assouplir la soie en la laissant séjourner pendant vingt-quatre heures dans de l'eau de savon. Puis elle subit un autre *dévidage*. Les écheveaux sont placés sur un dévidoir léger appelé *tavelle*, et le fil de soie vient s'enrouler sur une bobine appelée *roquet*. Entre le dévidoir et le roquet, le fil passe entre des mâchoires de feutre qui arrêtent les *bouchons*, ou aspérités de la surface. La soie passe ensuite au *purgeage*, opération qui consiste à la faire passer d'une bobine sur une autre, en la comprimant entre des mâchoires en feutre.

Les fils subissent ensuite le *doublage* et la *torsion*; cependant quelques-uns sont seulement tordus. Le *doublage* consiste à réunir sur une même bobine deux ou plusieurs fils que la torsion amènera à n'en former qu'un seul.

On opère ensuite le *moulinage* proprement dit qui se fait sur le *moulin à tordre*.

Le moulin à tordre se compose essentiellement (fig. 186) d'un axe F, sur lequel on embroche la bobine B portant la soie à mouliner. Cet axe porte, au-dessus de cette bobine, une sorte de crapaudine *m*, à laquelle sont attachées deux tiges terminées par des barbins *b*, *b*. L'axe, et par conséquent la crapaudine avec ses barbins, tournent très rapidement sous l'action d'un mécanisme spécial, tandis que la bobine ne tourne que par suite du déroulement du fil qu'il porte. Au-dessus se trouve une bobine R, appelée *roquelle,* animée d'un mouvement de rotation, et sur laquelle s'enroulera le fil mouliné.

On place la bobine sur l'axe; on engage l'extrémité du fil *f* dans les barbins, et on le fixe à la roquelle R. Cette dernière, par sa rotation, attire le fil à elle, ce qui le fait se dérouler de B. Mais, chemin faisant, il est tordu par la rotation rapide des barbins autour de la bobine.

Les mouliniers préparent trois sortes de fils : 1° le

poil, formé par un seul fil de grège, tordu et destiné à servir de fil de *chaîne* (Voir ci-après, chap. III) pour les étoffes légères, les rubans, la passementerie; 2° la *trame* destinée à servir de fil de *trame* (id.), formée de fils doublés, sans autre apprêt, et tordus à 80 ou 150 tours par mètre; 3° l'*organsin*, fil de chaîne pour étoffes ordinaires, doublé, puis tordu deux fois, la seconde fois en sens inverse.

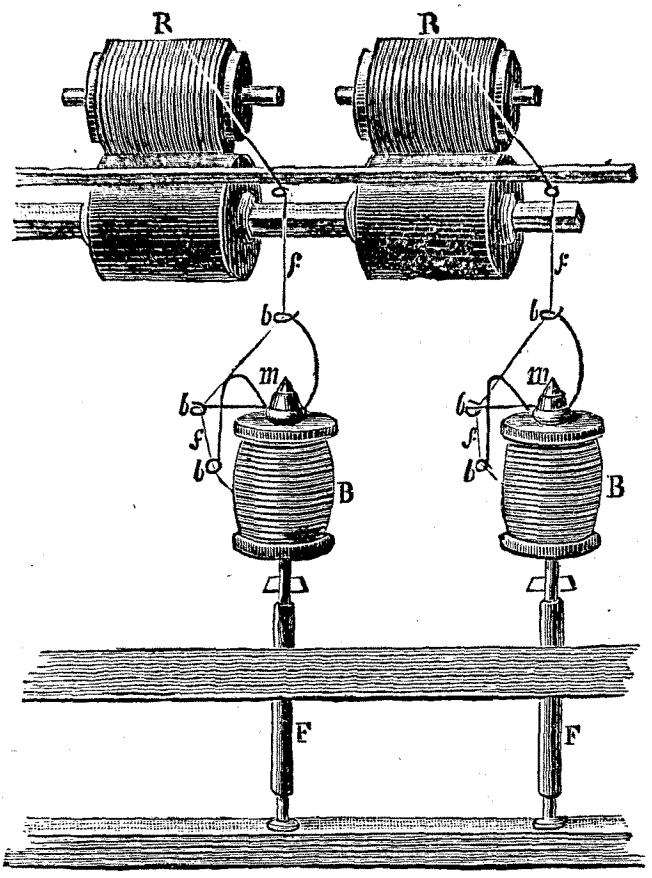


Fig. 186. — Moulin à tordre la soie.

On procède ensuite au *flottage*, qui consiste à remettre la soie en écheveau, c'est-à-dire à dévider le fil qui est sur les roquelles venant du moulin et à la renvider sur des dévidoirs, appelés *guindres*. Elle passe ensuite entre les mains du teinturier.

La filature de la soie est une industrie localisée dans les régions séricicoles. En France, on trouve des usines de ce genre en Languedoc, en Dauphiné et en Provence. Le numérotage commercial de la soie indique le nombre de *grains* (0gr.0531) que pèse une longueur de 400 *aunes* (anciennes mesures françaises), c'est-à-dire

de 480 mètres de fil. Il existe aussi un autre numérotage plus moderne qui indique en *grammes* le poids d'une longueur de 10.000 mètres de fil.

Filature de schappe. — La *filature de schappe* est l'industrie qui utilise les déchets de soie, et les transforme en des fils appelés *schappes* ou *fantaisies*. Ce travail est plus compliqué que la filature de la soie elle-même, à cause de la diversité des matières employées. On utilise en effet : 1° les déchets de magnaneries, *blaze* (bourre qui entoure le cocon, et qui reste attachée à la bruyère), cocons percés, doubles; 3° les déchets des filatures, *frison* (bourre qui entoure le cocon et qui reste dans la bassine), *pelettes* (cocons qui cessent de se dévider); 3° les déchets de moulinage, *bourre;* 4° les déchets du peignage de schappe, ou *bourrettes*, dont il sera question ci-après.

Tous ces déchets doivent d'abord être *décreusés*, c'est-à-dire que les filaments de soie qui les composent doivent être débarrassés de leur *grès*. A cet effet, on les plonge dans de l'eau de savon chaude, qui désagrège le grès et détruit les chrysalides restées dans certains cocons. On *lave* ensuite sous une pression de 1 à 2 atmosphères, dans une machine spéciale, qui achève d'enlever toutes les impuretés; puis on égoutte et l'on sèche.

On a ainsi obtenu une bourre, composée de filaments très enchevêtrés. Pour les paralléliser, on les soumet à un *battage*, qui fait s'ouvrir la masse, à un *lubrifiage* par un mélange d'eau, de savon et d'huile, puis à un *peignage* analogue à celui de la laine. La soie, au sortir de la peigneuse, est en masses de fils, appelées *loquettes;* on en sépare à la main les matières solides étrangères (*épluchage*), et l'on file comme s'il s'agissait de la laine ou du coton. Les filaments qui sont restés à la peigneuse, ou *bourrettes*, repassent avec une autre provision de déchets, ou sont *cardés* et filés comme le coton.

Le numérotage commercial des fils de schappes indique le nombre de kilomètres qui pèsent un kilogramme; ainsi le n° 4 correspond à la qualité qui compte 4.000 mètres au kilogramme.

La schappe est employée à la confection des soieries à bon marché, à la passementerie, à la bonnetterie de soie, aux tissus d'ameublement, aux tissus élastiques (bretelles, etc.), à la fabrication des peluches, des rubans, à celle des tissus mélangés. La bourrette cardée sert à faire les couvertures de soie, des étoffes spéciales à très bon marché, la toile amiantine qui sert pour les gargousses de l'artillerie.

Tous les pays qui travaillent la soie travaillent les schappes. La ville de Thizy (Rhône) s'est fait une spécialité des couvertures de bourrette.

§ II

FILATURE DE LA LAINE

Les opérations que la laine doit subir pour être transformée en *fil* varient suivant sa nature. On distingue, en effet, la filature des *laines longues* et celle des *laines courtes*, les premières réservées pour la fabrication des étoffes *rases*, et les secondes pour celle des étoffes *velues*, ou feutrées. L'opération principale que subissent les premières est un *peignage*, d'où leur nom de laines *peignées*; l'opération principale que subissent les secondes est un *cardage*, d'où leur nom de *laines cardées*.

1° *Filature des laines peignées.*

Peignage. — La laine, ayant été bien dessuintée et dégraissée, subit d'abord l'*ensimage*, opération qui consiste à en lubrifier les fibres pour en faciliter le glissement, et empêcher tout enchevêtrement ou feutrage dans les opérations ultérieures. A cet effet, on l'arrose avec de l'huile d'olive dans la proportion de 2 à 3 kgr. pour 100 kgr. de laine. Les huiles d'arachide, de colza, de poisson, peuvent aussi être employées. La laine subit ensuite un *cardage*, opération qui n'a ici qu'une importance secondaire et qui est destinée à la débarrasser des matières étrangères telles que poussières, pailles, chardons, à la démêler, à isoler les filaments les uns des autres. On se sert à cet effet d'une machine à carder présentant une certaine analogie avec celle qui sert au car-

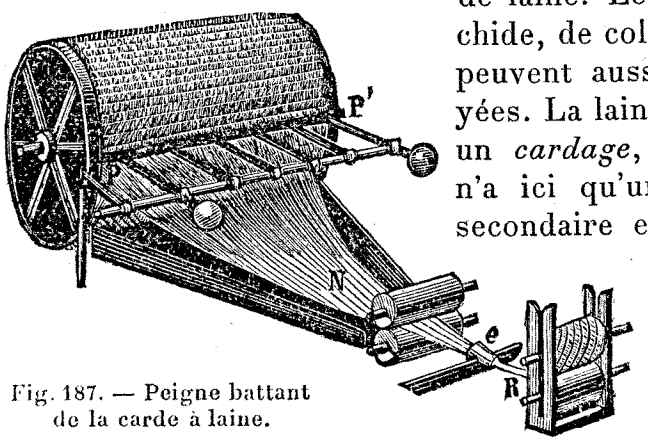


Fig. 187. — Peigne battant de la carde à laine.

dage du coton; elle en diffère en ce qu'elle est munie de deux cardes, placées l'une devant l'autre, avec un *échardonneur* au milieu. Au sortir de cet appareil, la laine, reprise au dernier cylindre par un peigne battant PP′ (fig. 187), est sous forme de nappe N, puis, grâce à l'entonnoir *e*, elle se transforme en un ruban R dont les filaments ont commencé à se paralléliser, mais qui présente encore des *boutons*, des *nœuds*, des filaments courts.

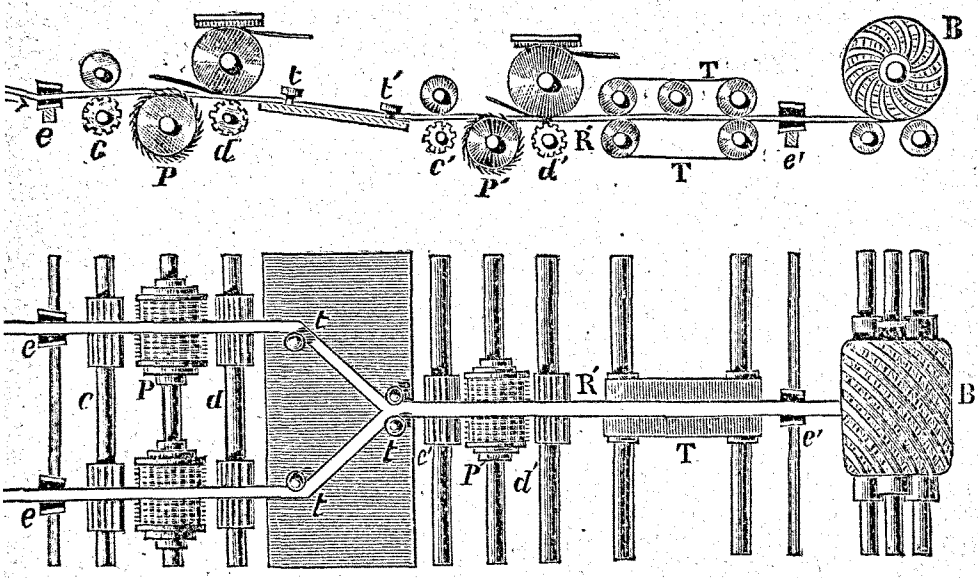


Fig. 188. — Défeutreur-étireur. RRR, rubans venant des bobines; *eee*, *e′e′*, entonnoirs; *cc*, *c′c′*, cylindres cannelés; PP, P′P′, peignes cylindriques; *dd*, *d′d′*, cylindres étireurs; R′, ruban doublé; TTT, toiles lamineuses; BB, bobine d'enroulement; *ttt*, *tt′* table de doublage.

Le *peignage* va faire disparaître tout cela. Mais auparavant on fait passer la laine sur un *banc d'étirage*, appelé encore *défeutreur-étireur*, pour lui faire subir des doublages et des étirages. Sur ce banc (fig. 188), le ruban venant de la carde traverse l'entonnoir *e*, passe entre des cylindres *c* dont l'un est cannelé, puis sur un *peigne* cylindrique P, de là entre les cylindres *étireurs d*. Après ce premier étirage, il s'unit sur la table *t* avec un autre ruban venant de subir le même traitement, et le ruban double ainsi formé est de nouveau laminé en *c′*, dressé

par le hérisson P', et étiré en d' ; il est ensuite comprimé et roulé entre des manchons sans fin T, et enfin, traverse un autre entonnoir e' pour aller s'enrouler sur une bobine B. A sa sortie de cet appareil, la laine est parfois immédiatement dégraissée à l'eau de savon, dans des *lisseuses*. Elle subit ensuite plusieurs nouveaux doublages et étirages qui ont pour but de rendre la mèche plus homogène et plus

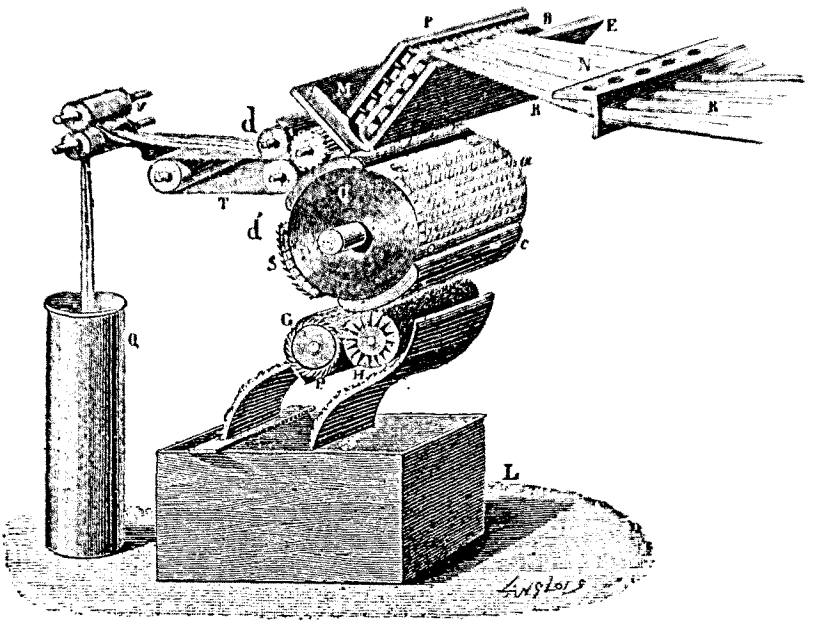


Fig. 189. — Peigneuse Schlumberger.

longue. Après cela, on procède au peignage lui-même. Cette opération se fait aujourd'hui exclusivement avec des *peigneuses* mécaniques, telles que la *peigneuse Schlumberger* dérivée de la peigneuse Heilmann, la première en date. Cette machine (fig. 189) se compose essentiellement d'un cylindre *peigneur* C dont la surface est divisée en segments longitudinaux alternativement garnis de cuir (c) et de dents (a, s). Au-dessus se trouve une sorte de boîte E inclinée, portant à son intérieur deux plaques de fer B qui présentent des fentes longitudinales se faisant vis-à-vis : dans ces fentes s'engagent des dents fixées au couvercle P

de la boîte, animé d'un mouvement de bascule, grâce auquel les dents tantôt pénètrent dans les fentes, et tantôt en sortent. Une pince, à mâchoire en caoutchouc, solidaire de la plaque M, peut s'appuyer contre l'orifice de la boîte à la partie inférieure et s'opposer momentanément au passage de la laine. Au-dessous du cylindre peigneur se trouve une brosse cylindrique H pour nettoyer le peigneur et un cylindre cardeur G pour nettoyer la brosse.

Les mèches R, N, venant des bobines, passent par les fentes des plaques BB. Les plaques et le couvercle sont animés solidairement d'un mouvement de va-et-vient dans la direction de la marche de la laine, et, à chaque mouvement, apportent un peu de laine au peigne. La pince maintient la mèche à la sortie de la boîte, pendant que la provision précédente de laine apportée est peignée. Cette matière est démêlée et parallélisée; les *boutons*, les fils courts sont enlevés. La mèche passe entre les cylindres arracheurs *d*, *d'*, qui l'entraînent sur la toile sans fin T, et de là dans un entonnoir où elle se comprime et s'allonge, enfin entre les cylindres lamineurs φ, qui l'aplatissent. Finalement, elle tombe en ruban *r* dans le pot Q. La brosse H enlève les débris au peigneur; tous ces déchets, extraits de la brosse par le cylindre G, sont enlevés à ce dernier par un peigne battant *p* qui les précipite dans la caisse L. Ils constituent la *blousse*, et sont utilisés comme *laine à carder*.

Dans bien des cas, l'industrie emploie aujourd'hui les peigneuses Offermann-Ziegler ou celle de Delette, dont la production est supérieure à celle de la peigneuse Schlumberger, déjà ancienne, et qui présentent sur cette dernière l'avantage de pouvoir, comme le besoin s'en est fait sentir au cours de ces dernières années, peigner même des matières courtes. Comme celle de Schlumberger, ces peigneuses sont dites *à fractionnement*, parce que leur travail est intermittent. Dans la peigneuse Offermann-Ziegler, comme dans l'ancienne machine Heilmann, une simple pince amène les brins au-devant des cylindres arracheurs,

et un peigne fixe (*nacteur*) peigne la partie terminale de la mèche amenée sur le cardeur, et non atteinte par celui-ci; mais les cylindres arracheurs sont fixes comme dans la machine Schlumberger et c'est l'ensemble, formé par la pince et le peigne nacteur, qui va au-devant d'eux. Il n'y a qu'un segment peigneur sur le cardeur. Une disposition spéciale des cylindres augmente leur puissance d'arrachage. La peigneuse Offermann-Ziegler permet d'opérer sur des nappes plus épaisses.

Il existe des peigneuses dont le travail est continu; telles sont les peigneuses Noble, Lister, Holden, sur lesquelles on travaille des laines de longueur moyenne et des laines longues : leur production est assez élevée. On *lisse* avant ou après peignage suivant que l'on travaille pour soi ou à façon; c'est presque toujours le dernier cas qui se présente.

Les peigneuses à *arrachage continu* peignent la laine en gras, c'est-à-dire enduite d'huile d'olive. La série des opérations n'est plus la même que dans les machines à fractionnement. Ainsi dans le cas de l'emploi de la peigneuse Holden, la laine subit successivement les opérations suivantes :

1° Le dessuintage;
2° Le lavage;
3° Le cardage;
4° Le passage au banc d'étirage;
5° Le peignage proprement dit;
6° Un second passage au banc d'étirage;
7° Le lissage;
8° Le passage au banc d'étirage finisseur.

Le but de chacune de ces opérations est le même que dans le peignage Heilmann; il est donc inutile d'y revenir, et nous nous bornerons à donner une idée sommaire de la peigneuse elle-même.

La peigneuse Holden (fig. 190) se compose essentiellement d'un anneau en fonte AAAA, creux, ayant $1^{m},50$ de diamètre et dont l'axe est vertical; un courant de

vapeur circule constamment dans son intérieur. Sur cet anneau sont fixés des segments en cuivre dans lesquels sont implantées, suivant des circonférences *a*, *b*, *c*, concentriques à l'anneau, des aiguilles qui constituent ainsi un peigne circulaire.

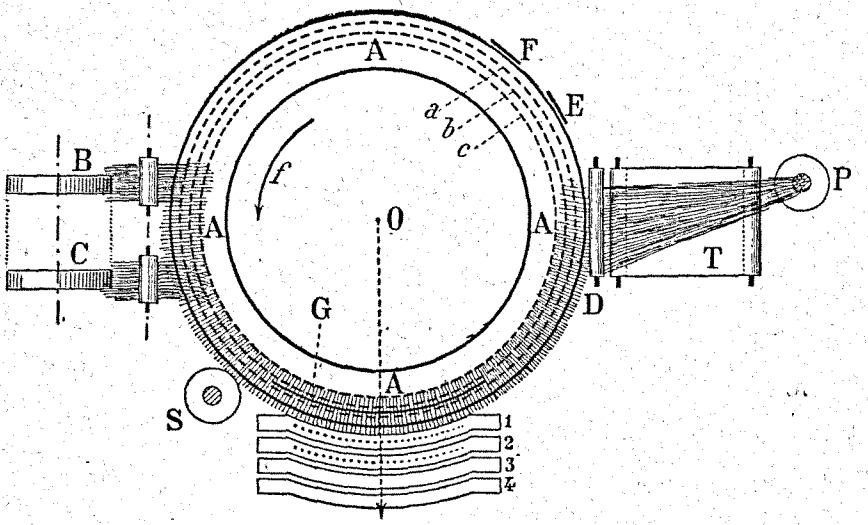


Fig. 190. — Schéma de la peigneuse Holden (plan).

La laine disposée en rubans formés au banc d'étirage est amenée par des appareils chargeurs automatiques B, C, qui viennent successivement déposer une mèche de laine sur l'anneau, animé lui-même d'un mouvement assez lent de rotation autour de son axe (2 tours 1/2 par minute). Leur travail s'effectue d'une manière continue, de telle sorte que l'anneau puisse se garnir complètement de mèches de laine. Le cercle AAAA, tournant dans le sens de la flèche, amène la laine dont il est garni en face des barrettes 1, 2, 3, 4, sortes de règles armées d'aiguilles verticales de plus en plus serrées de la gauche vers la droite. Ces barrettes sont animées d'un mouvement alternatif d'avant en arrière, parallèlement au rayon OA; elles viennent introduire leurs aiguilles dans la partie des mèches de laine qui dépassent en dehors de l'anneau, et

dans le mouvement de traction ainsi produit peignent cette partie des mèches. Pour empêcher la mèche d'être attirée hors du peigne circulaire pendant cette opération, une lame courbe G, placée entre les rangs d'aiguilles et animée d'un mouvement oscillatoire vertical très rapide, presse fortement sur la laine. Les barrettes peignent donc seulement le bout des mèches ; on dit qu'elles peignent *les têtes de mèches*.

L'anneau AAAA, tournant toujours, amène la laine peignée entre des cylindres superposés D, finement cannelés, appelés *arracheurs* ; ainsi saisies, les mèches, dont le bout a été peigné par les barrettes, sont arrachées hors du peigne de l'anneau, en même temps que se produit, par les aiguilles de l'anneau, le peignage des *queues de mèches*. L'opération est terminée.

Les mèches se produisent ainsi sans interruption, se soudent les unes aux autres sur le manchon sans fin T, et forment un ruban continu qui vient tomber dans un pot en tôle P.

Il reste finalement à régulariser le ruban produit et à le dégraisser, ce qui se fait à l'aide d'une *lisseuse*.

Au fur et à mesure que la laine est arrachée hors de l'anneau, il reste dans les aiguilles de la *blousse* ou déchet. Cette *blousse* est enlevée par des sortes de couteaux E, F, et tombe dans un bac *ad hoc*. Le peigne se trouve ainsi débourré et prêt à être de nouveau garni par les chargeurs.

Le peignage terminé, le ruban formé doit être régularisé ; à cet effet, on lui fait subir quelques passages sur des bancs d'étirage (fig. 188). A sa sortie des appareils, le ruban est disposé en bobines et livré au commerce sous le nom de *peigné*.

Filature. — Chez le filateur, le peigné est transformé en fils au moyen d'opérations diverses. Il subit d'abord une série de passages sur des machines d'étirage, qui ont pour effet de corriger sa section et de réduire progressivement sa grosseur. Il passe ensuite sur d'autres ma-

chines, appelées *bobinoirs*; là le travail de régularisation et d'étirage est achevé, et le ruban sort à l'état de *mèches* arrondies. C'est sur les premières machines d'étirage que se font, s'il y a lieu, les mélanges de laines.

Filage. — Après leur dernier passage au bobinoir, les mèches sont enfin filées, soit sur métier à filer renvideur, soit sur métier continu. Le filage au renvideur, ou *self-acting*, se fait sur une machine à peu près semblable à celle qui est employée pour la filature du coton (fig. 204). Le métier à filer continu présente une certaine analogie avec celui qui est utilisé pour la filature de lin. (Voir ci-après, § III et IV.) Le *self-acting* permet de faire des fils plus fins qu'au continu, mais sa production est moindre. Dans l'un et l'autre procédé de filage, on peut faire des fils de chaîne ou des fils de trame.

En principe, sur un métier à filer, on donne un dernier étirage pour amener la mèche à la grosseur du fil à produire, et l'on tord cette mèche pour obtenir le fil et lui donner une résistance et une élasticité variables avec les usages auxquels il est destiné.

Les fils *retors* résultent de l'assemblage de deux ou de plusieurs fils simples; ils sont employés, suivant les cas, comme *chaîne* ou comme *trame*.

2° *Filature des laines cardées.*

Louvetage. — La laine dégraissée est conduite à la *batteuse*, où elle subit, comme le coton, un *battage* qui a pour but d'en augmenter le volume par le desserrage des filaments et d'enlever les impuretés. De là, elle passe au *loup*, qui achève le travail de la batteuse, assouplit les filaments et mélange les diverses qualités, s'il y a lieu. On procède ensuite à un *ensimage* à 15 0/0 destiné à faciliter le *cardage*.

Cardage. — Le cardage de la laine se fait à peu près comme celui du coton, qu'on prend toujours comme exemple; l'aiguillage des organes et le réglage sont seulement modifiés. La matière passe dans trois cardes successives, dont la dernière est dite *carde fileuse*. Par ce

travail, les fibres se déplacent, tendent à se mettre en sens contraire les unes des autres, tout en se parallélisant, disposition éminemment favorable à leur feutrage, puisque les écailles des unes s'engrènent de la sorte dans celles des autres.

Filage. — La laine sort de la carde fileuse à l'état de ruban ou boudin, qu'on livre directement à un métier à filer renvideur différent de celui qui est employé pour la laine peignée; l'étirage se produit, non par le jeu des cylindres comme dans la laine peignée, mais par le mouvement du chariot.

Le filage se fait ici en gras. On fabrique surtout de la trame, mais on peut également produire de la chaîne. On file aussi sur continus.

Laine régénérée. — Indépendamment des laines neuves et de la blousse, on traite encore de la même manière les lainages hors d'usage, tels que les chiffons. On les nettoie, on les effiloche, et l'on carde la laine qui en provient, pour en faire du fil dont on confectionnera des tissus à bon marché. C'est ce qu'on appelle la *laine régénérée* ou *laine renaissance*.

Le numérotage commercial des fils de laine est fait sur la base de 600 aunes pour 500 grammes, de sorte que le numéro 1 est celui dont 600 aunes, ou 720 mètres, pèsent 500 grammes; le numéro 2, celui dont 1.440 mètres pèsent le même poids, et ainsi de suite. On prend aussi quelquefois pour numéro le nombre de kilomètres au kilogramme.

La filature de la laine est une des grandes industries françaises. Les départements du Nord, de la Marne, de la Somme, des Ardennes, de l'Aisne, de la Seine-Inférieure sont ceux qui comptent le plus de broches. Vienne (Isère) s'est fait une spécialité de l'emploi de la laine régénérée.

§ III

FILATURE DU LIN ET DU CHANVRE

La mise en *fils* des filasses de lin, de chanvre, de jute, de ramie, et, en général, de toutes les matières textiles constituées par des fibres libériennes, se fait de la même manière. C'est pourquoi nous allons étudier avec quelques

détails la filature du lin, qui nous servira de type et nous dispensera de parler de celle des autres matières analogues.

Peignage. — La première opération que subit la filasse est le *peignage*. La matière qui compose cette filasse est formée de bandelettes comprenant chacune plusieurs fibres juxtaposées. Le peignage a pour effet de refendre ces bandelettes, d'isoler ainsi les fibres les

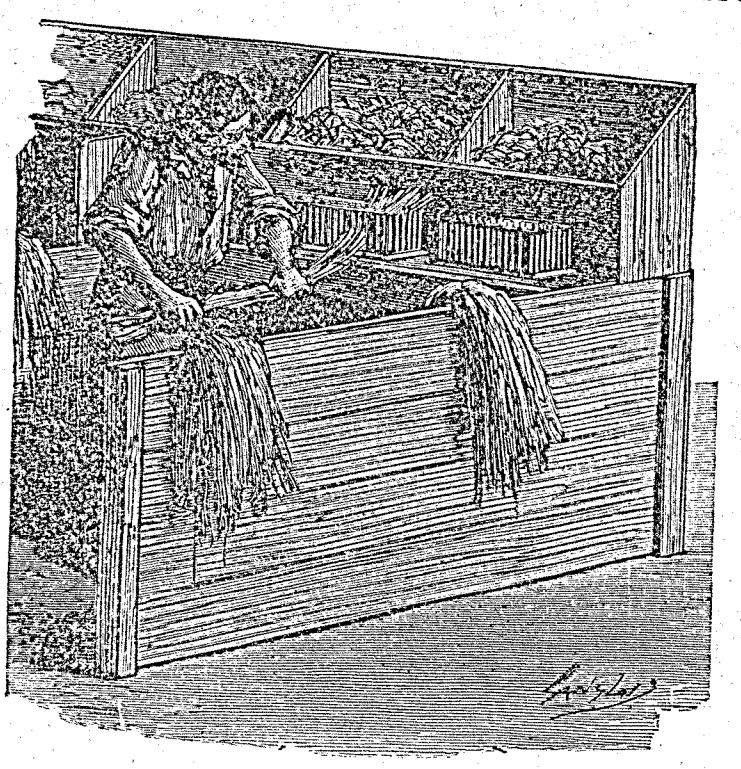


Fig. 191. — Peignage du lin à la main.

unes des autres, tout en les rendant parallèles et en les débarrassant des débris de chènevotte auxquels elles peuvent encore adhérer, et surtout de dégager le long brin, resté dans la poignée de lin teillé, des brins courts et des brins brisés dans les opérations précédentes. Le peignage se fait à la main ou à la machine.

Pour peigner la filasse à la main, on se sert de *peignes* formés par des aiguilles d'acier, implantées les unes à côté des autres dans une planche de bois horizontale qui

est fixe. L'ouvrier prend une poignée de filasse, l'engage par une extrémité dans les aiguilles ou dents du peigne et tire à lui (fig. 191). Les dents fendent ainsi les bande-

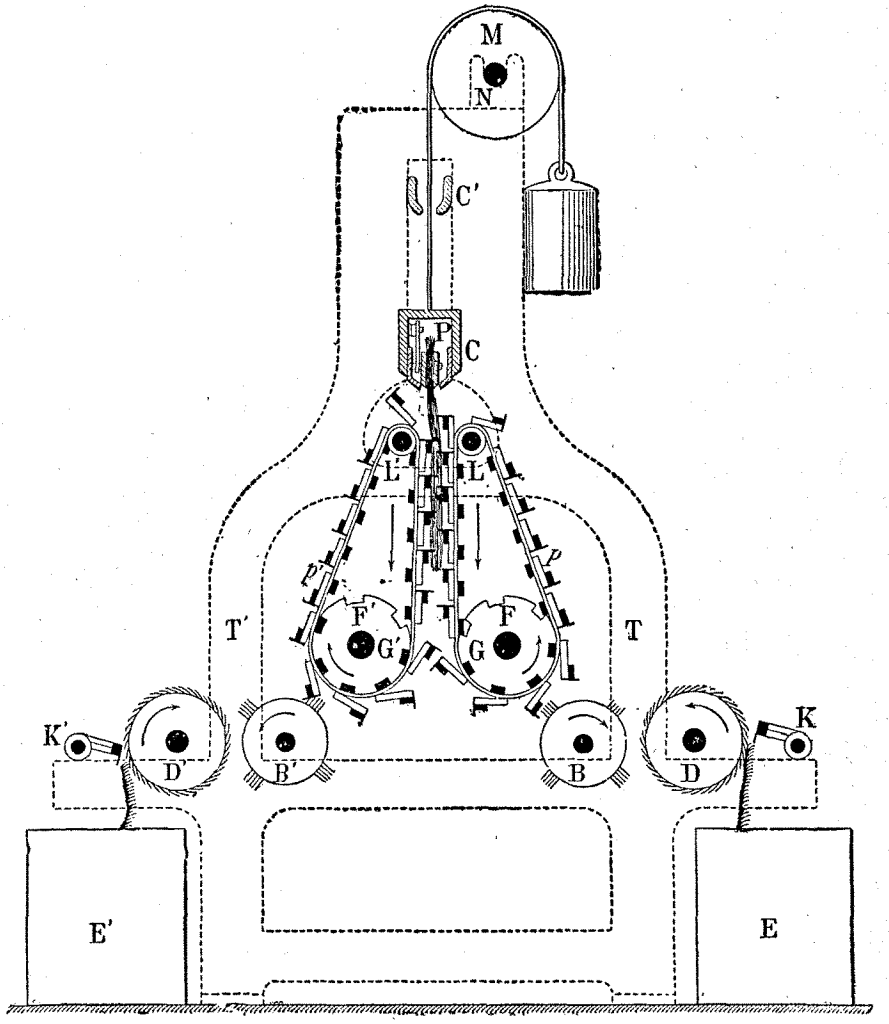


Fig. 192. — Peignage mécanique du lin (schéma). T, T', bâti; B, B', brosses; E, E', bacs à étoupe; G, G', arbres rotatifs; D, K, D', K', appareils nettoyeurs.

lettes, et obligent les fibres à se disposer toutes parallèlement. La même poignée est passée sur deux autres peignes à dents plus rapprochées, jusqu'à ce que sa filasse soit aussi fine que possible. Puis, la saisissant par l'extré-

mité peignée, l'ouvrier recommence le même travail pour l'extrémité qui était au début dans sa main. Il reste dans les dents du peigne un déchet constitué par des fibres courtes, irrégulières, dures, dont l'ensemble forme l'*étoupe* employée dans la corderie, dans la fabrication des fils de qualité inférieure, et comme chiffons de nettoyage.

Dans le peignage mécanique, un ouvrier, appelé *partageur*, commence par diviser le lin en *cordons* égaux, dont la force varie suivant les cas. Un second ouvrier, nommé *émoucheur* ou *débloqueur*, débarrasse ces cordons, en les passant sur une planche garnie de pointes, des plus fortes étoupes et des plus gros nœuds. Les cordons ainsi préparés sont pris dans des mordaches P, appelées *presses* (fig. 192). Les presses, ainsi garnies de textile, sont placées dans un couloir C, appelé *chariot* ou *balancier* de la peigneuse ; ce couloir est suspendu par des chaînes à des poulies M calées sur un arbre N placé à la partie supérieure du bâti, et recevant un mouvement alternatif de rotation dans un sens ou dans l'autre, par suite duquel le couloir s'abaisse de C′ en C pour se relever ensuite. Au-dessous des couloirs, les peignes sont disposés sur deux tabliers sans fin p, p', composés de lanières en cuir tendues entre les poulies L et F, L′ et F′, et animés d'un mouvement de rotation continu, comme l'indiquent les flèches. Les peignes sont formés de règles dans lesquelles sont fortement implantées des aiguilles en acier, fines et très pointues, plus ou moins espacées les unes des autres, suivant la finesse qu'on veut obtenir.

Dès que le mouvement de descente du couloir, partant de C′, commence à se produire, le cordon s'engage entre les deux nappes sans fin et se trouve attaqué par les peignes, dont l'action se propage graduellement jusque tout près du bord de la presse, c'est-à-dire jusqu'au milieu de la longueur du cordon, à mesure que le couloir s'abaisse pour arriver au bas de sa course en C. On réalise ainsi un peignage progressif.

Pendant le mouvement de montée du chariot, les

peignes continuent à travailler les cordons depuis leur milieu jusqu'à leur pointe, et les dégagent des matières étrangères et des étoupes. Le même cordon doit être travaillé par un premier peigne à aiguilles espacées, puis par d'autres de plus en plus fins. Dans ce but, une machine peut recevoir plusieurs presses, et à chaque presse correspond un peigne d'un certain degré de finesse.

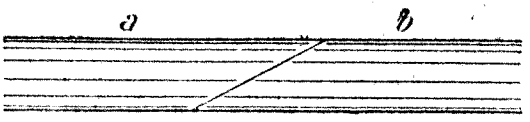


Fig. 193.

Un appareil spécial, le *tire-presses* ou *pousse-presses*, fait avancer les presses pour amener chacune d'elles devant la série successive des peignes; la première presse qui a passé au deuxième rang est remplacée par une nouvelle, et ainsi de suite; la dernière est chassée hors de la machine. Le cordon chassé par une presse se

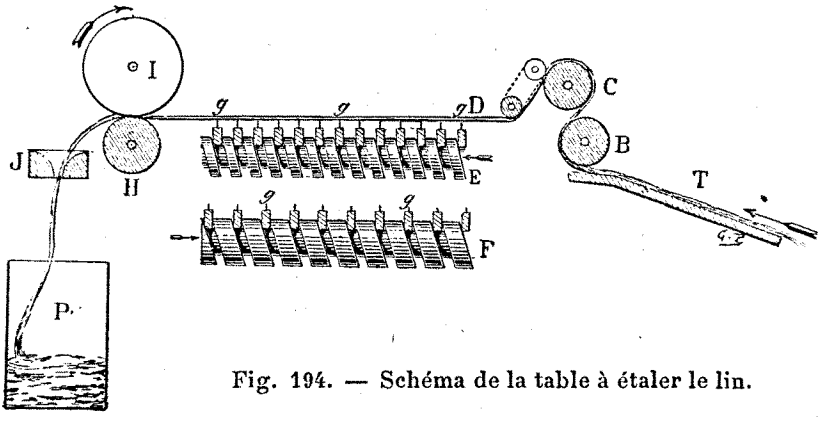


Fig. 194. — Schéma de la table à étaler le lin.

trouve donc peigné sur la moitié de sa longueur, après un premier passage de machine. Il faut alors le retourner; la partie déjà travaillée est à son tour prise dans la presse; l'autre moitié en sort, et il parcourt ainsi une deuxième fois le même trajet.

Filage. — Les cordons, ou poignées de lin provenant du peignage, doivent être soudés entre eux de manière à former un ruban continu. Sur des tabliers sans fin,

animés d'un mouvement continu, les cordons sont étalés les uns en partie sur les autres, de manière à n'en former qu'un seul continu, et aussi régulier que possible. La

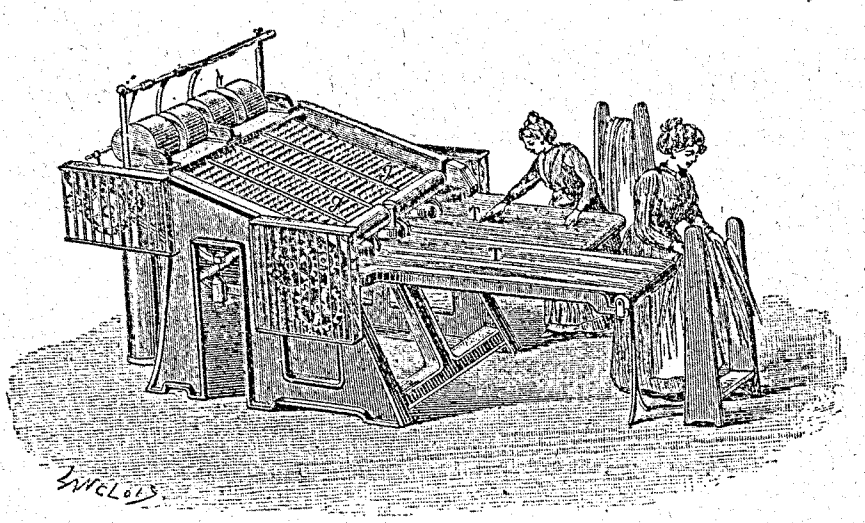


Fig. 195. — Machine à étaler.

figure 193 montre comment deux cordons consécutifs *a* et *b* doivent se croiser en se recouvrant en partie. La série des cordons est entraînée par les tabliers sans fin vers les organes de la machine à étaler, appelée *étaleuse* ou *banc d'étalage* (fig. 194 et 195).

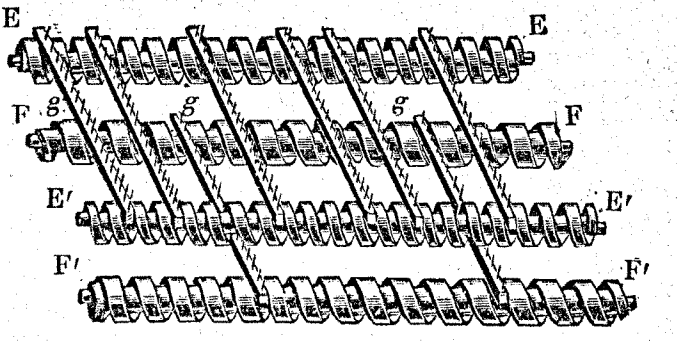


Fig. 196. — Gills conduits par des vis.

Les filaments sont amenés par des cuirs sans fin T, sur lesquels ils sont étalés comme il vient d'être dit, aux cylindres *fournisseurs* B, C (fig. 194 et 195); ils sont laminés par eux et forment un commencement de ruban qui passe de là entre les cylindres I et II; ces cylindres, par suite de leur vitesse plus grande que celle

des premiers, produisent un *étirage*, ce qui a pour effet d'allonger le ruban. Pour que les fibres ne se déplacent pas transversalement et pour assurer le glissement élémentaire des brins les uns sur les autres, les premières sont conduites d'une paire de cylindre à l'autre par des peignes mobiles *g*, *g* se déplaçant dans la même direction qu'elles et avec la même vitesse. Ces peignes, appelés *gills*, sont mus par des vis sans fin EE, E'E' (fig. 196) dans les filets desquelles ils sont engagés par leur extrémité, et, grâce à un dispositif spécial de cames, ramenés en arrière par d'autres vis FF, F'F', après avoir été abaissés au bout de leur trajet. Ils agissent ainsi comme des grappins venant l'un après l'autre saisir et soutenir les rubans. Chaque table fournit quatre rubans, parfois formés par quatre qualités différentes de lin; ces rubans sont rassemblés en un seul par la *plaque à doubler* J, et le ruban unique obtenu tombe dans le *pot de filature* P. (fig. 194).

Le ruban ainsi préparé peut présenter des irrégularités. Pour les faire disparaître, on le soumet à l'opération de l'étirage; le ruban doublé subit au banc d'étirage trois passages au cours desquels sa section est régularisée. Les cylindres alimentaires et étireurs sont munis de cannelures; les cylindres supérieures sont en bois d'orme, et peuvent être tournés de nouveau lorsqu'ils sont rayés.

Dans cette opération, le doublage est produit par la simple juxtaposition de deux ou plusieurs rubans primitifs qu'on présente l'un sur l'autre aux cylindres lamineurs, et l'étirage est le résultat de la différence de vitesse entre les diverses paires de cylindres, vitesse qui va en augmentant de l'entrée à la sortie. C'est donc un travail analogue à celui que fait le *défeutreur-étireur* employé pour préparer la laine peignée.

Le ruban obtenu passe ensuite au *banc à broches*, qui continue l'étirage du ruban et le transforme en *mèche* légèrement tordue pouvant être reçue sur une bobine transportable K (fig. 197). C'est un appareil présentant à peu près la disposition du banc d'étalage, avec ses cy-

lindres fournisseurs L, ses gills *g* et ses cylindres étireurs E, mais comprenant, en plus, un outil à tordre. Cet outil est une broche métallique verticale B, tournant avec rapidité et portant des ailettes *m*, en acier, rabattues vers le bas, lesquelles, grâce au mouvement de rotation qu'elles

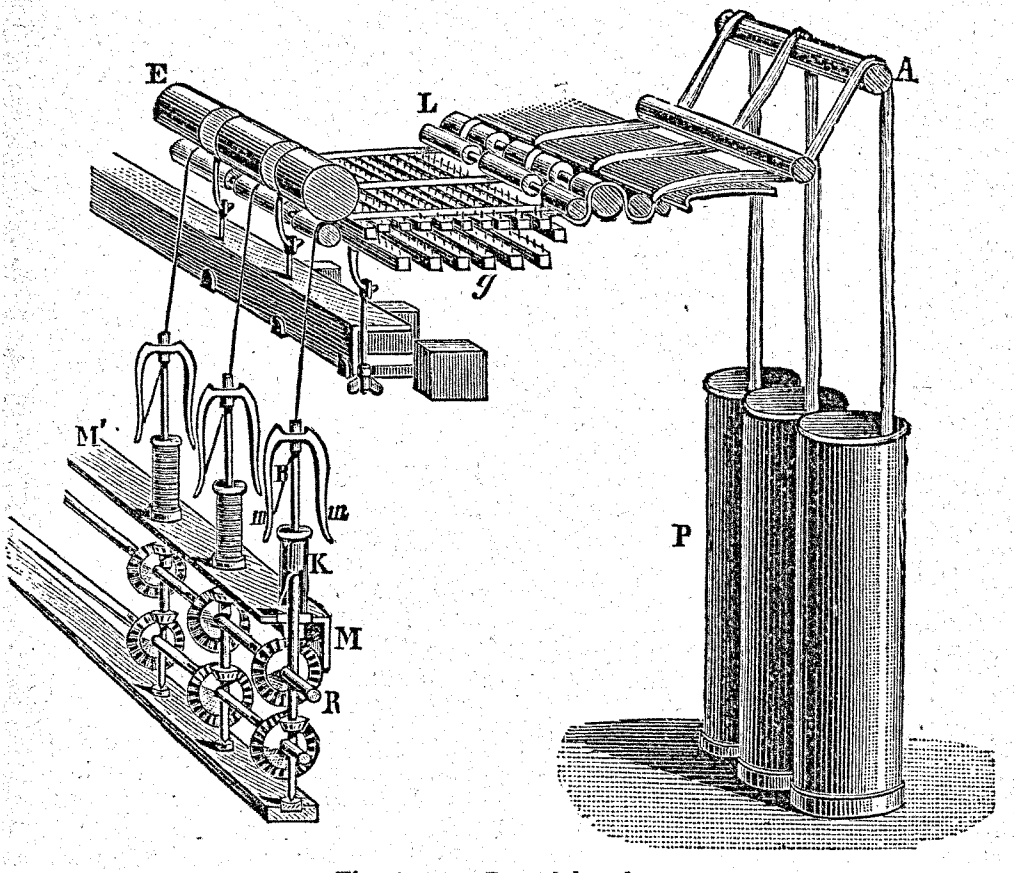


Fig. 197. — Banc à broches.

subissent, d'une part tordent la mèche qui leur vient des étireurs, et, d'autre part, enroulent cette mèche sur la bobine K montée concentriquement sur la broche, qui, du reste, la traverse, et tournant aussi sous l'action d'un mécanisme spécial, mais moins vite que les ailettes. La bobine est encore animée d'un mouvement vertical de glissement, afin que le *renvidage*, c'est-à-dire l'enroulement, se fasse sur toute sa hauteur.

Le fil grossier et très légèrement tordu qu'a donné le banc à broches passe ensuite au *métier à filer* pour y devenir, après une détorsion, un nouvel étirage et une nouvelle torsion, le fil achevé.

La filature peut se faire à *sec* ou *au mouillé*. La filature *au mouillé* permet d'obtenir des fils plus fins, car l'eau, en mouillant le fil, lui donne plus d'élasticité et facilite son glissement. Le métier à filer se compose essentiellement de cylindres lamineurs et étireurs et de broches à ailettes ; il n'y a plus de gills. La figure 198 représente le schéma d'un métier à filer au mouillé. La bobine venant du banc à broches est placée en B. Le fil qui s'en déroule passe en R, dans un réservoir d'eau chaude, de là entre les cylindres cannelés A et C, puis entre les cylindres lisses D et E, qui tournent plus vite que les premiers. Il va ensuite à la broche M et, par le mouvement de l'ailette, s'enroule sur la bobine G, après avoir été fortement tordu dans ce passage. La broche et la bobine sont animées de mouvements différentiels, comme dans le banc à broches.

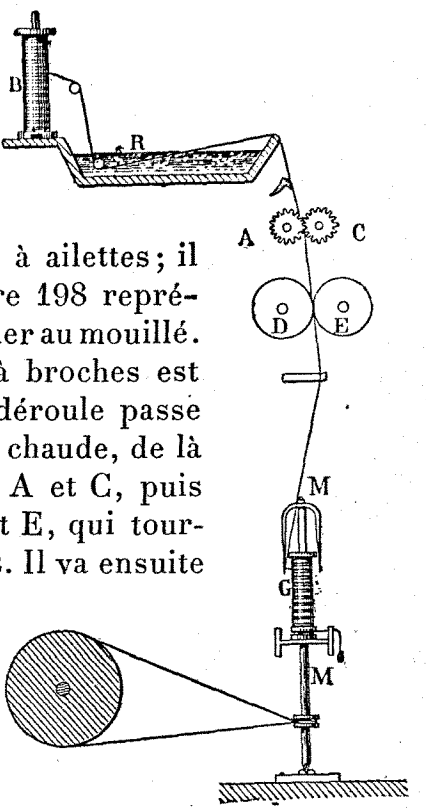


Fig. 198. — Schéma du métier à filer le lin, *au mouillé*.

Pour filer le lin *à sec*, on place les bobines venant du banc à broches sur un cadre, en B (fig. 199). Le fil, en les quittant, passe entre des cylindres *lamineurs* L, cannelés, puis entre des cylindres *étireurs* E, lisses, après lesquels il arrive aux broches pour s'enrouler après torsion sur les bobines *b*. Ces dernières sont placées sur une plaque horizontale P, le *monte-et-baisse*, qui est animée d'un mouvement de va-et-vient dans un plan vertical ;

il en résulte que l'enroulement se fait sur toute la hauteur des bobines.

Dévidage. — On met ensuite le fil en *écheveaux* ou *flottes*. A cet effet, la bobine venant du métier est enfilée sur une broche fixe ; le fil est saisi par une extrémité et passé par-dessus un *asple* ou *dévidoir*, sorte de cadre octogonal, animé d'un mouvement de rotation assez rapide, identique à celui qui est employé au *tirage de la soie*. (Voir ci-dessus fig. 185.) Deux tringles TT portant des boucles en verre *bb*, dans lesquelles est engagé le fil, sont animées d'un mouvement de va-et-vient, qui a pour but de distribuer uniformément le fil sur le dévidoir D, D, tout en l'y enroulant. Une fois l'appareil en mouvement, le fil se dévide de la bobine au lieu d'être

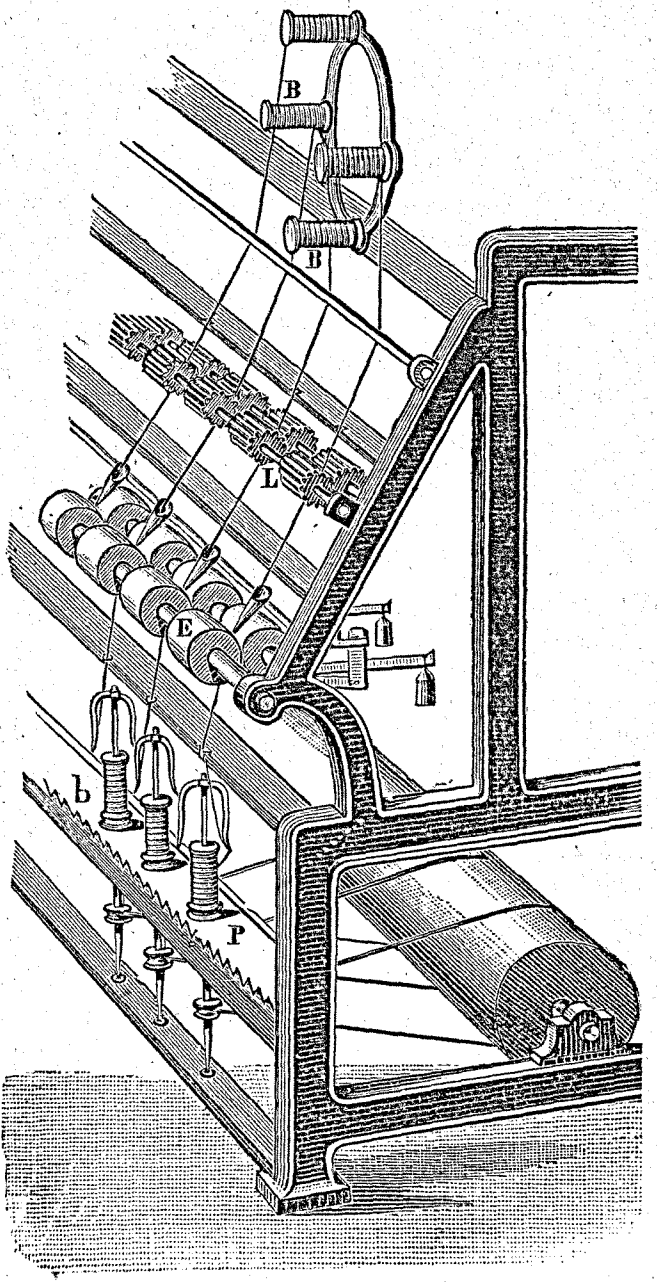


Fig. 199. — Métier à filer le lin à sec.

fourni par les cocons, et s'enroule sur le dévidoir, où il forme un *écheveau*.

Les écheveaux sont enlevés et suspendus sur des perches placées dans des chambres bien aérées, afin que le fil y sèche rapidement.

On le livre ensuite au *blanchiment*, opération dont il sera question plus loin. Le lin n'a pas toujours besoin d'être blanchi ; il n'en est pas de même du chanvre. Une fois blanchi, il est prêt pour le *tissage*. Quelquefois le blanchiment n'a lieu qu'après le tissage. Le lin non blanchi est appelé lin *écru*.

On travaille l'étoupe de lin, comme le lin peigné, en remplaçant la table à étaler par la carde; dans les divers étirages, l'écartement entre les cylindres fournisseurs et étireurs est maintenue moindre.

La filature de lin, en France, est surtout pratiquée dans le Nord. Il en est de même, ou à peu près, de celle du chanvre. Dans le commerce, on trouve le fil de lin en *paquets* de 100 écheveaux, ayant chacun 3.600 *yards* (mesure anglaise), c'est-à-dire 3.290 mètres. Le numérotage indique le poids d'un paquet : ainsi le n° 1 désigne la grosseur du fil dont le *paquet* pèse 540 k.; le n° 6 désigne celle qui pèse 90 k., et ainsi de suite. Pour le chanvre, le numérotage est identique à celui du lin, sauf pour les gros fils destinés à être convertis en cordages, auxquels est appliqué le numérotage métrique; le fil n° 1 correspond à celui dont 100 mètres pèsent 1 kg.

§ IV

FILATURE DU COTON

La filature du coton repose sur les mêmes principes que celle du lin, mais elle en diffère par quelques particularités ; en effet, le coton se présente en filaments beaucoup plus courts, emmêlés de toutes les façons par la pression subie en cours de transport, et souillés, en dépit de l'égrenage, par toutes sortes de matières dont il faut le débarrasser. Aussi le nombre des opérations est-il ici plus grand que dans la filature du lin.

On peut grouper toutes ces opérations sous quatre

rubriques différentes : le *démêlage*, le *cardage*, l'*étirage* et le *filage* proprement dit.

Démêlage. — Le *démêlage* a pour but de desserrer la masse de coton, qui était comprimée dans les balles, et de la nettoyer. On commence par l'*ouvrage*, qui consiste à remuer violemment le coton dans une machine appelée *ouvreuse*, ce qui a pour effet d'en augmenter le volume. On continue par le *battage*, opération qui consiste à fouetter vigoureusement le coton pour restituer à ses filaments la souplesse et l'élasticité qu'ils avaient perdues par la compression, et en même temps les débarrasser de toute matière étrangère. Elle s'effectue dans les *batteurs*, appareils dans lequels le coton reçoit le choc de lames d'acier tournant avec rapidité, pendant qu'il est soumis à l'action d'un courant d'air qui chasse les poussières et qui est lancé par un ventilateur. Les pailles et autres débris tombent à travers le fond, qui est grillagé. On distingue le *batteur éplucheur* et le *batteur étaleur*. Le coton passe dans le premier d'abord, puis dans le second, d'où il sort sous la forme d'une espèce de nappe, qui s'enroule sur un cylindre à la sortie. En cet état, le coton constitue la *ouate de coton*.

Cardage. — Les fibres du coton sont naturellement vrillées, tortillées, et, dans la ouate, elles sont enchevêtrées dans tous les sens, formant même parfois des masses dures (*nœuds*, *boutons*). C'est pourquoi on les soumet au *cardage*. Cette opération, très importante, a pour effet d'isoler les fibres, de les redresser, de les rendre parallèles, de les échelonner, d'en faire disparaître les nœuds, les boutons, enfin d'en transformer la masse en une nappe ou un ruban homogène. Elle consiste, en principe, à faire passer la masse de filaments, obtenue par les opérations antérieures, entre des surfaces hérissées de pointes ou aiguilles plus ou moins fines, d'égale hauteur et également espacées. Ces aiguilles tantôt sont courbes, tantôt sont inclinées sur la surface qui les porte, cette surface pouvant d'ailleurs

être plane ou non. Tout le monde a vu *carder* la laine des matelas, soit avec des *peignes* ou *cardes* à main, soit avec la carde-balancier. L'opération du cardage, en filature, n'est pas autre chose, mais elle se fait mécaniquement et plus à fond. Examinons la disposition qu'on doit donner aux dents des deux cardes entre lesquelles va passer la ouate.

Une certaine quantité de matière textile est interposée

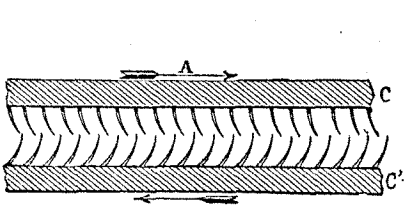


Fig. 200, A.

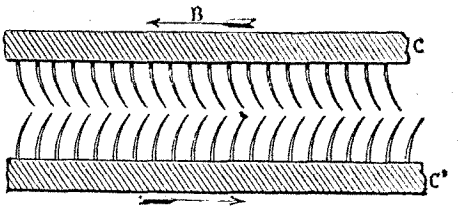


Fig. 200, B.

entre les deux cardes C et C′ (fig. 200, A), garnies d'aiguilles courbes, dirigées en sens inverse, chacune de ces deux cardes se mouvant dans le sens indiqué par les flèches; la matière se partage naturellement entre les deux cardes; mais, par suite du mouvement, il s'établit un échange constant qui oblige tous les filaments à passer d'une carde à l'autre et à cheminer entre les deux séries d'aiguilles. Si les aiguilles des deux surfaces étaient dirigées dans le même sens (fig. 200, B), il n'y aurait plus que passage de la carde C à la carde C′, et non échange. Et si, les aiguilles des deux surfaces étant dirigées dans le même sens, les deux cardes marchaient toutes les deux dans le sens de la courbure de ces aiguilles (fig. 200, D), les aiguilles d'une des cardes, celle qui irait le plus vite, s'empareraient de la matière de l'autre sans lui en donner en échange.

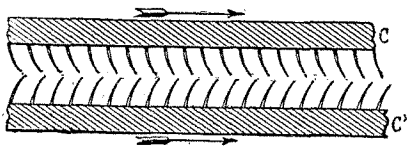


Fig. 200, D.

La réalisation mécanique du principe du cardage a entraîné le remplacement des cardes à surfaces planes

par des cardes à surface cylindrique. On trouve cependant encore quelques cardes planes.

L'appareil qui opère mécaniquement le cardage du coton s'appelle *machine à carder* (fig. 201). Il se compose d'un grand cylindre T, horizontal, appelé *tambour*, dont la surface est une carde et qui est animé d'un mouvement de rotation. Il est surmonté de plusieurs petits cylindres C, qui sont également des cardes et qui en

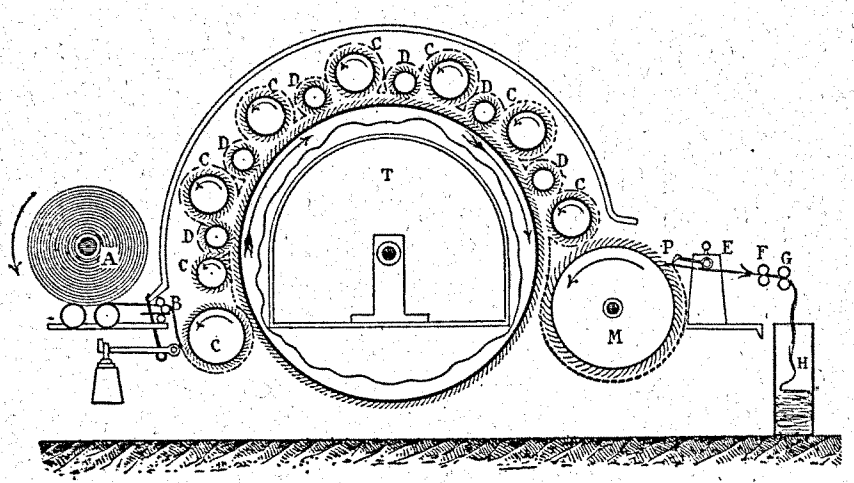


Fig. 201. — Machine à carder (schéma).

sont très rapprochés; ils tournent aussi, mais moins vite que le tambour et en sens inverse : ce sont les *cylindres cardeurs* ou *hérissons*. D'autres cylindres plus petits D, appelés *cylindres-nettoyeurs*, aussi armés de dents et tournant en sens inverse des premiers, sont placés près d'eux. Un grand cylindre, M, appelé *volant* ou *peigneur*, est destiné à recueillir par ses aiguilles le coton cardé. Un *peigne* battant P est animé d'un mouvement vertical alternatif et vient s'engager dans les aiguilles du volant. En arrière se trouvent un entonnoir E, puis des cylindres lamineurs F et G. En A est le rouleau d'ouate, venant des batteurs.

L'opération a lieu comme il suit. La ouate engagée entre les cylindres B, dits *alimentaires* ou *fournisseurs*, est attirée par eux et se déroule du rouleau A. Elle est

saisie par les aiguilles du premier cylindre C, appelé *briseur*, qui la conduit au tambour. Ce dernier la promène dans sa rotation d'un cardeur à l'autre. Chaque nettoyeur l'enlève au tambour pour la transmettre au cardeur qui lui est accouplé, et c'est ce dernier qui la ramène au tambour. Sur la figure, la ouate est figurée par un trait pointillé qui, partant de B, fait une fraction de tour autour de chacun des cylindres et finit en E. Le cardage s'effectue partout où il y a un *point de cardage*, c'est-à-dire là où les aiguilles sont disposées en sens inverse (fig. 200, A), et où l'organe qui reçoit le coton a une vitesse inférieure à celle de l'autre; c'est ce qui a lieu entre le tambour et les hérissons, le tambour et le peigneur. Là où les aiguilles sont dirigées dans le même sens, il y a seulement *débourrage* (fig. 200, B et D); c'est ce qui a lieu entre chaque hérisson et son nettoyeur, le tambour et chaque nettoyeur, le tambour et le briseur. Arrivée de l'autre côté du tambour, la ouate en est enlevée par le peigneur, duquel elle est détachée par le peigne P. Elle passe ensuite dans l'entonnoir, où elle se comprime en une mèche, qui, à son tour, passe entre les lamineurs; ceux-ci en font un ruban qui tombe dans le pot H.

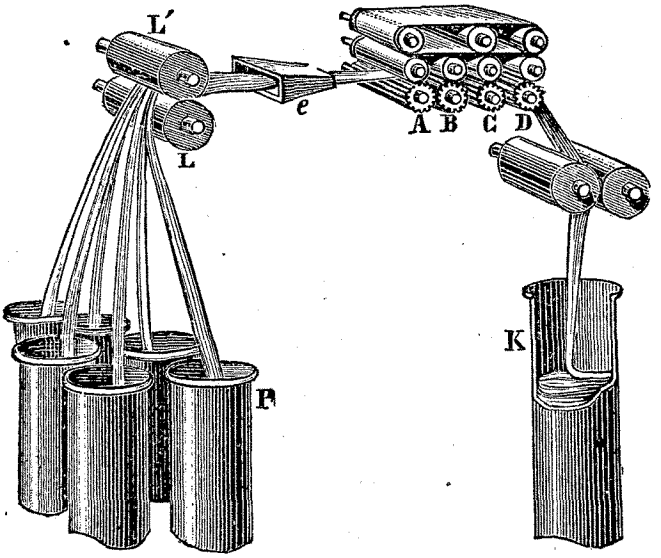


Fig. 202. — Doubleuse-étireuse pour coton.

Un grand nombre de machines à carder ont aujourd'hui,

à la place de quelques hérissons, des cardes planes mobiles, appelées *chapeaux voyageurs*, qui viennent successivement se débourrer au contact de hérissons spéciaux.

Étirage. — Les rubans sont soumis ensuite à une série *d'étirages* et de *doublages* au moyen de bancs d'étirage (fig. 202). Plusieurs d'entre eux sortent ensemble des pots P, passent entre les cylindres presseurs ou débiteurs LL′,

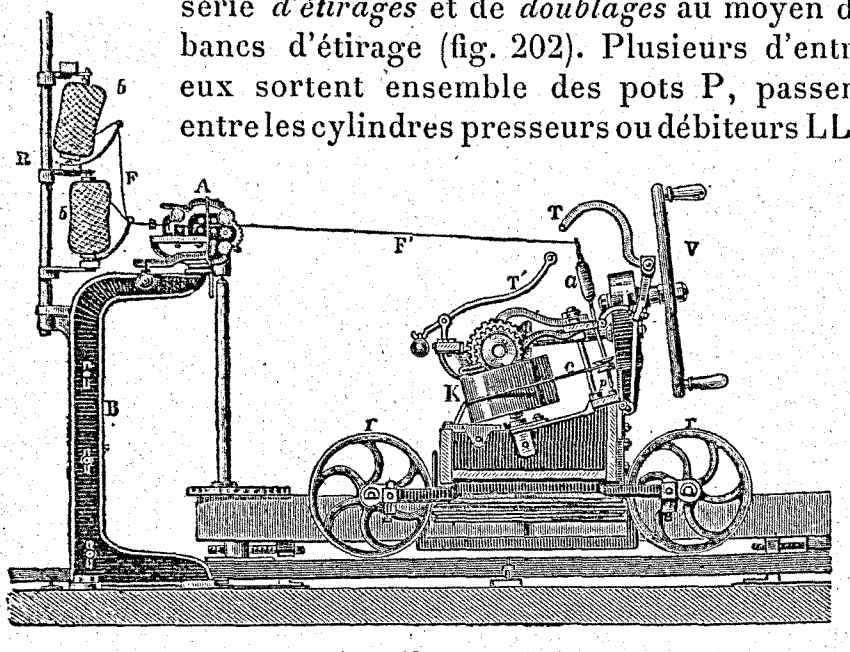


Fig. 203. — Métier à filer ou mule-jenny (coton).

puis dans l'entonnoir *e,* qui les rassemble en un seul, lequel s'engage entre les cylindres alimentaires et les cylindres étireurs A, B, C, D, puis tombent dans un pot K. Ils subissent ensuite, au cours de trois ou quatre passages à un banc à broches analogue à celui qui sert dans la filature du lin, plusieurs torsions et étirages successifs qui en font une seule et même mèche ou *loquette.*

Filage. — Enfin on procède au *filage*, qui transforme définitivement la mèche en *fil.* On se sert pour cela du métier à filer; il en existe plusieurs modèles, qui peuvent se classer en *métiers continus* et en *métiers intermittents.* Les *métiers continus* sont à peu près les mêmes que ceux qui servent à la filature du lin. On les utilise pour avoir des fils de grande résistance, tels que ceux qui servent à

faire la *chaîne* des tissus. Les autres fils sont faits avec les *métiers intermittents*, parmi lesquels sont la *mule-jenny* et le *renvideur self-acting*. La *mule-jenny* (fig. 203) se compose d'un bâti fixe B, portant un râtelier R, sur lequel sont placées les bobines de mèches *b*, *b*. En avant, en A, sont plusieurs paires de cylindres lamineurs et de cylindres étireurs. Sur le sol, au devant des engins précédents, se trouve un chariot roulant sur rails, à l'aide de roues *r*, *r'* ; il porte une bobine *a*, dont l'axe est incliné et qui peut tourner par l'intermédiaire d'une poulie *p* calée sur la broche qui porte la bobine, et mise elle-même en mouvement par la corde sans fin C, venant du tambour K.

La *loquette* F se détache des bobines du ratelier, passe entre les cylindres lamineurs et étireurs qui l'aplatissent, la compriment et l'allongent, et vient s'enrouler à l'état de fil F' sur la bobine *a*. Pendant que la loquette se dévide du râtelier, le chariot recule, par l'effet d'un mécanisme approprié, le même qui fait tourner les cylindres A ; et comme la bobine *a* tourne alors par l'effet de ce mouvement, qui lui est transmis par un engrenage et le tambour K, le fil subit une torsion. Quand le chariot est au bout de sa course (1^{m}50 environ), les cylindres A s'arrêtent aussi ; l'ouvrier le repousse alors vers le râtelier en même temps qu'il agit sur le volant V, ce qui fait tourner la bobine *a* d'un mouvement lent. Cette rotation produit, cette fois, l'enroulement du fil sur elle, et non la torsion. Puis on fait reculer de nouveau le chariot : la torsion recommence, tandis que l'enroulement sur *a* s'arrête, et ainsi de suite ; le travail se compose donc alternativement de torsions et d'enroulements. Pendant l'enroulement, une tringle T, s'abaissant progressivement, pèse sur le fil pour l'obliger à s'enrouler sur toute la hauteur de la bobine, pendant qu'une autre T' le tient soutenu.

Les mouvements du chariot peuvent être complètement automatiques ; dans ce cas, la mule-jenny s'appelle le *self-acting* (fig. 204).

A l'arrière du métier se trouve un ratelier fixe RR'R'' qui porte les bobines; les fils s'engagent dans des cylindres lamineurs et étireurs; puis ils forment une nappe horizontale NN'N'', et chacun d'eux va s'attacher à une bobine placée à l'avant du chariot mobile. Pendant le recul de ce dernier, chaque fil est tordu; quand le chariot revient automatiquement vers le râtelier, le renvidage a lieu; l'ouvrier n'a guère qu'à s'occuper de rattacher les

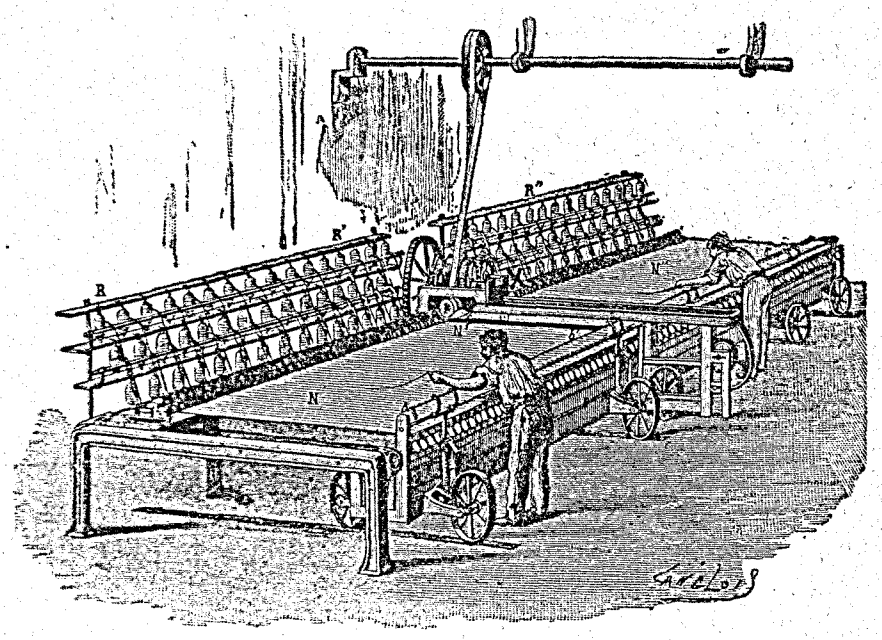


Fig. 204. — Self-acting. R R'R'', râteliers de loquettes; NN'N'', nappes formées par les loquettes; *b b'b''*, baguettes de tension des fils.

fils brisés. Presque partout le self-acting a remplacé la mule-jenny.

On fait ensuite un *dévidage* pour mettre les fils en écheveau.

La filature du coton est une des industries les plus développées en France. Les régions où l'on trouve le plus d'ateliers de cette nature sont la Normandie, la Picardie, la Flandre et les Vosges. C'est aussi une des industries maîtresses de l'Angleterre.

Le numéro commercial d'un fil de coton indique, en kilomètres, la longueur de ce fil qui pèse 500 grammes.

§ V

CONDITIONNEMENT DES TEXTILES

Le *conditionnement* des textiles est une opération qui a pour but de déterminer le poids d'humidité qu'ils contiennent en dehors de leur composition normale.

Les textiles sont des substances très hygroscopiques, la soie surtout, qui peut contenir jusqu'à 30 °/₀ d'eau sans paraître mouillée, et qui n'en contient jamais moins de 3 °/₀, dans son plus grand état de siccité *à l'air libre*. Il importe évidemment, pour des substances dont la vente se fait au poids, de connaître le poids vrai qu'elles représentent. Pour cela, il faut les dessécher à fond et les peser ensuite.

L'opération se fait au sein d'une étuve dans laquelle circule un courant d'air chaud. La température ne doit pas dépasser 170° pour la soie, et 120° pour les autres matières. La substance à essayer est suspendue à une tige métallique, qui traverse le couvercle et va s'attacher au fléau d'une balance de précision, située au dehors de l'étuve, et dans une cage vitrée, bien fermée, entourée de plusieurs enveloppes vitrées concentriques, pour empêcher le rayonnement de la chaleur. L'air chaud traverse tous ces récipients et sort par une cheminée d'appel. La balance trébuche du côté des poids marqués, tant que la dessiccation continue, et s'arrête quand elle est achevée. On lit alors ses indications et l'on en prend note.

Lorsqu'on veut obtenir le poids marchand d'un textile, on ajoute au poids de ce textile *sec* un poids appelé *reprise*, variable suivant sa nature. Ainsi la reprise de la laine peignée est 18 1/4 °/₀ du poids absolu; celle de la laine cardée est de 17; celle du coton, de 8 1/2; celle du lin, de 12; celle du chanvre, de 12; celle du jute, de 13 3/4; celle de la soie, de 11.

CHAPITRE III

Tissage ordinaire.

Nous avons vu que les *tissus proprement dits*, ou *étoffes*, sont formés par l'entrelacement plus ou moins régulier de longs fils. Le *tissage* consiste à réaliser cet entrelacement.

Tout tissu ordinaire se compose essentiellement de deux

sortes de fils, placés différemment. Les uns sont disposés parallèlement les uns aux autres, dans le sens de la longueur de la pièce d'étoffe; ils constituent les *fils de chaîne*. Les autres sont en croix avec les premiers, et entrelacés avec eux, par conséquent dans le sens de la largeur de la pièce : ce sont les *fils de trame*. Une longueur de fil de trame, sur la largeur de l'étoffe, s'appelle une *duite*. En fait, un certain nombre de duites sont d'un seul fil de trame qui se replie sur lui-même, à chaque bord de la pièce. Pour la chaîne, on choisit généralement des fils forts; pour la trame, il n'est pas nécessaire d'avoir un fil aussi résistant. Quelquefois, pour obtenir certains effets, d'autres fils viennent s'ajouter aux fils de chaîne et de trame.

§ Ier

ARMURES

Les divers modes d'entrelacement qu'on peut employer pour la confection des tissus portent le nom d'*armures*. Il en existe un très grand nombre, et chaque jour on en imagine de nouvelles. Cependant on peut citer tout d'abord les *armures simples*, parmi lesquelles on distingue : 1° les *armures fondamentales*; 2° les *armures dérivées*; 3° les *armures factices*.

Les armures sont représentées par un système de notation simple et commode. On se sert d'un papier quadrillé, dans lequel les rangs de carrés pris dans un sens représentent les fils de chaîne, et les rangs de carrés croisant les premiers représentent les duites, de sorte que chaque carré représente le passage d'un fil de chaîne sur une duite. On met ce carré en couleur ou en hachures, quand la duite passe sous le fil de chaîne; c'est ce qu'on appelle un *pris*. On le laisse en blanc, quand c'est le contraire qui se produit; c'est ce qu'on appelle un *sauté*. Ces figures, appelées *cartons* ou *mises en carte*, permettent de se rendre compte au premier coup d'œil de la contexture

d'un tissu; et inversement, en décomposant un échantillon donné d'un tissu, on peut obtenir la mise en carte qui permettra d'en tisser un identique.

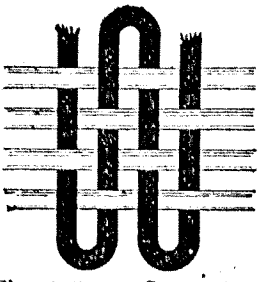


Fig. 205. — Contexture de l'armure toile.

Les *armures fondamentales*, qui servent de base à la combinaison de toutes les autres, sont : la *toile*, le *croisé*, le *sergé* et le *satin*.

L'armure *toile*, appelée encore *taffetas*, ou *uni*, est la plus simple. C'est celle de l'*étoffe* réduite à ce qu'elle a d'indispensable.

Les duites de rang impair y sont recouvertes par les fils de chaîne de rang impair, et celles de rang pair le sont par les fils de chaîne de rang pair (fig. 205 et 206). Il en résulte que la *toile* est un tissu sans *envers*. Les deux faces de l'étoffe sont en effet identiques, puisque la moitié des fils de la chaîne reste au-dessous d'une duite, pendant que l'autre moitié passe au-dessus, et qu'il en est ainsi à chaque insertion de trame. En somme, le rythme de cette armure est *d'un pris* et *d'un sauté*.

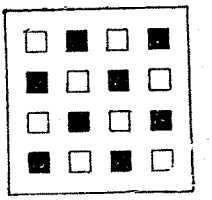


Fig. 206. — Mise en carte de l'armure toile.

L'armure *croisé*, appelée encore *batavia*, diffère de la précédente en ce que chaque fil de chaîne passe au-dessus de deux duites consécutives et, ensuite, au-dessous des deux suivantes. Le rythme est donc : *deux pris* et *deux sautés*. Le *pointé*, c'est-à-dire le point où chaque duite plonge sous la chaîne, est reculé d'une case sur le pointé de la précédente (fig. 207), ce qui aboutit à faire une sorte de sillon *croisant* la pièce en biais. Cette armure ne donne pas non plus d'envers.

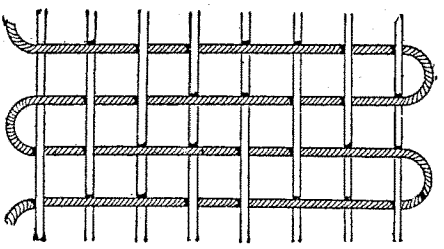


Fig. 207. — Contexture de l'armure croisé.

Dans l'armure *sergé*, les *pris* sont aussi disposés en diagonale. Le nombre de *sautés* qui les sépare sur un même fil de chaîne dépend de la *base* choisie : deux pour le sergé de trois fils (fig. 208), quatre pour le sergé de cinq, etc., etc. Il y a un envers. Le sergé est la combinaison susceptible de recevoir le plus de formes diverses, et il peut être considéré comme le point de départ de la formation des dessins sur un tissu.

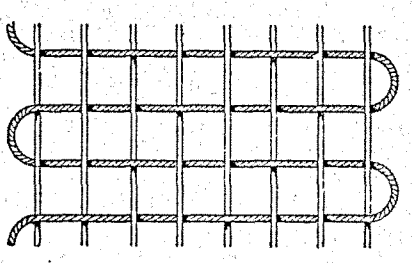


Fig. 208. — Contexture de l'armure sergé.

Dans l'armure *satin*, on tâche de rompre l'ordre des pointés pour éviter les sillons réguliers. Par exemple, étant donnés huit fils de chaîne et huit duites, on fera passer les huit fils de chaîne respectivement sur les 1er, 4e, 7e, 2e, 5e, 8e, 3e et 6e duites. De cette façon, aucun sillon droit n'est possible. On met ordinairement un des éléments (chaîne ou trame) en excès sur le reste pour le couvrir, et cacher les pointés; cet excès donne l'*endroit* (fig. 209).

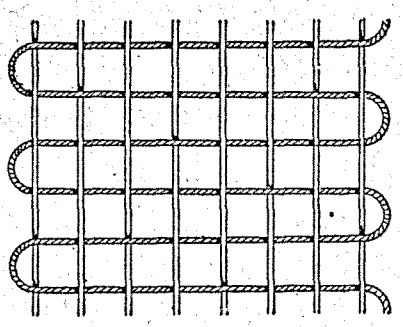


Fig. 209. — Contexture de l'armure satin.

Les armures *dérivées* sont obtenues soit en ajoutant des pointés supplémentaires à ceux des armures fondamentales, soit par diverses transformations ou modifications apportées à ces dernières. Les *diagonales*, les *granités*, les *satinés* divers, les *chevrons*, les *rayonnés*, rentrent dans cette catégorie, que le cadre de ce travail nous empêche d'exposer plus longuement.

Dans les armures *factices*, on classe tous les effets d'armures fondamentales (telles que la toile, le batavia, le sergé) en combinaison avec des fils de couleurs diverses, en chaîne ou en trame. Ces armures sont très employées

en draperie pour pantalons de fantaisie, pour doublures de pardessus, pour étoffes de robes écossaises ou irlandaises, mille-raies, tartanelles lisses ou croisées, etc.

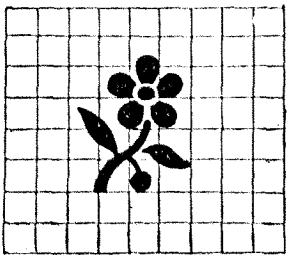


Fig. 210. — Dessin destiné à être reproduit sur un tissu, et exécuté d'abord sur papier par le dessinateur de fabrique (grandeur naturelle).

D'autre part, les armures *simples* ou *dérivées* peuvent être combinées entre elles en surface, de façon à produire tous les genres de tissus à bandes ou à rayures, et tous les genres de damiers; c'est ainsi que l'on obtient une grande quantité de tissus employés en draperie ainsi que le linge damassé ou linge de table.

Tous les genres d'étoffes dont nous venons d'indiquer sommairement le mode d'établissement sont dits simples, parce qu'ils ne sont formés que de deux éléments : une chaîne, une trame. On peut en former d'autres comprenant trois éléments : soit deux chaînes et une trame, soit deux trames et une chaîne; les étoffes double face employées surtout en draperie rentrent dans cette catégorie.

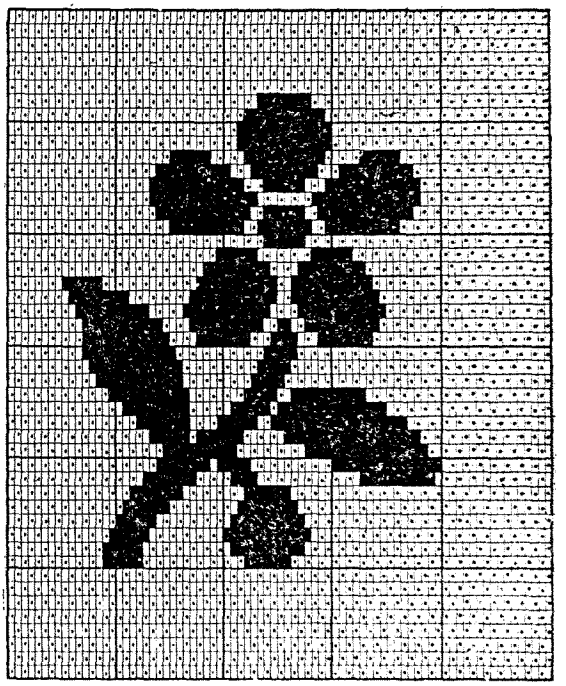


Fig. 211. — Mise en carte du dessin ci-dessus (réduction du carton au quart).

On fait aussi des tissus à quatre éléments, et qui comprennent deux chaînes et deux trames; de nombreux

tissus font partie de ce groupe. Les sacs sans couture, tels que sacs à grains, sacs à monnaie, les mèches de lampe, tuyaux d'incendie, etc., sont des articles dits double-étoffe, et sont composés de quatre éléments. Les étoffes pour robes et confections présentent de nombreux exemples de tissus à quatre éléments.

Les armures simples ou dérivées peuvent subir des modifications plus ou moins profondes et compliquées, et constituer les armures *composées*, dont font partie les armures façonnées, c'est-à-dire comportant des dessins variés.

Le dessin que doit présenter l'étoffe, exécuté sur papier (fig. 210), passe du *dessinateur* au *metteur en carte*. Ce dernier reporte ce dessin sur la feuille de papier quadrillé dont nous avons déjà parlé (fig. 211); la carte ainsi préparée passe au *remetteur*, chargé de monter la chaîne sur le métier, ou, s'il y a lieu, au *liseur*, chargé de préparer les cartons pour la *mécanique Jacquard*, comme nous le verrons plus loin.

La confection de la mise en carte par le procédé manuel ci-dessus exposé est longue et exige un personnel nombreux; aussi les inventeurs se sont-ils depuis longtemps efforcés de découvrir des procédés plus rapides; l'un des plus intéressants consiste à effectuer la mise en carte par la photographie, d'une manière fort élégante, qu'il serait trop long de décrire ici. Une image quelconque étant donnée, on arrive par une série de projections et au moyen d'écrans spéciaux, à produire le diagramme de la mise en carte; tous les effets d'armures voulus y sont représentés. Cette carte peut être utilisée directement au lisage et au perçage des cartons destinés à la mécanique Jacquard.

§ II

OPÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

Les fils destinés au tissage sont soumis à une série de préparations différentes, suivant qu'ils doivent former la chaîne ou la trame de l'étoffe à tisser.

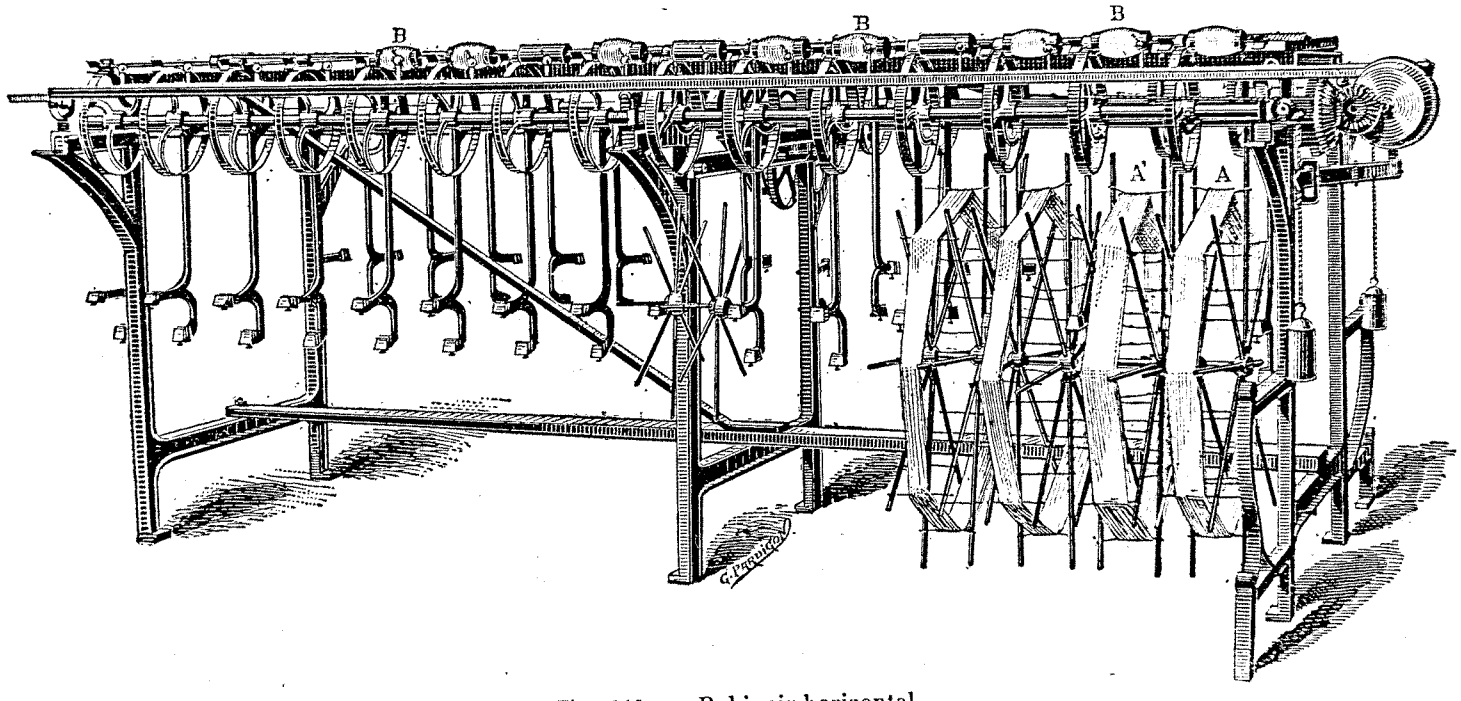


Fig. 212. — Bobinoir horizontal.

Fils de chaîne. — Les fils destinés à la *chaîne* subissent d'abord le *bobinage*. A cet effet, les écheveaux sont placés (fig. 212) sur des *asples* ou *tournettes* A, A', et le fil est enroulé sur des bobines tournantes B, B'. En avant de ces bobines se trouve un guide-fil animé d'un mouvement horizontal alternatif, et qui a pour but de faire enrouler le fil sur toute la longueur de la bobine. Dans le cas de la soie, le système est complété parfois par des ailettes tournant autour des bobines; le fil subit, avant de s'enrouler, un mouvement de torsion supplémentaire. Au lieu d'être horizontaux comme celui qui est représenté par la figure 212, les bobinoirs sont souvent verticaux.

Pour la soie, la bobine de fil obtenue est imparfaite; le fil, notamment, y est insuffisamment serré, car l'écheveau n'offrait pas assez de résistance à la traction dans l'opération précédente. Aussi procède-t-on à un nouveau bobinage, appelé *détrancanage*. L'appareil est à peu près le même que précédemment (fig. 213); l'asple y est remplacé par la *bobine à dévider*, A.

On passe ensuite à *l'ourdissage*, qui a pour but d'assembler un nombre déterminé de fils de longueur égale, dont l'ensemble constituera toute la chaîne de la pièce d'étoffe à préparer. Sur un châssis A, appelé *cantre* (fig. 214), on attache autant de bobines (*roquets*) qu'on veut de fils à la chaîne. Tous ces fils sont enroulés sur un *tambour* B (fig. 215), sorte de grand prisme ou cylindre à jour, tournant à la main ou mécaniquement; de là, ils s'enroulent sur un cylindre de bois C, nommé *ensouple*. Entre la cantre et le tambour, les fils passent d'abord dans les trous d'une *planche* B (un fil par trou), puis entre les dents de deux peignes, qui ont chacun autant de dents qu'on veut faire passer de fils. Le premier, D, appelé *peigne à enverger*, est fixe (fig. 214). Ses dents sont disposées de telle sorte qu'elles *envergent* la chaîne, c'est-à-dire la divisent en deux nappes, l'une composée des fils pairs, et l'autre des fils impairs. A cette fin, les inter-

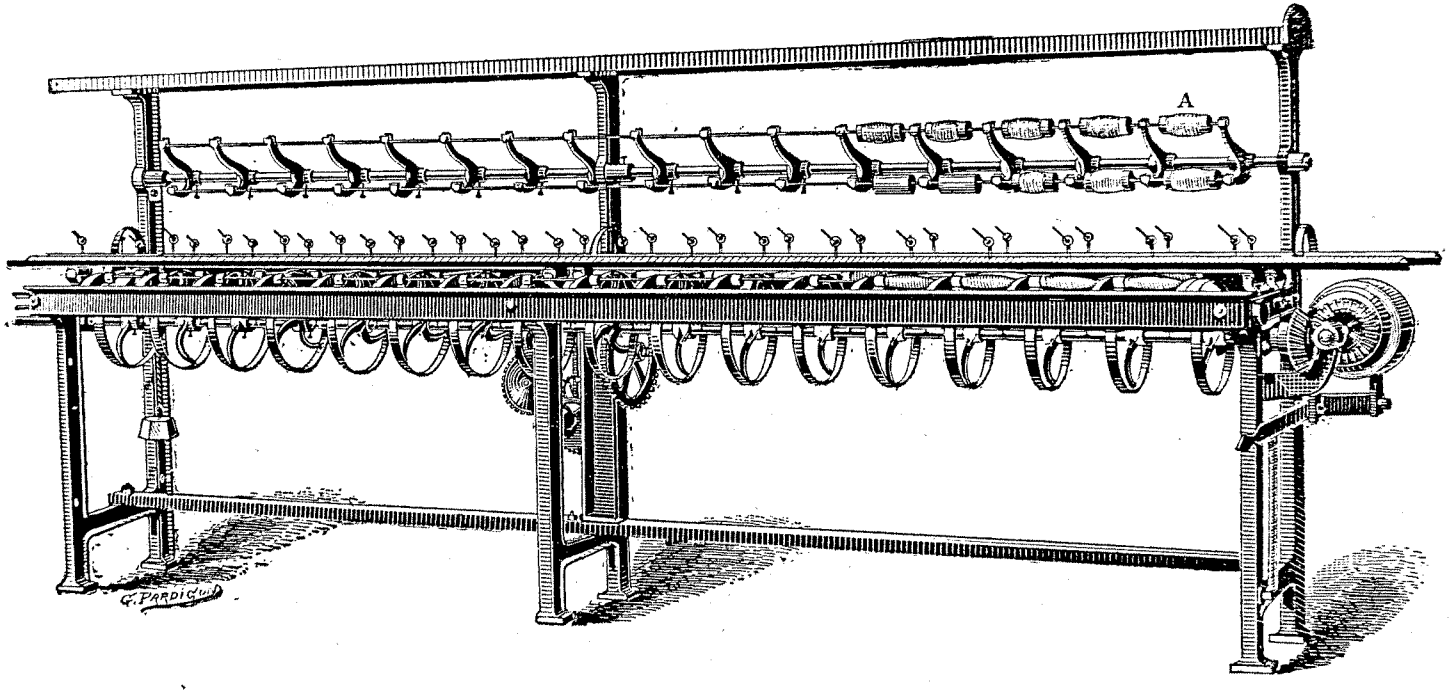


Fig. 213. — Détrancanoir.

valles entre les dents forment deux séries qui n'ont pas la même hauteur; les intervalles impairs, par exemple, partant d'en bas, n'atteignent que les deux tiers de la largeur du peigne, et, de même, les intervalles pairs n'en atteignent que les deux tiers à partir du haut. Les fils, pendant la marche de l'opération, sont donc tous parallèles dans le tiers formant le milieu de cette largeur. Mais, de temps à autre, l'ouvrière soulève toute la nappe des fils; alors ceux qui sont dans les intervalles impairs ne peuvent monter que jusqu'au tiers de la largeur, ou plutôt de la hauteur, puisque le peigne est dans un plan vertical, tandis que ceux qui sont dans les intervalles pairs peuvent monter jusqu'à toucher le cadre qui enferme les dents. Il se fait donc une division en deux nappes formées de fils alternés. Pour les maintenir distincts, on passe entre elles une *baguette d'envergeure*, ou un *cordon d'envergeure*, avant l'enroulement, et, sur le tambour, on lie, de loin en loin, les fils d'une même nappe avec une ficelle. Quant au second peigne E, dit *peigne de distribution* (fig. 215), il est porté par un chariot mobile qu'on promène devant le tambour pour étaler les fils sur toute sa longueur. Tel est l'ourdissage mécanique; on pratique aussi l'ourdissage à la main, où l'on enroule les fils sur un tambour vertical, pendant qu'on les enverge avec les

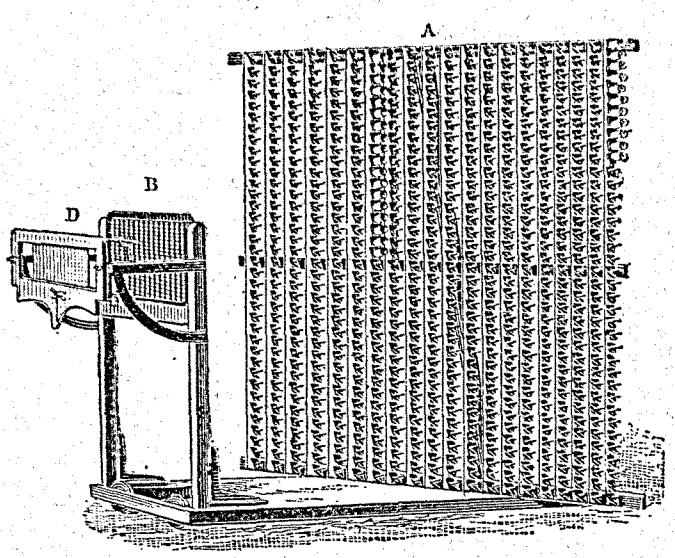


Fig. 214. — Cantre, planche et peigne à enverger.

doigts engagés entre eux; puis les nappes vont sur un tambour horizontal, et de là sur l'ensouple.

Dans le cas de la soie, l'ensouple est directement porté au tissage. Dans les autres cas, les fils doivent encore subir auparavant le *parage*. Cette opération consiste à les enduire d'une matière agglutinante, qui les rendra lisses et capables de supporter pendant le tissage tous les frottements possibles. Le *pare-*

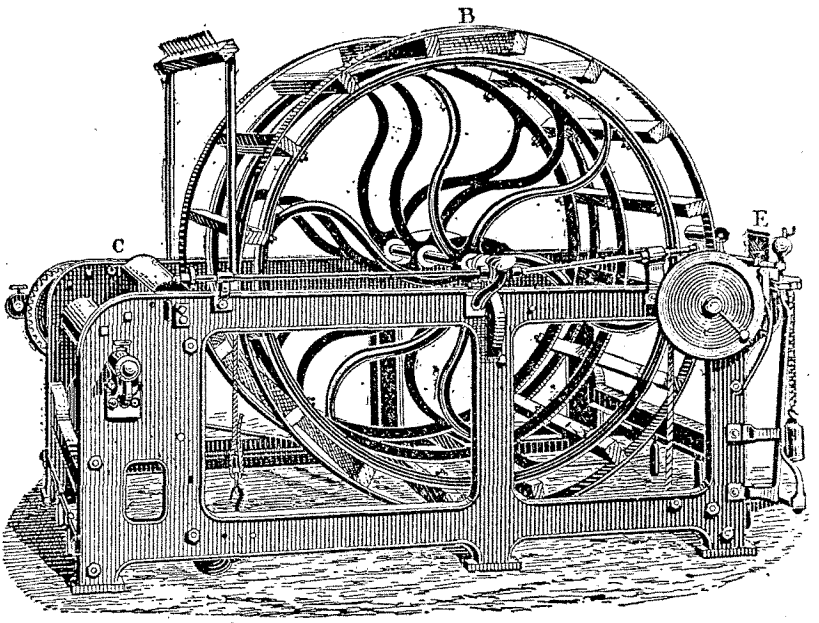


Fig. 215. — Ourdissoir.

ment peut varier, mais il est presque toujours à base de fécule. La formule suivante est assez employée : eau, 100 kg.; fécule, 5 kg.; colle de Cologne, 0 kg. 250; sulfate de cuivre, 0 kg. 200. Ce dernier joue ici le rôle d'antiseptique. L'opération peut se faire à la main avec une brosse, mais il existe aussi des *machines à parer*. Elles consistent essentiellement en deux cylindres couverts de drap, l'un, inférieur, plongé à demi dans le bain de parage, l'autre, supérieur, qui lui est à peu près tangent. La nappe de fils venant de l'ensouple provisoire

passe entre ces deux cylindres. Le premier la pare, l'autre exprime l'excédent du liquide ; elle passe ensuite au-dessus d'un ventilateur, puis entre des brosses, puis dans un peigne, et s'enroule enfin sur un ensouple définitif. Le *parage* est quelquefois remplacé par *l'encollage*, opération par laquelle on dépose sur le fil une matière plus *collante* que le parement. La fécule et le sulfate de cuivre en sont toujours les éléments principaux. Le travail se fait de la même façon.

Fils de trame. — Les fils destinés à la trame sont également soumis quelquefois à un *bobinage*, qui porte alors le nom de *dévidage*.

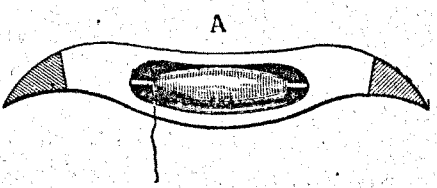


Fig. 216. — Navette.

Si on les destine à donner un tissu serré, on les mouille à l'eau de savon, ou à l'eau pure, ce qui les rend plus flexibles. Enfin, on procède au *cannettage*. Cette opération consiste à disposer le fil sur une très petite bobine cylindrique ou légèrement conique, percée suivant son axe et appelée *cannette*. L'opération se fait sur une sorte de banc à broches, appelé *cannetière*. Le fil ne subit généralement pas de torsion ; mais, pour certains tissus, on met des fils de trame doubles ou triples ; on est obligé, par suite, d'enrouler sur la cannette ces deux ou trois fils à la fois ; on les tord ensemble au moyen de barbins ou d'ailettes, pour n'en faire qu'un seul. Les fils de trame ne reçoivent généralement pas de parement.

Pour être utilisée, la cannette doit être placée dans la *navette* (fig. 216). On donne ce nom à un outil en bois, sorte de petite nacelle dont la proue et la poupe sont pointues. Dans la cavité du milieu A se trouve une broche horizontale fixée latéralement ; c'est sur cette broche qu'est engagée la cannette, l'un des bouts de son fil étant passé dans un petit orifice percé sur le côté de la navette. Quand ce fil sera tiré, la cannette tournera autour de la broche et se dévidera.

§ III

TISSAGE AU MÉTIER A MAIN (ARMURES FONDAMENTALES).

Pour le tissage, la chaîne est *montée* sur le *métier à tisser*. Cet outil, réduit à sa plus simple expression, se compose (fig. 217) de l'*ensouple*, placé en E, de la *poitrinière* K, cylindre qui a pour effet de maintenir la chaîne horizontale, et du *rouleau* C, auquel est fixée l'extrémité de la chaîne, et autour duquel s'enroulera l'étoffe au fur et à mesure de sa fabrication. En J, se trouvent deux baguettes, dites *baguettes d'envergeure*, qui séparent les fils pairs des fils impairs : la première passe sur les fils pairs et sous les fils impairs; la seconde, sous les fils impairs et sur les fils pairs. Cette séparation ou *envergeure* est, comme nous l'avons vu, réalisée dès l'ourdissage, et a pour but de faciliter la marche et la vérification du travail.

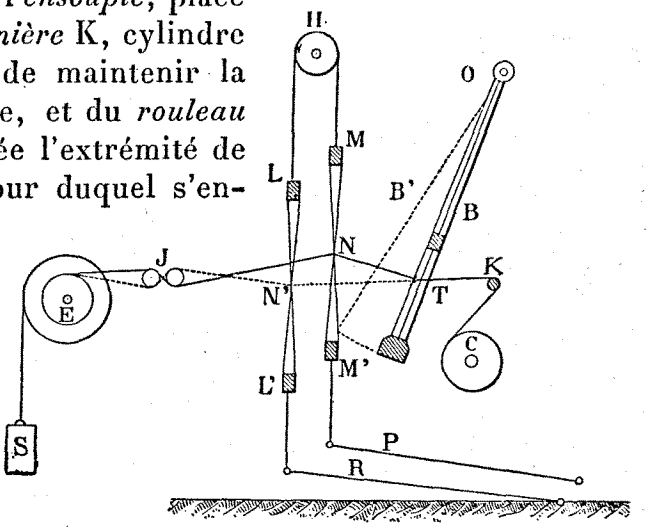


Fig. 217. — Schéma du métier à tisser.

Après leur croisement aux baguettes d'envergeure, les fils de chaîne passent dans des maillons N, N', portés par des ficelles ou *lisses* tendues entre deux *lames* L, L', et M, M'. On dispose autant de lisses qu'il y a de fils à la chaîne, et, s'il y a deux paires de lames, chacune de ces paires porte la moitié des lisses, l'une portant celles qui soutiennent les fils du rang pair, l'autre, celles qui portent les fils du rang impair. L'ensemble formé par

deux lames et les lisses qui les unissent s'appelle *harnais* ou *remisse*.

L'opération par laquelle on engage tous les fils de chaîne dans les maillons des lisses est le *remettage* ou *rentrage*. C'est la mise en carte qui indique l'ordre dans lequel ces fils doivent être engagés.

Les deux remisses sont réunis par une corde passant sur une poulie H, ou par deux cordes attachées aux extrémités d'un petit balancier, de telle sorte que, quand l'un des remisses descend, l'autre monte. On les fait mouvoir en appuyant avec le pied sur les *pédales* P et R. A la suite des lisses, les fils de chaîne traversent un peigne T comprenant autant de dents qu'il y a de fils. Ce peigne est fixé à un châssis B oscillant autour du point fixe O, et appelé *battant*. Le *piquage en peigne* est l'opération qui consiste à engager les fils dans ses dents. En S est un contre-poids destiné à assurer la rigidité de la chaîne.

Voyons maintenant comment fonctionne le métier. Le tisseur, assis devant la poitrinière, pousse en avant le battant, l'amenant en B′ (ligne pointillée sur la figure); puis il appuie sur une des pédales, R par exemple; le remisse LL′ descend pendant que l'autre monte; les nappes de fils pairs et de fils impairs se séparent, faisant entre elles un certain angle. Il lance alors dans cet angle, et dans le sens de la largeur, la navette armée de sa canette dont le fil se déroule, posant une duite. Quand la navette est arrivée à l'autre bord, l'ouvrier ramène à lui le battant jusqu'en B ; le peigne entraîne avec lui la duite qui est encore un peu flottante et lâche, et la serre contre les autres duites déjà en place, c'est-à-dire contre le tissu déjà fait. Puis il recommence, en appuyant cette fois sur l'autre pédale. Il continue ainsi, en faisant soulever alternativement l'un et l'autre remisse, ce qui a pour effet de faire passer le fil de trame alternativement sur les fils pairs de chaîne et sur les fils impairs. En un mot, les fils levés produisent des *pris*, et les autres des *sautés*. Quand

une certaine longueur d'étoffe est tissée, que le battant n'a plus la place nécessaire pour se mouvoir, le tisseur fait tourner un peu le rouleau C, ce qui enroule la partie achevée de l'étoffe et déroule une longueur correspondante de chaîne de l'ensouple.

Lorsque la pièce est finie, si elle doit être remplacée sur le métier par une autre pièce de même armure, afin d'éviter une nouvelle opération de *remettage* et de *piquage* en *peigne*, on place *l'ensouple* de la pièce à faire avant d'enlever le *rouleau* de la pièce finie, les fils de chaîne de cette dernière n'ayant pas encore quitté les maillons des lisses. On attache les fils de la pièce à faire à ceux de la pièce finie, par un *nouage* effectué avec les doigts et une matière collante (pour la soie, on se sert simplement des doigts mouillés et enduits de cendre de bois). Puis on termine tout à fait la pièce en cours d'achèvement, de sorte que les fils de chaîne de celle-ci amènent avec eux les fils de l'autre et que le montage de cette dernière est ainsi tout fait.

Le métier que nous venons de décrire est le métier pour tisser l'armure *toile*. Pour les autres armures, il faut introduire des modifications qui portent toutes sur le nombre des remisses et l'ordre dans lequel on les fait lever. Ainsi, pour le *croisé*, il faut quatre remisses, qui lèveront deux à deux, 1 et 2 ensemble, puis 3 et 4 ensemble. On peut mettre ainsi un grand nombre de remisses, mais le métier devient trop compliqué, et, si l'on a une étoffe à tissu d'une armure complexe, telles que celles des étoffes à dessins ou *façonnées*, on préfère adapter au métier la *mécanique Jacquard* dont il sera question ci-après.

Pour certaines étoffes, on emploie aussi des trames différentes, se succédant dans un ordre déterminé ; on doit avoir alors autant de navettes qu'il y a de fils de trames différents, et il faut les lancer aux moments voulus.

Certains tissus, tels que la *mousseline*, sont clairs, c'est-à-dire à texture lâche, les fils n'étant pas serrés. On obtient

ce résultat en employant un peigne à dents espacées, et en ne donnant pas le coup de battant à fond.

On peut, par le tissage même, obtenir différents effets variant l'aspect du tissu, tout en employant la même armure. Ainsi, on peut tisser à *pas ouvert* ou à *pas fermé*, ce qui dépend d'un réglage des remisses. Quand on tisse à *pas ouvert*, le peigne doit arriver sur la duite avant que la *foule* soit fermée, c'est-à-dire avant que les deux nappes $a\,a'a''\ldots$ et $b\,b'b''\ldots$ de fils de chaîne se soient rapprochées, ce qui fait que la duite reste droite et tendue (fig. 218). Quand on tisse à *pas fermé*, le coup de peigne est en retard sur la *foule*, de sorte que, quand il atteint

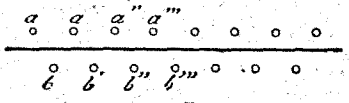


Fig. 218. — Pas ouvert.

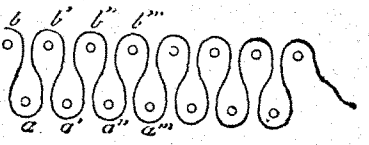


Fig. 219. — Pas fermé.

la duite, les remisses commencent déjà à se déplacer pour la foule suivante, et la duite est obligée de contourner les fils $a\,a'a''\ldots$ $b\,b'b''$. (fig. 219). Dans le premier cas, c'est la chaîne qui contourne la trame ; le tissu est moins couvert et n'a pas aussi bel aspect. Dans le second cas, le tissu est bien couvert et forme des grains. Un tissu, à chaîne en coton et trame en laine, tissé à pas fermé, fera ressortir la laine au point de ressembler à un tissu de laine pure; à pas ouvert, au contraire, il paraîtra être en coton. Un tissu tout laine, à pas ouvert, sera rude; à pas fermé, il sera feutré, moelleux. On peut modifier encore les effets du pas ouvert et du pas fermé en élevant l'ensouple, ce qui a pour effet de tendre la partie inférieure de la chaîne plus que la partie supérieure.

§ IV

TISSAGE MÉCANIQUE

Pour la confection des tissus qui ne sont pas d'une armure trop compliquée, ou qui ne nécessitent pas des opé-

rations spéciales à la main, on emploie le *métier mécanique*, c'est-à-dire mû mécaniquement. Ce métier, en principe, ne diffère pas du *métier à main;* il ne contient en plus que les organes destinés à exécuter automatiquement les opérations que, avec le premier, le tisseur effectue à la main. Ces opérations sont au nombre de quatre :

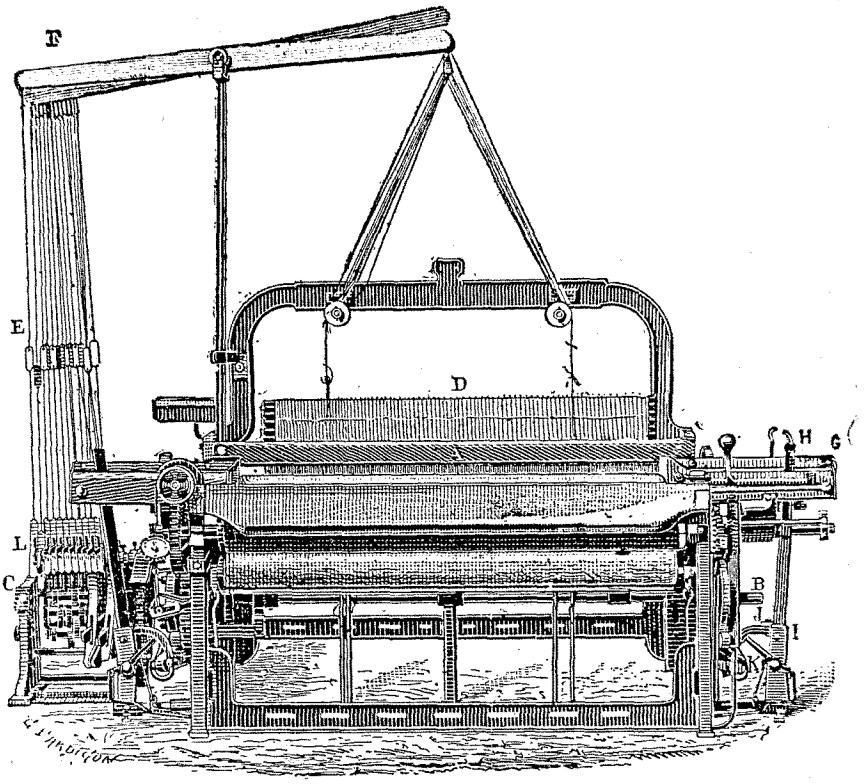


Fig. 220. — Métier mécanique de Diederichs.

1° balancer le battant; 2° lever et abaisser les remisses; 3° lancer la navette ; 4° enrouler la partie achevée de la pièce. Voyons comment ces diverses fonctions sont remplies dans le métier mécanique à tisser la soie. Il en existe plusieurs modèles : nous choisirons les métiers Diederichs, qui passent pour être des plus perfectionnés (fig. 220).

Mouvement du battant. — Le battant A, au lieu d'être suspendu et articulé par le haut, est articulé en

dessous du métier. Le balancement lui est imprimé par une bielle, mue elle-même par un excentrique calé sur l'arbre de transmission B, qui distribue le mouvement à toutes les parties du métier.

Manœuvre des remisses. — Un outil spécial C, appelé *mécanique*, est chargé de ce travail ; il se compose d'un cylindre (invisible sur la figure précédente), appelé *liseur*, et d'autant de leviers L du premier genre qu'il y a de remisses à manœuvrer. Ce *liseur* est armé de cames à sa surface, et ces cames au passage soulèvent les leviers L qui, à leur autre extrémité, sont attachés aux remisses D par l'intermédiaire des fils E et des balanciers F. Chaque fois qu'un levier est soulevé, le remisse correspondant est levé aussi, et, avec lui, tous les fils de chaîne qu'il contient dans ses maillons (fig. 221). Par conséquent, en réglant la *mécanique* de telle façon que les leviers soient soulevés conformément aux indications de la mise en carte, on obtiendra le tissu voulu. On obtient ce réglage en changeant le *liseur*. On a une provision de *liseurs* dont chacun a ses cames disposées en nombre et en position pour une armure déterminée. Il suffit, pour exécuter un tissu d'après cette armure, de placer dans la *mécanique* le *liseur* correspondant. Ce *liseur* fonctionne avec ses cames exactement comme les cylindres des boîtes à musique.

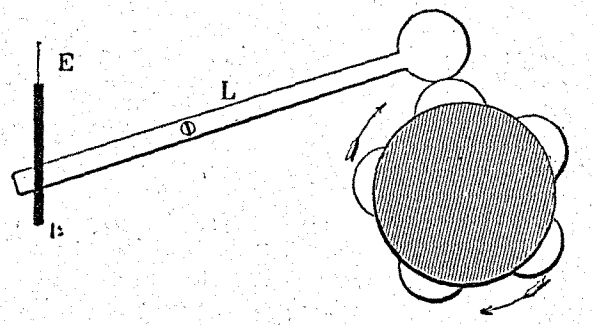


Fig. 221. — Schéma de la *mécanique*. Cylindre *liseur* à cinq cames.

Lancement de la navette. — La navette, au repos, est logée dans la *boîte* G. Elle en est chassée par le *sabre* H, baguette en bois, qui traverse la boîte, et n'est autre chose que le grand bras d'un levier coudé, articulé en I, et dont le petit bras J est abaissé violemment à intervalles rythmés par le marteau K, frappant sur une lanière de

cuir qui le tire de haut en bas. A chaque coup de ce marteau, actionné par un excentrique, le petit bras s'abaisse brusquement et le grand bras s'incline, frappant d'un coup sec la navette, qui est envoyée au travers de la chaîne jusqu'à l'autre bord de la pièce, d'où elle est renvoyée de la même façon à son point de départ.

Quand le tissu doit recevoir plusieurs fils de trames différents, on emploie des boîtes montantes, à compartiments superposés, contenant chacun une navette. Un mécanisme spécial hausse ou baisse ces boîtes de façon à présenter au *sabre*, et au moment voulu, la navette nécessaire. On emploie aussi des *boîtes-revolvers*, qui tournent comme le barillet d'un revolver.

Enroulement de l'étoffe. — Sur l'axe du rouleau est calée extérieurement une roue à dents. Un crochet, mû par un excentrique, saisit ces dents l'une après l'autre à intervalles réguliers et les attire vers le bas, ce qui fait tourner cette roue d'une fraction de tour à chaque ascension de ce crochet. C'est ce qui produit l'enroulement de l'étoffe.

Pour obtenir automatiquement un tissu plus ou moins lâche, il suffit d'accélérer plus ou moins cet enroulement; en le ralentissant, on aura, au contraire, un tissu serré. D'où la nécessité d'avoir, pour un métier déterminé, une série de roues dentées de rechange, parmi lesquelles on choisit celle qui convient pour un tissu d'une texture déterminée. Ces roues s'appellent *roues régulatrices*.

Casse-trame. — Les métiers mécaniques possèdent un organe appelé *casse-trame*, chargé d'arrêter le métier si la trame vient à manquer, soit par suite de la rupture du fil, soit parce que la cannette est épuisée, soit enfin parce que cette dernière est restée engagée au milieu de la nappe formée par les fils de chaîne. Un bras vertical, mû par un excentrique, se balance à gauche du métier; il porte une *fourchette* à trois dents recourbées, qu'il présente, tous les deux coups de battant, à un *râteau* fixe, formé aussi de trois dents, et placé à la hauteur de la nappe. La fourchette

rencontre la dernière duite passée; si le fil de trame est intact, elle le presse contre le râteau, mais ne peut engager ses dents entre celles de ce dernier à cause du fil qui résiste, ce qui fait qu'elle bascule, car elle forme un levier du premier genre dont l'autre extrémité porte un crochet. Ce dernier, étant levé, ne joue aucun rôle. Mais si le fil manque, les dents s'engrènent, et, le basculage n'ayant pas lieu, le crochet agrippe un autre bras qui, entraîné par celui qui porte la fourchette, fait déclancher la manette d'embrayage et arrêter le métier.

Perfectionnements. — On fait maintenant des métiers sans navette, et d'autres à insertion continue de trame sans arrêt. Dans les premiers, la navette est remplacée par des aiguilles chargées de passer la trame dans la foule; ces métiers ont l'inconvénient de tisser à trame double, et par conséquent voient leur application restreinte à quelques genres d'articles seulement (*passementerie*).

Parmi les seconds, le métier Northrop fonctionne de la manière suivante. Dès que la trame est rompue ou épuisée dans la navette en jeu, la cannette est expulsée automatiquement hors de la navette par une nouvelle cannette qui vient prendre sa place, le métier continuant toujours à fonctionner. L'enfilage du bout du nouveau fil de trame dans l'œil de la navette a lieu du même coup. Ce mécanisme est commandé par le casse-trame.

En somme, le travail du tisseur, avec le métier mécanique, se réduit à une surveillance générale et à la réparation des fils cassés. Des ouvriers spéciaux, appelés *gareurs* en soierie et *monteurs* dans les autres genres de tissage, effectuent le montage mécanique du métier et exécutent les réparations, quand il y a lieu.

§ V

TISSAGE DES ARMURES FAÇONNÉES

On appelle *étoffes façonnées* toutes celles qui présentent des dessins ou des effets de relief. Lorsque le nombre

des remisses à employer devient trop grand, on adapte au métier la *mécanique Jacquard*. Cette *mécanique* n'a d'autre objet que de manœuvrer les fils de chaîne, le reste de l'appareil à tisser ne subissant aucune modification essentielle.

La première chose à faire, avant de tisser au métier *à la Jacquard* une étoffe façonnée, c'est de préparer le *carton* de cette étoffe. On appelle de ce nom un chapelet de rectangles de carton, lacés ensemble, percés de trous, qui guideront les mouvements de la chaîne pendant le tissage. Le dessin a été exécuté par le dessinateur (fig. 210), puis mis en carte (fig. 211); c'est cette dernière feuille qui sert à préparer le *carton*. Un ouvrier, le *liseur* se place devant un rideau d'autant de ficelles verticales qu'il doit y avoir de fils à la chaîne. Chacune de ces ficelles est armée d'un poinçon, et ces poinçons sont devant les trous d'un prisme carré appelé *centre*, qui en compte autant qu'on peut en percer dans un carton. Dans ces trous sont des emporte-pièces. Au-devant du *centre* est une pièce mobile de même dimension, et percée d'autant de trous. Considérant sa mise en carte, le liseur détermine les fils de chaîne qui devront lever pendant la pose de la première duite; il les isole en passant derrière eux une autre ficelle appelée *embarbe*, qui représente la duite. Puis il tire à lui cette embarbe; les poinçons poussent les emporte-pièces qui passent dans les trous de la pièce mobile. Il procède de même pour chacune des duites suivantes. On détache la pièce mobile, et on la porte sous un balancier avec un carton au-dessous; on presse, et le carton est troué. Ensuite on recommence pour un autre. Chaque trou correspond donc à un *pris*, et il y en a autant de rangées dans le chapelet de cartons réunis qu'il y a de duites dans la longueur de la pièce. Certains dispositifs percent les cartons au *centre* même.

Il existe une machine permettant d'obtenir automatiquement les cartons sans recourir aux ouvriers *liseurs*.

Dans ce procédé, la mise en carte est faite sur des feuilles minces de papier d'étain, également quadrillées. La coloration de la mise en carte se fait au moyen d'un vernis isolant. Ainsi préparées, les cartes sont introduites dans la machine; au-dessus d'elles, une série d'aiguilles spéciales, sous l'action d'électro-aimants convenablement disposés, viennent agir sur le poinçon de la machine à piquer.

Exposons maintenant le principe de la mécanique Jacquard, qui va utiliser les cartons.

Le fil de chaîne *ff* (fig. 222) est passé au travers du maillon A de la lisse *l*, qui, d'une part, est attachée à une tringle T, et, d'autre part, est tendue par un poids Q. La tringle passe dans un anneau K, que porte une aiguille horizontale H H′, et se termine par un *bec de corbin*, C. L'aiguille HH′, dans sa position normale, est placée de telle façon que la tringle T est verticale, et elle est maintenue dans cette position par le ressort E. En D est une griffe portée par un cadre, que peut soulever l'ouvrier par l'intermédiaire de la pédale P, de la bielle R N et du balancier N M, articulé en O. Quand la tringle est verticale, son bec de corbin est au-dessus de la griffe; mais, si elle vient à s'incliner. cette dernière ne peut plus accrocher ce bec, ni par conséquent soulever la tringle. En B, c'est-à-dire en face de l'aiguille, se trouve un prisme quadrangulaire en bois, le *cylindre*, qui tourne autour de son axe, et sur ce *cylindre* est placé le chapelet de *cartons* perforés, disposés en une chaîne sans fin *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, appelée *manchon*

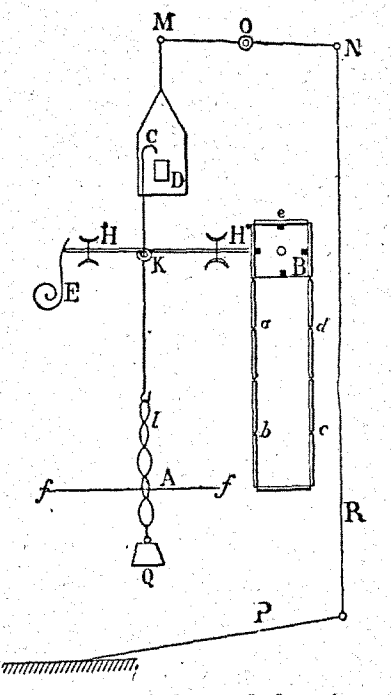


Fig. 222. — Schéma de la mécanique Jacquard.

de carton. Quand les parties pleines du carton, pendant le défilé du manchon devant l'aiguille, se présentent à elle, elles la repoussent; la griffe, dès lors, en montant, laisse la tringle en place, puisqu'elle est inclinée; mais, quand c'est un trou du carton qui se trouve en face de l'aiguille, celle-ci revient à sa place ramenant la tringle dans la verticale, ce qui lui permet d'être soulevée par la griffe au coup de pédale, et, avec elle, la lisse et le fil de chaîne, ce qui donne un *pris*, puisque le fil de trame peut passer au-dessous. A chaque coup de battant et de pédale, le cylindre fait un quart de tour et présente aux aiguilles alignées un nouveau carton perforé. Pour toutes les aiguilles qui rencontrent des trous, les fils de chaînes lèvent; pour les autres, ils restent en place, et la trame passe dessus. Le dessin se trouve, en somme, exécuté sur la chaîne par une suite d'insertions et de non-insertions de fils de trame.

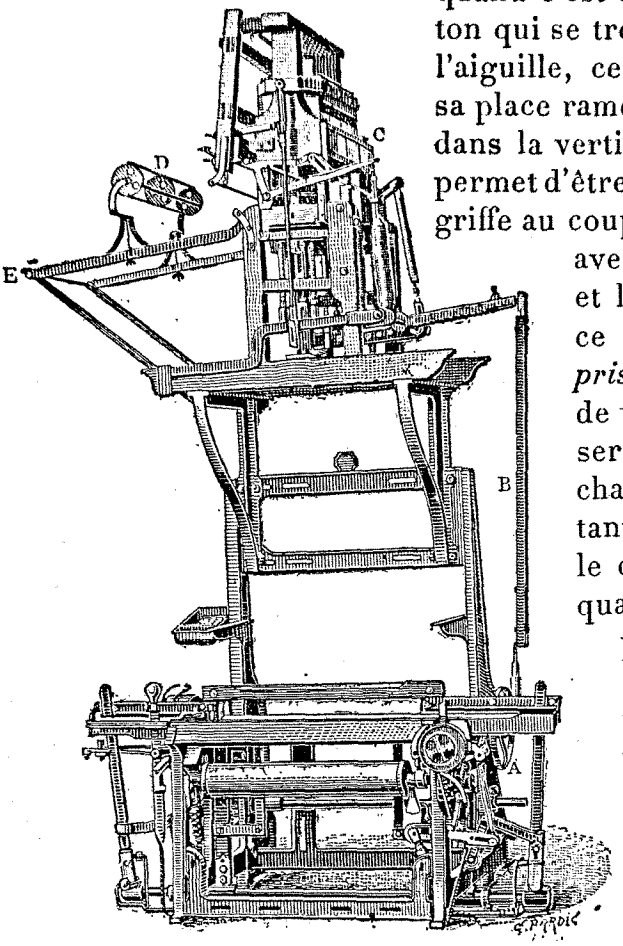


Fig. 223. — Métier mécanique avec adjonction de la mécanique Jacquard.

Les cartons Jacquard étant très épais, sont très lourds, aussi les remplace-t-on souvent par du fort papier, ce qui

entraîne une modification de l'appareil. Ainsi dans la mécanique Verdol, les aiguilles qui entreront dans les trous du papier sont verticales, et, lorsque le papier les soulève, elles soulèvent elles-mêmes des pointes horizontales à tête de clou que des fers à cornière, mus en bloc de côté par le métier, peuvent dès lors atteindre et pousser. Ce sont elles qui poussent à leur tour les aiguilles Jacquard H H′.

Le nombre de maillons, c'est-à-dire de fils de chaîne, qui doivent être soulevés à la fois pour produire un effet déterminé, se nomme un *chemin*. Tous les maillons de même numéro dans les divers *chemins* sont réunis par des cordelettes, appelées *arcades*, à la griffe D, qui les soulève tous à la fois; sans quoi, il faudrait autant de griffes que de lisses.

La mécanique Jacquard se place au-dessus du bâti du métier, lequel ne comporte qu'une pédale. Dans les métiers mécaniques, la pédale est remplacée par une manivelle calée sur l'arbre de transmission. Ainsi, dans la figure 223, on voit en A la roue qui fait fonction de manivelle, en B la bielle, en C la mécanique Jacquard, en D l'asple qui tend et présente à la mécanique le manchon de carton, posé à cheval sur la traverse E, à laquelle il revient par le dessous de la mécanique. Dans cette figure, ni le carton, ni les lisses ne sont représentés.

§ VI

AUTRES FAÇONNÉS

Tout en opérant le tissage, tel que nous venons de l'étudier, on produit encore d'autres effets, au moyen d'autres manœuvres, ou en employant des fils de chaîne ou de trame supplémentaires. On obtient ainsi une grande variété d'étoffes, dont le nombre va en augmentant tous les jours, les inventeurs cherchant sans cesse à produire de nouveaux tissus. Sans entrer dans l'étude de tout ce qui se fait en ce genre, nous donnerons une idée de ces

façonnés divers en étudiant quelques-unes d'entre elles.

Tissus brochés. — Indépendamment des tissus façonnés faits à la mécanique Jacquard, on exécute d'autres tissus à dessins, dits *brochés*. Le dessin est obtenu à l'aide de petites navettes qu'on passe à la main ou mécaniquement au-dessus ou au-dessous des fils de chaîne qui doivent les recevoir, et cela pendant le tissage. En examinant le tissu à l'envers, on reconnaît que les fils de trame du dessin ne vont pas d'un bord à l'autre de la pièce, comme dans les autres tissus façonnés, fabriqués *au lancé*. Toutes les étoffes riches, à dessins compliqués, sont brochées. C'est par ce procédé qu'on introduit les fils métalliques (or ou argent) dans les dessins qui en comportent.

Velours. — Le *velours* est une étoffe dont le fond, qui est un tissu d'armure simple, est recouvert d'un *poil* court et serré qui le cache complètement. Ce poil est formé par des bouts de fil engagés entre la chaîne et les duites et formant aigrette. Ces bouts de fils sont les tronçons d'une chaîne ou d'une trame supplémentaire.

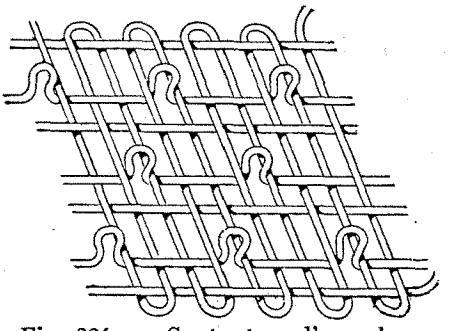


Fig. 224. — Contexture d'un *velours par chaîne* frisé.

Les *velours par chaîne* sont ceux où le poil provient d'une chaîne supplémentaire, et les *velours par trame*, ceux où il provient d'une seconde trame. Les velours par chaîne se font en soie, laine, lin ou jute, et les velours par trame, en coton, quelquefois en laine.

Les velours par chaîne comprennent donc deux chaînes : la première, qui donne le tissu proprement dit, c'est-à-dire le fond, est la *chaîne de pièce*; l'autre s'appelle le *poil*. Le fond est à armure toile ou sergé.

La chaîne de *poil* est beaucoup plus longue que l'autre, et généralement enroulée sur un ensouple spécial, pour

que le déroulement s'en fasse au fur et à mesure des besoins. Tout le principe du travail consiste à forcer la chaîne de poil à former des boucles sur le tissu et à couper ces boucles ensuite par le milieu, chaque bout formant ensuite un brin de poil. Pour obtenir les boucles, on engage une petite baguette entre les deux chaînes, la chaîne de poil au-dessus; on passe une duite et l'on donne un coup de battant qui serre la duite contre la baguette, et celle-ci contre la partie de l'étoffe déjà faite; en retirant la baguette par le côté, on laisse une rangée de petites boucles, formées chacune de toute la longueur de fil de chaîne qui contournait cette baguette (fig. 224.) Une deuxième baguette est placée, et, avant d'aller plus loin, on fait glisser le long de cette dernière une lame qu'elle guide; cette lame présente une pointe tranchante qui passe dans toutes les boucles et les tranche. On refait de nouvelles boucles sur cette deuxième baguette; on remet la première derrière, et, se guidant sur celle-ci, on coupe à leur tour les boucles faites par la deuxième, après qu'on l'en a retirée, et ainsi de suite, chaque baguette servant tour à tour de rouleau d'enroulement et de règle. Généralement, on passe trois duites entre deux rangées de boucles, ce qui revient à dire qu'on ne déplace chaque baguette que tous les trois coups de battant et les trois lancements de navette. Il existe des métiers mécaniques effectuant le même travail.

Si, dans la fabrication du velours de chaîne, on enlève les baguettes sans couper le poil, on a le *velours frisé*.

Dans les velours par trame, c'est une trame supplémentaire qui est d'abord bouclée, et ensuite coupée, pour donner le poil. Le tissu se fait au métier mécanique comme un autre tissu, avec une armure *toile, sergé* ou *croisé*, comme fond. Les duites de la *trame de poil* forment des flottés de boucles destinées à être coupées. Cette dernière opération ne se fait pas sur le métier, mais sur une table où l'étoffe est étendue. Un ouvrier, muni de la *coupe*, sorte d'épée tranchante,

coupe les boucles, en faisant glisser la lame à fleur de tissu. Dans la figure 225, on voit en haut les fils de trame de fond 1 et 4 qui contournent les fils de chaîne représentés par de petits cercles, puis 3 et 5, 2 et 6, fils de *trame de poil* faisant de grands flottés. Le pointillé qui passe au milieu de ces boucles indique où passera la

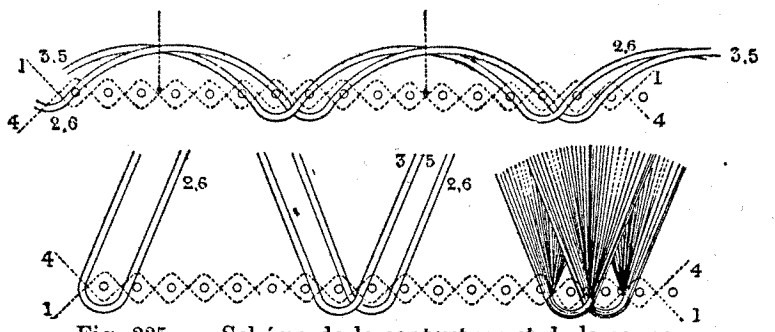


Fig. 225. — Schéma de la contexture et de la coupe du velours *par trame*.

lame de la *coupe*. En bas, la même figure montre le velours; les flottés ont été coupés, les brins qui en restent se dressent, et deux d'entre eux s'effilochent.

On distingue aussi les velours *à un corps, à deux corps, à trois corps*, où le poil est produit par une, deux, trois chaînes supplémentaires, ce qui est nécessaire, par exemple, pour les velours à plusieurs couleurs. Le *velours de Gênes* est à deux corps, l'un donnant du velours frisé, l'autre du velours coupé. Le *velours au sabre* est un velours ordinaire, imprimé, et dont on a rasé le poil avec un rasoir à main, de manière à ne laisser flotter que le dessin. Le *velours Grégoire* est obtenu ainsi qu'il suit : on tisse un taffetas, on imprime un dessin dessus, on effiloche la pièce et, avec le fil qui en provient, on tisse un velours qui reproduit le dessin avec un cachet tout particulier. Les velours *à côtes* sont obtenus par des combinaisons d'armures superposées.

Peluche. — La peluche est un tissu imitant le velours, mais dont les poils sont plus longs et soyeux. L'armure de fond est du taffetas; le poil est toujours obtenu par chaîne. Le montage du métier à peluche ne diffère guère de celui du métier à velours. Les baguettes sont plus grosses, pour pouvoir donner de plus grandes boucles, et, partant, des poils plus longs. On distingue les *peluches fortes*, qui ont deux fils de fond pour un fil de poil, et les *peluches légères* qui ont quatre fils de fond pour un fil de poil.

On fait aussi des *peluches bouclées*.

§ VII

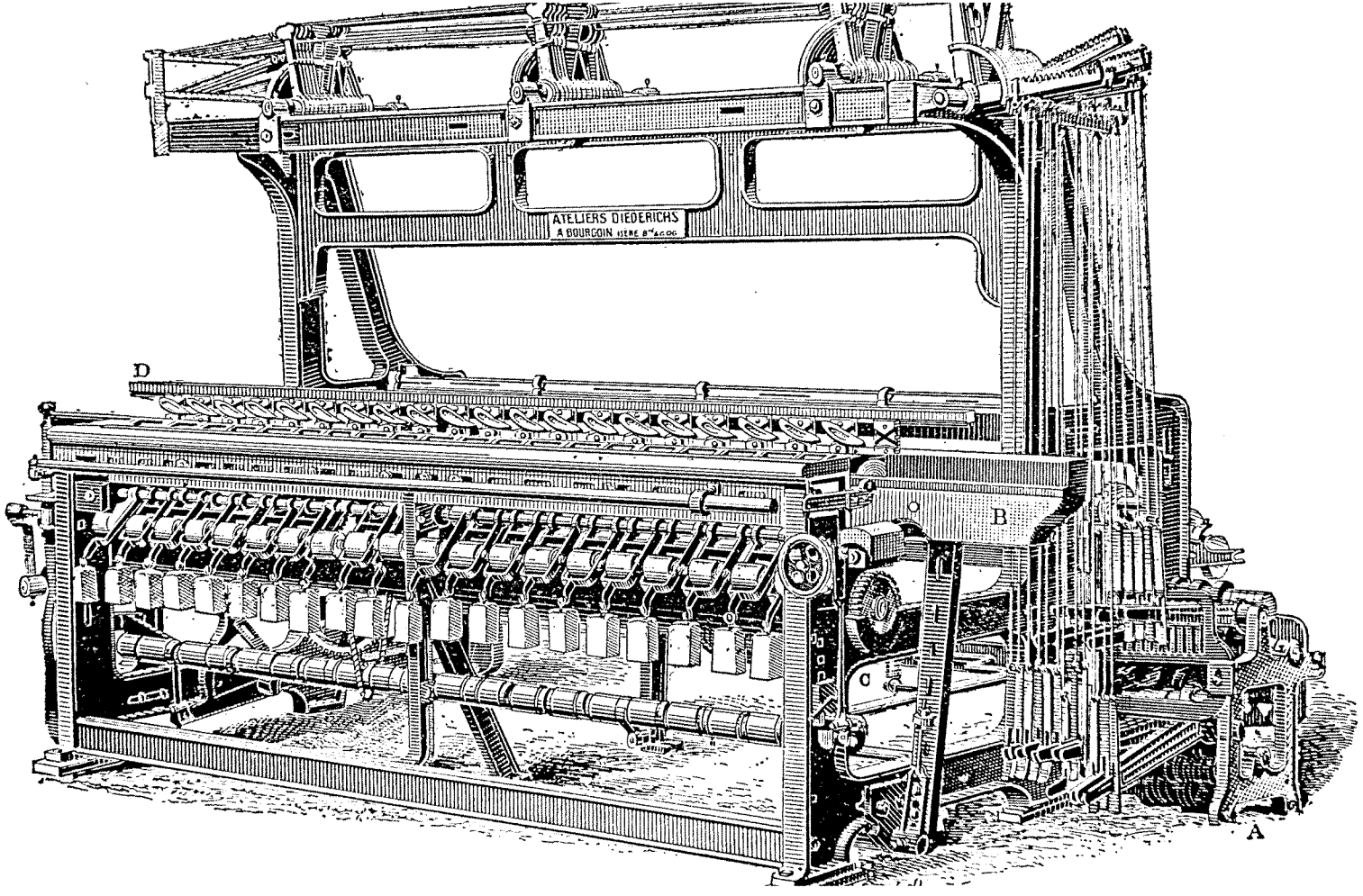
RUBANNERIE

Les *rubans* sont des étoffes dont la pièce a une faible largeur. En raison de ce peu de largeur, on en fait plusieurs à la fois sur le même métier, pourvu qu'ils soient de même armure. On peut cependant en faire de plusieurs armures n'ayant pas une trop grande différence entre elles : le métier devient alors très compliqué.

On fait le montage comme pour une autre étoffe, les fils de chaîne nécessaires pour chaque ruban étant groupés et nettement séparés des voisins. Il y a autant de navettes que de rubans à faire; un mécanisme spécial les fait toutes passer à la fois dans leurs chaînes respectives. Le battant est unique. L'ouvrier fait marcher le tout ensemble, à l'aide d'une *barre* placée en avant, à laquelle il imprime un balancement. Ce mouvement est transmis aux organes du métier et les fait fonctionner; c'est ce qui a fait appeler ces appareils *métiers à la barre*.

Les métiers mécaniques sont aussi employés pour tisser les rubans. La figure 226 représente un de ces métiers, système Diederichs, disposé pour tisser vingt rubans à la fois. On voit en A la mécanique, avec son *liseur*, visible en dessous, faisant mouvoir les leviers qui commandent les lisses, lesquelles ne sont pas en place. En B est le battant; en C, la roue régulatrice; en D, une traverse qui porte, disposées sur des organes mobiles, les vingt navettes qui ont une forme un peu spéciale. En avant, on aperçoit les rouleaux sur lesquels s'enroulent les rubans terminés

Les rubans se font surtout en soie ou en coton.


ATELIERS DIEDERICHS
A BOURGOIN ISERE 8me Ag.OG
D
B
A

CHAPITRE IV

Tissus principaux.

Les variétés de tissus qu'on peut obtenir au moyen des diverses armures sont, nous l'avons dit, extrêmement nombreuses. Nous nous bornerons à signaler ici les principaux tissus qu'on trouve dans le commerce.

Tissus de lin et de chanvre. — La *toile* est l'étoffe de lin, ou de chanvre, la plus simple; elle se fait avec l'armure *uni* qui prend quelquefois son nom. La toile de lin est plus fine et tout aussi solide que celle de chanvre. Les toiles fines proviennent surtout de la Flandre (Lille, Armentières), de la Picardie (Abbeville) et de la Normandie (Louviers). Les toiles mi-fines sont fabriquées en grand dans le Maine, l'Aisne et les Vosges.

La *batiste* est une toile de lin encore plus fine que la toile dite fine. Le tissu en est très serré et soyeux; elle se fabrique dans le Nord (Cambrai, Valenciennes) et en Anjou (Cholet).

Le *coutil* est un tissu de chanvre, d'armure *croisé*. La texture en est très serrée. Il existe cependant des coutils de lin. Tous se font dans les Flandres ou dans le Maine (Mayenne).

La *toile à voile* se fait en chanvre ou en lin. C'est une armure *uni*. Le tissu doit être fort, mais léger; souple, mais inextensible. La trame en est plus fine que la chaîne, et cette dernière n'est pas encollée. Les principaux centres de production sont Dunkerque et Angers.

La *toile à sacs* et à *torchons* est surtout composée de jute, bien qu'on en fasse aussi avec du lin ou du chanvre. La Picardie s'est spécialisée dans cette fabrication.

Le *damassé* est un tissu façonné, dont les dessins sont faits à l'imitation de ceux du damas. Une grande partie du linge de table est du damassé. La Flandre et la Picardie en fabriquent de très grandes quantités (Armentières, Lille, Halluin, Saint-Quentin).

Tissus de soie. — Le *taffetas* est le plus simple des tissus de soie. Il est tissé avec l'armure *uni*, à laquelle il donne quelquefois son nom. Pour en varier les effets, on emploie des fils simples ou doubles, soit pour la chaîne, soit pour la trame, soit pour les deux; ou encore, on serre plus ou moins le tissu : c'est ainsi que l'on obtient le *gros de Naples*, le *poult de soie*, le *gros de Tours*, etc

La *faille* est un taffetas à chaîne cuite, et dont le fil de trame, parfois en coton, est gros, ce qui produit des côtes transversales.

La *mousseline* de soie est un tissu souple, léger, transparent, d'armure *uni*, quelquefois orné de dessins.

Le *crêpe* est un taffetas de soie écrue. Le fil de chaîne, ou organsin, est très tordu. Le froissement spécial de ce tissu est dû à un apprêt suivi d'une compression.

Le *taffetas façonné* est un taffetas qui a reçu un dessin.

Le *tulle* est un tissu mince et léger, imitant la dentelle fine. Il est caractérisé par ce fait que les fils de trame sont enroulés autour de la chaîne. C'est ce qui donne au tulle l'apparence d'un *réseau* plutôt que d'un tissu. Avec la mécanique Jacquard, on obtient des tulles façonnés. On brode aussi des tulles unis, notamment avec une sorte de machine à coudre.

La *gaze* est aussi un taffetas tissé en écru. Les fils en sont espacés, ce qui le rend transparent et léger. Pour qu'il soit suffisamment résistant, on a doublé les fils de chaîne.

Le *sergé* est fait avec l'armure de ce nom. Il est reconnaissable aux sillons obliques qui coupent toute la largeur de l'étoffe. Sa surface est plus brillante que celle du taffetas, parce que les points où les fils plongent sont plus espacés.

Le *satin* est fait avec l'armure de ce nom. C'est un tissu d'aspect très brillant. On le varie au moins autant que le taffetas.

Le *damas* est un tissu obtenu par la combinaison de deux armures satin différentes. Les variétés en sont nombreuses; l'une des plus communes est celle qui présente des dessins mats, dus au fil de trame, sur un fond brillant, dû au fil de chaîne.

Le *lampas* est un damas dont le fond est satin, et dont le dessin est taffetas d'une autre couleur.

Le *brocart* est une étoffe contenant en chaîne, ou en trame, ou en broché, des fils d'or ou d'argent.

Le *velours* a été étudié en détail, ainsi que la *peluche*.

Les tissus de soie sont, en ce qui concerne la France, le produit presque exclusif de la fabrication lyonnaise. La ville de Lyon, ses satellites (Saint-Etienne, Saint-Chamond, Tarare, Thizy, Nîmes) et les cinq ou six départements du voisinage, fabriquent à eux seuls presque toute la soierie qui se consomme en France, et une bonne partie de celle qui se consomme dans le monde entier.

Tissus de coton. — La *toile de coton* est d'une contexture identique à celle de lin ou de chanvre, mais elle est moins solide. Sa fabrication constitue une industrie considérable, répandue dans les Vosges (Remiremont), la Normandie (Rouen, Flers, Condé sur Noireau, La Ferté-Macé, Le Maine (Laval), la Picardie (Saint-Quentin), la Flandre (Armentières, Roubaix), le Lyonnais (Tarare, Amplepuis, Roanne).

La *cretonne* (shirting) est aussi d'armure toile, mais un peu modifiée. La belle cretonne est faite avec une chaîne forte et une

trame fine, ce qui lui donne un aspect agréable. C'est surtout la Normandie et Saint-Quentin qui fournissent cet article.

Le *calicot* est un tissu d'armure toile ou sergé. Il en existe un grand nombre de sous-variétés. Les Vosges et le Nord le fabriquent par grandes quantités.

La *percale*, la *percaline* sont des sortes de calicot fin, à tissu ras et plus ou moins serré.

La *lustrine* est une percaline dont les fils de chaîne sont très tendus. Les Vosges, la Normandie et la Picardie ont presque le monopole en France de la fabrication de ces trois catégories d'étoffes.

La *mousseline de coton* (Saint-Quentin, Tarare, Calais), le *tulle de coton* (Saint-Quentin, le Rhône), la *gaze* de coton (Saint-Quentin), le coutil de coton (Normandie, Maine), le velours de coton (Amiens, Roubaix, Lyon, les Vosges) sont obtenus comme les tissus de soie de mêmes noms.

La *guipure* est un tissu analogue à la dentelle, mais plus grossier, et présentant un peu de relief. Il est presque entièrement constitué par des ornements mats, réunis entre eux par un petit nombre de fils formant un réseau très lâche. La guipure se fait dans le Rhône, à Saint-Quentin et dans le Nord.

Le *batavia* est un tissu d'armure *croisé*, à laquelle il donne quelquefois son nom. On en fait beaucoup dans les Vosges, dans la Normandie et dans le Rhône (Villefranche).

Tissus de laine. — Le *drap* ordinaire est de la toile de laine; il est donc tissé avec l'armure *uni*. Ce tissu subit ensuite un foulage et d'autres apprêts, qui ont pour effet de feutrer la laine. Nous en parlerons plus loin. On fait aussi des draps en *sergé*, *croisé* ou *satin*, mais alors on les apprête de telle sorte que le poil ne laisse apparaître aucun sillon. Dans les draps dits *nouveautés* et portant différents noms, le poil est frisé, couché, ondulé, etc., de manière à produire des effets variés. C'est la laine cardée qui est employée dans la fabrication du drap. Cette industrie est très développée en France. Les centres de fabrication sont : la Normandie (Elbeuf, Louviers, Lisieux, Vire), les Ardennes (Sedan), l'Hérault (Lodève), le Tarn (Mazamet, Castres) et la Marne (Reims). Vienne (Isère) fabrique surtout les draps *renaissance*, avec de la laine régénérée.

Les *flanelles*, qui se font surtout à Reims, et les *couvertures*, qui sont fabriquées à Beauvais, Paris, Orléans et Reims, sont des sortes de drap.

L'*étamine* est aussi une toile de laine faite avec de la laine peignée, et non feutrée; on la fabrique dans les mêmes centres.

L'*alpaga* est tissé avec l'armure *uni*, mais la chaîne est en laine d'alpaca, et la trame en coton. Il se fait à Reims, Roubaix, Amiens, Saint-Quentin, Rouen, Le Cateau, Guise, Paris.

Le *barège* est une étoffe légère, d'armure *gaze*. La trame est en laine; la chaîne est en coton, tordu ou non. Elle se fait surtout en vue de l'impression, et sort des mêmes centres que l'alpaga.

Le *mérinos* est tout laine. C'est une armure *croisé*. Un mérinos léger porte le nom de *cachemire d'Ecosse*.

Le *reps* est un tissu d'armure *uni*, mais à côtes.

On fait aussi des mousselines laine, des satins laine, des velours laine et des peluches laine. Ces deux derniers articles sont une spécialité d'Amiens.

CHAPITRE V

Tissages spéciaux.

Certains tissus sont exécutés par des procédés tout différents de ceux que nous venons d'étudier. L'importance de ces industries, sans être aussi grande que celle du tissage ordinaire, l'est cependant assez pour en justifier une étude sommaire.

§ Ier

BRODERIE

La *broderie* consiste à exécuter avec *un fil*, sur un tissu préexistant qui sert de fond, un travail d'ornementation : on superpose ainsi un tissu à un autre. Le tissu de fond est d'une armure fondamentale, ordinairement de l'*uni;* le plus souvent il est en coton, lin ou soie. Le fil qui sert à broder est généralement du même textile que le fond, mais il peut être différent. Si l'on veut exécuter un dessin colorié, il faut employer des fils de diverses teintes, mais on n'en utilise toujours qu'un seul à la fois.

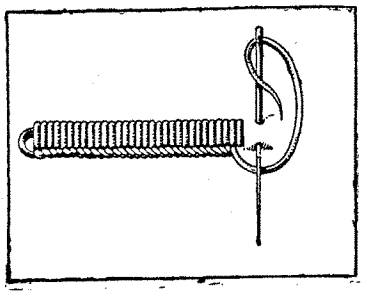


Fig. 227. — Point de feston.

La belle broderie et la broderie de ménage se font à la main; la broderie industrielle se fait à la machine.

La broderie à la main s'exécute à l'aiguille ordinaire ou au *crochet*, sorte d'aiguille à pointe recourbée. Le travail au crochet fait le *point*, dit *de chaînette*. Le travail à l'aiguille peut faire des *points* variés : de *feston* (fig. 227), *de piqûre, d'armes, de poste, de chaînette, de marque,* qui sont différentes

façons de passer l'aiguille, et de lier le fil à lui-même et au tissu sous-jacent.

La machine à coudre, qui exécute facilement le point de chaînette, peut servir à faire des broderies simples.

Pour travailler à l'aiguille ou au crochet, on tend l'étoffe sur un châssis évidé, de dimensions convenables, incliné d'environ 45° sur l'horizontale, et devant lequel l'ouvrière se tient assise. Le dessin a été préalablement décalqué sur le tissu.

Après le travail de la broderie proprement dite, le tissu doit être blanchi, ou tout au moins nettoyé. Au cours de ce nettoyage, la broderie exécutée peut avoir subi des avaries qu'il faut réparer. Ainsi, les *œillets*, ou trous festonnés, s'il y en a, doivent être rouverts par un *poinçonnage*, et les fils qui se sont *éraillés*, c'est-à-dire cassés, doivent être remplacés par un *déraillage* : le tout fait à la main.

Il existe des *machines à broder*. Celle d'Heilmann combine la machine à coudre avec le pantographe. Le calquoir de ce dernier suit les lignes du dessin ; sa règle à tracer porte l'étoffe, et la présente devant les aiguilles de deux chariots placés de part et d'autre de cette étoffe. Chacun vient à tour de rôle implanter ses aiguilles dans celle-ci ; ces aiguilles, pointues aux deux bouts, avec chas au milieu, sont saisies par des pinces du chariot opposé, qui les tire à lui, ce qui fait le point.

Les tissus brodés se distinguent des tissus brochés en ce que les fils qui constituent le dessin sont orientés dans tous les sens, au lieu de l'être tous dans le sens de la trame.

La broderie industrielle et la broderie d'art sont la spécialité de quelques régions. Paris, Lyon, Saint-Etienne, Nancy, Saint-Quentin, les Vosges, sont parmi celles où cette industrie a pris la plus grande extension.

§ II

TAPISSERIE

On appelle *tapisserie* ou *tapis* un tissu de laine dans lequel des fils de couleur, entrelacés avec une chaîne, produisent des dessins en imitation de la peinture. L'industrie qui s'occupe de la fabrication de ces tissus porte aussi le nom de *tapisserie*.

La *tapisserie* diffère de la *broderie* en ce que les ornements, comme dans les façonnés, font partie intégrante du tissu, et du *broché* en ce qu'elle est généralement exécutée à la main.

On classe les tapis de fabrication française en trois catégories principales : les *tapis à points noués*, imitant les tapis d'Orient, les *tapis veloutés* et les *moquettes*.

Les tapis *à points noués* sont faits de la façon suivante. Les fils

de chaîne, en laine ou en lin, sont tendus entre un ensouple et un rouleau destiné à l'enroulement du tissu fait; ils sont généralement dans un plan vertical, mais ils peuvent être aussi dans un plan horizontal. L'ouvrier, placé devant, tient à la main une navette contenant le fil de laine qui doit jouer le rôle de trame; il passe cette navette alternativement en dessus et en dessous des fils de chaîne, et, chaque fois qu'il croise un de ces fils, il fait un *nœud de trame* autour de lui; puis il appuie sur cette espèce de trame avec un peigne en fer, pour le rapprocher de ce qui est déjà fait. A chaque changement de nuance, il faut couper le fil et changer de navette. Ce travail est extrêmement long; on est arrivé à l'imiter au moyen d'un métier.

Les *tapis veloutés* ont une surface analogue à celle du velours. Le flotté de velours est produit par de petits fils de laine (*poil*) noués sur des fils de chaîne, et dressant leurs deux extrémités perpendiculairement à l'étoffe, comme dans le velours *par trame*.

Les plus importants de ces tapis sont les tapis *haute lisse*. Ils sont faits sur un métier appelé *métier de haute lisse*. Cet outil se compose presque uniquement de deux cylindres, comme le précédent : l'ensouple et le rouleau, placés dans un même plan vertical, l'ensouple étant en haut. La chaîne est en laine; de plus, elle est double, les fils des deux séries étant séparés par une grosse baguette en verre. Indépendamment des fils de chaîne, des fils de *poil* qui forment le velouté, et en même temps le dessin, par la variété de leur coloris, il y a deux trames de chanvre : l'une, appelée *trame* proprement dite, va droit entre les deux chaînes et sert à consolider l'étoffe; l'autre, plus fine, appelée *duite*, fait l'armure toile avec les fils de chaîne, c'est-à-dire les contourne alternativement; elle sert à donner le fond même du tissu, si bien qu'en fait le travail s'exécute sur un *canevas*, lequel ne se tisse qu'au fur et à mesure. La première chaîne a chacun de ses fils pris dans un maillon d'une lisse en ficelle, tendue horizontalement à moitié de la hauteur du métier. C'est en appuyant avec une main sur ces lisses que l'ouvrier oblige les fils de chaîne qu'elles commandent à s'incliner, pour que, de l'autre main, il puisse engager la navette, qui contient le fil de *poil* destiné à faire le velouté, entre les fils de la chaîne, et engager aussi les trames de la duite qui sont sur des navettes spéciales.

L'ouvrier est placé devant son métier, à l'endroit, c'est-à-dire du côté du dessin. Le carton peint à reproduire est placé sur sa tête, incliné à 45°. Avec la main gauche, il choisit le nombre de fils de chaîne qu'il lui faut pour faire ses passées de trame, de duite et de *poil;* il appuie sur les lisses, engage sa navette d'un côté de la poignée de fils de chaîne ainsi isolés, pour la faire ressortir de l'autre. S'il s'agit du fil de *poil*, il le noue sur l'une ou l'autre chaîne, ou sur les deux, en faisant un nœud coulant, appelé le *point sarrazinois*, et laisse une boucle en saillie. C'est cette boucle

qui, tranchée par un *tranche-fil* ou des ciseaux, donnera les filaments du velours. A chaque duite, ou trame, ou passée de *poil*, il tasse avec un peigne en fer, lourd, muni d'un manche, à l'aide duquel il frappe comme avec un marteau, après avoir engagé quelques fils de la chaîne entre ses dents.

Les tapis destinés à servir de tentures sont proprement appelés *tapisseries*. Ils sont aussi en laine, mais quelques parties peuvent être en soie. Ils se font au *métier à haute lisse*, ou au *métier à basse lisse*. Le métier à haute lisse pour *tapisserie* est monté comme le précédent, mais le travail est beaucoup plus simple ; il n'y a pas de nœuds à faire. La laine ou la soie, qui fait le dessin par son coloris, sert de trame, et il n'y a pas de duite supplémentaire. L'entrelacement se fait comme dans l'armure toile, mais avec quelques particularités opératoires, qui font que finalement la *tapisserie* est une sorte de *reps*. L'ouvrier travaille à l'envers, et doit se retourner pour regarder le carton peint qui sert de modèle, et qui est placé derrière lui. Au lieu de tasser avec un peigne, il tasse avec une des extrémités de sa navette. Les métiers à *basse lisse* diffèrent des autres, en ce que la chaîne est horizontale, et les lisses verticales ; une copie du modèle, faite au trait, est en dessous, visible au travers de la chaîne.

La *moquette* est un velours formé par un poil de chaîne en laine sur un tissu de fond en lin ou en chanvre. Comme pour les velours, on distingue les *moquettes bouclées* et les *moquettes coupées*. Elles se font par des procédés analogues, mais à la main, comme les autres tapis. Cependant on fait aujourd'hui de la moquette à bon marché, avec un métier Jacquard.

La belle tapisserie se fabrique dans quelques localités seulement : Paris, Beauvais, Aubusson, Nîmes. A Paris, Beauvais et Aubusson, sont des manufactures nationales où cette industrie est pratiquée au seul point de vue de l'art.

On désigne, sous le nom impropre de *tapisserie*, un travail ménager, fait à la main, qui consiste à couvrir de fil de laine à l'aide du *point de marque* exécuté à l'aiguille ou de variantes de ce point, un *canevas* ou tissu toile très lâche ; quelquefois, le canevas ne sert qu'à guider pour exécuter le travail sur une autre étoffe, sur laquelle on l'applique. Dans ce cas, une fois le travail achevé, on effiloche le canevas, en arrachant tous ses fils, et il reste un dessin. En somme, cela fait un ensemble qui imite assez bien la tapisserie. Comme on le voit, ce travail, qui n'est autre chose qu'une sorte de broderie, ne ressemble en rien à celui dont nous avons parlé.

§ III

DENTELLE

La *dentelle* est un tissu en réseau, très lâche, dont le fond fait corps avec les dessins qu'on peut y exécuter. Il n'y a, à proprement parler, ni chaîne, ni trame; le réseau est obtenu par des entrecroisements variés d'un ou plusieurs fils. Le lin, le coton, la soie, la laine, la ramie, les fils d'or et d'argent, peuvent être employés.

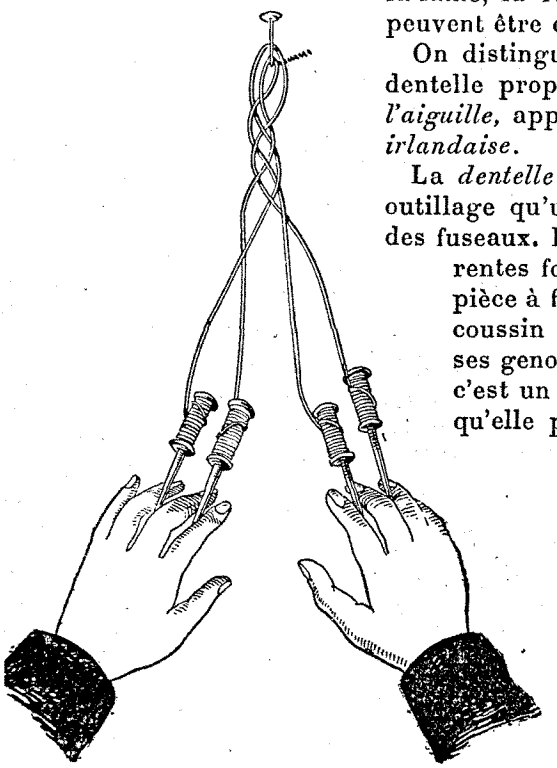


Fig. 228. — Fuseaux à dentelle.

On distingue la *dentelle aux fuseaux*, ou dentelle proprement dite, et la *dentelle à l'aiguille*, appelée encore *point* ou *dentelle irlandaise*.

La *dentelle aux fuseaux* n'exige comme outillage qu'un *coussin*, dit *au carreau*, et des fuseaux. Le coussin peut affecter différentes formes, suivant l'étendue de la pièce à faire. Tantôt c'est un simple coussin *carré* que l'ouvrière pose sur ses genoux, ou sur une table; tantôt c'est un coussin en forme de manchon qu'elle pose de même; d'autres fois, c'est encore un manchon, mais traversé d'un axe pouvant tourner sur des tourillons montés sur une tablette; dans ce dernier cas, l'outil s'appelle *métier*. Les fuseaux sont des canettes pourvues d'un manche dans leur prolongement (fig. 228).

Le dessin sur papier, ou sur étoffe, qui donne et la contexture de la dentelle à faire et les ornements qui doivent être exécutés en même temps, est fixé sur le coussin. L'ouvrière, pour opérer, plante des épingles sur une certaine étendue du dessin, à tous les points de croisement que celui-ci présente. Saisissant ensuite ses fuseaux (fig. 229) l'un après l'autre, elle passe les fils autour de ces épingles, laisse tomber certains fuseaux pour en prendre d'autres, ressaisit les premiers, les quitte de nouveau et ainsi de suite, de sorte qu'elle croise et recroise ses fils autour des épingles, qui les arrêtent et marquent les mailles. Quand les fu-

seaux sont lâchés, ils pendent au devant du coussin, retenus par leur fil déjà attaché. Quand toute la partie épinglée du dessin est terminée, l'ouvrière enlève les épingles, les place de même à la suite et continue son travail.

Le fond, appelé proprement *réseau*, et les dessins sont donc exécutés en même temps. Cependant on peut aussi exécuter une dentelle à réseau uni, et broder ensuite dessus le dessin à l'aiguille.



Fig. 229. — Travail aux fuseaux.

Les réseaux les plus employés sont : le *réseau toile* (fig. 230) ; le *double réseau* (fig. 231) ; le *réseau à trous* (fig. 232), le *réseau à fils tordus* (fig. 233), et le *réseau araignée* (fig. 234 et 235). On superpose quelquefois aussi deux réseaux.

S'il s'agit de confectionner une grande pièce, on la décompose en sections exécutées chacune sur un coussin à part. Les *raboutisseuses* les assemblent ensuite par un *point de raccroc*, fait à l'aiguille.

Certaines dentelles exigent jusqu'à 500 fuseaux fonctionnant à la fois. Ce genre de dentelle est souple, les contours des dessins

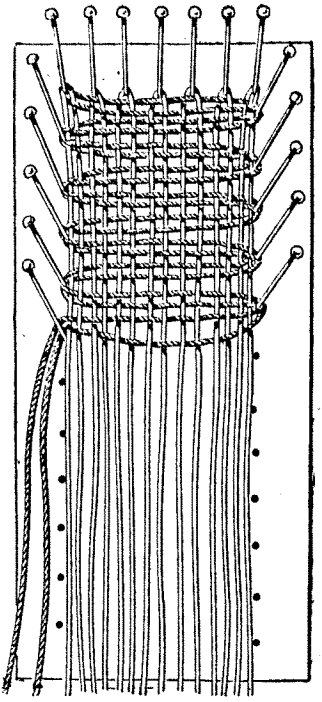


Fig. 230 — Dentelle réseau toile.

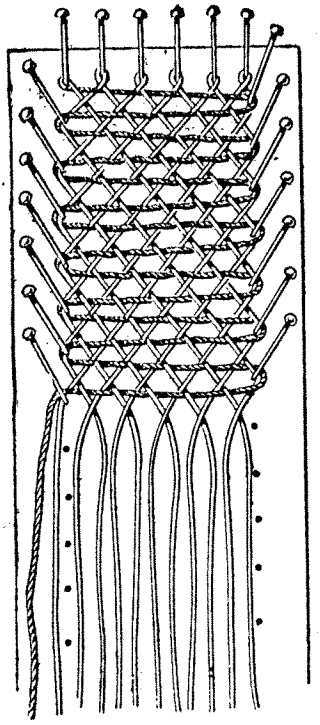


Fig. 231. — Dentelle double réseau.

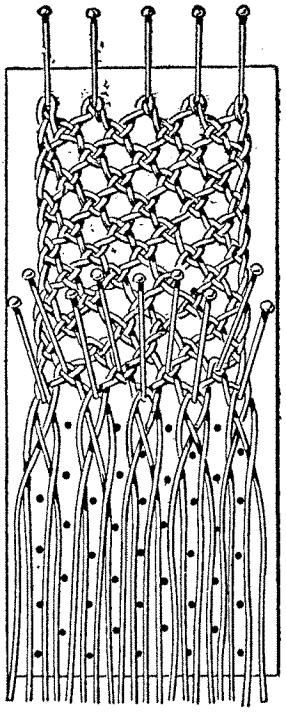


Fig. 232. — Dentelle réseau à trous.

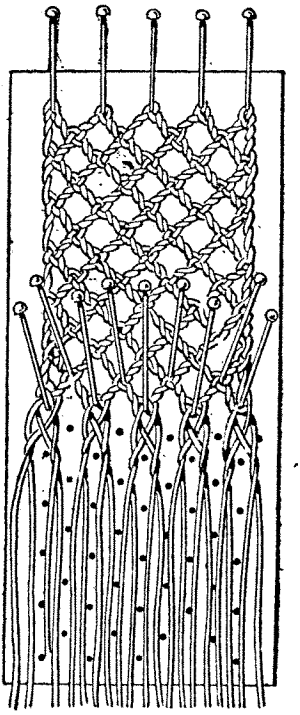


Fig. 233. — Dentelle réseau à fils tordus.

en sont vaporeux; c'est le seul qui puisse utiliser la soie, les fils métalliques et les gros fils des autres textiles.

Pour la *dentelle à l'aiguille*, on se sert, comme son nom l'indique, d'une aiguille au lieu de fuseaux. Le dessin étant de même fixé sur un coussin, l'ouvrière commence par jeter des fils suivant les grandes lignes de ce dessin; ces fils serviront de charpente pour supporter tout le reste. Puis, toujours avec son aiguille, elle engage et entrelace le fil à lui-même et aux fils de charpente, en suivant les lignes du dessin et exécutant des points variés : *point de surjet, point de feston, point russe, point de poste, point à colonnes*, etc. Ce travail diffère donc de la broderie en ce que le tissu du coussin, qui porte le dessin, n'est jamais pris par l'aiguille, sauf par les fils de charpente qu'on en détachera ensuite. Si la pièce exécutée n'est qu'un fragment d'une plus grande, on effectue le raboutissage comme il a été dit précédemment.

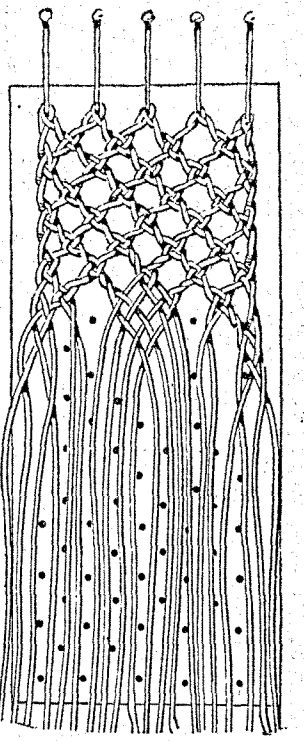
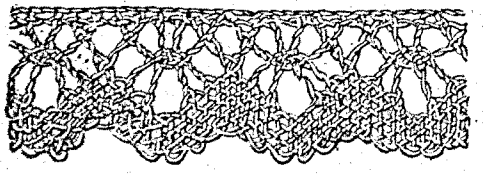


Fig. 234 — Dentelle réseau araignée.

La dentelle à l'aiguille est ferme, plus nette de dessin que l'autre, et plus riche. Le textile qui convient le mieux pour sa confection est le lin.

On fait des imitations de dentelles, parfois très belles, et de tous prix, sur des métiers à tulle disposés pour ce travail, et dont les principaux mouvements sont réglés par la mécanique Jacquard.



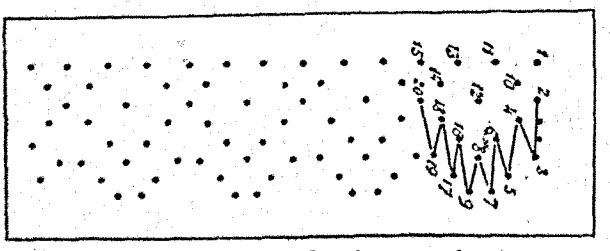


Fig. 235. — Autre dentelle réseau araignée, avec son patron ou dessin.

Il existe des dentelles obtenues par un procédé spécial : la *broderie chimique*. En voici deux exemples. On brode à l'aide d'un textile végétal (lin ou coton) sur un tissu léger de textile animal (soie ou laine). Quand la broderie est terminée, on plonge le tout dans un bain alcalin : la matière animale est dissoute; il ne reste

que la broderie végétale qui constitue une dentelle. On trempe une mousseline de coton dans de l'acide sulfurique étendu. Quand elle est sèche, on brode dessus avec de la soie. Le coton, en apparence, n'est pas altéré, mais si, une fois la broderie achevée, on porte cette pièce dans la vapeur d'eau, la mousseline se désagrège, laissant une dentelle de soie.

On appelle quelquefois *guipures* les dentelles à grandes mailles, à réseau irrégulier et à gros fils, présentant un certain relief et montrant une certaine raideur. On appelle *torchons* les dentelles fines, souples, n'ayant pas de consistance.

La dentelle, en tant qu'industrie, est localisée dans quelques régions. Le Calvados (Caen, Bayeux), les Vosges (Mirecourt), le Velay (Le Puy), les Flandres (Valenciennes, Arras, Bailleul, Bruxelles, Malines, Bruges), l'Orne (Alençon), la région du Rhône (Lyon, Craponne), sont les pays où l'on en fabrique le plus, ou dont les produits sont le plus connus. Le Calvados travaille surtout la soie, ainsi que le Rhône. Alençon emploie exclusivement le lin; tout le Nord travaille le coton; dans les autres contrées sont utilisés tous les textiles à dentelle.

Les dentelles obtenues sur les métiers mécaniques sont fabriquées principalement à Calais, Saint-Pierre, Saint-Quentin, Lyon.

§ IV

TRICOT

Le *tricot* est un tissu formé par l'entrelacement de boucles, ou *mailles*, constituées par un *fil unique* et pouvant glisser les unes sur les autres, ce qui le rend élastique dans tous les sens, L'industrie qui confectionne ce tissu et qui l'emploie s'appelle la *bonneterie*. Tous les textiles sont utilisés, mais on *tricote* surtout le coton et la laine.

Le tricot peut se faire à la main ou à la machine. On tricote à la main à l'aide de grandes aiguilles mousses, généralement en acier, dites *aiguilles à tricoter*. Si la pièce à obtenir est une bande plate, deux aiguilles suffisent. On passe le fil par-dessus l'auriculaire de la main droite, autour duquel on l'enlace, puis on l'amène sous les doigts du milieu de la main jusque par-dessus l'index, posé tout près du tissu. La main gauche, tout en tenant une aiguille, et, par elle, portant le tissu déjà fait, avance successivement les mailles du dernier rang fait vers l'autre aiguille, que tient de son côté la main droite entre le pouce et l'index. C'est celle-ci qui, par un léger mouvement de l'index au-devant des aiguilles, engage le fil et forme les mailles.

Si la pièce à obtenir est une poche, telle qu'un *bas*, par exemple,

il faut quatre aiguilles disposées en carré; une cinquième fait le tricot, comme dans le cas précédent, sur l'une des quatre. Quand cette cinquième en a pris toutes les mailles, elle est entrée dans le carré, et c'est l'aiguille rendue libre qui devient l'aiguille active, de sorte qu'on tricote, en suivant dans l'ordre les quatre côtés du carré, chaque aiguille devenant à son tour tricoteuse.

Les formes et surtout les combinaisons de mailles qu'on peut employer sont nombreuses. On peut classer comme suit la bonneterie produite par les métiers spéciaux : 1° bonneterie *coupée*, obtenue sur des métiers *circulaires*, en tubes aplatis dans lesquels sont « coupés » notamment les jerseys, chemises, gilets, etc... ; 2° bonneterie *proportionnée*, obtenue sur les métiers *rectilignes*, notamment sur les métiers dits français, sur les métiers dits hollandais, sur les métiers Cotton, etc... C'est ainsi que sont faits d'ordinaire les bas, caleçons, etc..., qui résultent de l'enroulement cylindrique, en en réunissant les bords, de la pièce plane obtenue; 3° bonneterie *chaîne*, à laquelle appartiennent les tissus des Pyrénées, les fichus, etc., établis avec un nombre de fils pouvant être égal ou supérieur à celui des aiguilles.

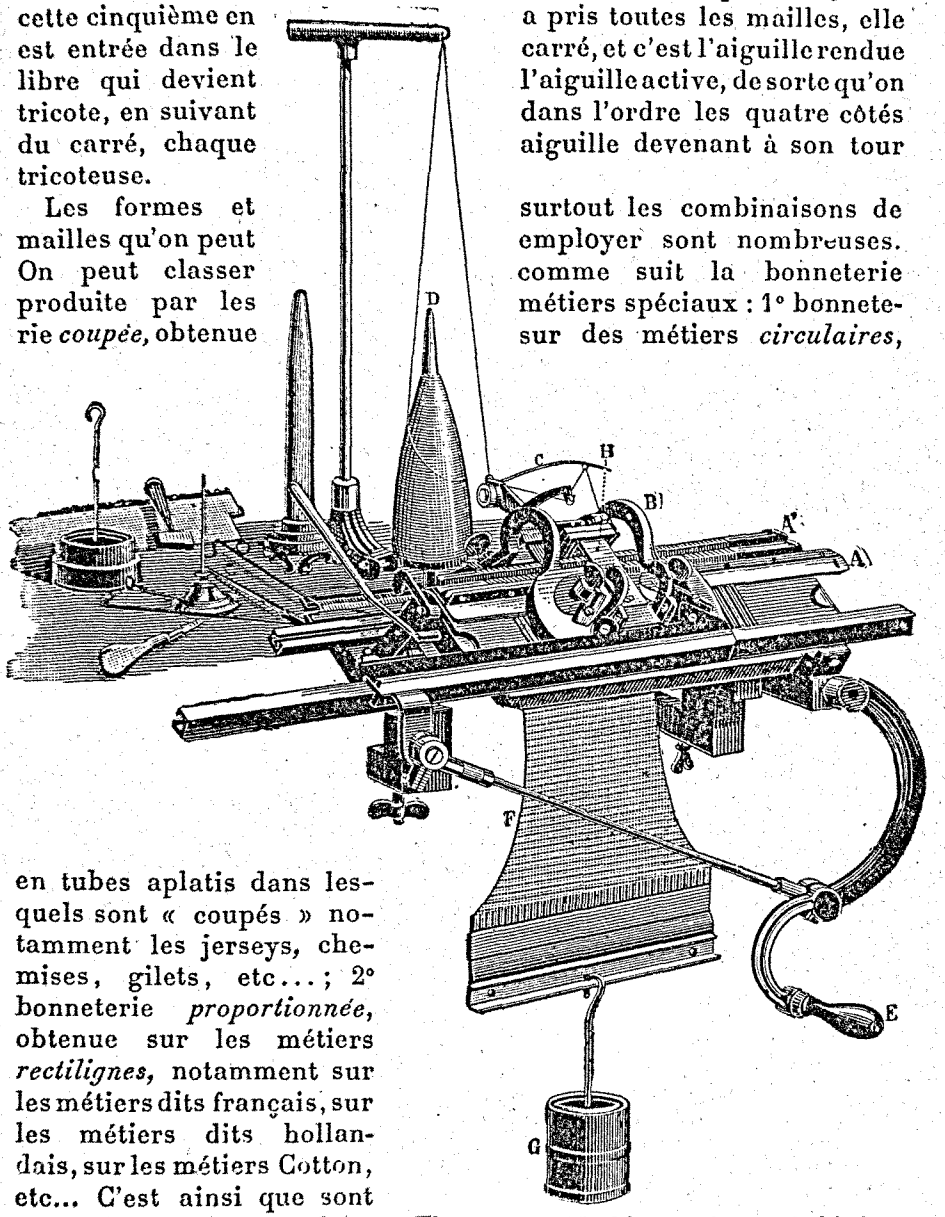


Fig. 236. — Machine à tricoter Dubied.

Certaines machines font les bas tout entiers; de ce nombre sont les *tricoteuses,* inventées presque simultanément en France et en Amérique par MM. E. Buxtorf et Lamb. Voici la description de la tricoteuse Dubied, qui n'est autre chose qu'un métier rectiligne.

Elle se compose essentiellement de deux *fontures*, A et A' (fig. 236), plaques longues, inclinées l'une sur l'autre comme les pentes d'un toit, et creusées de rainures transversales pour recevoir les aiguilles; d'un *chariot* B, portant un mécanisme de cames destiné à faire mouvoir les aiguilles; d'un *porte-fil* C, qui mène le fil dévidé de la bobine D; d'une manivelle E, qu'on manœuvre alternativement de droite à gauche et de gauche à droite, ce qui, par l'intermédiaire de leviers, fait déplacer le chariot de la même manière le long des fontures, le chariot étant, du reste, la seule partie de l'appareil qui se déplace dans le travail, avec les aiguilles. En F, on voit une portion de tissu déjà fait, tirée vers le bas par le poids tenseur G. En H est une brosse dont on verra l'usage ci-après.

L'aiguille présente des dispositions particulières (fig. 237). A est

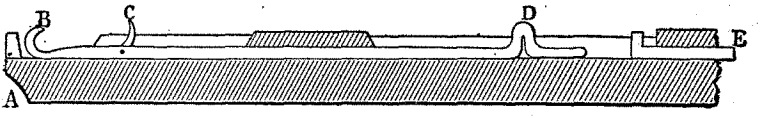


Fig. 237. — Aiguille de la machine Dubied.

une coupe transversale de la fonture sur laquelle on voit l'aiguille avec son crochet B, sa bascule à charnière C, et son talon D; c'est ce talon qui est poussé par les cames du chariot. En E, est un ressort destiné à maintenir l'aiguille dans sa position de travail. Il peut y avoir plus de 500 de ces aiguilles dans une machine.

Voici comment fonctionne chaque aiguille. La bascule étant levée, engageons une maille déjà faite sur le crochet. Poussons ensuite l'aiguille jusqu'à ce que cette maille glisse derrière la bascule; à ce moment, introduisons le fil dans le même crochet, et retirons l'aiguille: le fil, tiré par le crochet, formera une nouvelle maille, pendant que l'ancienne fermera la bascule et retombera au delà du crochet, à cheval sur la nouvelle. Les mêmes mouvements étant accomplis une deuxième fois, la deuxième maille ramène la bascule en arrière; le crochet reçoit le fil, la troisième maille se fait, et ainsi de suite.

C'est le chariot qui, dans sa course, fait avancer ou reculer à la fois toutes les aiguilles nécessaires, à l'aide de cames d'ascension et de cames de chute, qui les poussent par leurs talons. Les *brosses à aiguilles* ont pour fonction de faire abaisser les bascules après que celles-ci, en s'abaissant sous l'action des mailles, faisant ressort, se sont relevées d'elles-mêmes.

Le *crochet* est un genre de tricot qui se fait avec une seule aiguille, assez grande, et terminée à sa pointe par un crochet, dont elle porte aussi le nom. C'est un travail à la main qui consiste, en dernière analyse, à former des boucles, qu'on rattache entre elles de manière à faire un emmaillage. Les diverses manières de les rattacher constituent les différents *points de crochet : point de rose, point russe, point à côtes,* etc. On imite très bien la dentelle avec le crochet; les produits, dans ce dernier cas, sont souvent appelés *dentelles au crochet.*

Le *filet* est une autre espèce de tricot, qui se fait aussi avec de gros fils et qui est formé de grandes mailles *nouées*. On se sert d'une petite *navette* N N′ (fig. 238) sur laquelle est enroulé le fil et qu'on tient de la main droite, ainsi que d'une baguette, appelée *moule*, qu'on tient de la main gauche; c'est autour de ce *moule* qu'on enlace le fil et qu'on fait par conséquent les mailles. La navette présente, à l'une de ses extrémités, une échancrure *e*, et à l'autre, une ouverture dans laquelle se prolonge une languette *a b*.

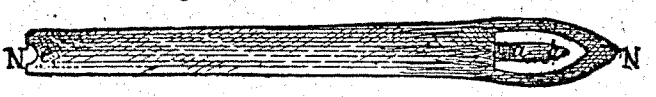


Fig. 238. — Navette à filet.

La bonneterie est une des principales industries françaises. Sans parler du travail de ménage, on peut constater l'existence d'ateliers de tricot dans presque toutes nos régions; mais il en est cependant quelques-unes qui jouissent d'une réputation plus grande. Telles sont : l'Aube, l'Eure, la Haute-Garonne, les Pyrénées et Belfort pour la bonneterie de coton; la Picardie, et jusqu'à un certain point l'Aube, pour la bonneterie de laine; Paris, Lyon, le Gard, et l'Aube encore, pour la bonneterie de soie; enfin, l'Artois, pour la bonneterie de lin.

§ V

CORDERIE

Une *corde* est l'assemblage par torsion de plusieurs *fils de caret.* Les petites cordes sont appelées *ficelles;* les grosses sont appelées *câbles.* La corde se fait le plus souvent avec de la filasse de chanvre, mais on en fait aussi en lin, en jute, en soie, en coton, en fils métalliques.

La fabrication d'une corde comprend deux opérations : 1° le *filage*, ou fabrication du *fil de caret*; 2° le *commettage*, ou réunion des carets par la torsion.

Pour obtenir le fil de caret, le cordier enroule autour de son corps une provision de filasse. Il fixe une poignée de cette filasse à un crochet animé sur lui-même d'un mouvement de rotation uniforme (*rouet*); puis il recule d'un pas égal en abandonnant petit à

petit, de la main droite, assez de filasse pour constituer le caret. De la main gauche, munie d'une *paumelle*, ou lisière de drap, il distribue et régularise les fibres. Dans la grande industrie, on obtient ce fil à peu près de la même manière que les fils destinés au tissage.

Il faut ensuite tordre ensemble plusieurs de ces fils pour en former des *torons*. Tel est le but du *commettage*. Cette opération repose sur l'expérience suivante. Considérons une certaine longueur de fil, et saisissons respectivement de la main droite et de la main gauche, entre le pouce et l'index, chacune des extrémités de ce fil. Par un mouvement convenable des doigts, tordons ce fil dans toute sa longueur : Si nous rapprochons les deux mains l'une de l'autre, le fil formera de lui-même en son milieu une boucle, et ses deux parties se tordront l'une sur l'autre (fig. 239).



Fig. 239. — Commettage d'un fil à la main.

Pour tordre ensemble deux fils de caret, on procède donc de la manière suivante (fig. 240).

Un *émerillon* E est fixé par son anneau à un chariot mobile et chargé, pouvant marcher en avant ou en arrière, et s'oppose plus ou moins, suivant la charge qu'il reçoit, à la contraction des fils. Les carets devant produire un toron sont fixés par une de leurs extrémités au crochet C de l'émerillon; l'autre extrémité de chacun d'eux est fixée à une molette pouvant lui imprimer par sa rotation un mouvement de torsion. Entre les deux carets on interpose un *toupin* T, pièce mobile en bois en forme de cône tronqué, portant suivant ses génératrices

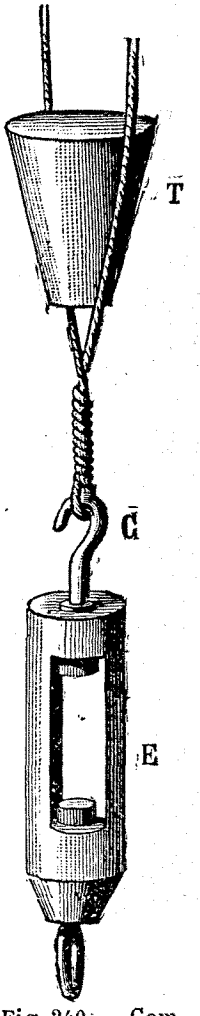


Fig. 240. — Commettage d'un fil de caret.

opposées deux cannelures dans lesquelles viennent se loger les carets, ces derniers étant préalablement tordus dans toute leur longueur par le jeu des molettes. Si l'on vient à éloigner progressivement le toupin de l'émerillon en s'opposant à son mouvement de rotation, les deux carets se tordront l'un sur l'autre à partir du point C.

Dans le cas où l'on a à commettre plusieurs fils de carets, le toupin porte autant de cannelures qu'il est nécessaire.

En tordant ensemble plusieurs *torons* (en sens inverse de la torsion des carets qui les constituent), on a une *corde*, ou *cordage*.

On distingue les cordages *commis une fois*, formés de trois torons tordus ensemble; les cordages *commis en quatre*, composés de quatre torons entourant une *âme*, c'est-à-dire un cordage mince formé de torons tordus en spirale; les cordages *commis en aussières*, formés de trois cordages du premier genre; les cordages *plats*, composés de cordages juxtaposés, ceux de rang pair tordus dans un sens, ceux de rang impair tordus dans le sens opposé, et réunis par des cordons obliques, de manière à former une bande plate, etc.

Les cordages et câbles métalliques sont simplement formés de plusieurs fils métalliques (fil de fer ou d'acier galvanisé) enroulés en hélice, sans torsion, autour d'un fil central (*âme*) en chanvre ou en métal.

La fabrication des cordes et cordages a surtout lieu en France à proximité des chantiers de la marine, où se trouvent des usines employant les procédés mécaniques les plus perfectionnés.

Des corderies mécaniques importantes fonctionnent à Angers.

CHAPITRE VI

Blanchiment.

Le *blanchiment* est une opération qui consiste à débarrasser les fibres textiles des matières étrangères qui les colorent, sont un obstacle à la teinture, et, dans certains cas, en diminuent la souplesse sans leur donner plus de résistance. On peut agir, soit sur le fil en écheveaux, soit sur le tissu déjà fabriqué. Dans ce dernier cas, le blanchiment est en même temps un nettoiement nécessité par les souillures que le tissu a éprouvées pendant sa confection, et provenant des opérations de lessivage, d'encol-

lage, etc. Il ne faut pas le confondre avec le *blanchissage*, qui n'est qu'un nettoyage des articles malpropres de lingerie, fait au moyen de savon et de lessives alcalines.

Les procédés de blanchiment varient suivant qu'il s'agit de textiles d'origine *végétale*, ou de textiles d'origine *animale*. Sur les premiers on provoque un phénomène *d'oxydation;* sur les seconds, un phénomène de *réduction*. L'agent d'oxydation est le *chlore;* celui de réduction est *l'anhydride sulfureux*.

Blanchiment du lin. — La matière textile est d'abord

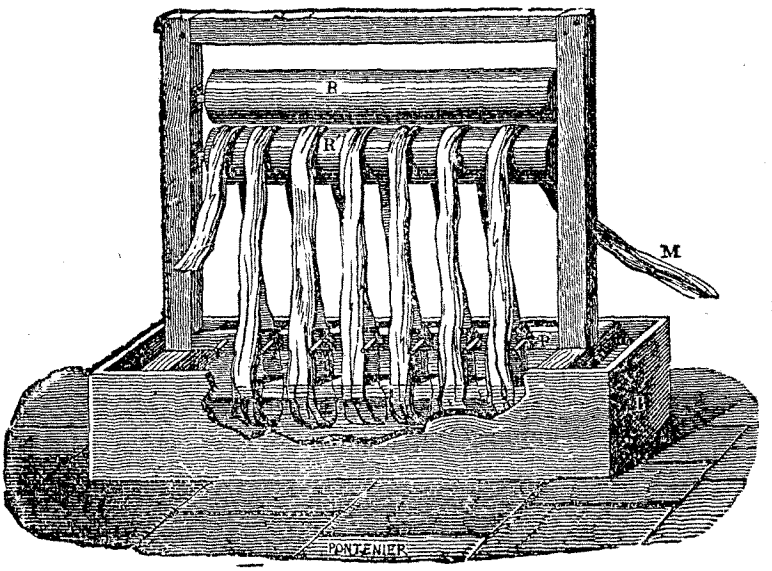


Fig. 241. — Clapot pour le blanchiment du linge.

soumise à un bain d'eau de chaux, qui gonfle la fibre et commence la désagrégation de la matière agglutinante qui la colore. Puis on la fait passer dans des bains alternés d'une dissolution de chlorure de chaux et d'une dissolution de carbonate de sodium. Pour opérer, on se sert d'un appareil, appelé *clapot* (fig. 241), composé de deux cylindres R, R' formant laminoir, et tournant au-dessus d'une cuve B, dans laquelle se trouve le bain. Un premier clapot contient le chlorure de chaux. Les cylindres entraînent dans leur mouvement l'écheveau M passé entre

eux, le font sortir du bain pour l'y replonger ensuite. Pendant le court passage de l'écheveau à l'air, l'acide carbonique de ce dernier décompose l'hypochlorite du chlorure dont le textile s'est imprégné, et met en liberté le chlore qui, agissant à son tour sur l'eau de la solution, lui prend son hydrogène, laissant l'oxygène, lequel *oxyde* la matière colorante qui devient soluble dans l'eau des lavages ultérieurs. Dans certains ateliers, on remplace le passage du fil à l'air par un bain acidulé qui joue le même rôle. L'écheveau va ensuite au bain alcalin qui a pour but d'enlever l'acide chlorhydrique formé par l'action du chlore sur l'hydrogène. Mais, avant de passer d'un bain chimique dans l'autre, il passe par un bain d'eau ordinaire pour être rincé, et par un *squeezer*, laminoir de rouleaux compresseurs R, R', qui en exprime tout le liquide (fig. 242), grâce à la facilité que l'on a de rapprocher ces rouleaux à volonté au moyen des vis VV'. On fait ensuite subir une série de lavages à l'eau courante, et, pour enlever toute matière étrangère encore adhérente, on termine le plus souvent par un *vitriolage*, dans un bain d'acide sulfurique étendu jusqu'à 1° Baumé, ou par un bain d'hyposulfite de calcium.

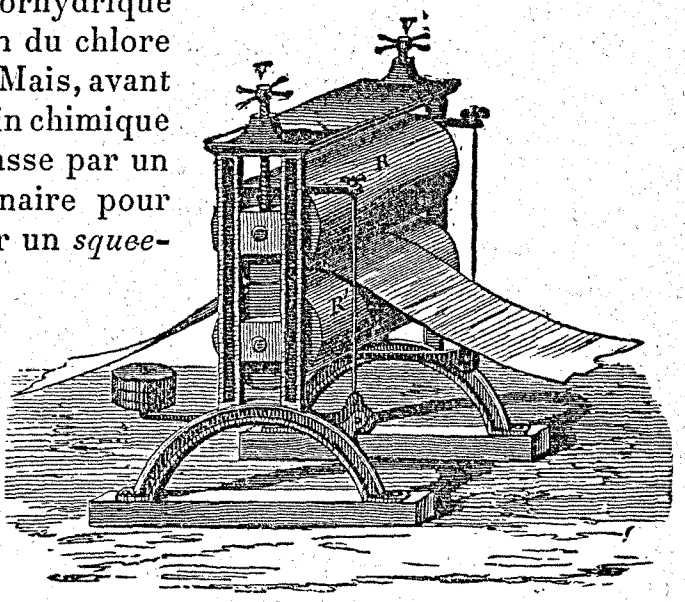


Fig. 242. — Squeezer pour exprimer le liquide d'un tissu.

On vient d'appliquer en Angleterre un procédé nouveau de blanchiment des tissus, caractérisé par ce fait que l'étoffe, au lieu de circuler autour des rouleaux, reste enroulée en pièce autour d'un cylindre ; c'est le liquide qui

traverse le tissu ; l'étoffe ne subissant aucune opération mécanique, les risques d'avarie du tissu sont ainsi évités.

Quand, au lieu d'un écheveau de fils, on opère sur le tissu lui-même, on fait précéder les opérations dont nous venons de parler d'un grillage (pas toujours nécessaire), d'un *dégommage* et d'un *lessivage*.

Le *grillage* consiste à enlever le duvet qui recouvre le tissu, et qui est formé par des extrémités de fibres redressées. Il se fait en passant rapidement l'étoffe au-dessus d'une plaque ou d'un cylindre de fonte chauffé au rouge.

Dans certains ateliers, on flambe le tissu en le faisant passer au-dessus d'une rampe de *becs de gaz*.

Le *dégommage* a pour objet d'enlever la colle due à l'encollage ou au parage. On l'effectue en laissant séjourner le tissu dans l'eau tiède de 24 à 36 heures.

Le *lessivage* enlève l'huile de l'ensimage, et, par la même occasion, toutes les autres impuretés ramassées au cours du tissage. Il se fait comme la *lessive* des blanchisseries : on met l'étoffe dans un cuvier, et l'on fait couler plusieurs fois, au travers, une solution de carbonate de potassium, empruntée à des cendres de bois, ou préparée avec les *cristaux*.

Dans certains cas, le blanchiment du lin se fait encore d'après l'ancienne méthode : *l'exposition à l'air*. Les écheveaux ou les pièces d'étoffe sont étendus sur des prairies. L'oxygène de l'air produit l'oxydation voulue, et la rosée fournit l'humidité nécessaire. Cette action est très lente. Quand on estime qu'elle a assez duré, on procède à des lavages répétés, et l'on termine par un vitriolage.

Blanchiment du chanvre. — Le blanchiment du chanvre se fait de la même manière que celui du lin, sauf que, quand il s'agit du tissu, le grillage est toujours nécessaire et qu'on intercale un *lavage soigné* entre le dégommage et le lessivage. Le blanchiment à l'air est plus employé pour le chanvre que pour le lin.

Blanchiment du coton. — La matière textile, fil ou tissu, est traitée d'abord dans le clapot, par l'acide chlorhydrique étendu (1°, 5 Baumé), puis rincée à l'eau. De là, elle va au bain d'eau de chaux, comme le lin. Après un nouveau rinçage, elle repasse par des bains d'acide chlorhydrique identiques au précédent, alternés avec des bains de carbonate de sodium, et subit enfin l'action du chlorure de chaux. Cette dernière opération se fait comme s'il s'agissait du lin. Quand on est arrivé à la blancheur voulue, on renvoie la matière au même bain d'acide chlorhydrique, et l'on rince soigneusement à grande eau.

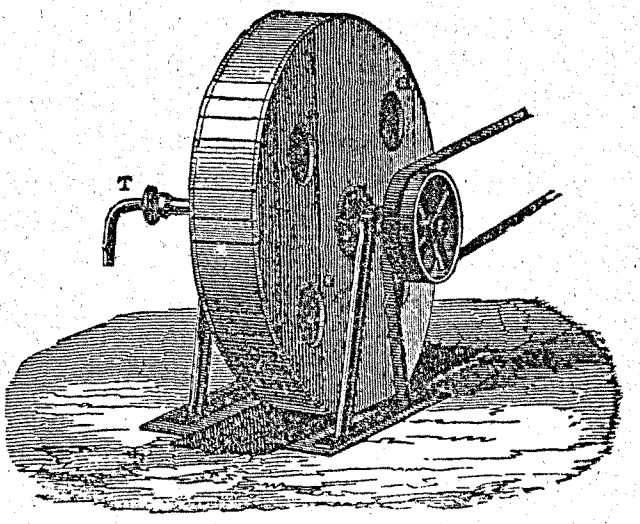


Fig. 243. — Roue à laver.

Le clapot est remplacé pour les étoffes fines, telles que la mousseline, qui pourraient s'y déchirer ou y subir des étirages déformants, par la *roue à laver*, analogue à celle des blanchisseries. Cette roue creuse (fig. 243), présente des ouvertures O, par lesquelles on introduit l'étoffe; tout en tournant sur ses tourillons, elle reçoit l'eau par un tube T, qui est en prolongement de son axe.

Le blanchiment au chlore des textiles végétaux peut se faire par *voie électrique*. Les étoffes ou les écheveaux sont placés dans un bain de chlorure de magnésium, dont on provoque l'électrolyse, et constamment agités par des agitateurs mécaniques. Les cathodes sont des plaques de zinc qui plongent dans le liquide; les anodes sont des carrés de toile de fils de platine, tendus sur un cadre d'ébonite. Les réactions assez complexes qui se produisent dans ce bain aboutissent au même résultat que les actions du chlore

et du carbonate de sodium dans les opérations précédentes. Il faut laver ensuite le textile.

On blanchit aussi à l'*ozone*, qui produit directement l'oxydation. Les matières à blanchir sont suspendues dans une chambre à parois en bois; l'ozone y arrive par la partie inférieure. On le dessèche par de l'acide sulfurique à sa sortie : il peut ainsi servir indéfiniment. Les textiles n'ont plus besoin que d'être lavés. L'économie est de 40 °/₀ sur le procédé électrique et de 70 °/₀ sur le procédé au chlorure de chaux.

L'*eau oxygénée*, oxydant très énergique, est aussi employée pour la décoloration des textiles, ainsi que le *peroxyde de sodium*.

Blanchiment de la laine. — Pour le blanchiment des textiles animaux, on ne peut se servir du chlore ni des alcalis, qui attaqueraient les fibres elles-mêmes. On utilise la propriété qu'a l'anhydride sulfureux de s'emparer de l'oxygène partout où il peut le prendre, pour opérer la réduction des matières colorantes et en provoquer ainsi la destruction. Quelquefois cependant il arrive que ce gaz, au lieu de détruire la matière colorante, se combine avec elle pour produire un corps incolore. Le résultat est momentanément le même; mais à la longue cette combinaison incolore se détruit, et la couleur qu'on avait cru faire disparaître se montre de nouveau. C'est ce qu'on observe sur les chapeaux de paille blanchis par ce procédé, qui redeviennent jaunes en peu de temps, et mieux encore sur les éponges, qui ne tardent pas à brunir.

Pour blanchir la laine brute, il faut d'abord être assuré d'un *dégraissage* parfait. Si l'on a lieu de croire que cette opération a été incomplète, on procède à un *lavage* à chaud dans une solution faible de carbonate de sodium additionnée d'un peu d'ammoniaque. On peut ensuite procéder au *soufrage*. La laine brute, les écheveaux ou les étoffes sont suspendus *mouillés* à des perches dressées en travers d'une chambre; cette chambre est percée à sa partie supérieure d'une ouverture fermée par une porte à coulisse, qu'on nomme *registre*; dans le bas de la porte d'entrée se trouve une *chatière* fermée aussi par une coulisse. Quand tout est en place, on allume du soufre dans

une terrine; lorsque la chambre est pleine de gaz sulfureux, on ferme le registre. Au bout de douze à vingt-quatre heures, on ouvre chatière et registre; un courant d'air s'établit; on peut bientôt entrer et enlever la laine qu'on porte au grand air. On lave ensuite à l'eau chaude (*désoufrage*), puis à l'eau de savon, pour rendre à la laine sa douceur et enlever l'acide sulfurique formé, qui altérerait bientôt la matière textile.

On blanchit encore la laine, bien dégraissée, par une immersion dans un bain de bisulfite de sodium, dans lequel on provoque le dégagement de l'anhydride sulfureux par l'adduction d'acide chlorhydrique. Les lavages ultérieurs doivent être plus soignés que dans la méthode précédente. La laine blanchie par ce procédé garde mieux sa blancheur.

Blanchiment de la soie. — La soie est blanchie comme la laine. Mais auparavant elle doit être *dégommée* et *décreusée*, c'est-à-dire débarrassée de la *gomme* et du *grès* qui la recouvrent à l'état brut. Le *dégommage*, déjà aux trois quarts fait lors de l'*ébouillantage* des cocons, est achevé par un bain d'eau de savon chaude. Puis on met la soie à bouillir pendant une heure dans une eau contenant moins de savon : c'est le *décreusage* ou *cuite*. On achève en lavant à l'acide sulfurique très étendu, à l'eau chaude, et enfin à l'eau froide. Parfois, on remplace la *cuite* par l'*assouplissage*, qui consiste à passer la soie pendant dix minutes dans un mélange (15° Baumé) de 4 p. d'acide chlorhydrique et de 1 p. d'acide azotique, puis à la faire passer dans plusieurs bains d'eau bouillante. Généralement, s'il s'agit de soie devant recevoir une couleur foncée à la teinture, on en reste là. Mais, si la soie doit recevoir une couleur claire, et, à plus forte raison, si elle doit rester blanche, on procède à un *soufrage*. Dans le dernier cas aussi, on additionne l'eau de savon, qui sert à laver après le soufrage, de carmin d'indigo pour *azurer* la soie, c'est-à-dire, pour lui donner un léger reflet bleuâtre, comme on le fait dans le blanchis-

sage de toute la lingerie fine et blanche. Le traitement est le même, qu'on opère sur les écheveaux ou sur les tissus.

Les opérations de blanchiment se font dans les filatures, ou dans les teintureries, ou encore dans les usines d'apprêtage.

CHAPITRE VII

Teinture.

§ I

GÉNÉRALITÉS

La *teinture* est l'industrie qui a pour but de donner aux textiles une couleur autre que celle qui leur est propre. Elle peut opérer sur les textiles bruts, sur les textiles filés, ou sur les tissus eux-mêmes. Les matières colorantes qu'elle emploie se fixent sur les fibres ou filaments, soit mécaniquement, soit chimiquement, soit des deux manières à la fois.

Lorsque la matière colorante ne s'unit à la fibre que mécaniquement, c'est-à-dire par pure adhérence, la couleur est peu solide et s'en va par le lavage, ou même par le simple frottement. Cependant les laines fortement imprégnées de certaines couleurs, telles que l'outremer, conservent assez bien leurs teintes.

Une teinture est dite *solide*, lorsqu'elle résiste parfaitement à l'air et ne vire pas sous l'action des agents chimiques : acides et alcalis étendus, chlore, etc.

On peut teindre *solidement* les fibres avec une couleur pour laquelle elles n'ont pas d'affinité chimique, en employant un procédé spécial : le *mordançage*. Il consiste essentiellement à imprégner tout d'abord le textile d'une matière susceptible d'affinité, à la fois pour ce textile et

pour la matière colorante à employer. C'est cette matière, qui va jouer le rôle de trait-d'union entre les deux, qu'on appelle *mordant*. Dans certains cas, le mordant ne sert pas seulement à fixer la couleur : il la modifie et produit une teinte différente; on tire fréquemment parti de cette propriété.

Il arrive aussi quelquefois qu'on n'applique pas sur le textile la matière colorante toute faite. On applique une ou plusieurs substances qui, soit en se combinant à la fibre, soit en produisant des réactions entre elles, engendrent la teinte voulue.

C'est généralement pendant les opérations de teinture que se fait la *charge* qui s'opère surtout sur les tissus en pièces. On appelle ainsi une opération chimique consistant à déposer sur les fils une matière destinée à les grossir, à en augmenter le poids. Cette matière est souvent mise dans le bain de teinture lui-même. On vend, par exemple, des soieries à bas prix, dont le dixième seulement du poids est représenté par de la soie pure, tout le reste étant de la *charge*.

Les matières destinées à cet emploi sont assez nombreuses; celles qui servent à charger la soie sont surtout le tannin, le chlorure stannique, le phosphate et le silicate de sodium. Certaines matières colorantes et certains mordants sont propres à constituer la charge par eux-mêmes; c'est précisément le cas du chlorure stannique, qui est un mordant très employé; il suffit d'en forcer la dose.

Toutes les matières colorantes ne sont pas propres à la teinture. Il faut surtout qu'elles soient *solubles*, soit sous l'influence d'un dissolvant ordinaire, soit à la suite d'une action chimique simple. On peut cependant, dans quelques cas, utiliser une matière insoluble; on la transforme en une substance soluble avec laquelle on fait la teinture; puis, une fois cette dernière fixée sur le textile, on procède à une deuxième opération chimique pour régénérer la matière colorante qui avait été transformée, de sorte que les fibres se trouvent colorées par elle. On procède ainsi pour la teinture par l'indigo.

En général, les couleurs minérales ne sont pas employées en teinture, sauf dans quelques cas où on les

produit sur le tissu par des opérations analogues à celle que nous venons de signaler. Les couleurs tirées du goudron de houille, appelées *couleurs artificielles*, sont classées à part, bien que venant du règne minéral. La *cochenille* est la seule couleur d'origine animale. Il n'y a donc que les couleurs d'origine végétale qui soient d'un emploi courant; mais les *couleurs artificielles* les remplacent souvent. Toutes les matières colorantes propres à la teinture sont désignées sous le nom de *matières tinctoriales*.

§ II

MATIÈRES TINCTORIALES

Préparation et propriétés générales. — Les matières tinctoriales *naturelles* n'existent pas toujours dans la plante, telles que nous les voyons lorsqu'elles en sont extraites, ou lorsqu'elles sont fixées sur les tissus. Quelquefois elles y existent, mais à l'état incolore. Leur apparition, ou celle de leur couleur n'a lieu alors que lorsque la matière brute est isolée, exposée à l'air, à la lumière, à certains agents chimiques. Elles donnent des teintes généralement *solides*. Le plus souvent on utilise celles qui sont contenues dans le bois de la tige ou de la racine. On peut se servir, en teinture, du bois lui-même, en copeaux ou en poudre, ou de la matière tinctoriale qu'il renferme, après l'avoir préalablement isolée. Le produit obtenu dans cette dernière opération s'appelle un *extrait*. C'est par la vapeur agissant en vase clos sur le bois lui-même que l'extraction a lieu. La matière tinctoriale, ainsi isolée, n'est pas toujours à l'état de pureté absolue, mais, pour l'usage auquel on la destine, cette condition n'est pas indispensable.

Les matières tinctoriales *artificielles* sont fort belles, très éclatantes et d'une application facile; mais beaucoup d'entr'elles sont peu solides et ne résistent guère au savonnage et à la lumière. Elles se fixent directement sur les fibres d'origine animale, mais non sur les fibres végétales; dans ce dernier cas, il faut toujours avoir recours au mordançage; cependant les couleurs *dis-azoïques*, telles que le *rouge de Saint-Denis*, teignent directement le coton. Elles servent surtout à teindre les textiles pour tissus à bon marché.

Toutes les couleurs artificielles proviennent du *goudron de houille* par une série compliquée de dérivations chimiques dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer ici. Quand on distille le goudron, il passe d'abord des *huiles légères*, d'où l'on extrait la *benzine* et

le *toluène*, puis des *huiles moyennes*, desquelles on retire le *phénol*; ce dernier, par l'action de l'acide azotique, fournit l'*acide picrique*. On recueille enfin les *huiles lourdes*, qui fournissent la *naphtaline* et l'*anthracène*. La benzine, traitée par l'acide azotique, donne la *nitro-benzine*, laquelle, par hydrogénation, donne l'*aniline* (phénylamine); le toluène, dans les mêmes conditions, donne la *toluidine*. Ces deux matières sont la source d'où dérivent toutes les *couleurs* dites *d'aniline*. En oxydant l'*aniline lourde*, mélange d'aniline et de toluidine, on obtient la *rosaniline*. Ce dernier corps, avec l'acide chlorhydrique, donne le chlorhydrate de rosaniline ou *fuchsine*. La fuchsine, à son tour, par différentes réactions, fournit le *violet d'aniline*, le *bleu de Lyon*, le *bleu soluble*, le *violet d'Hofmann*, le *violet de Paris*, le *vert lumière*, le *vert de méthylaniline*, etc. Traitée par d'autres acides, la rosaniline fournit d'autres sels dont on fait dériver également d'autres composés colorants. En chauffant du phénol avec de l'acide sulfurique concentré et de l'acide oxalique, on obtient la *coralline jaune*, qui, par l'ammoniaque, donne la *coralline rouge*. En oxydant la benzine et la naphtaline, on obtient, par une série de réactions, des *phtaléines* qui sont aussi des colorants. L'une d'elles est la *fluorescéine*, matière colorante remarquable, dont les dérivés chlorés, bromés, iodés, sont aussi de magnifiques colorants pour la soie ; citons l'*auréosine C*, l'*éosine A*, la *cyclamine*. En faisant subir deux oxydations successives à l'anthracène et en traitant par la potasse le corps obtenu, on a l'*alizarine*, principe colorant qui se trouve dans la garance.

Le *noir d'aniline* est une couleur dérivée aussi de l'aniline, mais dont la constitution chimique est inconnue.

Presque toutes les matières tinctoriales sont détruites par la chaleur, à 180°, quelques-unes avant d'atteindre cette température. La lumière les altère plus ou moins rapidement, en favorisant l'oxydation par l'air. Les oxydants, chlore, hypochlorites, agissent de la même façon et plus rapidement. Certaines couleurs sont cependant avivées par eux. L'anhydride sulfureux en détruit un bon nombre. Les charbons poreux absorbent la couleur sans la détruire. La plupart d'entre elles sont solubles dans l'eau, au moins à l'ébullition; ces solutions ne se conservent pas toujours. L'alcool, l'éther, la benzine, les huiles, les essences dissolvent les autres couleurs. Les acides étendus et les alcalis peu concentrés en dissolvent aussi beaucoup, mais en changent le plus souvent la teinte, propriété dont on tire parti pour réaliser de nouvelles nuances. Ainsi, pour ne parler que des couleurs végétales (nous venons de donner des exemples de ce genre de réaction pour les autres) les acides *virent* au *jaune orangé* les matières *rouges*, au *rouge* les matières *bleues*, au *jaune vif* ou au *vert* les matières *jaunes;* les alcalis virent au *violet vineux* les matières *rouges*;

au *jaune foncé*, à l'*orange* ou au *vert* les matières *bleues*; au *rouge orangé* les matières *jaunes*. Les acides et les alcalis concentrés détruisent ou altèrent presque toutes les couleurs.

Certaines matières colorantes se combinent avec la plupart des oxydes métalliques pour former des composés insolubles, appelés *laques*, qu'il ne faut pas confondre avec une résine d'Orient du même nom. La nature et les proportions de l'oxyde influent sur la teinte finale; ainsi la *garance* donne des *roses* ou des *rouges avec l'alumine*; des *violets* ou des *noirs*, avec l'*oxyde de fer*; des *bruns* avec les deux oxydes ensemble. On ne peut pas teindre avec une laque, mais l'emploi des mordants, et surtout des mordants destinés à donner une teinte déterminée avec une matière tinctoriale d'une autre couleur, n'est pas autre chose que la création d'une laque sur le textile lui-même.

MATIÈRES TINCTORIALES NATURELLES

Rouges. *Cochenille.* — Matière colorante contenue dans le corps d'un insecte du genre *coccus* qui vit sur les cactus. Son principe est l'*acide carminique*. Elle donne des couleurs belles, mais peu solides. Le tartre ou le chlorure stannique, employés comme mordants, donnent la nuance écarlate; l'alun donne du cramoisi; les sels de fer donnent du gris, du violet ou du noir grisâtre. Pour la laine, on dissout quelquefois la cochenille dans l'ammoniaque; on obtient ainsi un beau violet, qui peut fournir des nuances amarante et groseille. Le *carmin* est préparé avec la cochenille.

Garance. — Matière colorante extraite de la racine de la plante qui porte le même nom. Le principe est l'*alizarine*. Elle ne préexiste pas dans la plante, mais s'y forme, lors de l'extraction, par la fermentation de l'acide *rubérythrique*. Avec l'alumine comme mordant, elle donne un beau rouge; avec les sels de fer, du violet ou du noir. Les couleurs sont très solides. Elle est aujourd'hui presque détrônée par l'alizarine artificielle dont nous avons parlé.

Orseille. — Matière extraite du *lichen des Canaries*. Elle se présente en pâte molle, rouge violet. Elle donne une solution aqueuse de cette couleur, mais les acides la virent au rouge et les alcalis au violet. Elle sert surtout à teindre la laine et donne des couleurs peu solides. Une variété spéciale, appelée *pourpre française*, obtenue de la même plante par un procédé différent, donne des nuances de plus de durée.

Bois rouge ou *du Brésil* (bois de Bahia, bois de Pernambouc). Bois du Sud-Amérique, donnant une belle couleur rouge assez solide. On en fait des *extraits*.

Jaunes. *Bois jaune* (de Cuba). — C'est un bois provenant du

Centre-Amérique. Il sert à teindre la laine en jaune avec mordant d'alumine, en vert avec du sulfate d'indigo, en vert olive, en bronze et en noir.

Fustet. — Le *fustet* ou *fustel,* ou *bois jaune de Hongrie,* peut donner des couleurs jaune foncé, verdâtre ou brunâtre. Il sert peu dans la teinture. Il est principalement employé dans la tannerie des cuirs destinés à être teints en rouge ou en jaune.

Gaude. — La *gaude* est une espèce de réséda sauvage qu'on peut cultiver. Elle contient une matière colorante jaune, assez employée, surtout pour teindre le cuir.

Quercitron. — C'est un chêne particulier de ce nom. Son écorce fournit à l'eau une décoction rouge orangé, très bonne pour teindre le coton et la laine. Cette couleur est plus belle que celle que donne la gaude, mais elle est moins solide. Les alcalis la foncent, et l'alun l'éclaircit. Les mordants donnent avec elle des teintes très variées; en la mélangeant avec l'alizarine ou le carmin, on obtient aussi des couleurs spéciales.

Bruns. *Cachou.* — Le *cachou,* ou *gambir,* est une sorte de résine venant principalement de la côte occidentale d'Afrique. Son principe actif est un tannin, l'*acide cachoutannique.* Il sert à préparer des bruns variés.

Le *brun de garance* est préparé avec la couleur de garance.

Verts. *Chlorophylle.* — La *chlorophylle* est la matière verte qui colore les feuilles et les parenchymes herbacés jeunes des plantes. On sait l'en extraire. Elle se trouve en grains microscopiques dans les plantes; le commerce la fournit en solution alcoolique. Elle donne une teinte très solide, mais peu modifiable par les mordants.

On obtient des *verts* en mélangeant des matières jaunes avec des matières bleues.

Bleus. *Indigo.* — L'*indigo* est un corps solide, bleu foncé, qu'on retire du suc de l'*indigofera tinctoria.* Son principe colorant est l'*indigotine,* insoluble dans l'eau. Cette indigotine, par réduction, devient l'*indigo blanc,* incolore, insoluble dans l'eau, mais soluble dans les alcalis, redevenant l'indigotine bleue par oxydation. Sous l'action d'un oxydant, la même indigotine donne l'*isatine,* matière rouge orangé. Traitée par l'acide sulfurique de Nordhausen, l'indigotine devient soluble dans l'eau : c'est le *bleu de Saxe.* Les couleurs d'indigo sont des couleurs *grand teint,* c'est-à-dire solides. On prépare un *carmin d'indigo* en faisant agir le carbonate de sodium sur la solution sulfurique d'indigo.

Bois de campêche. — Ce bois, qui vient du Centre-Amérique, fournit par décoction une couleur bleue, qui donne des violets avec les mordants d'alumine, des noirs et des gris avec les sels de fer; il donne aussi des cramoisis, et une belle laque d'un noir violet avec l'acide chromique. Il sert surtout à teindre la laine, la soie et le coton.

On prépare aussi un *bleu d'orseille* très employé.

Violets. — Les violets les plus employés sont les violets de garance, de campêche et d'orseille.

Noirs. *Noix de galle.* — La *noix de galle* est une excroissance formée sur les feuilles d'un chêne par la piqûre d'un insecte du genre *cynips*. On en tire du *tannin*, on en fait de l'encre, on l'emploie en teinture. Son tannin est l'*acide gallotannique*. Il est inaltérable à l'air, mais sa solution aqueuse ne s'y conserve pas longtemps; avec les sels de fer, il donne du bleu noir.

Sumac. — Le *sumac* du commerce est une poudre vert jaune, ou grise, qui n'est autre chose que le produit de la trituration des tiges et des feuilles sèches de certains arbres de la famille des térébinthacées. Il contient de l'acide gallique et du tannin, comme la noix de galle. Il peut donner un beau noir et un gris solide.

On peut l'associer avec la garance, le quercitron, le campêche; avec les sels de fer, son tannin se comporte comme celui de la noix de galle.

Le *cachou* est employé pour obtenir des *noirs*, grâce à son tannin.

Châtaignier. — Le bois de châtaignier, surtout celui de la racine, est fréquemment employé dans la teinture en noir. On l'utilise seulement en copeaux. Le bois de chêne vert (yeuse), de chêne rouvre, de chêne pédonculé, peut aussi être utilisé; mais il a moins de valeur.

MATIÈRES COLORANTES ARTIFICIELLES

Rouges. *Fuchsine.* — La *fuchsine* ou *rouge d'aniline*, se présente en paillettes cristallines vertes, à reflets dorés, donnant une solution rouge avec l'eau.

Alizarine. — C'est un solide en aiguilles orange brun ou jaune d'or qui donne avec les alcalis une solution violette et avec l'acide sulfurique une solution rouge foncé. Elle donne avec les mordants des rouges, des violets et des noirs.

Citons encore : la *coralline rouge*, qui colore la soie en rouge orangé; la *tropéoline D*, qui se présente en aiguilles rouge violet, et donne une solution aqueuse rouge; la *tropéoline OO*, en cristaux orangés; l'*auréosine C*, qui donne un orange rosé; l'*éosine A*, qui donne un rose à reflets jaunes; la *cyclamine*, rose, mais peu solide; la *safranine*, le *rouge de Saint-Denis*, l'*isatine*.

Jaunes. *Acide picrique.* — C'est un solide cristallisant en prismes allongés, de couleur jaune, et très soluble dans l'eau. Il a une puissance colorante considérable. La chaleur le fait détoner avec explosion : aussi doit-il être employé avec précaution. Il donne directement à la laine et à la soie une belle teinte jaune.

Fluorescéine. — C'est une poudre rouge peu soluble dans l'eau pure, mais très soluble dans l'eau ammoniacale. La solution reste jaune, avec reflets verdâtres; elle est fluorescente.

Citons encore : la *coralline jaune*, qui teint la soie en jaune orangé; la *chrysoïdine*, belle matière jaune, peu soluble dans l'eau; le *jaune d'aniline*, le *jaune de Manchester*.

Bruns. — Le *brun de Manchester* et le *brun Bismarck* sont les plus employés.

Verts. *Vert lumière.* — Le *vert lumière* est un solide soluble dans l'eau, qui jouit de la précieuse propriété de conserver sa couleur naturelle à la lumière artificielle de l'huile, du gaz, etc.

Vert malachite. — C'est un sel insoluble dans l'eau froide, soluble dans l'alcool et les acides, il donne une couleur verte, que le savon vire au bleu.

Céruléine. — C'est une phtaléine solide, verte, insoluble dans l'eau; elle ne se fixe pas directement sur les tissus, qui doivent être mordancés à l'alun.

Citons encore : le *vert de méthylaniline* (ou de *méthyle*), le *vert brillant*, le *vert à l'iode*.

Bleus. *Bleu de Lyon.* — Ce corps, un des premiers découverts dans la série des couleurs d'aniline, est un solide insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool.

Bleu Nicholson (*bleu soluble*). — C'est un corps qui résulte de l'action de l'acide sulfurique sur le bleu de Lyon. Il est soluble dans l'eau.

Citons encore : le *bleu d'alizarine*, le *bleu de Saxe*.

Violets. *Violet d'aniline.* — C'est un composé obtenu par l'action de l'aldéhyde sur la fuchsine. La couleur qu'il donne est peu stable.

Violet Hofmann. — Celui-ci résulte de l'action de l'iodure d'éthyle sur la rosaniline. Il est soluble dans l'eau, et donne une fort belle teinte.

Violet de Paris. — Le *violet de Paris* est obtenu par l'oxydation de la diméthylaniline sous l'action du chlorure de cuivre. C'est le plus beau violet que l'on connaisse.

Citons encore : la *mauvaniline* et le *violet impérial*.

Noirs. *Noir d'aniline.* — Cette couleur n'existe pas en tant que matière colorante. Elle est obtenue sur le tissu lui-même par une réaction qui se produit dans le bain de teinture. Ce bain est composé d'aniline, ou mieux de chlorhydrate d'une aniline très pure, auquel on a mélangé du chlorate de sodium additionné d'un peu de sulfure de cuivre. Le mélange doit être à réaction neutre. Quelquefois le chlorhydrate et le chlorate forment deux bains séparés. La teinture noire fixée sur l'étoffe est très solide.

Citons encore les noirs sulfurés obtenus par l'action du sulfure de sodium et de la soude sur un grand nombre de corps organiques.

Mordants. — On distingue les mordants minéraux et les mordants organiques. Les premiers comprennent surtout des oxydes métalliques dont les uns sont incolores, et, par conséquent, n'agissent que pour fixer les couleurs : tels sont l'*alumine* et les

oxydes d'étain; d'autres sont colorés et modifient les nuances : tels sont les *oxydes* de *fer*, de *chrome*, de *manganèse*, de *cuivre*.Tous les oxydes sont utilisés à l'état de sels solubles. Les plus employés de ces sels sont : les *aluns*, les *aluminates de potassium* ou de *sodium*, les *sulfate*, *acétate* ou *chlorure d'aluminium*, les *sulfate*, *azotate*, *acétate de fer*, le *chlorure stannique*, le *stannate de sodium*, les *sulfate*, *acétate* et *azotate de cuivre*.

Les principaux mordants organiques sont le *tartre*, les *huiles*, l'*albumine*, la *caséine*, les *tannins*, surtout ceux du cachou et du sumac.

§ III

OPÉRATIONS DE LA TEINTURE

Opérations préparatoires. — Les *opérations préparatoires* comprennent le *blanchiment*, avec toutes les *façons* qui le précèdent. Tout textile destiné à être *teint* ou *imprimé* doit être blanchi; cependant, quand il s'agit d'appliquer une teinture de couleur sombre, surtout sur un tissu destiné à être vendu à bas prix, on se contente quelquefois d'un bon *lessivage*. Si le textile doit être teint avec mordant, elles comprennent aussi le *mordançage*. Cette opération consiste essentiellement à immerger le textile, tissé ou non, dans une solution de mordant formant bain, et à le soumettre ensuite à un lavage. La solution doit être concentrée, si l'on veut obtenir une teinte foncée. On opère à froid pour la soie, à chaud pour le coton et le lin, et à la température de l'eau bouillante pour la laine. A froid, on se sert de cuves rectangulaires appelées *barques;* à chaud, on emploie des chaudières, ou des barques, chauffées le plus souvent à la vapeur.

Les textiles bruts doivent rester plusieurs heures dans les bains du mordant; ainsi la laine doit y être immergée pendant au moins douze heures.

Les filés demandent moins de temps. Ainsi les écheveaux de lin et de coton sont plongés en plusieurs fois, et on les tord chaque fois pour exprimer le liquide; après quelques passes de ce genre, on lave à l'eau. Les éche-

veaux de soie restent cependant douze heures dans la barque, et il faut chauffer un peu. Quant à ceux de laine, ils doivent être bouillis dans le bain pendant deux heures, et y séjourner encore dix heures. Dans les grands ateliers on fait tout ce travail avec des machines : *machine à passer*, pour remuer les écheveaux dans le bain et les exprimer à la sortie; *machine à laver*, pour les rincer à l'eau ensuite. (Voir *Opérations finales*, ci-après)

Pour pouvoir mordancer les tissus d'une façon uniforme, on se sert toujours d'une machine appelée *foulard à mordancer*. Elle consiste surtout en deux paires de cylindres formant laminoirs, situées de part et d'autre d'une barque et un peu plus haut qu'elle; dans cette dernière et au fond, se trouve un autre cylindre, qui n'est pas mû par le moteur. La pièce passe d'abord entre ceux de la première paire, qui la tendent, puis elle plonge dans le bain, fait le tour du cylindre qui s'y trouve, en le faisant tourner dans son mouvement, et de là se rend dans l'autre laminoir, qui le tire, et en même temps exprime l'excédent de liquide. Pour les tissus de laine, on se contente quelquefois de la *tournette*, appareil analogue au clapot, mais qui en diffère en ce que la cuve contient un bain de mordant, et aussi en ce que son unique cylindre est un simple châssis à jour, comme les asples. Quand ce cylindre tourne, le tissu, cousu à lui-même et formant une nappe sans fin, descend dans le bain, puis remonte, et ainsi de suite. Après le mordançage, les tissus sont lavés à l'eau courante.

Préparation du bain de teinture. — Il faut ensuite préparer la *cuve de teinture*. C'est une cuve rectangulaire en bois, appelée quelquefois *barque*, au-dessus de laquelle, quand il s'agit de teindre des écheveaux ou des pièces de tissu, peuvent tourner un ou plusieurs cylindres ajourés, comme la tournette, et qui s'appellent ici *tourniquets*. Les matières colorantes isolées, telles que les couleurs d'aniline et les extraits de bois de teinture, sont simplement dissous dans leurs dissolvants respectifs, et la solution

est introduite dans la cuve. Les bois sont employés soit en copeaux, soit en poudre. Dans le premier cas, on les enferme dans des sacs de toile qu'on plonge dans l'eau bouillante pendant une heure ou deux. Dans le second, la poudre est jetée directement dans le liquide, et y reste tout le temps de la teinture.

Le bain doit être porté à une température assez élevée, car en dehors de l'acide picrique, des couleurs d'aniline et de l'indigo, il est peu de couleurs qui puissent se fixer à froid. On chauffe généralement à la vapeur, soit par un tuyau percé de trous qui vient déboucher dans le fond de la cuve, dont il augmente ainsi la quantité d'eau de toute la vapeur qu'il apporte, soit par un serpentin fermé qui se borne à chauffer sans ajouter d'eau. Pour la laine, on chauffe à 100°; pour les autres textiles, on chauffe de 40° à 75°.

Teinture sans mordant. *Textiles bruts.* — A l'état brut, on ne teint que le *coton* cardé et la *laine* en toison. Pour teindre le coton en cet état, on emploie de préférence des couleurs artificielles, qui opèrent vite et permettent de ne faire qu'un seul bain. La matière textile est jetée dans la cuve et remuée avec des fourches. Puis on la met à égoutter au-dessus de la cuve, sur des claies en bois. Quelquefois l'opération se fait dans des baquets, où l'on piétine le coton avec les pieds chaussés de sabots.

Pour la laine en toison, on opère comme pour le coton, mais dans des chaudières hémisphériques en cuivre chauffées. On opère aussi mécaniquement; la laine est tassée entre deux cylindres percés de trous, placés l'un dans l'autre et disposés dans une cuve. Le liquide est introduit dans celui du milieu, puis comprimé; il est obligé de passer par les trous de ce cylindre et de pénétrer la masse de laine du dedans au dehors. On teint aussi par ce procédé la laine peignée.

Teinture sans mordant. *Filés.* — La teinture en écheveaux est plus expéditive que la précédente, mais donne des couleurs moins solides et moins belles.

Les écheveaux de *coton* sont *débouillis*, c'est-à-dire passés à l'eau bouillante dans une cuve quelconque, puis teints dans la cuve à teinture avec *tourniquet*. Il est rare qu'on teigne le coton en fils.

Les écheveaux de *laine* sont traités de la même manière, mais les cuves sont à double fond de cuivre, car le chauffage est ici plus intense que pour le coton. Le *chinage*, c'est-à-dire, les alternances de parties teintes et de parties non teintes, ou demi-teintes, qu'on remarque sur certains fils de laine, est obtenu de la manière suivante. On fait de distance en distance des nœuds sur l'écheveau; on teint comme à l'ordinaire, puis on défait les nœuds. Les parties non nouées sont bien teintes, et les parties nouées ne le sont qu'en partie, ou même pas du tout.

Le *flammé*, ou apparence de flamme, que présentent certains fils de laine, apparence due à ce que la teinture va se dégradant d'une extrémité à l'autre d'une certaine longueur de ce fil, est obtenu comme il suit. Les écheveaux sont placés au-dessus de la cuve, passés sur des bâtons appelés *lisses*. On les laisse immobiles, mais on fait descendre progressivement le niveau du bain. De la sorte les parties les plus basses sont plus colorées que les parties situées vers le haut.

La *soie* en écheveaux peut être teinte en *cru*, en *souple* ou en *cuit*. Après la teinture, la soie *écrue* devra avoir conservé presque tout son *grès;* la soie *assouplie*, en gardera au moins 10 %; la soie *cuite*, en sera complètement débarrassée. Nous avons vu, à propos du blanchiment, comment se fait le *décreusage*, qui donne la soie assouplie ou la soie cuite. La soie écrue est préalablement mouillée, un peu dégraissée dans un bain de carbonate de sodium, puis rincée à l'eau. Les trois catégories de soie se teignent à peu près de la même manière. On se sert toujours de la cuve à tourniquet; mais ici, le tourniquet est remplacé par un prisme à faces creuses ou rentrantes, en porcelaine. On procède ensuite à une opération spéciale : l'*avivage*, qui a pour but de rendre à la

soie son brillant. Elle consiste à passer rapidement les écheveaux dans un bain d'eau, dans lequel on a mis un peu d'huile et d'acide sulfurique.

Teinture sans mordant. *Teinture en pièces.* — La teinture en pièces est le procédé de teinture le plus économique, mais il ne donne le plus souvent que des résultats médiocres; aussi, en dehors des draps noirs, toujours teints de cette façon, ne l'emploie-t-on que pour les étoffes à bon marché. Son principal avantage est de permettre de teindre des matières qui ne pourraient être tissées, si on les avait teintes en écheveaux.

Les tissus de coton sont teints au *tourniquet.*

Les tissus de laine sont teints de la même manière. Mais la cuve est à deux compartiments séparés par une cloison perforée, un grand et un petit. Les manipulations de préparation du bain se font dans le petit, et le tourniquet tourne autour du grand.

Les tissus de soie sont teints aussi de la même façon : la soie, dans ce cas, est toujours *cuite.*

Le lin et le chanvre sont rarement teints, mais, quand ils le sont, ils sont traités comme le coton. Les tissus mélangés sont teints en plusieurs fois.

Teinture avec mordant. — Nous venons de voir comment on procède pour teindre dans tous les cas possibles sans mordant. La teinture *avec mordant* ne diffère pas en principe de la précédente. Toutefois il y a toujours quelques particularités variant avec le textile, la couleur, ou le mordant, et dépendant aussi du rôle que le mordant doit jouer vis-à-vis de la couleur : *fixage* ou *virage.* Nous citerons simplement un exemple de cette teinture pour en donner une idée.

Soit à teindre la *laine* en *rouge* par la *cochenille.* Ici, un mordant est nécessaire; on choisit le chlorure stannique qu'on crée dans le bain lui-même en préparant une solution de 1 partie d'étain dans 8 parties d'acide azotique, préalablement additionnées de 8 parties d'eau et de 1 partie de chlorure d'ammonium. Après disparition du

métal, on ajoute de l'eau et un peu de tartre brut. Tel est le bain de morçandage qu'on porte au *foulard*, si la laine est tissée. Quand le morçandage est terminé, on ajoute *dans le même bain* de la cochenille en poudre, et encore un peu du même mordant prélevé auparavant sur le bain; on fait bouillir le tout, et l'on y plonge la laine non lavée au préalable. L'immersion dure plusieurs heures, pendant lesquelles on agite le textile dans le liquide, tout en le laissant en repos de temps en temps; puis on le retire pour le soumettre aux opérations finales.

Comme on le voit, le même bain a servi comme bain de mordançage et comme bain de teinture. Mais il n'en est pas toujours ainsi : par exemple, quand on teint la laine en jaune par la gaude, on se sert de deux bains séparés.

Teinture par synthèse. — Nous avons dit qu'il arrive parfois qu'on n'applique pas sur le textile la matière colorante toute faite, mais qu'on l'imprégne de matières spéciales qui, en se combinant entre elles ou avec la fibre, produisent la teinte demandée. C'est ce procédé qu'on appelle la *teinture par synthèse*. La *teinture en noir d'aniline* en est un exemple. Nous avons vu, en parlant de cette couleur, comment on procède pour la faire apparaître. L'emploi des mordants qui modifient les couleurs est, en somme, une opération de ce genre.

Teinture par une matière insoluble. — Dans certains cas on peut teindre même avec une matière insoluble. Nous allons voir appliquer ce procédé à la teinture en bleu par l'indigo. Il existe plusieurs moyens de la mettre en pratique. Nous décrirons celui qui est connu sous le nom de *procédé à la cuve allemande*. Il s'agit de transformer l'indigo, insoluble dans l'eau, en un composé soluble, d'imprégner de ce composé le textile, puis d'exposer ce dernier à l'air, pour voir apparaître le bleu.

On introduit, dans 3.000 parties d'eau, un mélange formé de 12 parties d'indigo pulvérisé, de 8 parties de mélasse, de 8 parties de son et de 24 parties de chaux éteinte. On chauffe à 50°. Au bout d'un jour et demi, on

ajoute encore de la chaux, environ 12 parties, puis deux jours après, encore autant. Il se produit une fermentation, au cours de laquelle l'indigo est *réduit* par l'action concourante de la mélasse et du son fermenté. Quand l'indigo paraît entièrement dissous, la cuve est prête pour la teinture. Il suffit d'y plonger la laine ou la soie (le procédé ne réussit bien qu'avec ces deux textiles), et de les y agiter pendant vingt minutes. Au sortir de la cuve, le textile est jaune verdâtre, mais par l'étalage à l'air, il devient rapidement bleu. Si la nuance n'est pas assez accusée, on recommence l'opération. Cette cuve, bien *montée*, peut servir pendant deux ans ; il suffit de l'entretenir par l'adjonction de nouvelles quantités de chaux et d'indigo.

Opérations finales. — Quels que soient la teinture et le procédé employé, toutes les matières teintes doivent subir un *rinçage* à l'eau, destiné à enlever les matières colorantes et les mordants en excès, ou insuffisamment fixés, ainsi que les ingrédients chimiques qui, employés au cours des opérations, ne doivent pas rester sur le textile.

Le rinçage se fait à grande eau, avec agitation par des fourches, soit dans un cours d'eau, soit dans des *barques* dont l'eau se renouvelle. On se sert aussi de *machines à laver*. Ce sont des sortes de *tourniquets* se mouvant au-dessus d'un courant d'eau établi dans une cuve, au lieu de tourner au-dessus d'un bain de teinture.

S'il s'agit de filés, on procède ensuite à un *secouage*, entre deux bâtons passés dans l'écheveau et écartés violemment l'un de l'autre à plusieurs reprises, puis à un *chevillage*, qui n'est autre chose qu'une torsion subie par l'écheveau, dont un côté est fixé à une cheville immobile, pendant qu'on tord l'autre extrémité à l'aide d'un bâton.

On passe ensuite, dans tous les cas, à l'*essorage*. Le textile est placé dans une cuve cylindrique verticale, en tôle, dont la paroi latérale est percée d'une multitude de trous. Si l'on communique une grande vitesse de rotation à cette cuve, la force centrifuge fait échapper le

liquide par ces trous. L'appareil complet est une *essoreuse centrifuge*. Il y a d'autres modèles.

Il ne reste plus qu'à procéder au *séchage*, déjà préparé par l'essorage. Pour cela, on suspend les matières à sécher sur des perches ou des cordes, dans des hangars ouverts aux courants d'air, ou dans des *séchoirs* où circule un courant d'air chaud. On peut aussi, lorsqu'il s'agit de *teint en pièce*, sécher en faisant passer le tissu sur des cylindres dans lesquels arrive de la vapeur.

L'industrie de la teinture est une des plus importantes. Elle se pratique dans tous les centres où l'on fabrique les tissus. Mais les localités où elle est le plus prospère et le plus scientifiquement organisée sont Paris, Saint-Denis, Lyon, Amiens, Rouen et la région du Nord.

CHAPITRE VIII

Impression sur Étoffes.

L'*impression des étoffes* a pour but de produire à la *surface* des tissus des dessins coloriés. Elle s'applique au lin, au coton, à la laine et à la soie, mais ce sont les tissus de coton qui la subissent le plus souvent. Les *indiennes* ne sont que des toiles de coton imprimées; il en est de même des *perses*. Les tissus imprimés ont un envers et un endroit, car on n'imprime généralement que d'un seul côté.

Cette impression se fait ici, comme dans l'imprimerie typographique, à l'aide d'une planche, plane ou cylindrique, portant le dessin gravé, qu'on enduit de la matière à imprimer. Cette matière varie de nature, suivant le procédé adopté pour la coloration, comme on le verra plus loin. On peut imprimer *à la main* ou *à la machine*. Pour l'impression à la main (fig. 244), on se sert d'une planche plane *p*, en bois dur, (du poirier généralement) portant le dessin en relief, et appelée *bloc*. Quand on veut opérer, on étend l'étoffe T, T' sur une table longue, puis on prend le bloc; on l'*encre* sur un tampon de drap E,

imprégné de la matière à imprimer, et on l'applique bien à plat sur l'étoffe, en appuyant vigoureusement, et même en frappant dessus avec un maillet de bois *m*. En changeant le bloc de place, on reproduit le dessin ailleurs. En employant plusieurs blocs successivement, ou des enduits de diverses matières, l'imprimeur peut obtenir différentes combinaisons de couleurs.

L'impression mécanique peut se faire de deux ma-

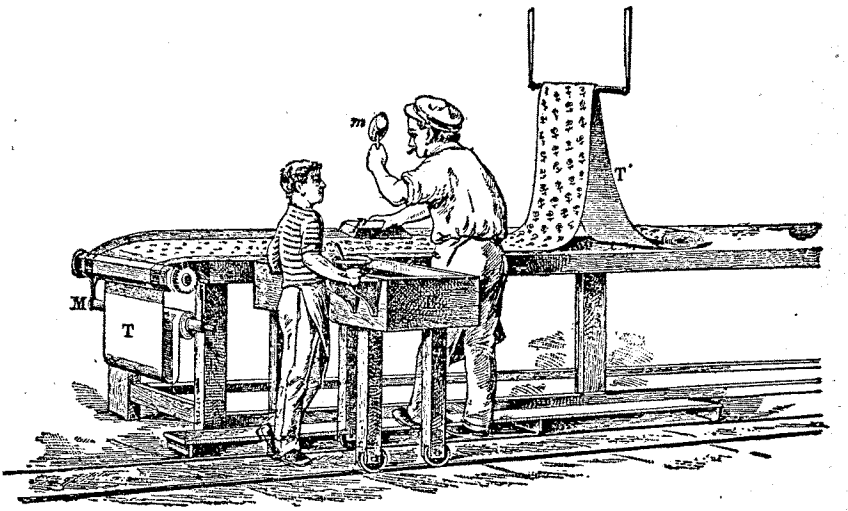


Fig. 244. — Impression à la main.

nières : on peut se servir, ou bien, comme dans l'impression à la main, de planches gravées en relief, ou *du rouleau*.

Dans le premier cas, différents procédés, se rapprochant plus ou moins de ceux qui sont employés dans l'impression typographique, sont encore en usage. Nous décrirons sommairement l'une des machines les plus ingénieuses, la Perrotine, ainsi nommée du nom de son inventeur Perrot, constructeur à Rouen. La Perrotine (fig. 245) exécute tous les mouvements de l'impression à la main. Le tissu K (fig. 246), entraîné et guidé par les rouleaux C C′ C″, vient s'arrêter au-dessus d'une planche gravée P portant le dessin *en relief*, et chargée de couleur; cette planche, soulevée par l'action d'un mécanisme

spécial X, vient s'appliquer sur la pièce qui se trouve ainsi imprimée. La planche s'abaisse, et va prendre une nouvelle portion de couleur qui lui est fournie par le tampon T. Pendant ce temps l'étoffe, reprenant sa marche,

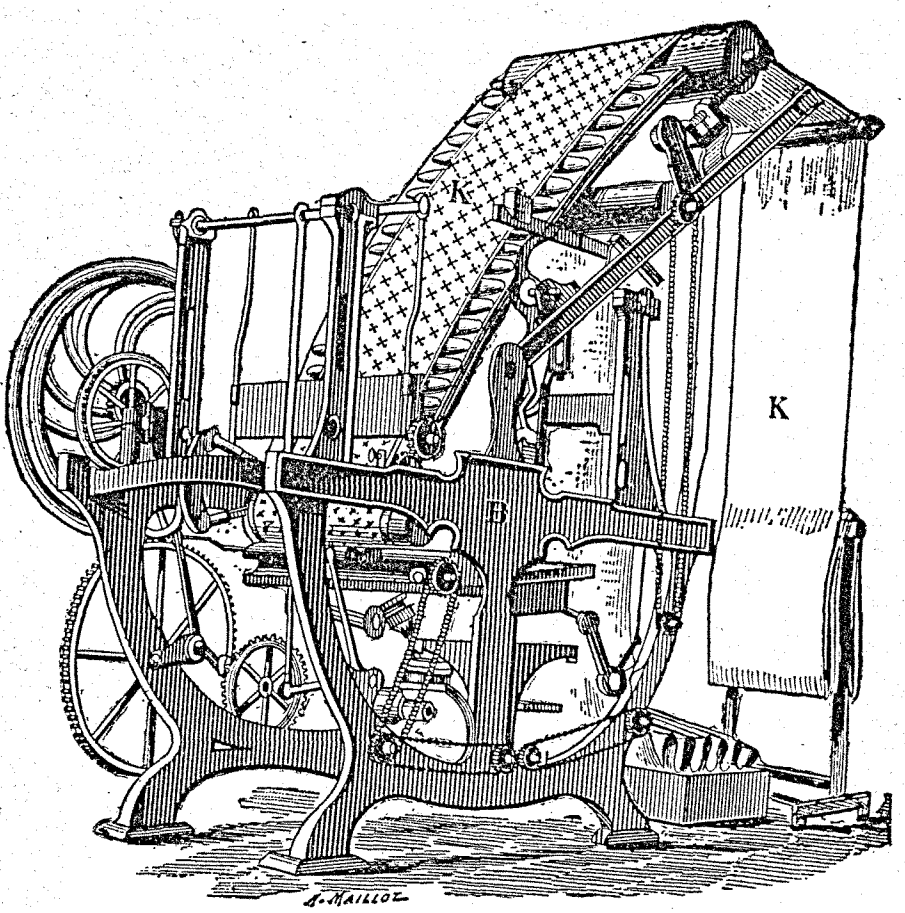


Fig. 245. — Perrotine.

s'est avancée de la longueur d'un *rapport*, prête à recevoir une nouvelle impression, et ainsi de suite. La figure 246 montre comment le tampon, auquel l'organe L communique un mouvement alternatif en avant ou en arrière, subit le frottement d'un cylindre *c* qui tourne dans le réservoir de couleur E, et va encrer sur la planche, dès que cette dernière s'est abaissée.

L'impression à plat est remplacée souvent par l'impression à la machine rotative, dite *au rouleau.*

Cette dernière machine ressemble à celles qui sont employées dans la fabrication des papiers peints (Voir ci-après, 5e partie, chapitre II § III). Elle se compose essentiellement de trois rouleaux formant laminoir deux à deux; le *rouleau-imprimeur* est au milieu. Il est en bronze, et porte, gravés *en creux* à sa surface, les des-

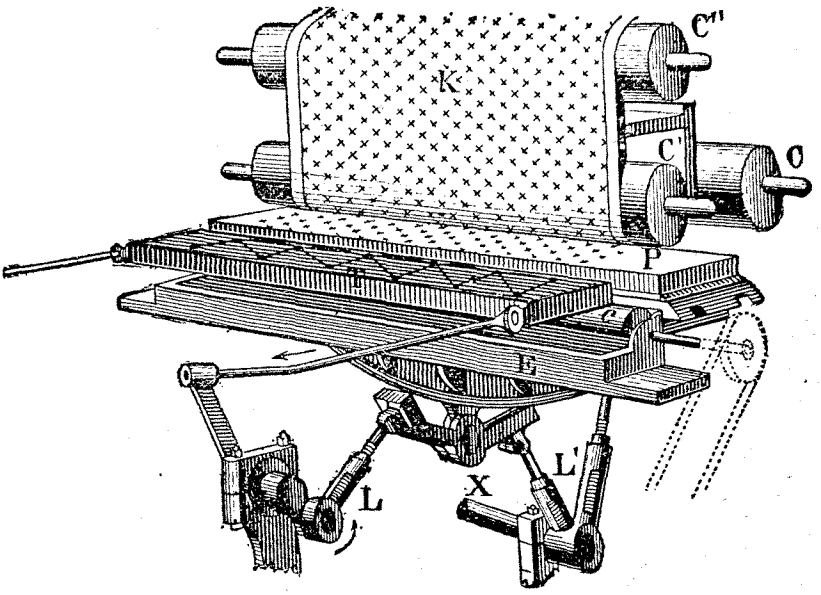


Fig. 246. — Organes travailleurs de la Perrotine.

sins à reproduire; d'un côté il est tangentiel au *rouleau encreur*, recouvert de la matière à imprimer, et au contact duquel il s'*encre*, c'est-à-dire, s'enduit de cette matière; une râcle en acier enlève l'excédent de la couleur, qui ne doit rester que dans les creux de la gravure; de l'autre côté, il est en contact avec un cylindre-matelas, contre lequel il presse l'étoffe qui passe entre eux d'un mouvement continu; cette dernière s'imprime seulement en regard des parties creuses du rouleau encreur. D'autres paires de cylindres, formant aussi laminoir, amènent l'étoffe aux précédents; d'autres l'en tirent. On peut, dans une *machine*

à imprimer rotative, combiner plusieurs laminoirs d'impression pour employer différentes matières, et produire toutes les combinaisons possibles de couleurs et de dessins. On fait aujourd'hui pour les étoffes des machines imprimant, jusqu'à seize couleurs.

Il existe pour obtenir la coloration quatre procédés généraux, qui entraînent naturellement l'impression par les planches de quatre catégories différentes de matières :

1° On peut imprimer directement la matière colorante choisie, après l'avoir préalablement épaissie d'une manière quelconque.

2° On peut imprimer un mordant, épaissi au préalable, puis teindre l'étoffe comme à l'ordinaire. La matière tinctoriale n'adhère bien qu'aux parties recouvertes de mordant, lesquelles formeront le dessin ; un lavage enlèvera la couleur aux parties non mordancées.

3° On peut imprimer des matières dites *réserves* ou *résistes*, et teindre ensuite comme précédemment. La matière tinctoriale colorera le tissu partout où les réserves ne sont pas appliquées, donnant ainsi un dessin. Les réserves sont ensuite enlevées par un lavage approprié, et là où elles se trouvaient, aucune couleur n'apparaît.

4° On peut commencer par teindre le tissu en entier, puis imprimer des matières dites *rongeantes*, qui détruisent la couleur et la font disparaître là où elles sont appliquées, ce qui constitue le dessin.

Le premier procédé, appelé *impression par application*, est la véritable impression. On peut le mettre en pratique de quatre manières différentes. Tantôt on applique simplement la couleur, épaissie avec de l'amidon, de la gomme ou de la dextrine, laquelle n'adhère que peu à l'étoffe : c'est l'*application simple*. Tantôt on imprime la couleur mélangée avec de l'albumine, de la caséine, un vernis, etc. ; alors, elle est beaucoup plus adhérente : c'est l'*application mécanique*. Tantôt on l'imprime mélangée à un mordant ; alors elle adhère autant qu'une

couleur de teinture : c'est l'*application solide*. Tantôt on l'imprime comme dans les deux premières applications, mais on fixe la couleur par l'exposition de l'étoffe à la vapeur d'eau : c'est l'*application par vaporisage*, qui donne les *couleurs vapeurs*. L'exposition à la vapeur se fait dans des chaudières autoclaves généralement à vapeur libre ou à la pression maxima de 1^k; les étoffes y sont suspendues, étalées sur des traverses horizontales.

Les couleurs employées dans ce procédé doivent être bien pures. Si ce sont des couleurs de bois, on ne se sert que des extraits, qu'on mélange avec les épaississants ou les mordants, dans des chaudières en cuivre à double fond, chauffées à la vapeur. On peut se servir de matières colorantes insolubles, puisqu'il ne s'agit que de couleurs destinées à adhérer aux fibres textiles, et non à pénétrer dans leur masse. Ainsi on utilise, en plus des couleurs que nous avons déjà vues, les couleurs suivantes :

Rouges : Cinabre, sulfure d'antimoine, réalgar, colcothar, minium, pourpre de Cassius.

Jaunes : Iodure de plomb, orpiment, sulfure de cadmium, or mussif, massicot, chromate de plomb.

Bruns : Brun au manganèse.

Verts : Vert de chrome, vert de Scheele, vert de Schweinfurth, sels de cuivre.

Bleus : Bleu de Prusse, bleu de cobalt, bleu d'outremer.

Violets : Violet d'outremer.

Noirs : Noir de fumée, noir d'ivoire, graphite.

Les *mordants* employés dans tous les procédés sont surtout les acétates d'aluminium ou de fer, l'alun, ou les sels d'étain. On les épaissit avec les mêmes matières que les couleurs. Les *réserves* sont les sels de cuivre, le chlorure mercurique, ou le sulfate de zinc. Les *rongeants* sont le chlorure de chaux, l'acide chromique, le sulfate ferreux, le protochlorure d'étain. Quelquefois on ronge le mordant lui-même; alors on emploie l'acide tartrique ou l'acide citrique.

Dans le deuxième procédé, après l'impression du mordant, il faut faire sécher l'étoffe, puis enlever l'excès de mordant par une immersion dans l'eau chaude contenant du son, ou de la bouse de vache (*bousage*). On rince

ensuite, puis on plonge dans le bain de teinture. Après le bain, on procède à un nouveau rinçage, et l'on enlève la couleur des parties non mordancées, en même temps qu'on avive la couleur restante par un bain de savon acidulé.

L'application par vaporisage est de tous les procédés d'impression possibles le plus employé, à cause de la rapidité de son exécution, et de l'excellence de ses résultats.

L'impression sur étoffes est plus localisée que la teinture. Saint-Denis, Rouen, Belfort, sont les villes où elle se fait sur la plus grande échelle.

CHAPITRE IX

Apprêts.

§ Ier

APPRÊTS EN GÉNÉRAL

Les tissus blanchis, teints, ou imprimés, subissent des opérations destinées à modifier leur aspect ou leur tenue, et qu'on désigne sous le nom d'*apprêts*. Les opérations qui précèdent le blanchiment reçoivent aussi parfois ce nom; dans ce cas, on les appelle *premiers apprêts*, et la dénomination de *derniers apprêts* s'applique à ceux qu'il nous reste à voir. Quelquefois c'est au cours des opérations d'apprêtage que se fait la *charge*, dont nous avons parlé à propos de la teinture.

Les apprêts varient avec la nature des étoffes.

Apprêts des tissus de lin. — Les tissus de lin, ou *linges*, sont trempés dans des bains d'eau chaude contenant de l'amidon, ou de la fécule, ou une gomme; de là, pour subir le *calandrage*, encore appelé *cylindrage*, re-

passage, ils passent dans la *calandre* ou *mangle*. Ce sont des cylindres accouplés deux à deux pour former laminoir; la première paire tend le linge; chacune des paires suivantes est ainsi disposée : l'un des cylindres est creux et chauffé intérieurement par de la vapeur, l'autre est recouvert de papier comprimé; le linge en passant entre ces deux cylindres est aplati et chauffé en même temps; il prend du lustre et de la raideur. La dernière paire formée de cylindres massifs comme la première, attire le tissu et le présente à un rouleau autour duquef il s'enroule.

Les tissus de chanvre, quand ils sont *apprêtés*, subissent les mêmes opérations.

Apprêts des tissus de coton. — Les tissus de coton sont imprégnés de fécule, de paraffine, d'huile de palme, de craie, dans un bain chaud, puis soumis au calandrage. Le bain est quelquefois une vraie cuite dans des chaudières chauffées à la vapeur et à haute pression. A la sortie du bain, on asperge ordinairement le tissu avec de l'eau avant de le passer à la calandre.

Apprêts des tissus de laine. — Pour les tissus de laine peignée on cherche simplement à améliorer la douceur et le brillant par le dégraissage, le *tondage*, le *décatissage* (voir ci-après *Draperie*) et la *compression*, tout en conservant soigneusement le dessin résultant de l'entrelacement des fils. Les étoffes de laine cardée sont en outre soumises au *foulage* et au *lainage* (voir *Draperie*); elles acquièrent ainsi plus de fermeté et de solidité. De plus, elles deviennent brillantes, douces, veloutées, et on ne distingue plus l'entrelacement des fils.

Apprêts des tissus de soie. — Les tissus de soie subissent aussi l'action de la tondeuse ou de la machine à griller, puis un calandrage. Avant le calandrage, certains tissus subissent un *gommage* qui leur donne de la rigidité et de l'épaisseur; les matières employées pour cela varient avec la couleur de l'étoffe : ainsi la soie noire est gommée avec de la gomme adragante additionnée d'un

peu de sucre, de cire et d'ammoniaque. C'est dans un bain que se fait le gommage; il est souvent remplacé par un *glaçage* qu'on fait en imprégnant le tissu avec de la cire ou du blanc de baleine. Certains tissus sont *gaufrés*; dans ce cas, le cylindre creux de la calandre présente le dessin en relief. Le *moirage* est une opération qui produit des effets de lumière, dus à l'étirement irré-

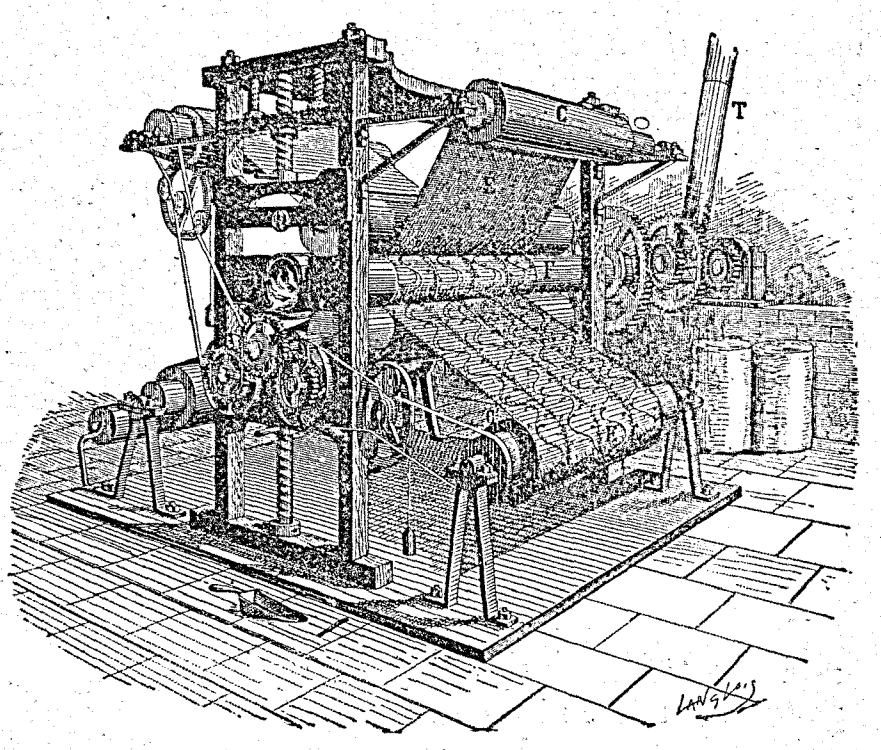


Fig. 247. — Machine à gaufrer les velours d'Utrecht.

gulier de la trame, effets qui caractérisent les *moires*. On distingue la *moire antique*, qu'on obtient en promenant un cylindre lourd sur le tissu bien étalé, et tenu tendu par des laminoirs, et la *moire française*, qu'on obtient en faisant d'abord glisser la pièce sur les dents d'un grand peigne en bois, en appuyant fortement, puis passant la pièce ainsi traitée à la calandre qui fait apparaître le miroitement. Les effets obtenus sont généralement dus au hasard, mais on est arrivé aujourd'hui à faire du *moiré*

intentionnel. Le velours d'Utrecht est obtenu par gaufrage à la machine (fig. 247). Les cylindres chauffés FF portent le dessin en creux; le poil s'aplatit partout, sauf sur le dessin. D'autres cylindres C tendent l'étoffe E, cousue en toile sans fin. Le *velours frappé* est apprêté de même. Tous les velours reçoivent un gommage à l'envers appliqué au pinceau et à la main, ou par un cylindre enduit de gomme sur lequel on fait glisser l'étoffe; pour les sécher, on les fait glisser, toujours par l'envers, sur un cylindre chaud. Le *crêpage* est obtenu par la compression du tissu dans le sens de la longueur, après le gommage.

Un tissu apprêté est souvent dit *cati*. Ses dimensions ont été modifiées par l'apprêtage : il y a eu retrait. Avant de le mettre en usage, on lui enlève parfois un peu de l'apprêt, opération appelée *décatissage* (voir ci-après *draperie*). Ceux qui n'ont pas subi cette dernière opération la subissent inévitablement quand on procède au nettoyage ou à une nouvelle teinture des vêtements, de là vient la déformation subie alors par ces derniers.

§ II

DRAPERIE

Nous avons vu que le *drap* est une *toile de laine* dont on a *feutré* les fils entre eux. Les opérations nécessaires pour arriver à ce résultat sont assez nombreuses.

Dégraissage. — Le drap qui arrive du tissage doit d'abord être *dégraissé*, c'est-à-dire débarrassé de l'huile d'ensimage. La pièce, cousue en toile sans fin, est soumise à une *dégraisseuse*, où elle est engagée entre deux cylindres formant laminoir, et situés au-dessus d'une cuve où se trouve de l'eau contenant en suspension de *l'argile smectique*, ou *terre à foulon*, qui a la propriété d'absorber les matières grasses. Cet appareil est, en somme, un clapot. Quand l'étoffe a séjourné assez longtemps dans cette sorte de bain, on la rince pour la débarrasser de l'argile chargée d'huile, et on la fait sécher. On pro-

cède ensuite, si c'est nécessaire, à un *épincetage* et à un *rentrayage*, consistant à réparer à la main les défectuosités du tissage, ou les accidents survenus au tissu.

Foulage. — C'est l'opération principale, celle qui va provoquer le feutrage du tissu. La pièce est soumise à la *machine à fouler* (fig. 248). Cette machine se compose d'un ou deux laminoirs C destinés à tirer l'étoffe, de deux *joues* en bronze *t*, ou pièces taillées en biseau, pouvant se rapprocher plus ou moins, et d'une sorte de caisse, appelée *chambre*, située en arrière, et fermée par un couvercle que maintient un très fort ressort. Le tout est situé au-dessus d'une auge B dans laquelle est contenue de l'eau de savon.

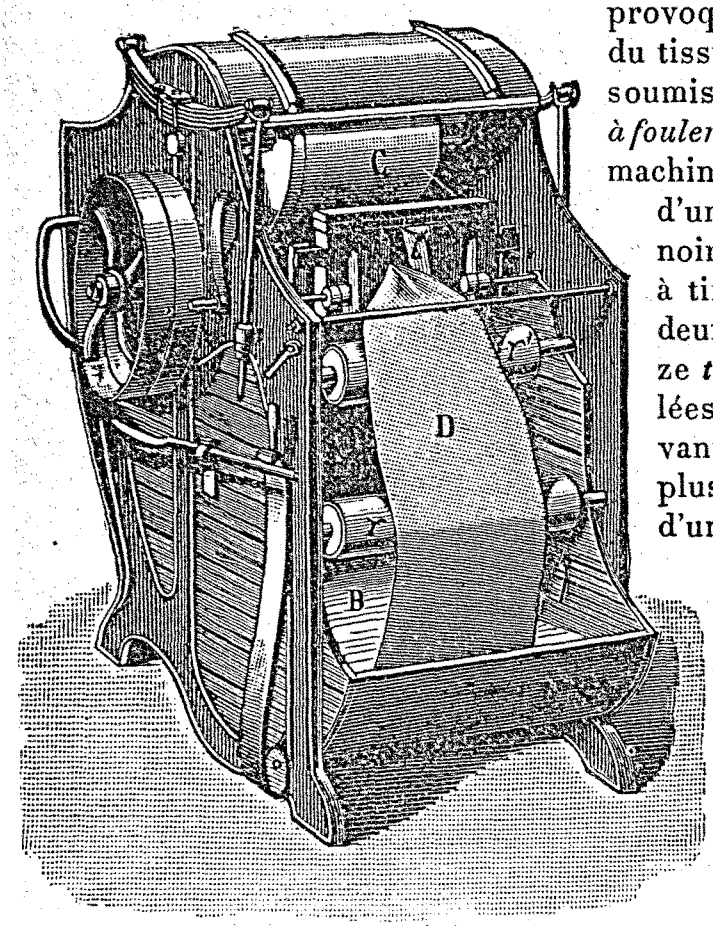


Fig. 248. — Machine à fouler.

La pièce D, cousue en toile sans fin et guidée par les rouleaux *r*, est engagée entre les cylindres C, les joues de bronze, passe par la chambre et dans le bain. Quand l'appareil est en marche, les cylindres la tirent; elle se présente entre les deux joues, où elle est fortement comprimée dans le sens de la largeur; les fibres se resserrent, se pénètrent, s'accrochent, en un mot se *feutrent* : c'est

le foulage en largeur. La pièce est amenée dans la chambre, s'y accumule, s'y comprime elle-même dans le sens de la longueur, ce qui produit un feutrage dans un autre sens : c'est le foulage en longueur. Quand l'entassement est tel que la poussée peut vaincre la résistance du ressort, le couvercle se soulève, laisse échapper une partie de l'étoffe, mais bientôt le ressort le rabat, et une nouvelle portion de l'étoffe est comprimée à son tour. Comme la pièce forme une toile sans fin, toutes ses parties passent à plusieurs reprises entre les joues *t* rapprochées chaque fois davantage, ainsi que dans la chambre. L'eau de savon fait glisser les fibres, et les ramollit, grâce à un commencement de dissolution dans l'alcali. La pièce perd jusqu'au tiers de sa longueur et de sa largeur.

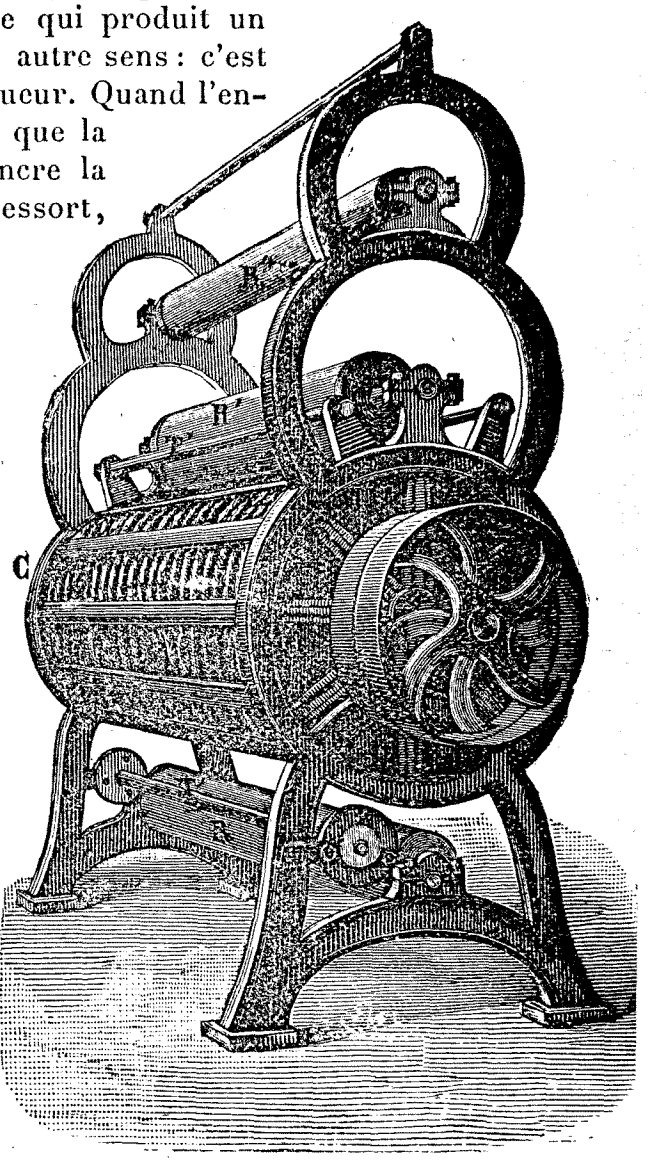


Fig. 249. — Laineuse.

Lainage. — On lave ensuite la pièce pour la débar-

rasser du savon, puis on la porte à la *laineuse* (fig. 249). L'organe essentiel de cette machine est un cylindre C, dont la surface est formée de *cardes* en chardons, ou à fines pointes métalliques. Des rouleaux RR′ forcent le drap tendu par l'action des rouleaux tendeurs TT′ à passer sur les chardons, qui, formant brosse, relèvent les filaments froissés par le foulage, et les couchent tous dans le même sens. Si l'on veut que la laine ait les poils droits, il faut ensuite battre l'étoffe avec des baguettes.

Tondage. — On s'aperçoit alors que les filaments couchés par la laineuse n'ont pas tous la même longueur; pour les égaliser, on fait passer la pièce P à la *tondeuse* CC′, armée d'une lame hélicoïdale tranchante H H, tout en la tendant sur le support AB (fig. 250). Elle retourne ensuite à la laineuse, puis revient à la tondeuse, et ainsi de suite un certain nombre de fois.

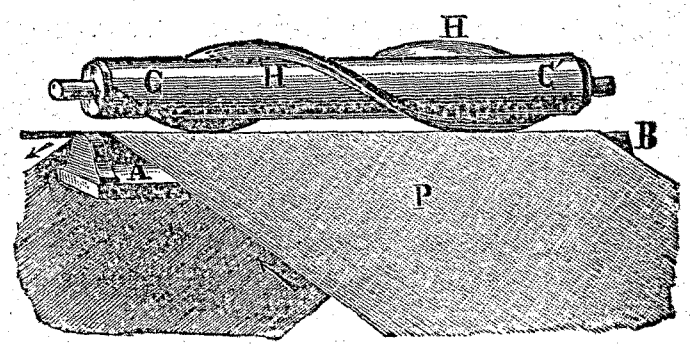


Fig. 250. — Tondeuse.

Lustrage. — On soumet ensuite la pièce de drap ainsi achevée au calandrage; le duvet se couche, tout en prenant du brillant. Souvent ce brillant est exagéré, et donne au tissu l'aspect d'une plaque d'acier poli; on atténue cet éclat en *décatissant* la pièce, c'est-à-dire en faisant passer à travers l'étoffe de la vapeur sèche sous pression.

Les flanelles, molletons, couvertures de laine, sont traités à peu près comme le drap.

On pratique généralement sur les draps une opération qui leur est d'ailleurs commune avec d'autres étoffes, l'*épaillage chimique;* il consiste à soumettre le tissu à certains agents chimiques qui attaquent les matières végétales étrangères, telles que les gratterons, que la

laine, surtout celle de Buenos-Ayres, contient en assez grande quantité.

Les apprêts se font dans toutes les localités où se pratiquent le blanchiment, la teinture et l'impression sur étoffe. Quant à la *draperie*, c'est une industrie à part, qui prépare elle-même son étoffe, c'est-à-dire sa toile de laine, et qui la foule. Nous avons vu quelles sont les localités où elle est florissante. (V. 4e partie, chap. IV.)

CHAPITRE X

Chapellerie.

La *chapellerie* comprend l'ensemble de la fabrication des coiffures pour hommes, de la majeure partie des coiffures pour enfants, et de certains chapeaux de femmes.

Les coiffures pour hommes se divisent en *chapeaux de feutre*, *chapeaux de soie*, *chapeaux mécaniques*, *chapeaux de paille* et *casquettes*. Chacun de ces articles est l'objet d'une fabrication spéciale.

Chapeaux de feutre. — Les chapeaux de feutre se subdivisent en deux sortes : les chapeaux de *feutre de poil*, et les chapeaux de *feutre de laine;* dans chacune de ces sortes, il convient de distinguer les chapeaux *souples* et les chapeaux *durs* ou *impers*.

Nous avons vu que le *feutre* est un tissu formé de fibres ou de brins entremêlés dans tous les sens et accrochés les uns aux autres par les aspérités de leur surface. Lorsque le feutre est bien préparé, il constitue un tissu aussi solide qu'un autre quelconque obtenu par entrelacement, et il n'en est pas moins doué d'une assez grande élasticité. Nous avons vu aussi que la laine de mouton et les autres laines (voir ci-dessus, 4e partie, chapitre I, § II) en raison des petites écailles dont le poil est couvert, sont éminemment propres au feutrage. Les poils des autres animaux peuvent aussi être feutrés, mais moins facilement, car ici, nous avons affaire non plus à des duvets, mais à des jarres, filaments plus lisses et plus rigides; on les emploie cependant, après leur avoir fait

subir une opération qui crée à leur surface des aspérités artificielles.

Les poils les plus employés pour les chapeaux de feutre sont les poils coupés des peaux de lapin domestique, de lapin de garenne et de lièvre; ils sont utilisés séparément, ou mélangés, suivant les qualités et les genres que l'on veut produire. On se sert encore pour certains articles supérieurs des poils de rat-musqué, de rat-gondin, dont les prix sont beaucoup plus élevés, et qu'on mélange la plupart du temps avec les poils ci-dessus énumérés. Le poil de castor, très employé autrefois, est aujourd'hui délaissé à cause de son prix excessif. Pour les chapeaux bon marché, on emploie presque exclusivement la laine.

La première opération que subit la peau est le *secrétage*, qui a pour effet de développer les propriétés feutrantes du poil. On frotte la peau, du côté du poil, avec une brosse préalablement trempée dans une solution d'azotate de mercure. Ce sel, par l'évaporation, cristallise en se fixant sur les poils auxquels il adhère énergiquement, et ce sont ces cristaux anguleux qui constitueront les aspérités nécessaires pour le feutrage. On fait sécher la peau dans des chambres chauffées; on la porte à une *machine à brosser*, où un cylindre, dont la surface est en brosse, redresse les poils, puis à une *machine à couper*, qui sépare la toison en nappe, tandis que le cuir se trouve découpé en lanières fines, qui portent le nom de *vermicelle*.

Les poils *coupés* sont ensuite épurés dans une machine appelée *souffleuse;* cette opération remplace l'ancien *arçonnage*, qui consistait à frapper et à soulever les poils au moyen d'un arc ou *arçon*, manœuvré à la main. Dans la *souffleuse*, les poils sont battus entre des cylindres à palettes tournant avec rapidité; ils sont en même temps soumis à une ventilation énergique et entraînés dans de longues chambres où ils se classent par degré de finesse et de légèreté. C'est aussi dans la soufflеuse qu'on procède, au besoin, au mélange des diverses qualités de poils.

De la machine à souffler, le poil passe à la *bastisseuse*

mécanique. Cette machine, l'une des plus importantes et des plus intéressantes de l'industrie de la chapellerie, a reçu ces dernières années de notables perfectionnements.

Une bastisseuse mécanique (fig. 251) se compose, d'une part, d'une grande caisse circulaire vitrée G, ouverte à la partie supérieure, dans laquelle les poils pénètrent par le canal F, après avoir traversé les cylindres alimentaires diviseurs C, D, E, auxquels les amène une toile sans fin B; d'autre part, d'une cloche conique K,

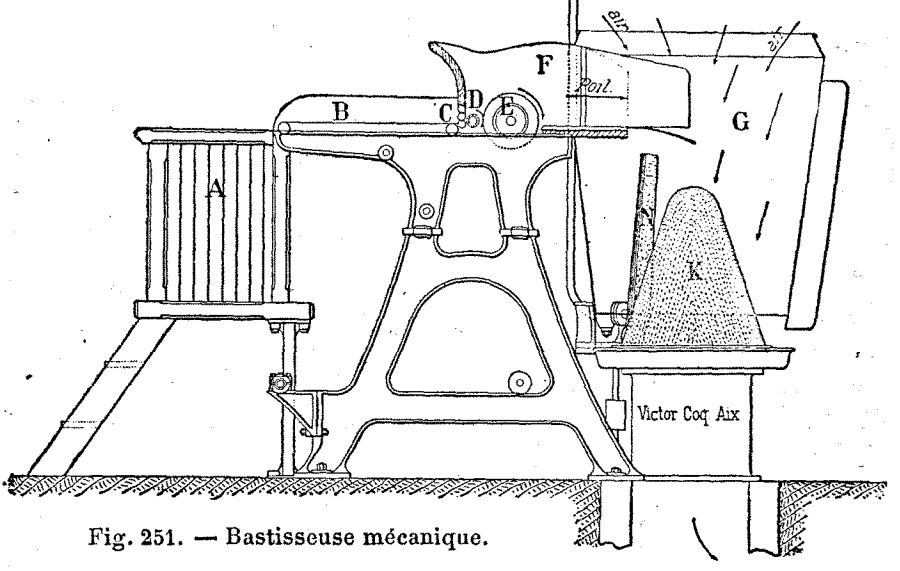


Fig. 251. — Bastisseuse mécanique.

en cuivre, percée de trous, tournant lentement sur son axe, et dans laquelle un ventilateur aspirant entretient un vide relatif. A est un escabeau sur lequel se tient l'ouvrière qui fournit le poil à la machine.

Entraînés par le courant d'air, les poils se dirigent vers la cloche; là ils sont retenus par l'aspiration du ventilateur, et recouvrent la surface de la cloche d'une couche plus ou moins épaisse. Lorsque le *bastissage*, ou cloche de feutre, est formé, il est soumis à l'action d'un jet d'eau chaude, lancé par l'injecteur N, qui lui donne une résistance suffisante pour pouvoir être enlevé tout d'une pièce.

Cependant le tissu n'a encore aucune solidité; il faut

assurer le feutrage ; cette opération se fait successivement dans la *sémousseuse*, qui commence le foulage, puis dans la *fouleuse*, qui a remplacé le *foulage à la main* et le *foulon à marteaux*.

La sémousseuse réalise mécaniquement l'ancien *sémoussage* à la main, dans lequel la cloche de feutre, encore imprégnée d'eau et entourée de flanelle, était roulée et frappée à petits coups sur une table en fonte, chauffée à la vapeur. Les cloches sortant de la semousseuse sont assez consistantes pour subir le foulage définitif dans la *fouleuse*. Cette machine se compose essentiellement de deux rangées de cylindres horizontaux superposés, animés d'un mouvement de rotation autour leur axe et d'un mouvement de va-et-vient suivant cet axe. Pendant le foulage, les cloches travaillées entre les cylindres sont constamment mouillées avec de l'eau acidulée à l'acide sulfurique.

C'est dans la fouleuse que sont ajoutées, vers la fin de l'opération, les teintures destinées à colorer les chapeaux, lorsqu'il s'agit de teintes claires. Dans le cas des teintes foncées, la teinture a lieu à part.

Les cloches foulées subissent ensuite, s'il y a lieu, dans les *dresseuses de foule*, un premier dressage qui est l'ébauche de la forme que doit avoir le chapeau.

Cette opération a lieu dans une série de machines qui forment le fond du chapeau, en abattent les bords, et enfin pressent le feutre.

Puis vient le *ponçage*, qui débarrasse la cloche feutrée des jarres et des poils ressortant à la surface. Les *ponceuses* sont de véritables tours à axe vertical, munies d'un moule porte-chapeau sur lequel la cloche est placée pour subir le frottement de pierres ponces et de papier d'émeri.

Après ces diverses opérations, qui constituent la fabrication proprement dite, vient le travail d'*appropriage*, qui est fait maintenant presque partout mécaniquement, en partie tout au moins. Ce travail comprend : l'introduction dans le feutre de l'*apprêt*, qui est dosé différemment sui-

vant que le chapeau doit être souple ou dur; la *mise en forme;* le *tournurage des bords;* le *passage au fer.*

Pour les chapeaux de qualité supérieure, la *mise en forme* ou *dressage d'appropriage* se fait encore souvent à la main, par des ouvriers spéciaux, dont les uns donnent la *tournure,* et les autres le *brillant.*

Pour les qualités ordinaires, une première mise en forme est effectuée dans des machines à *presser* et à *dresser*, munies de matrices répondant à la forme choisie. Au dressage succède la mise en *tournure,* qui donne au chapeau sa forme et son aspect définitifs. Cette opération délicate est encore souvent effectuée aujourd'hui à la main, par d'habiles spécialistes *tournuriers.* Elle se fait aussi mécaniquement dans des *tournurières*, analogues à la dresseuse dont il sera question ci-après (fig. 252); ces machines permettent même de réaliser la mise en tournure sans passer par le *dressage d'appropriage.*

Le *passage au fer*, qui vient après la mise en tournure, donne au chapeau son lustre définitif. Il se fait à la main ou à la machine.

Quand le chapeau est entièrement fabriqué, il est livré soit à l'ouvrière garnisseuse, qui le *borde* à la main ou à la machine, pose le *bourdaloue*, la *coiffe* et le *cuir,* soit à la modiste, qui le décore à la mode du jour.

Les chapeaux de feutre uniquement en laine sont faits, soit avec des laines d'agneau, soit avec les déchets de peignage des autres laines. Autrefois le chapeau de laine, porté surtout dans les campagnes, était, comme le chapeau de feutre, fabriqué de toutes pièces par la main du chapelier. Aujourd'hui on le fait partout mécaniquement. La laine est lavée, puis séchée à l'aide de machines spéciales. Les matières végétales sont carbonisées ou extraites par la machine à *égratonner.* Puis le *loup* prépare la laine au cardage; cette dernière passe successivement dans deux cardes qui en font un double cône, formant deux bastissages que l'on sépare, et qui à partir de ce moment sont traités comme les bastissages de poil.

Chapeaux de soie. — Le chapeau de soie ordinaire, dit *haut-de-forme*, est formé d'une carcasse recouverte de peluche, et d'un bord, garni de peluche en dessus et de

mérinos en dessous. La carcasse, appelée *galette*, et le bord sont en toile gommée.

Le travail du chapelier consiste donc d'abord à confectionner la galette. On la façonne en plaçant sur une forme en bois la coiffe, puis des bandelettes de toile apprêtée, enduites de gomme laque. Pour la recouvrir, on prend un morceau de peluche de la dimension voulue; on l'applique sur le pourtour de la galette placée sur la forme; on la force à en épouser les contours par le passage d'un fer chaud qui provoque la fusion de la gomme ou de la dextrine, et l'amène à unir les deux surfaces en contact. Les bords du raccord, garnis aussi d'un peu de gomme, sont ajustés avec soin et repassés de façon que la ligne de jonction ne soit pas apparente. La peluche qui couvre le fond du chapeau, et celle qui couvre le bord ainsi que le mérinos qui en garnit le dessous sont appliquées de la même manière. On rend la peluche brillante en la mouillant légèrement et en la repassant plusieurs fois au fer chaud, puis en appliquant sur elle un morceau de flanelle pendant qu'on fait tourner le chapeau à l'aide d'un tour.

Les bords sont ensuite mis en tournure à la main par des ouvriers qui sont de véritables artistes. Quant au garnissage, il est fait comme pour les chapeaux de feutre.

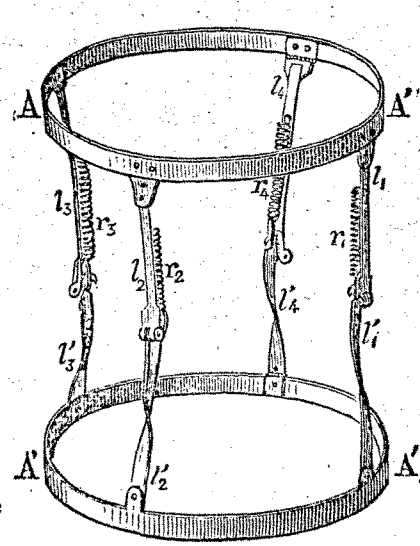


Fig. 251 *bis* — Carcasse de gibus.

Le chapeau mécanique, dit Gibus, du nom de son inventeur, se compose de deux parties distinctes: la monture (fig. 251 *bis*) formée de deux lames circulaires en acier AA', $A_1A'_1$, réunies par des lames $l_1l'_1, l_2l'_2, \ldots$ munies de ressorts $r_1, r_2, \ldots$ permettant de les maintenir à volonté rapprochées ou écartées l'une de l'autre, et par conséquent de fermer ou d'ouvrir le chapeau; la carcasse, composée du fond et des bords. Il est couvert, non avec de la peluche, mais avec du satin, de la faille ou du

mérinos. Le bord et le fond sont en toile gommée, et le tissu s'a applique comme la peluche sur le bord et le fond du chapeau de soie. Quant au tissu qui forme le flanc, il est monté à la main sur la charpente constituée par les ressorts et les lames qui les relient; les pièces en sont cousues à l'aiguille.

La mise en tournure des bords et le garnissage se font comme pour le chapeau de soie. Toutefois le cuir est remplacé par une bande de soie.

Chapeaux de paille. — Une première catégorie de chapeaux de paille est constituée par les chapeaux *cousus* et par les chapeaux *remmaillés*. La matière première de ces chapeaux (paille proprement dite, copeaux de bois ou de chanvre, etc.,) est d'abord *tressée*, c'est-à-dire que les brins sont entrelacés de manière à former des *tresses*. Ce tissu est caractérisé par ce fait que tous les brins vont dans le même sens, entrelacés côte à côte.

Ces chapeaux sont faits de deux façons différentes. Les uns, les plus communs, sont composés de petites tresses en forme de rubans, enroulées autour d'une forme et cousues ensemble. Ces tresses sont faites à la main dans les campagnes, mais il existe des ateliers où elles sont fabriquées avec une machine spéciale. La couture est terminée soit à la main, soit avec une machine à coudre analogue à celle des tailleuses. Dans certains chapeaux plus soignés, la couture ordinaire est remplacée par le *remmaillage*, qui consiste à engrener les bords d'une tresse formant un rang dans les bords du rang déjà en place, et à faire courir un fil léger sous les brins de paille le long de la ligne d'engrenage; la couture est ainsi rendue invisible.

D'autres chapeaux sont faits d'une seule pièce dont le point de départ est le sommet de la forme. Un certain nombre de brins rayonnent de ce point, on les entrelace, et, au fur et à mesure qu'on s'écarte du point central, on ajoute de nouveaux brins. Les chapeaux tressés d'une pièce comprennent d'une part les chapeaux fabriqués en France (région de Nancy) avec la fibre de latanier, du palmier de Cuba, ou la fibre de Panama, et, d'autre part

les chapeaux exotiques que l'on reçoit sous forme de cloche, et qui sont dressés et garnis en France : chapeaux de rotin de Java, chapeaux de Manille, chapeaux de Yokohama, chapeaux de Panama.

Quel que soit d'ailleurs leur mode de fabrication, les chapeaux de paille doivent passer au *dressage* ou *apprêt*. On imprègne la paille de colle, de gélatine, de gomme ou de vernis ; on l'applique sur la forme, et par des *repassages* répétés, au fer chaud, on lui donne la *coupe* qu'il doit avoir. Il existe des *dresseuses* mécaniques. La figure 252 représente la machine de MM. Mathias et Legat ; elle se compose essentiellement d'une forme métallique F chauffée à la vapeur, dans laquelle vient se placer le chapeau, et sur laquelle se rabat un couvercle creux C, fermé à sa partie inférieure par une plaque de caoutchouc. Un système de conduits permet

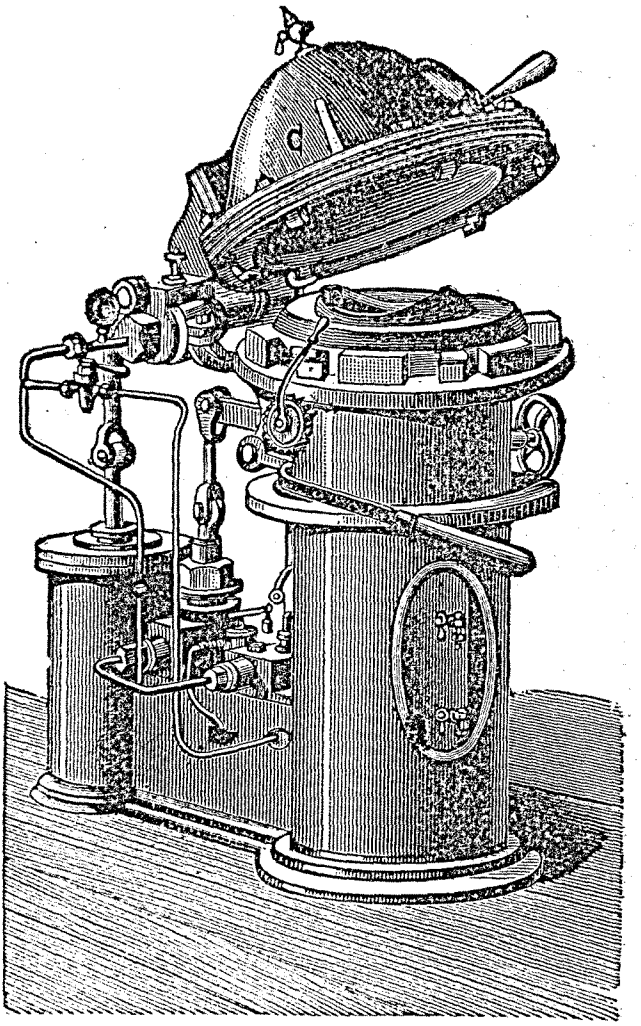


Fig. 252. — Dresseuse Mathias et Legat, pour chapeaux de paille.

d'amener dans l'intérieur de ce couvercle de l'eau chaude à haute pression. Le couvercle étant rabattu sur le chapeau, la pression de l'eau chaude applique le caoutchouc sur le chapeau et le force à épouser les contours de la forme. Le *dressage* est ainsi effectué. Le plus ordinairement, avant tout dressage, on soumet les chapeaux à un *blanchiment* à l'anhydride sulfureux. Quelques chapeaux sont teints ensuite, dans des bains préparés comme s'il s'agissait de teindre du lin ou du coton. Le chapeau apprêté reçoit ordinairement un vernis transparent au pinceau, puis passe entre les mains de la garnisseuse ou de la modiste pour recevoir les *garnitures*.

Casquettes. — Les *casquettes*, auxquelles on peut joindre les képis, sont des coiffures qui n'ont pas de bord, mais une simple *visière* au-devant. Elles sont faites en majeure partie avec des tissus coupés sur *patrons*, assemblés sur forme, et cousus à la main ou à la machine. On emploie aussi des fourrures et en première ligne des peaux de lapin teintes et lustrées. On les repasse au fer sur la forme pour leur donner leur dernière façon ; comme garnitures, elles ne reçoivent que la visière, en cuir ou en carton, recouverte ou non, et une coiffe ; quelques-unes cependant reçoivent à l'intérieur un bord en cuir.

L'industrie de la chapellerie a toujours eu une grande extension en France. Pour beaucoup de genres, c'est la France qui fixe la mode.

Les principaux centres de fabrication pour les chapeaux de feutre sont : Paris, Chazelles-sur-Lyon, Bourg-de-Péage, Romans, Grigny, Givors, Montélimar, Anduze, Aix, Albi, Toulouse, Chambon, Camps, Espéraza, Quillan, Bort, Nogent-le-Rotrou, Fontenay-le-Comte.

Les chapeaux de soie se font à Paris, Essonnes, Argenteuil, Yvetot, Dijon, Lyon, Nîmes.

Les chapeaux de paille sont fabriqués à Paris, Nancy, Epinal, Lunéville, Lyon, Saint-Symphorien-sur-Coise, Grenoble, Septfonds, Caussade.

Enfin, on fabrique la casquette un peu partout, mais surtout à Paris, puis à Rouen, Bernay, Charleval (Eure), Lille, Dijon, Limoges, Épernay.

CHAPITRE XI

Cordonnerie.

La *cordonnerie* est l'industrie qui s'occupe de la confection des chaussures, c'est-à-dire des souliers, des bottines et des bottes.

Une chaussure se compose essentiellement de trois parties : la *tige* ou *empeigne*, partie de dessus, la *semelle*, partie de dessous, et le *talon*, annexe de la semelle.

La tige est faite avec des cuirs souples, peu épais, fins, tels que le cuir de veau, de vache, de chèvre, ou de mouton; ce cuir est verni souvent; on le remplace parfois, en tout ou en partie, par du drap.

La semelle et le talon sont faits avec des cuirs épais et forts, tels que le cuir de bœuf et de vache.

L'intérieur de la tige est garni d'une *doublure*, en cuir fin et mou, ou en toile. A l'arrière, entre la tige et la doublure, se place le *contrefort* destiné à assurer le pied; il est en cuir dans les bonnes chaussures, en carton dans les autres.

Les tiges d'une dimension déterminée sont faites d'avance. Les pièces dont elles se composent sont découpées dans les peaux, à l'aide de *patrons* en zinc affectant la forme que chacune doit avoir. Elles sont ensuite livrées, avec les doublures, à des ouvrières appelées *piqueuses de bottines,* qui les cousent et les assemblent à la machine à coudre ordinaire. En même temps, elles y pratiquent les œillets, y posent les crochets, les boutons, etc., nécessaires pour attacher la chaussure au pied.

Les pièces destinées à former la semelle et le talon sont découpées à l'emporte-pièce dans les peaux convenables. Le semellage se compose de deux semelles; l'une, qui est en dedans, est appelée la *première;* l'autre, qui est en dehors, s'appelle la *seconde*. Entre les deux, et

afin que la semelle épouse la cambrure du pied, on interpose une ou plusieurs pièces de cuir plus petites qui forment le *cambrion*; ce cambrion est souvent formé de débris de cuir ayant déjà servi. Le talon se place par-dessus la *seconde*; il est formé de demi-rondelles de cuir empilées et réunies par des clous sans tête, appelés *chevilles*.

Pour *monter* le soulier, l'ouvrier prend, d'une part, une *forme* en bois, présentant exactement la forme et les dimensions du pied à chausser (fig. 253) et, d'autre part, une tige, et une semelle de cuir préparée pour servir de *première*. Sur la face inférieure de la forme, il fixe la *première*, la bat avec un marteau pour la cambrer sur la forme, et avec un *tranchet* pratique la *gravure*, c'est-à-dire une ligne entaillée tout le long du bord, dans laquelle se fera la première couture. Il applique ensuite la tige sur la face supérieure de la forme, et il place celle-ci entre ses genoux; ensuite, saisissant les bords de la tige avec des pinces, il la tend énergiquement pour obliger le cuir à prendre de suite l'extension dont il est capable et de se cambrer aussi sur la forme; il rabat les bords sur la *première*, et les y assujettit provisoirement à l'aide de pointes

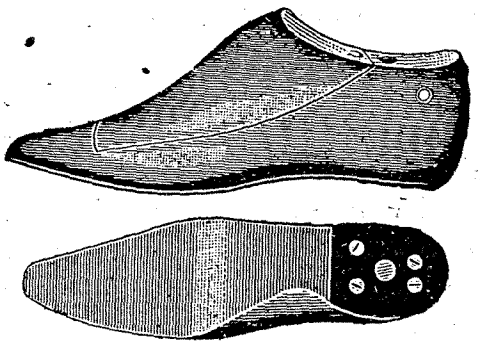


Fig. 253. — Formes de cordonnerie.

Prenant alors une bande étroite (2^{cm} au plus) de cuir souple et non battu, il l'applique tout autour du soulier, sur le bord de la *première*, de manière à prendre entre les deux les bords de la tige et de sa doublure. Cette bande est la *trépointe*. Il coud ensemble ces trois épaisseurs de cuir en suivant la gravure. Il se sert pour cela de fil de chanvre enduit de poix, à l'extrémité duquel se trouve accolée une soie de porc, destinée à servir d'ai-

guille directrice pour l'entrée du fil dans les trous. Ces derniers sont pratiqués à la force du poignet, à l'aide d'un poinçon courbe nommé *alène*. On passe généralement deux fils à la fois dans le même trou, l'un de gauche à droite, l'autre de droite à gauche, et l'on serre fortement en tirant sur ces fils (fig. 254).

L'ouvrier place ensuite le cambrion, puis au-dessus la *seconde*, qui a aussi subi la gravure. Il engage une courroie sans fin, appelée *tire-pied*, au-dessus de la forme supportée par un de ses genoux, pose le pied de la même jambe dans cette courroie et la tient ainsi tendue pour bien assujettir la forme sur sa jambe. Il frappe alors énergiquement toute la semelle, préalablement humectée, pour la forcer à se mouler en quelque sorte sur la forme. Il ne reste qu'à coudre la *seconde*, couture qui se fait comme la précédente, mais en ne prenant cette fois que la trépointe et la *seconde*. Cette dernière couture peut être disposée de deux manières différentes : tantôt elle est faite de façon à être visible en dehors au-dessus de la semelle, laquelle déborde la tige; on dit alors que la couture est à *points marqués;* tantôt elle est en dedans du soulier, ce qui n'est possible que quand on coud à la machine : on dit alors qu'elle est *lisse;* dans le cas de la *lisse collante*, la couture est bien en dehors, mais a été dissimulée par un rabattage du cuir.

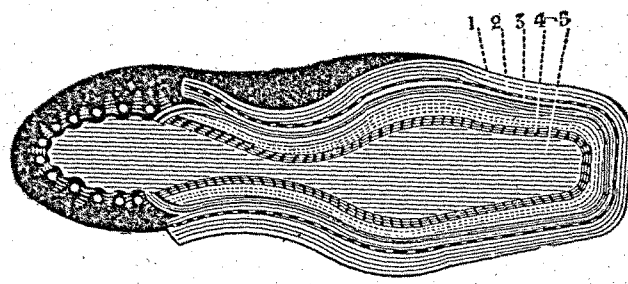


Fig. 254. — Détails du semelage (soulier monté avec la *première* et la trépointe en place) :
1 la trépointe; 2 emplacement de la deuxième couture; 3 le bord, formé par la trépointe, l'empeigne et la doublure réunies sur la gravure de la première semelle; 4 la première couture; 5 la première semelle.

Pour former le talon, l'ouvrier empile les rondelles à ce destinées, rondelles appelées *sous-bouts*, en les

clouant ou les rivant, et en leur donnant leur forme définitive.

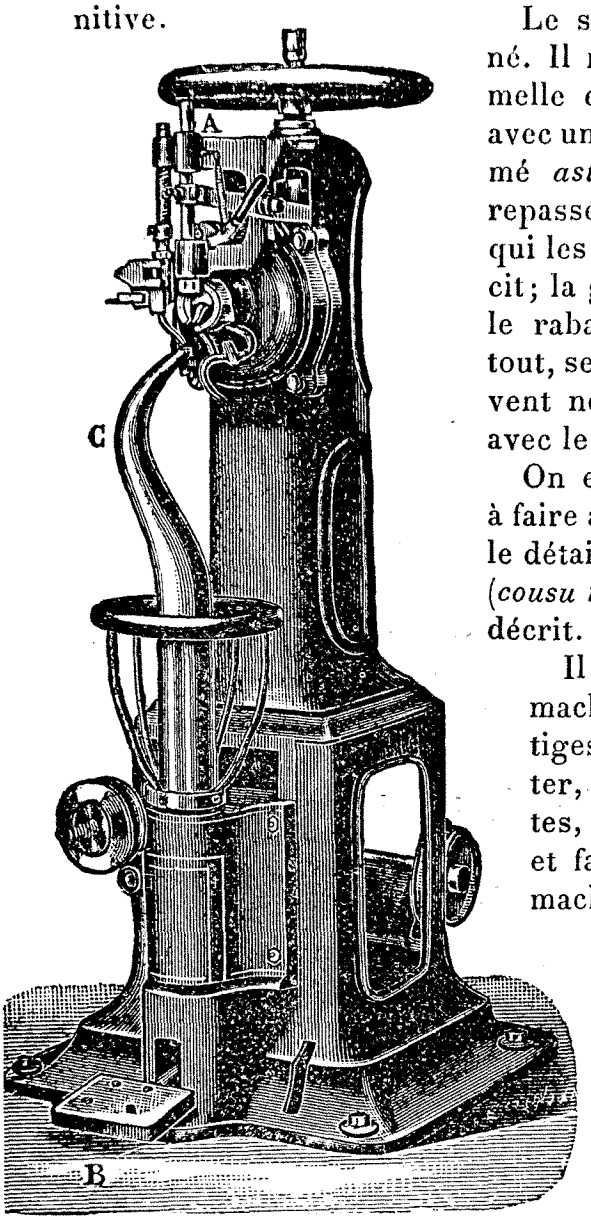


Fig. 255. — Machine à coudre l'"Alliance".

Le soulier est confectionné. Il reste à le *finir*. La semelle est polie en dessous avec un frottoir en bois, nommé *astique;* ses bords sont repassés avec un fer chaud, qui les régularise et les durcit; la gravure est effacée par le rabattage au marteau; le tout, semelle et talon, est souvent noirci et rendu brillant avec le fer chaud.

On est arrivé actuellement à faire avec des machines tout le détail du travail à la main (*cousu main*) qui vient d'être décrit.

Il existe, en dehors des machines à préparer les tiges, des machines à monter, à coudre les trépointes, à brocher les semelles et faire les gravures, des machines à piquer les semelles, à poser les talons, à fraiser les lisses (bord des semelles), à poser et à fraiser les talons, polir les talons et semelles, etc.

Ces machines donnent des résultats absolument parfaits et entièrement comparables à ceux de la fabrication à la main.

Ce nouveau mode de fabrication est appelé le *cousu machine*, ou *cousu Blake*.

Il y a deux sortes de cousu machine : le *cousu ordinaire* et le *cousu à points découverts*.

Le *cousu machine ordinaire* est monté comme le *cloué*

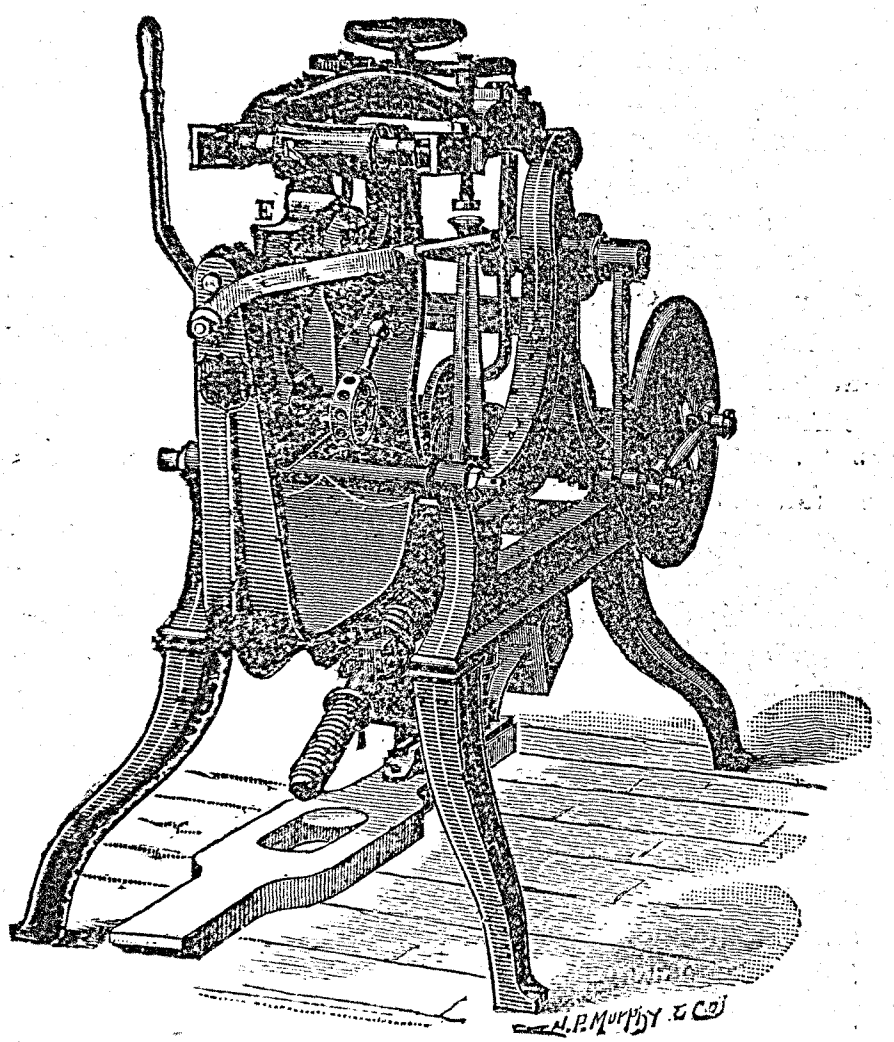


Fig. 256. — Machine à astiquer et à rabattre.

(voir ci-après). Quand la *seconde*, sur le bord de laquelle on fait une gravure, est placée, on sort la forme et, par une couture faite de part en part, à la machine on joint *seconde*, tige et *première*.

Le *cousu points découverts* se fait de deux façons différentes. La première consiste à coudre de part en part, comme pour le cousu ordinaire, la première, la tige, et un entre-deux assez large qui doit servir de trépointe. On remet la forme et on place la seconde que l'on joint à l'entre-deux par une couture à points découverts faite avec une machine spéciale.

Par des artifices de finissage, on peut donner à la fabrication cousu machine l'apparence du vrai travail de double semelle décrit plus haut.

Les figures 255 et 256 représentent deux des machines employées dans la cordonnerie mécanique. La première est une *machine à coudre*, analogue aux machines des couturières, mais beaucoup plus forte, et mue par un moteur mécanique. L'aiguille A est verticale et conduit le fil principal, qui traverse une boîte constamment chauffée, dans laquelle il s'enduit de poix liquide. L'embrayage se fait au moyen d'une pédale B, car on ne laisse mouvoir ni aiguille, ni navette, quand il n'y a pas de chaussure à leur présenter. La colonne montante C sert, par son extrémité, d'appui au soulier, qu'on tient d'autre part à la main, en le faisant tourner pour présenter son pourtour à l'aiguille.

La figure 256 représente une machine servant à la fois à cambrer les semelles et à les astiquer. La forme est supportée dans un étau qui peut prendre toutes les positions désirables sous le rouleau de friction, ce dernier, monté sur des ressorts à pression réglable à volonté, est animé d'un mouvement de va-et-vient qui force la semelle à épouser exactement les sinuosités de la forme.

Une autre catégorie de chaussures comprend celles qui sont *vissées*, *clouées* ou *chevillées bois*. Dans tous ces genres de fabrication, la première et la deuxième semelle sont maintenues ensemble, soit par des vis en cuivre, soit par des clous que l'on fait river sur une forme, soit enfin par des chevilles en bois. La chaussure clouée n'est pas préparée comme le cousu main; le dessous de la forme

est garni de fer; la tige est également rabattue sur la *première* et fixée au moyen de pointes provisoires. La *seconde* placée comme dans le cousu main est clouée avec des chevilles de cuivre qui, prenant en même temps la tige et la *première*, viennent se river sur le fer de la forme.

Dans la machine à clouer (fig. 257), les pointes sont versées en vrac dans le barillet B; elles sont successivement amenées par la glissière G, devant un diviseur qui sépare les pointes une à une et les place devant le chasse-pointe. Celui-ci se déclanche au moment voulu et enfonce la pointe à travers la semelle maintenue par la bigorne *b*. La pointe se rive directement sur la tête de la bigorne, ce travail ayant lieu près le retrait de la forme.

Dans le cas du *vissé* les clous ou chevilles sont remplacés par des vis enfoncées au moyen de machines spéciales.

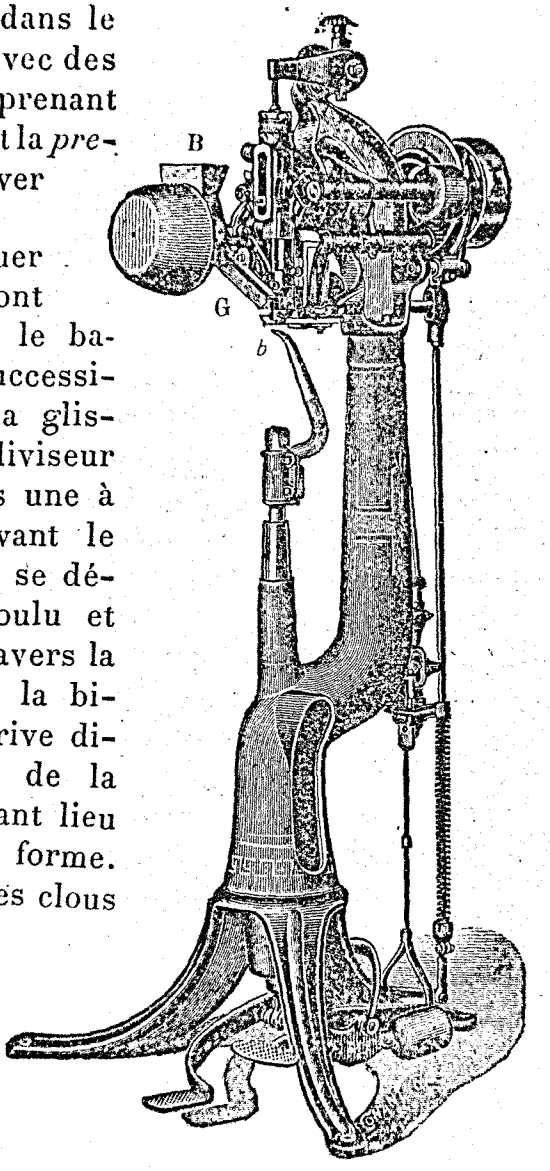


Fig. 257. — Machine à clouer à pointes libres.

La cordonnerie mécanique est localisée dans quelques grands centres, tels que Paris, Amiens, Blois, Bordeaux, Fougères, Limoges, Lyon, Marseille, Rennes, Nancy, Romans.

CHAPITRE XII

Ganterie.

Les *gants* peuvent être en peau, en étoffe, en fils de soie, de laine, de coton. Nous ne nous occuperons que de la fabrication des gants de peau, celle des gants en étoffe se rattachant à l'industrie de la couture, et celle des gants de fil à l'industrie du tricot.

Les peaux employées sont, pour les gants fins, les peaux de chevreau et d'agneau; pour les gants forts, les peaux de chamois, de daim, de chien, de castor. Ces peaux ne sont pas tannées, mais mégies, s'il s'agit de gants fins, et chamoisées, s'il s'agit de gants forts.

En sortant de la mégisserie ou de la chamoiserie, les peaux subissent ordinairement un *palissonnage*, opération qui consiste, comme nous l'avons vu à propos de la fabrication du cuir, à les étirer dans tous les sens, du côté chair, sur le *palisson*. Elles sont ensuite *humectées*, ce qui consiste à les plonger dans un bain d'eau contenant des jaunes d'œufs battus, et à les y piétiner pendant une ou deux heures. Elles vont ensuite à la teinture. On peut les plonger dans le bain, mais, quand il s'agit de couleurs foncées, on ne teint le plus souvent que le côté *fleur;* pour cela, on les étend sur une table et on les frotte avec une brosse imbibée de la matière colorante.

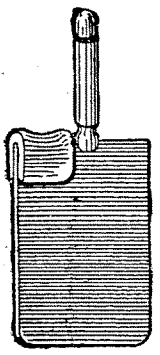


Fig. 258. Dolloir.

Après séchage, on les répartit en lots de diverses qualités, puis, après les avoir humectées de nouveau, on les soumet au *dollage*, l'opération la plus importante de la ganterie. Avec un outil particulier, le *dolloir* (fig. 258), lame rectangulaire tranchante, munie d'un manche dans son prolongement, l'ouvrier, de la main droite, râcle la

peau du côté chair, pendant que, de la main gauche, il l'étire énergiquement dans tous les sens. La peau est ainsi égalisée, amincie, assouplie; elle a subi toute l'extension dont elle est susceptible, ce qui fait qu'à l'usage, les gants risqueront moins de se déformer. Pour les peaux épaisses, le dollage se fait en plusieurs opérations séparées par des humectages.

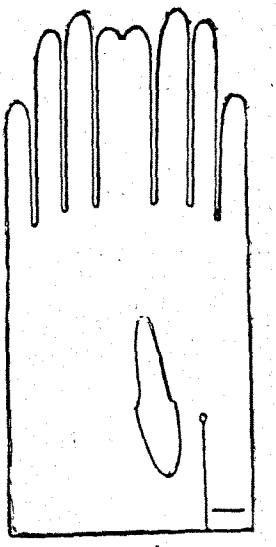


Fig. 259. — Étavillon.

On procède ensuite au *dépeçage*, qui consiste à couper les peaux très légèrement humectées en morceaux de la dimension nécessaire pour faire un gant. Cette opération se fait souvent au moyen d'un emporte-pièce, qui taille plusieurs gants à la fois.

On plie ensuite ces morceaux dans le sens de leur longueur, en deux parties, correspondant au-dessus et au-dessous de la main, et de manière à mettre le côté chair en dedans (*étavillonnage*). On réunit ensemble un certain nombre de ces morceaux doublés; on les empile et on les met sous une presse. On pratique ensuite la *fente*, c'est-à-dire qu'on refend les pièces en quatre du côté où doivent être les doigts, et l'on réserve sur le côté le trou par où doit passer le pouce. La figure 259 montre un étavillon ainsi refendu et déplié.

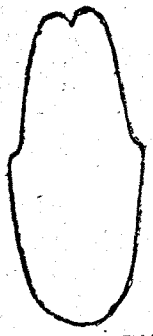


Fig. 260. — Pièce du pouce d'un gant.

On joint aux *étavillons* ainsi préparés des débris de peaux mis antérieurement de côté et découpés de façon à fournir le pouce (fig. 260), ainsi que les *fourchettes*, ou bandes latérales des doigts. Le pouce est dépourvu de fourchettes; l'index et l'auriculaire n'en possèdent que sur leur face intérieure (fig. 261). On envoie le tout à la *couseuse*. Celle-ci assemble les morceaux et achève la couture du gant sur

des machines à coudre spéciales, telles que la *Navette*, la *Surjetteuse*, etc.

Ces machines diffèrent essentiellement des machines à coudre ordinaires, en raison des dispositions qui ont du être prises pour l'entraînement du gant. Cet entraînement s'opère entre deux coupes ou galets à axe vertical, munis à leur circonférence d'un léger molettage. Serré entre les deux coupes, le gant se trouve entraîné de la longueur d'un point à chaque tour de l'arbre de la machine ; le porte-aiguille se meut horizontalement. Le fil est noué à chaque point, ce qui constitue un avantage de plus sur la couture à la main.

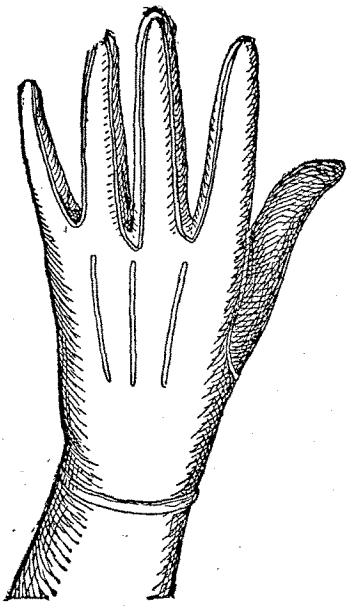


Fig. 261. — Gant présentant toutes les coutures.

Après la couture, vient ce qu'on appelle la *finition* du gant, c'est-à-dire la pose des boutons, agrafes, fermoirs, etc.

Les beaux articles présentent des broderies sur le dessus de la main ; elles sont faites soit avec une machine à broder, comme celle qui sert à broder les dentelles, soit à la main, avec une aiguille dont la pointe est armée d'un crochet qui va chercher à travers la peau le fil présenté par la main de l'ouvrière. Cette aiguille pique la peau perpendiculairement, produisant la même nature de travail que la machine à coudre, le doigt passé dessous remplaçant la navette. Ce travail se fait après la finition du gant.

Il ne reste plus qu'à *dresser* les gants ; à cet effet un ouvrier, après les avoir sondés avec des baguettes spéciales, et vérifié les coutures, les *renforme* et leur donne enfin la forme et leur aspect définitifs (fig. 261).

Les *gants de Suède* ont le côté chair en dehors;

il a été usé à la pierre ponce et enduit d'huile de bouleau.

La ganterie est une industrie très prospère en France; ses principaux centres de production sont Grenoble, Millau, Paris, Saint-Junien, Chaumont, Niort, Lyon.

CHAPITRE XIII

Fabrication des Aiguilles et des Épingles

Bien que les anciens procédés de fabrication des aiguilles et des épingles à la main aient été presque partout remplacés par les procédés mécaniques, nous en dirons cependant quelques mots; la fabrication d'une épingle a été souvent citée comme un des exemples les plus frappants de la division du travail; elle ne comprenait pas en effet moins de dix-huit opérations distinctes; une telle description est de nature à donner une juste idée des modifications que peuvent apporter dans une industrie l'introduction des machines; elle aidera en même temps le lecteur à comprendre la série des opérations de la fabrication mécanique actuelle.

§ I

AIGUILLES

Les aiguilles à coudre sont toutes en acier. On peut employer directement du fil d'acier, ou partir du simple fil de fer qu'on acière ensuite par cémentation. Cette seconde méthode est plus économique que la première. Le fil de fer est soigneusement *calibré*, *dévidé*, puis *coupé* en morceaux d'une longueur égale à celle de deux aiguilles. On procède alors à un *dressage* pratiqué *au banc à dresser*; les fils, préalablement recuits, sont réunis en petits paquets R (fig. 262); ces paquets sont posés sur

une lame de fonte fixe reposant sur le banc T, et entaillée de rainures, dans lesquelles s'engagent les anneaux qui maintiennent les paquets ; une seconde plaque de fonte P (*râpe*), entaillée en dessous comme la première pour faire la place des anneaux, repose sur le paquet; par l'intermédiaire du balancier LL' mu par une pédale A*t*, elle est animée d'un mouvement de va-et-vient qui entraîne le roulement du paquet sur la plaque fixe; les fils sont ainsi redressés. Les brins sont ensuite *dégrossis* et *empointés* des deux bouts à la meule M, (fig. 263); on obtient ainsi les *tronçons*, ou *transons*. Ces derniers sont soumis à l'*estampage* (fig. 264); pressé entre la matrice A et le mouton M, chaque transon prend en son milieu la forme de deux têtes d'aiguille juxtaposées (en *m*); le trou ou *chas* n'est pas encore percé. Ce perçage s'exécute (fig. 265) au moyen d'un poinçon F mû par un balancier PB, à vis VV' ; la figure montre les détails du poinçon à deux pointes et de la matrice *mm'*. Les transons sont ensuite *enfilés* sur de petites broches, de manière à former des faisceaux de brins parallèles et jointifs. Le *limeur*

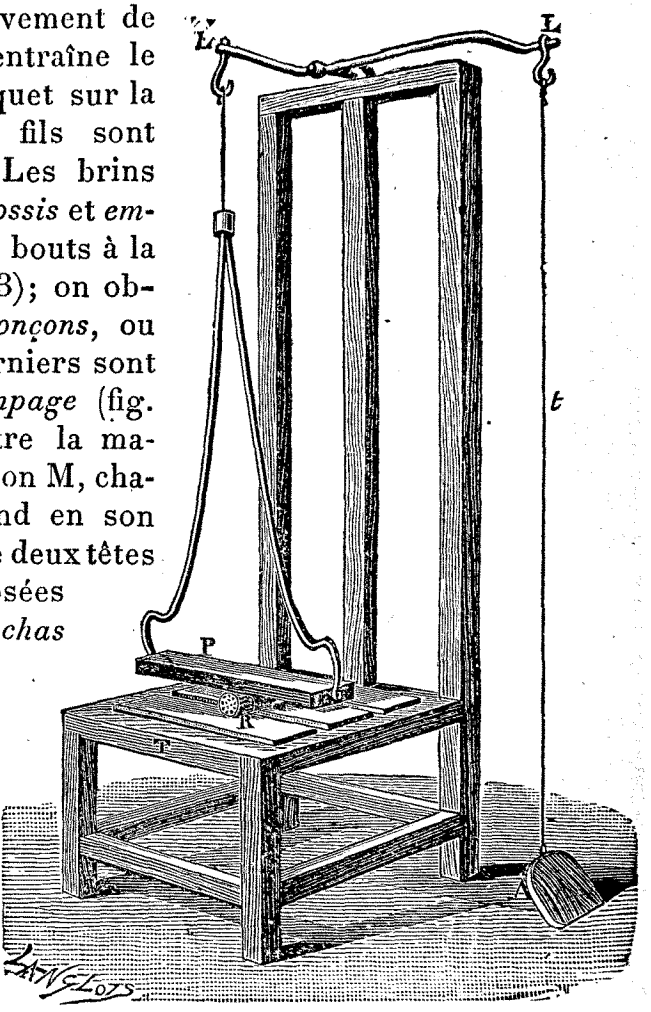


Fig. 262. — Dressage des aiguilles.

enlève les bavures existant autour des têtes, et sépare d'un coup sec les transons en deux parties, chacun d'eux fournissant ainsi deux aiguilles en partie terminées. — Ces dernières sont *cémentées, trempées, recuites*, repassent au *banc à dresser* et sont enfin *polies*.

Pour cela, les aiguilles sont mises, avec de l'émeri et de l'huile d'abord, avec du rouge d'Angleterre ensuite, dans des sacs qui subissent longuement la friction de rouleaux se déplaçant alternativement en sens inverse. Après avoir été *lavées*, puis *bronzées*, elles sont soumises au *drillage*, opération qui consiste à régulariser le chas au moyen d'une petite fraise.

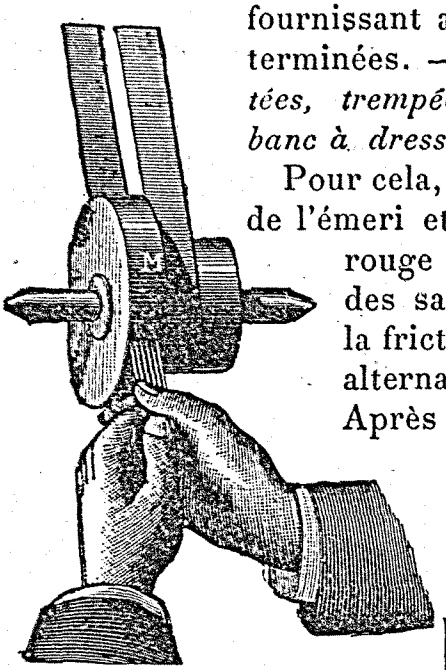


Fig. 263. — Empointage des aiguilles.

Après un dernier *polissage* sur une meule en buffle C (fig. 266) commandée par une courroie *a*, les aiguilles sont mises en paquets, au lieu d'être piquées comme les épingles.

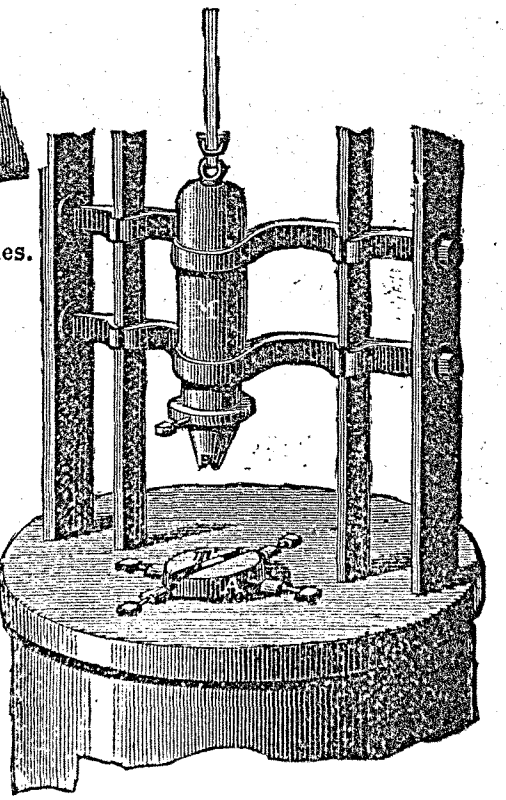


Fig. 264. — Estampage des aiguilles.

Les *aiguilles à tricoter* sont tout simplement des *tronçons*, non dégrossis, ni percés, mais polis au son.

La fabrication mécanique des aiguilles a réalisé, depuis une quinzaine d'années, des progrès considérables. Aujourd'hui les usines françaises emploient des machines nouvelles dans lesquelles le perçage ou l'estampage sont obtenus beaucoup plus rapidement qu'à la main ou au pied.

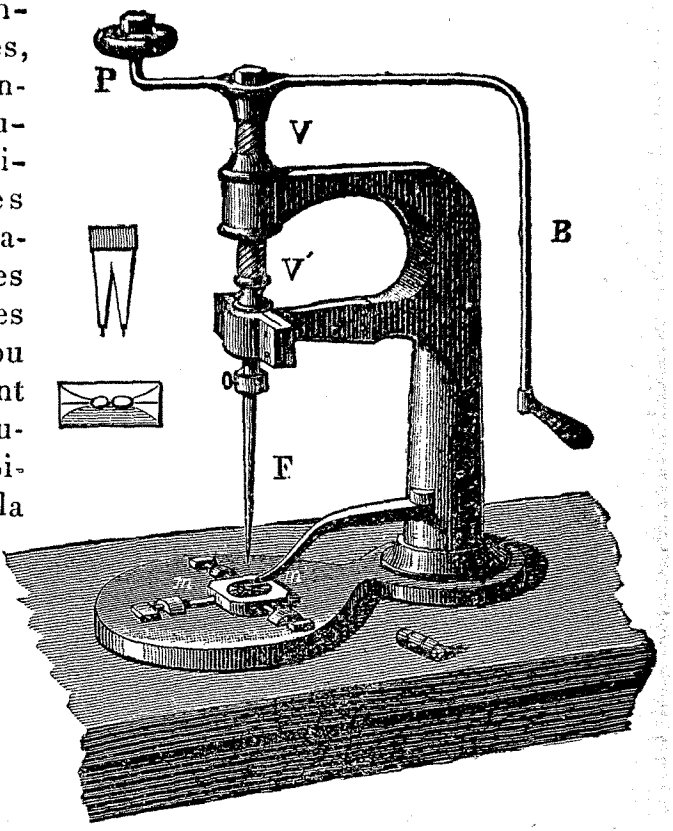


Fig. 265. — Perçage des aiguilles.

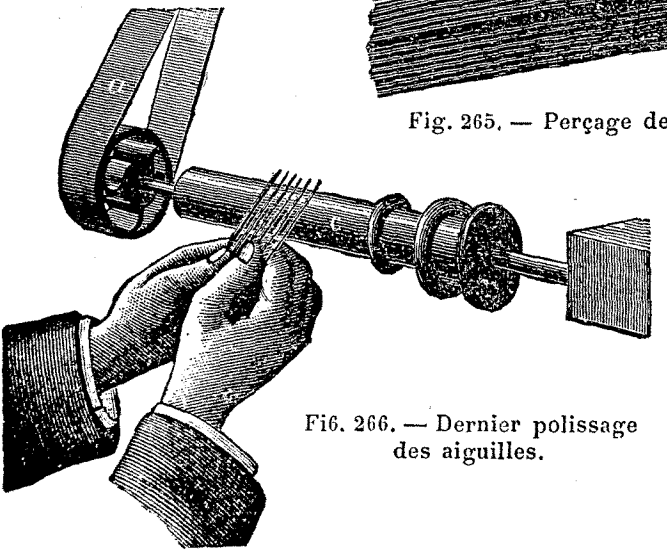


Fig. 266. — Dernier polissage des aiguilles.

§ II

ÉPINGLES

Les *épingles* ordinaires se font en fer, en acier, en métal blanc ou en laiton.

Épingles en fer. — Le fils d'archal destiné à la fabrication des épingles subit d'abord le *dressage*. Cette opé-

ration consiste à le passer à une filière en le tirant droit de toute sa longueur, puis à le couper à la cisaille en *tronçons* (ou *transons*), d'une longueur un peu supérieure à celle de deux épingles.

Les tronçons subissent l'*empointage* ou aiguisage. L'ouvrier prend plusieurs tronçons à la fois et les aiguise des deux bouts sur des meules d'acier dont la surface de circonférence est piquée comme une lime.

On les *découpe* ensuite, c'est-à-dire qu'on divise chaque tronçon en deux *hanses*. Puis on *frappe* la tête. Cette opération est identique à celle qui consiste à confectionner la tête des clous. La hanse est placée entre les deux mâchoires d'un étau, ne laissant dépasser qu'une longueur de fil très réduite ; puis on laisse tomber un *mouton*, dont la matrice présente une petite cavité hémisphérique de la grosseur de la tête à faire ; le bout de fil qui dépasse est ainsi refoulé et forme la tête.

Les épingles vont ensuite par quantités au *polissage*, qui s'opère dans des tonneaux contenant du gros son. Lorsque le tonneau tourne autour de son axe, les épingles, en se frottant entre elles et avec le son, se polissent parfaitement.

On procède ensuite à un *vannage* ordinaire pour séparer le son des épingles.

Enfin, on les *pique* sur les papiers destinés à la vente. Le papier est d'abord percé à l'aide d'un peigne, puis les épingles sont introduites dans les trous.

Les épingles *noires* sont des épingles en fer obtenues comme précédemment et enduites d'un vernis noir.

Épingles en laiton. — Le *dressage*, l'*empointage*, le *découpage* du fil de *laiton* se font comme pour les épingles en fer. La *tête* est formée d'un autre fil plus petit, enroulé en tortillon, et soudé à l'extrémité non empointée de la hanse. Le fil destiné à la tête est d'abord *enroulé* en hélice sur une broche par un petit rouet. L'hélice obtenue est enlevée de la broche, puis *coupée* en portions destinées chacune à faire une tête ; il faut au

moins deux spires de l'hélice pour une tête. Ces portions d'hélice subissent ensuite le *recuit,* qui consiste à les faire rougir en les tenant dans une cuiller en fer, puis à les tremper dans l'eau froide. Le laiton devient plus mou, contrairement à ce qui arrive à la plupart des métaux en pareil cas. Pour mettre la tête en place, l'ouvrier enfile chaque hanse dans une portion d'hélice et place cette hanse dans une rigole creusée sur une enclume; cette rigole loge tout juste l'épingle, mais présente à son extrémité une cavité plus grande pour loger la tête. Un mouton, dont la matrice présente une autre cavité, est abattu sur le tout, et la tête est ainsi fixée à la hanse, les spires de l'hélice bien serrées.

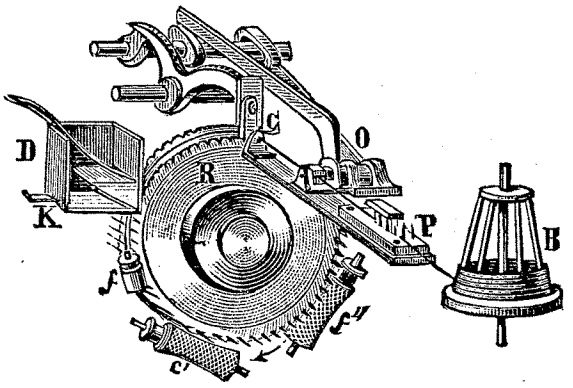


Fig. 267. — Machine à faire les pointes.

La tête une fois *frappée*, l'épingle est faite; on procède au *décapage*; pour cela, on fait bouillir les épingles dans une solution de crème de tartre.

On les *étame* ensuite. On les place, à cette fin, dans des bassines plates en étain qu'on empile dans des chaudières contenant une dissolution identique à la précédente. Il se dépose, à leur surface, de l'étain emprunté aux bassines mêmes. On les lave ensuite à l'eau.

Le *polissage*, le *vannage*, le *piquage* sont faits comme s'il s'agissait d'épingles en fer.

Épingles en acier. — La fabrication des épingles en acier est analogue à celle des aiguilles, à l'exception du façonnage de la *tête* qui n'est plus le même; pour obtenir cette dernière, on détrempe le côté non effilé du tronçon, puis on le refoule à l'aide de la machine à faire les têtes (fig. 268).

La tête des épingles en acier est parfois en verre, la formation de cette tête est effectuée de la façon suivante. La hanse, une fois préparée, est remise à une ouvrière qui la prend de la main droite. De l'autre main, elle tient un bâton de verre dont elle présente l'extrémité à la flamme d'un chalumeau. Lorsque le verre est fondu, elle appuie contre lui l'extrémité non pointue de la hanse, détache une goutte de verre et, faisant tourner l'objet, obtient une boule. En manœuvrant la hanse de diverses manières, elle peut, au lieu d'une boule, obtenir un oiseau, une fleur, etc.

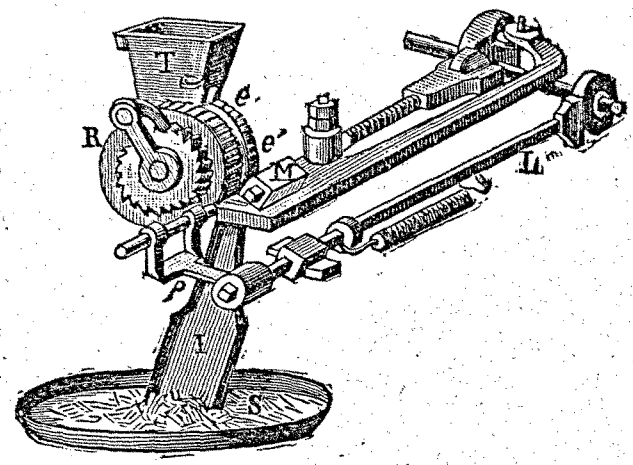


Fig. 268. — Machine à faire les têtes.

Fabrication mécanique. — Presque toutes les épingles, nous l'avons dit, sont aujourd'hui fabriquées mécaniquement.

Le fil de fer, de laiton ou d'acier, une fois au diamètre voulu, est enroulé sur une bobine et placé en B sur la *machine à faire les pointes* (fig. 267), machine qui le dresse, le coupe en *tronçons* de la longueur que doivent avoir les épingles, et fait leur pointe. En quittant la bobine B, il est engagé entre huit clous placés en P, de façon à les contourner tous. En O se trouve une sorte de mâchoire, animée d'un mouvement alternatif d'avance et de recul; elle s'ouvre, et saisit le bout du fil en se refermant; puis, dans son mouvement de recul, elle l'entraîne, le dévidant de la bobine, et vient l'amener dans des cannelures creusées sur le pourtour de deux roues parallèles R, lesquelles cannelures sont en prolongement l'une de l'autre. Là, un ciseau C, mû par une came,

le coupe, et en fait un tronçon qui reste engagé dans les cannelures. La mâchoire avance et va chercher une autre longueur de fil qu'elle amène de même, et ainsi de suite; si bien que les roues se trouvent garnies sur leur pourtour de ces tronçons maintenus en place par un frein circulaire. En tournant, les roues présentent les tronçons aux fraises en acier *f*, *f'*, *f''* qui les appointent. Les tronçons sont ensuite laissés au passage dans la boîte D, d'où on les tire par la lame K.

La tête est formée par refoulement. A cet effet, les tronçons sont versés dans la trémie sans fond T, d'une autre machine : la *machine à faire les têtes* (fig. 268). De cette trémie, ils tombent dans les encoches périphériques *ee'* de deux roues parallèles R, qui viennent les présenter au marteau M. Un levier L, mû d'un mouvement alternatif, commande une pince ou mâchoire qui prend le tronçon, et la pièce *p* qui en saisit la pointe. A ce moment, le marteau, qui est aussi animé d'un mouvement alternatif, frappe l'extrémité non appointée, la comprime entre la pince et la cavité qu'il présente sur sa panne, ce qui forme la tête. La pince s'ouvre et les épingles terminées tombent par le plan incliné I dans la sébile S.

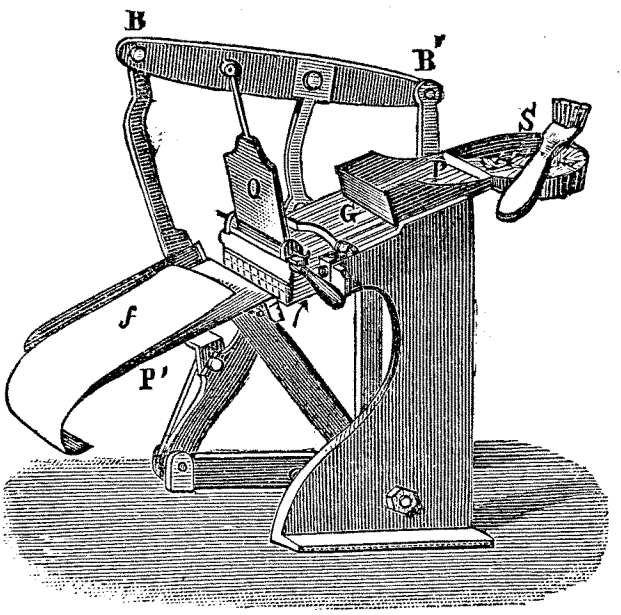


Fig. 269. — Machine à bouter.

Aujourd'hui on emploie même, pour faire les épingles

en acier ou en laiton, des machines encore plus perfectionnées, réunissant tous les organes ci-dessus décrits, et dans le détail desquelles il nous est impossible d'entrer. Ces machines font tout à la fois la tête et la pointe; le fil métallique est enroulé sur une bobine à l'entrée de la machine, dont les épingles sortent entièrement fabriquées.

Il reste seulement, avant de les livrer à la consommation, à les étamer ou à les nickeler.

La mise en carte se fait aussi mécaniquement à l'aide de la *machine à bouter* (fig. 269). Les épingles sont placées dans la sébile S, d'où l'ouvrier les pousse sur le plan incliné PG, percé de fentes longitudinales, comme un gril. Ces fentes laissent passer le corps de l'épingle, mais non la tête, de sorte qu'elles sont suspendues au travers, la pointe en bas. Elles se présentent ainsi par rangées, à l'extrémité inférieure du gril, sous une pièce Q qui s'abaisse et se soulève par le jeu du balancier BB'. Elles se trouvent alors au-dessus d'une feuille de papier *f*, qu'un autre ouvrier a fait glisser sur la plate-forme P'. Cette feuille de papier se trouve rabattue et plissée de deux plis entre la plate-forme et le bord du gril. La pièce Q, descendant alors, pousse la rangée d'épingles par la tête, les fait sortir du gril et entrer dans le papier.

Les épingles *à chapeau* ont aussi quelquefois des têtes métalliques, mais ce sont des sortes de boules, percées d'avance, qu'on ajoute sur la hanse, et qu'on assujettit aussi d'un coup de mouton.

Les *épingles à cheveux* sont en fer ou en laiton. Le dressage et l'empointage s'en font comme pour les épingles ordinaires en fer. Mais on s'arrête là; on se borne à plier les *tronçons* en deux : l'épingle est faite. Si elle est en laiton, on procède de suite au *polissage*, puis au *vannage* et au *piquage* ; si elle est en fer, elle subit généralement un *vernissage*. Toutes les épingles sont suspendues à cheval sur un fil sans fin, présentant des aspérités qui maintiennent ces épingles séparées. Le fil étant mis en mouvement toutes les épingles passent successivement dans un bain de vernis,

puis dans un tuyau en fonte, chauffé à 200°, où le vernis est cuit et séché au passage. A sa sortie de ce tuyau, chacune d'elles est projetée hors de sa place par une courroie tournant à une vitesse déterminée. Le piquage se fait ensuite, mais ces épingles sont souvent livrées en boîtes sans être encartées.

Les *épingles de nourrice*, ou *épingles anglaises*, ou *fibules*, sont des épingles à deux branches, articulées ou formant ressort. L'une des branches est pointue; elle est introduite dans l'étoffe et sa pointe est engagée dans un crochet en retrait que présente l'autre branche; la pression du ressort assure la solidité de la fermeture; le crochet protège la pointe, qui ne peut ainsi occasionner de piqûres.

L'industrie des aiguilles et des épingles est assez peu importante en France, et en tout cas très localisée. C'est d'Allemagne, et surtout d'Angleterre, que nous vient la plus grande quantité des épingles et des aiguilles importées. Depuis quelques années, la France commence cependant à exporter ses produits. Mentionnons chez nous les usines de Laigle (Orne) et Saint-Sulpice-sur-Rille (Orne), pour les aiguilles et les épingles ; Rugles (Eure), pour les épingles; Lyon, pour les épingles d'acier avec tête de verre.

CHAPITRE XIV

Fabrication des Boutons

La fabrication des *boutons* pour vêtements est une industrie d'une assez grande importance. Elle utilise des matières différentes, principalement le bois, l'os, la corne, le verre, le feldspath, le cuivre, le fer, le celluloïd, le papier, la nacre, le corozo; le corozo est un fruit analogue à celui du cocotier, et dont la pulpe durcit, devenant semblable à de l'ivoire, ce qui l'a fait surnommer l'*ivoire végétal*.

Les procédés employés dans cette fabrication varient surtout suivant la nature de la matière première. Les boutons sont faits à *trous* ou *à queue*, suivant l'usage auquel on les destine.

Boutons à trous. — Les boutons percés, en *bois*, en

os, en *corozo* et en *nacre*, sont tous faits au tour. La matière employée est d'abord débitée en plaquettes un peu plus épaisses qu'un bouton. Puis l'ouvrier, tenant ces plaquettes à la main, les présente verticalement à la mèche *o* d'un tour, qui opère dans ce cas, à la façon d'un vilebrequin (fig. 270), en les appuyant contre la poupée de contre-pointe, en *p*. La mèche présente les dentelures nécessaires pour moulurer, excaver, percer d'un trou la surface supérieure du bouton; une autre mèche façonne de même le dessous du bouton. S'il doit y avoir plus d'un trou, le bouton est en outre présenté en S à une machine à percer, dans laquelle se meuvent séparément autant de petites tarières distinctes *o*, *o'*, *o''*, *o'''* qu'il y a de trous à percer (fig. 271). Quand le bouton est ainsi confectionné, l'ouvrier le fait sauter d'un petit coup sec, et présente un autre point de la plaquette à la première mèche. Les boutons ainsi obtenus sont encore bruts : il faut les polir et les teindre s'il y a lieu. Le polissage se fait à la main (articles supérieurs), ou au tonneau (articles courants). Dans le polissage à la main, chaque

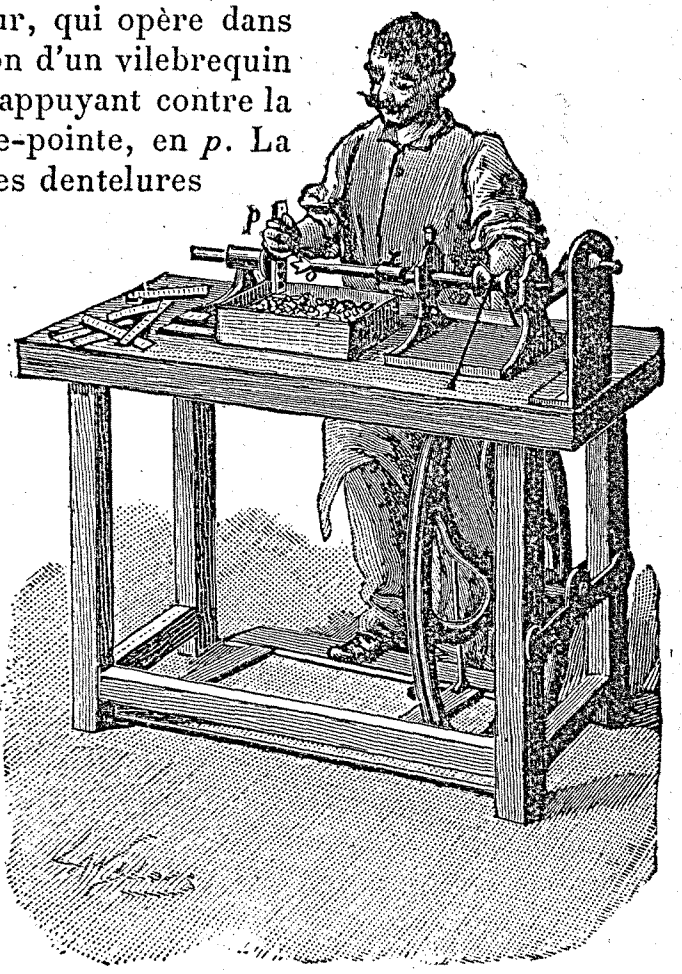


Fig. 270. — Confection des boutons à trous.

bouton est placé à tour de rôle dans un mandrin de tour, en bois, présentant une cavité où peut s'encastrer le bouton, sans y être cependant complètement enfoncé. Pendant que le mandrin tourne, l'ouvrier appuie sur le bouton son pouce enveloppé d'un linge qu'il a enduit d'une pâte composée de blanc d'Espagne et de savon.

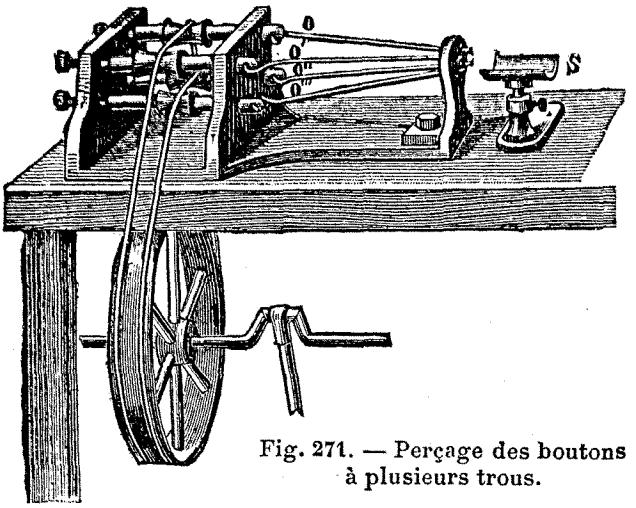


Fig. 271. — Perçage des boutons à plusieurs trous.

Le polissage au tonneau est effectué comme pour les épingles (voir ci-dessus, 4e partie, chapitre XIII, § II. Le son est simplement remplacé par des matières à polir diverses.

Les boutons en *corne* sont faits par moulage sous pression. La corne est mouillée dans l'eau bouillante, après avoir été divisée en plaquettes; chaque plaquette est présentée au tour qui découpe des *rondelles* ou *flans* de la dimension qu'on veut obtenir. Ces flans, bruts ou teints, sont ensuite soumis au moulage. A cet effet on se sert de sortes de matrices dites *cuvettes*, au fond desquelles on dépose les flans. Les cuvettes sont disposées sur des tables chauffées, pour donner aux flans la malléabilité nécessaire. Le moulage se fait par pression à la main. Le bouton ainsi obtenu est ensuite percé et poli.

Les boutons céramiques, dits *en porcelaine*, sont faits par moulage sous pression d'une pâte composée de feldspath, d'oxyde d'étain ou de plomb, de phosphate de calcium et de borax. On pétrit ces matières avec du lait pour obtenir la plasticité nécessaire, puis on

soumet la pâte à une presse hydraulique actionnant des moules-matrices qui, emprisonnant de la pâte entre leurs deux moitiés, confectionnent au moment de leur compression les boutons tous percés. Ces derniers sont mis sur des plaques et portés au four pour y subir une cuisson qui les vitrifie. Les plus petits sont seulement déposés sur une feuille de papier comme des biscuits; cette feuille est portée sur une tôle rougie au feu, qui brûle le papier, laissant les boutons tout placés à sa surface, et qu'on porte directement au four. Comme on le voit, ces boutons ne sont pas en porcelaine, mais plutôt en une espèce de verre.

Les boutons de métal pour pantalons, généralement percés de quatre trous, sont fabriqués en cuivre, en zinc, en tôle; le dessus et le dessous sont formés mécaniquement.

Boutons à queue. — Les boutons de métal à queue sont de genres très variés. Ils sont composés d'une seule pièce (boutons massifs) ou de plusieurs pièces réunies. On obtient les boutons massifs d'un seul coup, par l'action de moutons emporte-pièce sur une planche du métal employé. Ils en sortent façonnés; il ne reste qu'à souder la queue formée d'un fil métallique courbé en anneau, en coulant de l'étain dans le creux où elle est implantée. Ils peuvent être dorés, argentés, etc. Ils peuvent aussi être peints ou émaillés.

Les boutons céramiques de formes diverses, sphériques ou ovoïdes, sont pourvus d'une queue métallique formant anneau, dont l'adaptation donne lieu à des opérations aussi ingénieuses que variées, dans le détail desquelles nous ne saurions entrer.

Les boutons en plusieurs pièces se composent de deux parties principales : le dessus, ou *coquille*, et le dessous, ou *culot;* ils sont formés par emboutissage, d'un coup de mouton, qui produit les dessins en relief s'il y a lieu; le culot se compose d'un flan embouti, muni en son centre d'une queue rivée à l'intérieur; la coquille est *sertie* sur le culot, c'est-à-dire assujettie par ses bords repliés et serrés.

Les boutons au *crochet* ne sont autre chose que des rondelles de bois, recouvertes d'une calotte façonnée au crochet. On fait un grand nombre de passées de fil, du côté destiné à être appliqué sur le vêtement, afin que la couturière ait prise avec son aiguille pour mettre le bouton en place.

Les boutons d'*étoffe* sont de fabrication plus compliquée. Ils comportent en général deux parties reliées entre elles par sertissage, et recouvertes d'étoffe. La queue est en fil ou en toile. La queue de fil consiste en un culot de carton recouvert d'un réseau de fils; la queue en toile est formée par un culot en tôle vernie percé en son centre d'un trou laissant passer la toile formant queue.

Les boutons se font dans plusieurs localités de la France. C'est dans l'Oise qu'on fabrique le plus de boutons de la première catégorie. Paris fabrique presque tous les boutons de corne, d'étoffe et surtout de métal fantaisie. Briare fait les boutons céramiques. L'Autriche a la spécialité des boutons de verre; Gablonz, en Bohême, est le centre de cette fabrication.

CHAPITRE XV

Brosserie.

La *brosserie* est l'industrie qui s'occupe de la fabrication des *brosses*, des pinceaux, des balais et des plumeaux. Nous ne parlerons que du premier de ces articles.

Une brosse se compose de deux parties : la *patte*, ou monture solide, pourvue ou non d'un manche, et les *soies*. La patte peut être en bois, en ivoire, en os, en métal; les soies peuvent être des soies de sanglier ou de porc, des crins, des fibres végétales, telles que les pailles du sorgho, du chiendent, du piassava, du coco; on peut encore employer des fils métalliques. Suivant la nature de la patte et celle des soies, la fabrication des brosses subit quelques modifications de détail.

La matière dont on fait la patte est débitée à l'aide de scies circulaires ou de *scies à découper* (petites scies à mouvement alternatif, montées comme une machine à coudre) en planchettes étroites de la forme que doit avoir la patte; ces planchettes façonnées sont dégrossies à la lime, puis polies sur une meule garnie de coton, après avoir été mouillées avec une solution de blanc d'Espagne dans de l'eau de savon. On y fore ensuite les trous qui devront recevoir les soies. Ce forage est fait à la main, ou plus souvent au moyen d'une petite machine à percer. Dans certaines brosses, ces trous ne traversent pas complètement l'épaisseur de la patte.

Les soies sont préparées de leur côté. S'il s'agit de crins, de fibres ou de fils métalliques, le travail ne consiste guère qu'en un peignage et en un triage par longueurs. Mais pour la brosserie fine, s'il s'agit de soies de porc ou de sanglier, qui servent à faire les brosses proprement dites, il faut quelques opérations de plus. Elles sont d'abord *peignées* à la main sur un peigne à dents verticales, puis *lavées* à la potasse du commerce, *blanchies* au soufre et enfin *redressées*. Cette dernière opération se fait comme il suit. On les met en long par paquets, qu'on enveloppe d'un morceau de toile et qu'on serre fortement par une bonne ligature; puis après les avoir fait bouillir, on les expose dans une étuve sèche, où elles perdent leur humidité, tout en se fixant dans la position droite que les a obligées à prendre le paquetage.

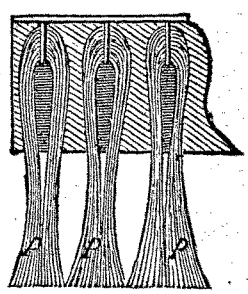


Fig. 272. — Disposition des soies dans une brosse à patte traversée.

Le *montage* de la brosse s'opère alors. S'il s'agit de pattes traversées de part en part (fig. 272), on passe dans le premier trou une ficelle pliée en boucle et dont l'un des bouts est déjà fixé à la patte. La boucle sort de l'autre côté; on y engage une pincée de soies, et l'on retire la ficelle; la boucle de celle-ci, en pénétrant dans le trou, entraîne les

soies avec elle, tout en les obligeant à se plier en deux, et l'on forme ainsi un petit pinceau p, p, p, qui doit remplir tout le trou. On passe une autre boucle de la même ficelle, sans la couper, dans le deuxième trou; on amène un deuxième pinceau; on fait de même au troisième, et ainsi de suite. Arrivé au bout de la patte, on fixe à cette dernière le bout restant de la ficelle. On applique ensuite une mince couche de colle forte chaude qui, d'une part, fixe la ficelle en place et les pinceaux sur elle, et d'autre part, sert à assujettir une plaque de même matière que la patte, qu'on applique sur le dos de celle-ci pour dissimuler la ficelle. Il ne reste plus qu'à égaliser les soies en coupant les plus longues avec des ciseaux ou *forces*. On vernit souvent la patte.

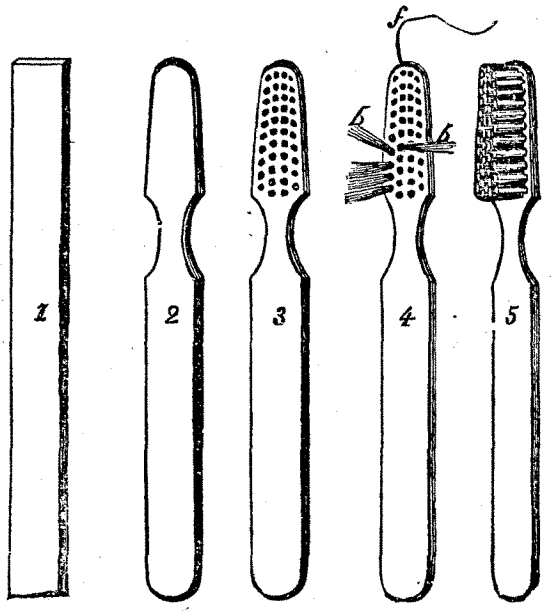


Fig. 273. — Diverses phases de la fabrication d'une brosse à dents.

Les petites brosses, telles que les brosses à dents, qui sont ordinairement en ivoire ou en os, ne reçoivent pas de plaque. Le dos de la patte est creusé de rigoles longitudinales, et les trous sont pratiqués de manière à s'ouvrir au fond de ces rigoles. On se sert, au lieu de ficelles, d'un fil de laiton *f*. On le place au fond d'une rigole du dos, et on va le chercher avec un crochet pour en amener une boucle, dans laquelle on engage les soies *b*; on le retire, et l'on continue ainsi pour chaque trou. Le travail reste apparent. La figure 273 montre les différentes phases de la fabrication d'une brosse à dents. Quelquefois les rigoles

ne sont plus creusées sur la surface : ce sont des canaux creusés dans l'épaisseur de la patte. Le fil de laiton (souvent une simple ficelle) est enfilé dans ces canaux et tiré avec un crochet comme précédemment (fig. 274). Quand tout est monté, on dissimule l'entrée des canaux par un mastic quelconque.

Il existe encore les *brosses chevillées*, dans lesquelles le fil qui doit retenir les pinceaux est remplacé par une cheville de bois ou d'os, qu'on introduit dans les canaux longitudinaux pour y retenir les soies, pliées en deux, dans leurs trous.

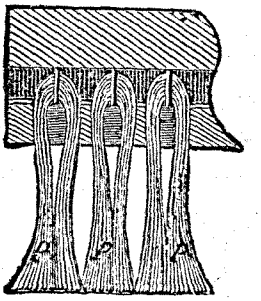


Fig. 274. — Disposition des soies dans une brosse à patte non traversée.

Dans certaines brosses à bon marché, les trous sont percés à la machine, et les soies ou fibres pliées préalablement en deux sont simplement introduites par leur pli dans ces trous, où elles sont fixées au moyen d'un peu de colle ou plus souvent au moyen d'un crochet métallique.

Les brosses sont fabriquées dans un assez grand nombre de localités ; mais Beauvais, Paris, Lyon, Charleville, Rouen, sont les principaux centres de production.

CHAPITRE XVI

Fabrication des Peignes.

Il existe dans le commerce un certain nombre d'objets, de destinations différentes, appelés *peignes*. Nous n'avons à nous occuper ici que des peignes dont on se sert pour la toilette. Ces derniers sont fabriqués surtout avec du bois, de l'ivoire, de la corne, de l'écaille, de l'ébonite et du celluloïd. Chacune de ces matières premières doit subir une préparation spéciale pour être propre à donner un peigne.

§ Ier

PRÉPARATION DES MATIÈRES PREMIÈRES

Bois. — On ne peut employer qu'un bois très dur; c'est généralement le buis qui est utilisé. Le bois ne subit d'autre préparation que le débit en plaquettes, et un polissage analogue à celui que subissent les pattes de brosse.

Ivoire. — L'ivoire est aussi débité en plaquettes et poli, ordinairement avec de la poudre de pierre ponce appliquée sur un tampon de drap.

Corne. — Les cornes employées sont surtout les cornes de bœuf et de buffle. On commence par les débarrasser de la matière contenue à l'intérieur. Cette matière se détache facilement à la suite d'une immersion prolongée dans l'eau froide; il suffit ensuite de frapper la corne pour l'en faire tomber. On sépare à la scie la base et la pointe, qui sont réservées pour d'autres emplois, et l'on n'utilise que la partie moyenne. Il s'agit d'ouvrir cette sorte de tronc de cône plus ou moins contourné, afin d'en former une plaquette. A cet effet, on ramollit la matière, d'abord par un séjour prolongé dans l'eau froide, puis par un chauffage direct à une flamme. A ce moment, on fend la corne suivant sa longueur; saisissant les deux bords avec des pinces à mâchoires plates, on les écarte doucement, en maintenant toujours la corne chaude. On arrive ainsi à obtenir une plaque ondulée, qu'on met en presse entre des plaques d'acier poli, où on la laisse refroidir lentement. Elle en sort parfaitement plane. Cet *aplatissage*, dit *à blanc,* est suffisant pour les cornes non transparentes. Celles qui ont une certaine transparence doivent recevoir une façon qui accentue encore cette qualité : c'est *l'aplatissage à vert.* La plaque déjà obtenue est chauffée directement au-dessus d'un feu sans fumée (charbon de bois, coke), puis grattée pour que toutes les parties non transparentes qui se trouvent à la surface soient enlevées. On la replonge dans l'eau froide, puis

on la place entre les deux plateaux d'une presse hydraulique. Après refroidissement, on l'enlève, et on la met en magasin, en prenant la précaution de la charger pour l'empêcher de gauchir.

Ecaille. — L'écaille est l'espèce de corne qui constitue la carapace des tortues. On emploie celle qui est fournie par les grosses espèces, notamment par le *caret*. La matière arrive dans les usines en masses feuilletées. On détache ces feuillets les uns des autres en les ramollissant par l'action de la chaleur, comme on ramollit la corne. L'aplatissement se fait de même. L'écaille offre cette particularité que ses lames peuvent se souder l'une à l'autre par la chaleur, ce qui permet d'utiliser certains déchets et de réparer les peignes brisés. Un peigne est formé de plusieurs épaisseurs d'écaille.

Ebonite. — L'*ébonite* est du *caoutchouc durci*, c'est-à-dire du caoutchouc vulcanisé dans lequel la proportion de soufre est plus grande que dans le caoutchouc ordinairement employé. Le caoutchouc brut ne peut être utilisé en aucune façon. On peut opérer la vulcanisation du caoutchouc en le chauffant vers 130° dans un autoclave avec de l'eau et de la fleur de soufre; une petite quantité de soufre lui donne de la souplesse, de l'élasticité, l'empêche de raidir au froid, de se ramollir par la chaleur; une plus grande proportion de soufre lui donne de la raideur, de la dureté: c'est alors l'ébonite, pour la préparation duquel on emploie un tiers en poids de soufre, contre deux tiers de caoutchouc brut. L'ébonite destiné aux peignes ne subit d'autre préparation que le débit en plaquettes, et le polissage comme l'ivoire.

Celluloïd. — Le celluloïd est un produit composé de fulmi-coton, de camphre et d'alcool; il est très employé, malgré les dangers d'inflammabilité qu'il présente, pour la fabrication non seulement des peignes, mais encore d'une foule d'autres objets. Il imite assez bien l'écaille quand on lui en donne la couleur, mais il s'en distingue cependant en ce que les taches qui s'y trouvent ont les

bords fondus, tandis que celles de l'écaille ont les bords francs. Pour l'obtenir, on broie du camphre avec du fulmi-coton mouillé et les matières colorantes qu'on veut y incorporer. Il se forme une sorte de pâte demi-solide, qu'on soumet à une presse pour en faire une plaque. On concasse celle-ci, et l'on en fait macérer les morceaux dans l'alcool pendant douze heures. On peut encore ajouter à ce moment d'autres couleurs, pourvu qu'elles soient solubles dans l'alcool. Après macération, le mélange est laminé entre des cylindres chauffés à 50 ou 60°. On obtient ainsi des plaques que l'on peut transformer en blocs en les réunissant par pression à chaud. Le celluloïd se travaille comme le bois, l'os ou l'ivoire.

§ II

CONFECTION DES PEIGNES

Les plaquettes, de quelque nature qu'elles soient, en arrivant chez le fabricant de peignes qui, généralement, ne s'occupe pas de la préparation des matières premières, sont d'abord *redressées*, s'il en est besoin; pour cela, on les fait chauffer, et on les met sous presse entre des plateaux en bois. Ensuite on procède directement à la *façon* du peigne. Sur les plaques, on esquisse la forme du peigne à obtenir; puis on les présente à une scie circulaire qui, en suivant les lignes du dessin, découpe le peigne dans la plaquette. Une petite machine à fraiser produit de même les dents; le peigne est serré dans une pince fixée à un charriot qui s'avance automatiquement chaque fois qu'une dent est découpée. On présente ensuite le peigne ainsi façonné à de petites meules d'émeri pour adoucir les arêtes ainsi que les pointes des dents; c'est le *planetage;* le *grêlage* s'obtient en faisant passer entre les dents des outils de différentes formes, dont l'effet est d'adoucir les arêtes.

Si l'on veut donner à la matière du peigne une couleur

autre que celle qui lui est naturelle — ce qu'on fait quelquefois avec la corne ou le bois, — on plonge le peigne dans un bain tiède de teinture, approprié à la matière.

On *ponce* ensuite avec de la pierre ponce finement pulvérisée et mouillée, répandue sur des meules garnies, les unes de peau de buffle, les autres de peau de mouton, les dernières de drap. Le peigne passe successivement à chacune de ces meules, en commençant par celle qui est couverte de peau de buffle. L'intervalle entre les dents est poli avec des brosses saupoudrées aussi de pierre ponce (*ponçage*, *tamponnage*).

Le *polissage* s'obtient enfin en passant le peigne sur des meules garnies de peau de chamois et saupoudrées de tripoli fin. Un dernier brillant est donné par l'*avivage*, qui consiste à frotter le peigne avec la paume de la main enduite de tripoli et mouillée avec du vinaigre.

L'industrie du peigne est, en France, une industrie éminemment parisienne; mais on fait aussi des peignes dans d'autres régions, notamment dans l'Eure, la Somme, le Jura, l'Ain, l'Oise, l'Eure-et-Loir. La région jurassienne seule fait le peigne en bois.

CINQUIÈME PARTIE

INDUSTRIES DU LOGEMENT ET DE L'AMEUBLEMENT

Les *industries du logement et de l'ameublement* ont pour objet l'édification de nos demeures, et leur disposition pour l'habitation. Le premier travail est celui des maçons, qui élèvent les murs des maisons. Ensuite les *charpentiers* mettent en place le toit qui doit les couvrir, les planchers servant à séparer les étages, et les *couvreurs* disposent les tuiles ou ardoises chargées de protéger le tout contre l'humidité. Les travaux intérieurs peuvent dès lors commencer; les *menuisiers* installent les portes, les croisées, les contrevents, les lambris; les *plâtriers* enduisent les murs de matières destinées à en unir la surface. Les *serruriers* mettent à demeure les serrures, les gonds, les espagnolettes et autres ferrures. Les *vitriers* placent les carreaux de vitre des croisées. Enfin, les *décorateurs* font des applications de peinture, de tapisseries, de ciment, de moulages en plâtre, etc., pendant que les *ravaleurs* parent la façade. Ces travaux terminés, ainsi que quelques autres moins importants, tels que ceux des *plombiers*, des *fumistes*, etc., la maison est prête à recevoir son ameublement.

La succession obligatoire de ces divers travaux indique l'ordre à suivre dans leur étude. Nous parlerons d'abord de la *construction* proprement dite, avec les travaux connexes; puis, dans un autre chapitre, de la *charpenterie*

et de la *menuiserie*; nous passerons de là à la *décoration;* puis à l'*ébénisterie* ou fabrication des meubles.

Nous n'avons pas à nous arrêter ici aux propriétés des matériaux entrant dans la construction : cette étude trouve sa place dans d'autres parties de cet ouvrage.

Les couvreurs se servent d'*ardoises* que nous connaissons déjà, ou de *tuiles* dont nous verrons la fabrication plus loin. Nous avons étudié antérieurement le travail du *serrurier,* et nous apprendrons prochainement comment se fait le *verre à vitre.*

On rattache aux *industries d'ameublement* d'autres industries qui seraient aussi bien à leur place parmi les *industries chimiques,* comme la *céramique,* la *verrerie,* la *cristallerie,* la *stéarinerie,* les *gaz d'éclairage,* ou dans une classe spéciale, comme l'*éclairage électrique.* Ce rattachement se justifie dans une certaine mesure, parce que les produits de la céramique et de la verrerie, ainsi que les appareils d'éclairage, entrent dans la composition du matériel domestique, et font en quelque sorte partie de l'ameublement.

CHAPITRE PREMIER

Construction des Maisons.

Fondations. — Le principal souci du constructeur d'une maison doit être d'assurer à son édifice une base immuable; par conséquent, le premier travail qu'il ait à faire, et auquel il doit apporter toute son attention, est l'établissement de solides *fondations.* On appelle de ce nom l'ensemble des constructions souterraines supportant la maison.

En principe, toute maison devrait être bâtie sur le roc; lui seul présente assez de résistance pour ne pas céder sous le poids de l'édifice, et avec lui, nul tassement, nulle dislocation ultérieure ne sont à craindre. Il faudrait donc affouiller le sol, à la place des murs à élever, jusqu'au rocher; à partir de là, on *maçonnerait,* c'est-à-dire on commencerait le mur. Mais le roc est souvent à une profondeur trop grande pour qu'on puisse l'atteindre, sans

beaucoup de dépenses, par des affouillements de ce genre; on crée alors un roc artificiel. Le terrain, à une certaine profondeur, peut être *graveleux* ou *vaseux*. S'il est graveleux, il est à peu près stable; on se borne alors à couler dans la tranchée une couche de *béton*. Sur un cadre de béton d'une seule pièce, on élève les murs. Un terrain vaseux ne résisterait pas au poids de la maison, qui finirait par subir un enlisement plus ou moins accentué. On bâtit alors sur *pilotis*. De distance en distance, et à des intervalles suffisamment rapprochés, on enfonce dans le sol, au fond des fossés d'affouillement, des *pieux* en bois. Pour les enfoncer, on frappe leur tête à l'aide de *moutons*, faisant partie de machines appelées *sonnettes*. La sonnette peut se manœuvrer à la main : des hommes soulèvent le mouton avec des cordes, puis le laissent brusquement retomber de tout-son poids. Certaines sonnettes à vapeur fonctionnent à la manière d'un marteau-pilon. Parfois, c'est le piston qui est fixe, la tête de sa tige restant appuyée sur la pièce, et c'est le cylindre qui est mobile, jouant ainsi le rôle de marteau. Quand on a enfoncé tous les pieux, chacun *jusqu'à refus*, on les coupe tous à la même hauteur, on remplit de pierres ou de béton leurs intervalles; on cloue sur leur tête une plate-forme de madriers sur laquelle on coule une couche de béton, et on bâtit dessus. Lorsqu'on a lieu de craindre l'envahissement des caves par les eaux, on étend la couche de béton sous toute la maison, et non pas seulement sous les murs, de façon à faire reposer celle-ci sur une immense plate-forme cimentée et étanche; sa stabilité gagne beaucoup à cette disposition.

Qu'on opère sur le roc naturel ou sur un roc artificiel, la manière de commencer le mur est la même; on place d'abord dans le fond de grosses pierres taillées grossièrement, et appelées *libages*. Sur ces blocs, on en pose d'autres plus petits, mais toujours d'assez forte dimension; on les lie entre eux par du mortier, hydraulique autant que possible. S'il se trouve des vides entre ces blocs,

on les remplit par de petites pierres, qu'on noie dans du mortier : c'est ce qu'on appelle faire un *blocage*.

L'épaisseur des murs de fondation doit être plus grande que celle des murs extérieurs, d'un cinquième au moins. Les matériaux employés doivent être de premier choix, et de nature siliceuse autant que possible, parce que la silice est peu poreuse, et ne s'hydrate pas.

Murs. — Les murs peuvent être en pierre, en brique, en pisé, en bois.

Les pierres qu'on emploie peuvent être taillées, ou utilisées brutes, d'où leur distinction en *pierres de taille* et en *moellons*. S'il s'agit de pierres appartenant à une roche stratifiée, elles doivent toujours, dans un mur, être posées comme elles se trouvaient dans la carrière, c'est-à-dire, *sur lit*. Toute pierre doit toujours avoir deux faces normales à la direction de l'effort qu'elle supporte : ainsi dans un mur, les faces inférieure et supérieure doivent être horizontales, puisque l'action de la pesanteur est verticale. La forme des pierres n'est pas indifférente à leur résistance; ainsi, si l'on représente la résistance à l'écrasement d'un cube de pierre par 1, celle du cylindre inscrit, posé sur sa base, ne sera plus que de 0,80, et celle du même cylindre couché, ne sera que de 0,32. On a intérêt à augmenter le volume des pièces employées dans la construction d'un mur, car la résistance d'un support quelconque est d'autant plus faible qu'il est composé d'un plus grand nombre de parties. En général, on ne doit charger les maçonneries en pierre de taille que du dixième, et les maçonneries en moellons que du vingtième du poids que pourraient supporter, sans s'écraser, les matériaux qui les composent.

Les pierres à employer doivent être toujours de bonne qualité, et surtout aussi peu poreuses que possible. Au ras de terre, la partie appelée *soubassement* est toujours faite en pierre plus dure. La nature des roches importe moins pour la partie aérienne d'un mur; cependant celles qui sont altérables sous l'action des agents atmos-

phériques ne doivent être employées qu'à l'intérieur, les unes se désagrégeant à l'humidité, d'autres simplement à l'air; certaines pierres sont *gélives*, c'est-à-dire se délitent sous l'action de la gelée. Ce défaut est difficile à reconnaître à la seule inspection de la matière.

La chaleur exerce sur les roches des actions variables suivant leur nature. Ainsi le calcaire, au feu, se décompose ou se gerce. Le granit se désagrège; le grès résiste mieux, surtout le grès siliceux. Le béton, lorsqu'il a reçu l'eau employée à l'extinction du feu, alors qu'il était chaud, a perdu toute résistance. En général, aucune pierre ne reste intacte au feu. Les murs de briques sont préférables à ce point de vue.

On nomme *parement* la face d'une pierre de taille qui doit être apparente dans le mur. Les faces latérales se nomment *joints*. Une même rangée horizontale de pierres est une *assise*. On appelle *queue* d'une pierre sa dimension mesurée perpendiculairement à son parement; dans une même assise, la longueur de queue doit être différente pour deux pierres consécutives, afin d'assurer la liaison de toutes les pierres de l'assise qui sont ainsi comme engrenées. Un *carreau* est une pierre plus longue en parement qu'en queue; une *boutisse*, au contraire, est plus longue en queue qu'en parement. Un *parpaing* est une pierre qui traverse le mur; il en faut toujours quelques-uns qui font l'office de tirants. Les joints verticaux de deux assises consécutives ne doivent pas être dans le prolongement l'un de l'autre (fig. 275).

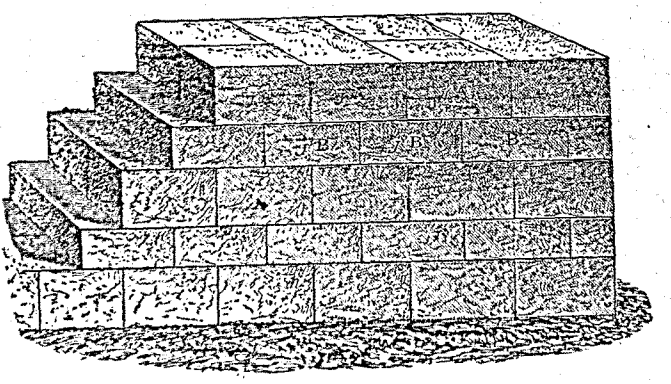


Fig. 275. — Maçonnerie de pierres de taille.

La disposition des pierres dans un édifice porte le nom d'*appareil*. Il y en a plusieurs; mais, dans tous les cas, il faut obtenir une liaison aussi intime que possible des matériaux. Quand il s'agit de moellons, la liaison n'est jamais aussi complète, à cause de l'irrégularité de leurs dimensions et de leurs formes; on leur fait cependant subir une taille grossière quand ils doivent se trouver en parement. Un moellon taillé s'appelle un *moellon piqué;* s'il n'est pas dégrossi, il est dit *smillé*; l'outil qui sert à cette taille est la *hochette*.

Les ouvertures d'un mur se nomment *baies :* elles se divisent en *portes* et en *fenêtres*. Les unes comme les autres sont encadrées par des pierres plus grosses, taillées spécialement pour cet usage, ou par des briques. Le dessus peut être droit ou cintré; dans le premier cas, c'est une *plate-bande;* dans le second, c'est une *voûte* ou *berceau*. Si la plate-bande est formée d'une seule pierre, ou d'une poutrelle en fer, c'est un *linteau;* le nom de *plate-bande* est spécialement employé au cas de plusieurs pierres, qui, dans ce cas, portent le nom de *claveaux*. Les côtés sont les *pieds-droits*, et la dernière pierre du pied droit, celle qui supporte le dernier claveau, s'appelle le *sommier*. Dans une plate-bande, l'ensemble des claveaux doit former, en section, un trapèze dont la base la plus longue soit en haut, et chaque claveau doit former lui-même un trapèze pour ne pas glisser entre les autres. Le claveau du milieu s'appelle la *clé*. On distingue surtout la plate-bande *à joints droits* (fig. 276), et celle *à joints brisés* (fig. 277).

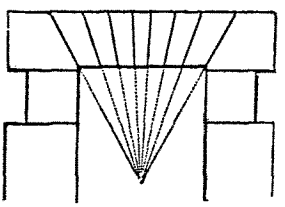


Fig. 276. — Plate-bande à joints droits.

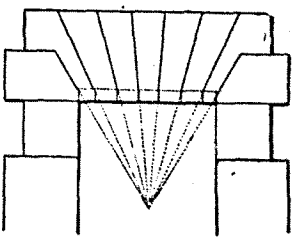


Fig. 277. — Plate-bande à joints brisés.

Dans la plate-bande, les claveaux se calent les uns les autres, tout en reportant le poids

qu'ils supportent sur les pieds-droits. Dans le berceau, les pierres, ou *voussoirs*, se portent les unes les autres,

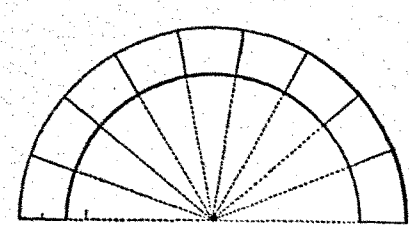


Fig. 278. — Berceau plein-cintre concentrique.

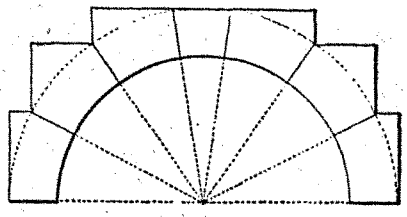


Fig. 279. — Berceau plein-cintre à joints égaux.

et reportent aussi le poids sur les pieds-droits. On distingue différentes formes de berceaux, comportant des appareils différents. Les plus employés sont le *berceau plein-cintre concentrique* (fig. 278), le *plein-cintre à joints égaux* (fig. 279), le *berceau en anse de panier* (fig. 280), le *berceau elliptique* (fig. 281), le *berceau en arc de cercle* (fig. 282) et le *berceau en ogive* (fig. 283). Dans tous ces appareils, les voussoirs qui portent sur les pieds-droits portent le nom de *coussi-*

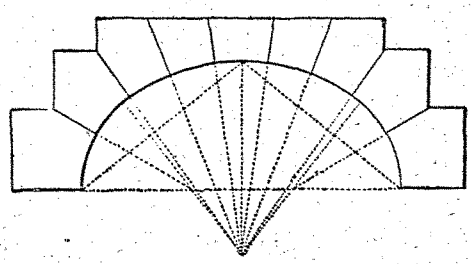


Fig. 280. — Berceau en anse de panier

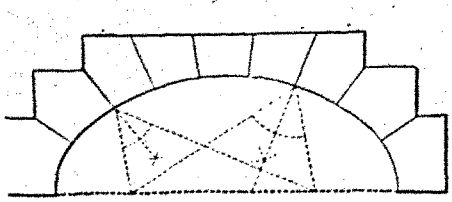


Fig. 281. — Berceau elliptique.

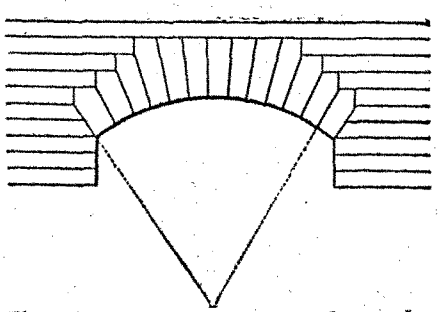


Fig. 282. — Berceau en arc de cercle.

ets; celui du milieu est la *lé*. Pour construire un berceau, on établit un boisage rovisoire en madriers, dont surface extérieure affecte forme de la voûte, c'est le *cintre;* on pose les voussoirs ssus, en commençant souvent par la clé.

Pour s'élever, au fur et à mesure de la construction, les maçons bâtissent un *échafaudage*, sorte d'assemblage de pièces de bois et de planches, reliées ensemble par de simples liens de corde; quelquefois, cependant, ces pièces sont boulonnées. Les matériaux sont montés soit à l'aide d'une *chèvre*, soit à l'aide d'un *treuil*, soit à l'aide d'un *élévateur* à vapeur, qui n'est en somme qu'une chèvre; quelquefois, ils sont montés à dos d'homme.

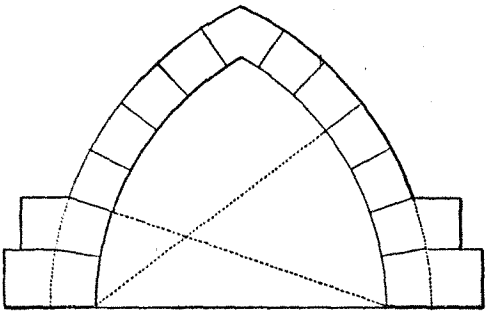


Fig. 283. — Berceau en ogive.

Le mortier est préparé à terre par un apprenti maçon, ou *goujat*. Celui-ci fait un tas de sable, de mâchefer pulvérisé, de brique pilée, en un mot, de la matière inerte qui, avec la chaux, doit constituer le mortier. Il creuse ce tas en forme de cuvette, y met la chaux, puis y verse de l'eau. Saisissant alors un outil spécial (*rabot*) ou même une simple pelle, il brasse ou *gâche* le tout jusqu'à ce qu'il obtienne un mélange homogène. C'est de la même façon qu'on prépare le béton. Pour les travaux importants, les mortiers, ou les bétons, sont préparés dans des *malaxeurs* mécaniques.

Le maçon construit son mur par assise, même avec des moellons. Le mortier placé entre chaque pierre doit être en quantité suffisante, et remplir les intervalles entre les pierres d'une même assise. Il est appliqué à l'aide d'une *truelle*, petite pelle à main, dont le manche est deux fois recourbé à angle droit. Pour s'assurer de la verticalité de son mur, le maçon la vérifie de temps à autre avec le *fil à plomb*. Cependant on diminue ordinairement l'épaisseur des murs à mesure qu'on s'élève; un mur d'un mètre d'épaisseur dans les fondations n'a plus guère que quarante centimètres à la hauteur d'un troisième étage. Cette diminution, à partir du sol, doit

être progressive et régner plutôt en dedans de la maison.

Les murs qui divisent une maison sont appelés *murs de refend*. Ils sont moins épais que ceux de l'extérieur et ne demandent pas des matériaux aussi parfaits. Dans certains cas, ils sont remplacés en partie par des *colonnes* qui supportent d'autres parties de mur situées au-dessus; ce cas se présente aussi quelquefois dans les *murs de façade*. Les colonnes peuvent être en pierre, et il y a intérêt à les faire d'un seul bloc; elles peuvent aussi être en fonte : leur diamètre peut être alors moins grand. Il n'est pas nécessaire qu'une colonne de fonte soit pleine, une colonne creuse permettant de faire supporter à la même quantité de matière autrement répartie une pression plus considérable.

Les murs en *briques* sont fréquemment employés, même en façade, surtout dans les pays riches en argile et pauvres en pierre. Partout, on utilise souvent la brique pour les murs de refend, et toujours pour les cloisons, ou séparations des pièces d'un même appartement, pour les gaînes des cheminées, etc. Les briques sont des parallélipipèdes rectangles, qui doivent avoir une longueur double de la largeur, et cette dernière doit être double de l'épaisseur. On trouve des briques de qualités très différentes : les bonnes briques doivent être dures, sonores, nettes, de couleur rougeâtre. On emploie aussi des briques creuses. L'appareillage s'en fait comme pour les pierres de taille.

On construit aussi des murs en *pisé*. On distingue le *pisé ordinaire* et le *pisé hydraulique*. Le pisé ordinaire n'est autre chose que de l'argile battue. Dans une sorte de caisse sans fond posée sur le mur de fondation, on pile de l'argile jusqu'à ce qu'elle soit pleine. On obtient ainsi une série de parallélipipèdes dont la superposition constitue le mur. Ce pisé ne peut faire ni les angles, ni les cadres des baies : il y faut de la brique ou de la pierre. Le pisé hydraulique est du mâchefer plus ou moins pulvérulent, mélangé à de la chaux hydraulique, et employé comme

l'argile dans le cas précédent. Il donne un mur aussi solide qu'un mur de pierre, à tel point qu'il peut faire les angles et les cadres des baies. On construit aussi des murs en *béton*, qui n'est qu'un pisé analogue au pisé hydraulique. On peut fortifier tous les pisés en y incorporant de la paille longue.

Les murs dits *en bois*, et dont le vrai nom est *murs de pans de bois*, sont en charpente garnie soit avec du mortier, soit au moyen d'un briquetage. Le travail de construction consiste à élever un *pan de bois*, ou cadre de charpente *étrésillonné* (fig. 284), et à le fixer en place sur les murs de fondation. Les pièces verticales sont les *poteaux*, les pièces transversales les *traverses*, et les pièces en biais les *étrésillons*. Dans le cas où l'intervalle entre les pièces est rempli de mortier, celles-ci sont recouvertes d'un lattis cloué, sur lequel on applique du plâtre liquide avec un balai; cette opération est dite *gobetage*. Quand ce plâtre est sec, on en applique d'autre plus fin : c'est le *crépissage*, qui se fait avec la *truelle*, laquelle sert à jeter le plâtre sur le mur, puis à l'étendre d'un mou vement de racloir. Quelquefois, on crépit à la chaux avec du mortier ordinaire; cette opération rentre alors dans le *crépissage* en général dont nous parlerons plus loin. Toutes les parties basses des murs, que ces murs soient en pisé, en briques ou en pans de bois, doivent être construites en pierres.

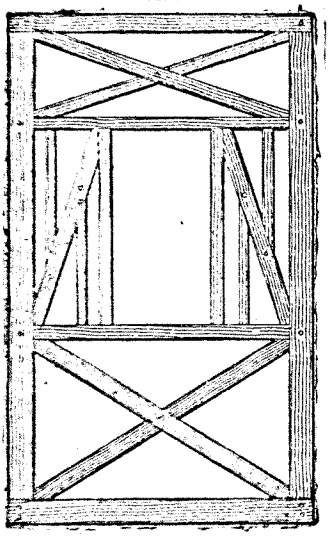


Fig. 284. — Pans de bois.

Les baies, portes ou fenêtres, reçoivent des cadres en bois, dans lesquelles vont s'encastrer des parties battantes, en bois également, destinées à fermer. Les fenêtres reçoivent généralement aussi des *appuis-main*, ou des *balcons* en pierre taillée, en fonte ou en fer forgé.

Les édifices importants doivent être *chaînés* pour

assurer la stabilité verticale des murs, c'est-à-dire les empêcher de se rapprocher, ou de s'écarter, sous le poids des parties supérieures de la construction. Le *chaînage* se compose de barres de fer méplates (à section rectangulaire), dites *plates-bandes*, ayant environ 0^m05 de large sur 0^m09 d'épaisseur, placées dans l'axe des murs où elles sont noyées dans la maçonnerie, et ancrées dans les pierres d'angle de ceux-ci.

Caves. — La partie d'une maison qui se trouve comprise entre les murs des fondations, au-dessous du niveau du sol, s'appelle la *cave* ou le *sous-sol*. Indépendamment des avantages résultant de l'usage qu'on peut en faire, la cave offre encore celui d'isoler les autres étages de la terre, et de les préserver de l'humidité. La cave est généralement séparée du rez-de-chaussée par une *voûte* en briques ou en moellons; on la fait aussi en pisé hydraulique ou en béton, si la largeur n'en est pas trop grande. Cette voûte peut affecter différentes formes; mais les berceaux à arc surbaissé (*anse de panier*, *ellipse*, *arc de cercle*) sont les plus fréquemment employés. On trouve aussi des caves *plafonnées*, c'est-à-dire que la couverture en est plane comme un plafond. On se sert pour cela de pièces de bois ou de fer, appelées *poutres* ou *poutrelles*, entre lesquelles on tasse du pisé hydraulique, ou du béton, au-dessus d'un plafond provisoire. Les poutres de bois sont équarries, mais les poutres de fer sont en forme de T simple ou double (fig. 285, A, B, C). Pour qu'une pièce de ce genre ne puisse pas plier sous un poids s'exerçant transversalement à elle, il faut lui donner une certaine largeur : c'est pourquoi, afin d'avoir la rigidité et la résistance sans augmenter le poids, on reporte la matière métallique vers les extrémités de la section.

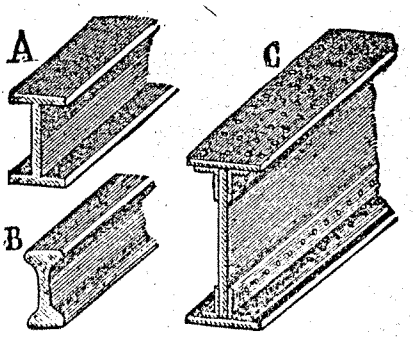


Fig. 285. — Fers à T.

Les branches du T s'appellent les *ailes*, et le jambage l'*âme*. Comme le rôle principal de l'âme est de rendre solidaires les ailes, il n'est pas nécessaire qu'elle soit pleine : elle peut être ajourée, ou même remplacée par un réseau de barres entrecroisées; la pièce s'appelle alors *poutre en treillis*. On fait aussi des plafonds de cave en *béton armé*, c'est-à-dire en béton dans lequel on a noyé un réseau de fils métalliques.

Planchers. — Les *planchers* sont des pans de charpente horizontaux en bois ou en fer, destinés à partager en *étages* l'intérieur d'un bâtiment. Ils sont soutenus par les parois mêmes du bâtiment, et, par leur liaison avec ces parois, ils contribuent à la solidité de l'édifice. Deux cas principaux peuvent se présenter pour l'établissement d'un plancher : 1° les murs devant le supporter ne sont pas écartés l'un de l'autre de plus de 5 ou 6 mètres : dans ce cas on a recours à une seule série de *solives* reposant par leurs extrémités sur chacun des deux murs ; 2° l'espace entre les deux murs est plus grand : on établit alors de l'un à l'autre une ou plusieurs *poutres*, qui vont d'un mur à l'autre, et sont scellées dans la maçonnerie; entre ces poutres sont placées des solives qui vont d'une poutre à l'autre. Sur les solives reposent les planches constituant le *parquet,* lequel est quelquefois remplacé par un *carrelage* ou un *bitumage*; le dessous des solives est revêtu d'un enduit de plâtre sur lattis, ce qui donne le *plafond.*

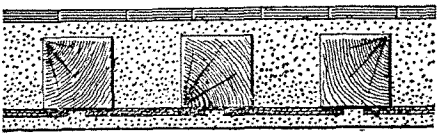


Fig. 286.
Hourdage d'un plancher carrelé.

Pour soustraire un plancher en bois au danger d'incendie, l'emplacement des foyers est réservé entre deux solives, et on le garnit en maçonnerie au lieu d'y mettre un parquet. Cet emplacement s'appelle l'*enchevêtrure*, et les pièces qui le limitent constituent un *chevêtre*. On doit aussi réserver la place du passage des gaînes de cheminée et des montées d'escalier.

Les pièces en bois sont de plus en plus remplacées par des poutres en fer, analogues à celles qui servent pour couvrir les caves.

L'intervalle entre le plafon et le parquet peut être laissé vide; mais les planchers bien faits sont *hourdés*, c'est-à-dire garnis, en tout ou en partie, de plâtre entre leurs deux surfaces. Le *hourdage* est nécessaire si l'on veut faire un carrelage, car c'est sur du plâtre humide qu'on pose les *carreaux*; le bitume doit reposer aussi par toute sa surface sur une couche de plâtre (fig. 286). Dans les parquets de luxe, les planches sont petites, et dites *alaises*; elles sont assemblées entre elles à rainure et à languette, et clouées sur des pièces équarries, nommées *lambourdes*, qui reposent elles-mêmes sur les solives (fig. 287); on les dispose de manière à former des dessins.

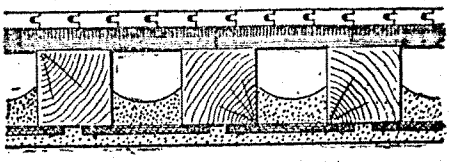


Fig. 287.
Hourdage d'un plancher parqueté.

Le carrelage est ordinairement fait par des spécialistes *carreleurs;* les carreaux employés sont des terres cuites; le parquet, lorsqu'il doit être soigné, est posé par des *parqueteurs*. Tout le reste du plancher est fait par des charpentiers, et quelquefois par des menuisiers. Nous verrons prochainement le genre de travail de ces derniers. L'enduit de plâtre donné au plafond est appliqué par les plâtriers.

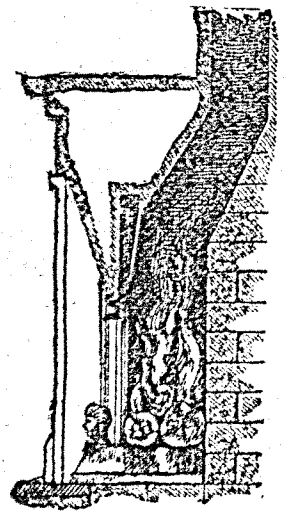


Fig. 288. — Coupe d'une cheminée.

Cheminées. — Les foyers destinés au chauffage des appartements sont, ou des *cheminées*, ou des *poêles*. La *cheminée* est une petite construction auxiliaire, élevée sur les *enchevêtures*, et appliquée contre le mur, qu'elle entame souvent. Elle est faite avec des briques, masquées le plus ordinairement

par des plaques de marbre. Elle est surmontée d'une *gaîne*, également en briques, qui sert à évacuer les produits de la combustion et qui monte jusqu'au toit, qu'elle dépasse un peu. Cette construction doit être disposée de telle sorte que le combustible soit bien exposé à l'afflux de l'air provoqué par le *tirage* qui se fait de bas en haut, en vertu de la différence de poids existant entre la colonne d'air chaud contenue dans la gaîne et une même colonne d'air froid prise à l'extérieur. La fig. 288 montre la disposition d'ensemble d'une cheminée; on y distingue l'*âtre*, ou pierre sur laquelle tombent les produits solides de la combustion, les *chenets*, remplacés parfois par une *grille*, la *gaîne*, le *manteau*, souvent recouvert de carreaux en terre émaillée, le *rideau métallique*, qu'on abaisse à volonté pour concentrer le passage de l'air sur la grille.

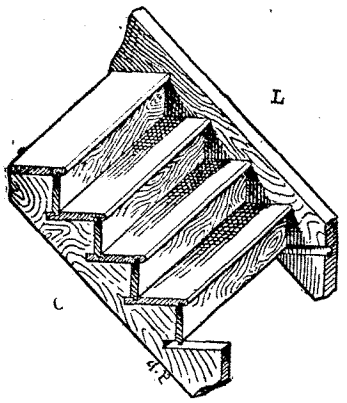
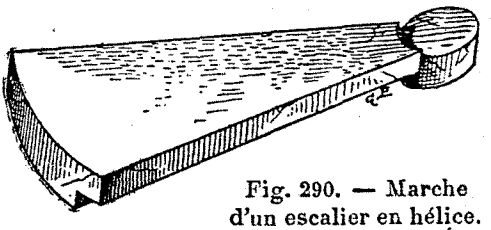


Fig. 289. — Dispositif d'un escalier.

Si l'appareil de chauffage est un poêle, la gaîne seule est nécessaire; une plaque de tôle, placée sous ce foyer, suffit pour protéger le parquet, et le poêle peut occuper un point quelconque de la pièce.

Escaliers. — Les *escaliers* (fig. 289) sont des constructions en pierre, en bois, en fer, qui servent à établir une communication entre les divers étages d'une maison. C'est une échelle perfectionnée, dans laquelle les échelons, qui sont des surfaces horizontales, s'appellent *marches*, et les montants, suivant les cas, *limon* ou *crémaillère*. Le limon L est une pièce de bois dans l'épaisseur de laquelle les marches viennent s'emboîter; la crémail-


Fig. 290. — Marche d'un escalier en hélice.

lère C n'est autre chose qu'un limon entaillé de manière à présenter le profil de l'escalier; sur les gradins ainsi déterminés viennent s'appuyer les marches. Quand l'escalier est appliqué contre un mur, les marches sont encastrées dans le mur, et le limon, généralement entaillé, joue le rôle de parement. Les surfaces verticales entre deux marches sont les *contremarches*. L'arête de jonction de la marche et de la contre-marche est l'*emmarchement*, qui marque en même temps la largeur de l'escalier (fig. 289). La largeur moyenne d'une marche est le *giron;* la *ligne de giron* est la ligne idéale passant par le milieu de toutes les marches : c'est cette ligne qui sert de directrice dans le dessin et la construction d'un escalier. La partie de la marche, scellée

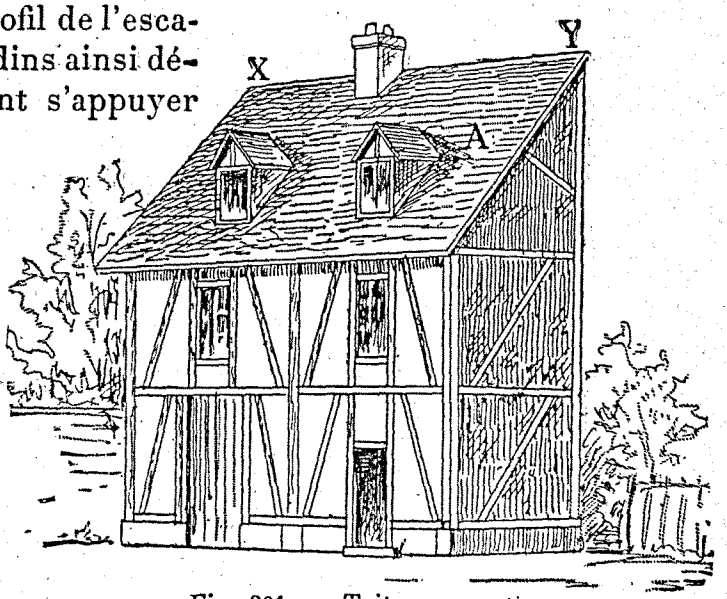


Fig. 291. — Toit en appentis.

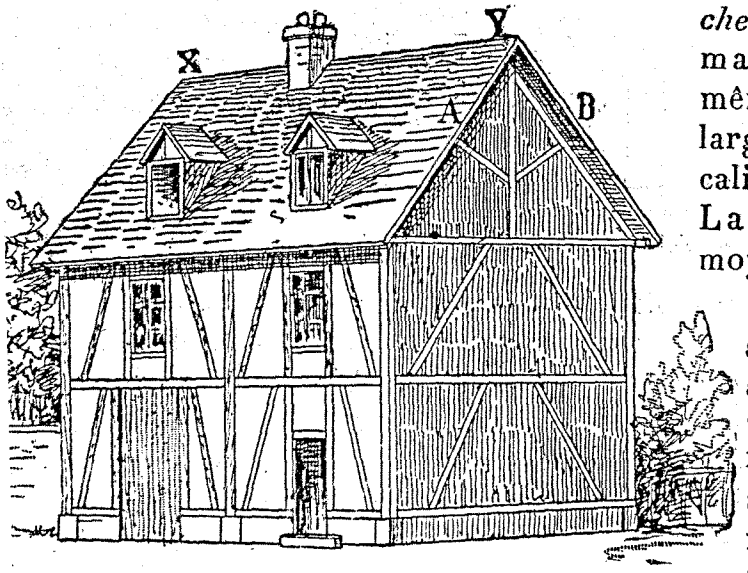


Fig. 292. — Toit à longs pans et pignons.

dans le mur, est la *queue* : la partie scellée dans le limon est le *collet*. Certains escaliers sont en hélice, le *noyau* de l'hélice étant formé par tous les collets réunis (fig. 290). Souvent les escaliers sont divisés en plusieurs tronçons, séparés par des plates-formes appelées *paliers*, qui se présentent surtout aux étages mêmes. La *rampe* est un garde-corps fixé au limon. La *cage* est l'espace occupé par un escalier.

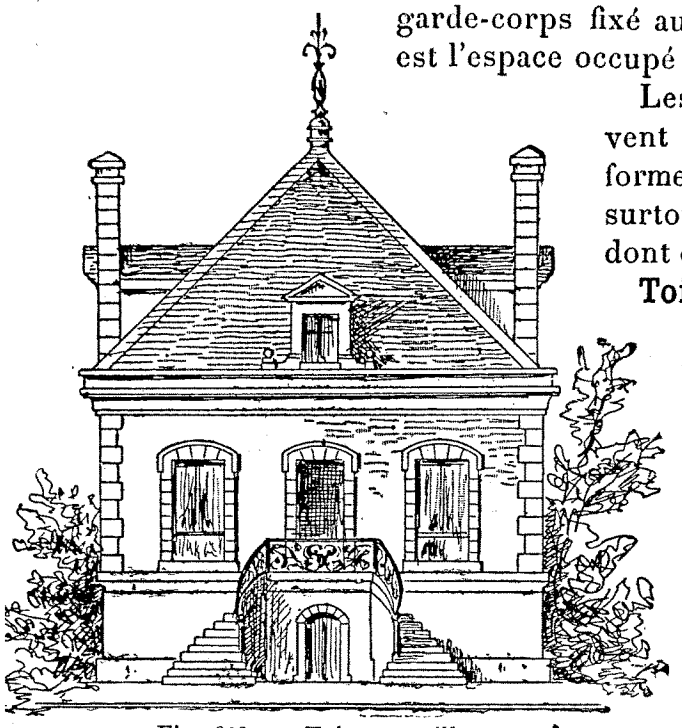


Fig. 293. — Toit en pavillon.

Les escaliers peuvent avoir différentes formes, qui dépendent surtout de la place dont on dispose.

Toiture. — La *toiture*, ou *couverture* d'une maison, est assurée par le *comble*, ensemble de pièces de bois ou de fer reliées entre elles. Ces pièces sont, comme dans les planchers, des poutres, des chevrons et des planches de deuxième qualité, appelées *voliges*. C'est le *charpentier* qui construit le comble; vient ensuite le *couvreur* qui le couvre de tuiles ou d'ardoises. Quand on emploie des tuiles plates, à crochets, les voliges ne sont pas nécessaires : des lattes suffisent; il en est de même quand on recouvre avec des tôles de zinc, ou des feuilles de plomb, ce qui arrive quelquefois.

Le toit doit toujours avoir une certaine pente pour l'écoulement des eaux. Lorsque la pente A est d'un seul côté, le toit est dit en *appentis* (fig. 291). Quand elle règne des deux côtés, A et B, l'édifice étant plus long que large,

on dit qu'il est à *longs-pans* (fig. 292) et l'arête du sommet X Y s'appelle le *faîte*. Si la pente règne sur quatre côtés, c'est le toit *en pavillon* (fig. 293) ou *à croupes* A, B, C, C' (fig. 294). Si l'édifice est rond, on a le toit *en poivrière* (conique) ou *en coupole* (demi-sphère.

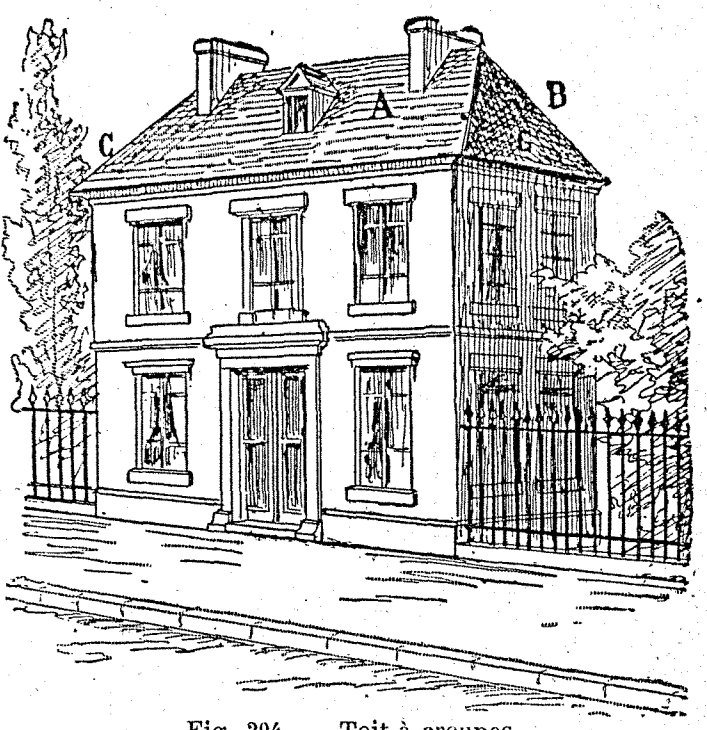


Fig. 294. — Toit à croupes.

Considérons le cas le plus ordinaire, le toit à *longs pans*. Le montage des combles peut être fait de plusieurs façons. Si la longueur du bâtiment est faible, on pose simplement les poutres sur les murs, montés à la hauteur nécessaire. Mais, si la longueur est un peu considérable et qu'il n'y ait pas de murs de refend, on partage le bâtiment en tronçons par des pans de charpente verticaux, appelés *fermes*, qui remplacent les murs, et supportent les poutres longitudinales.

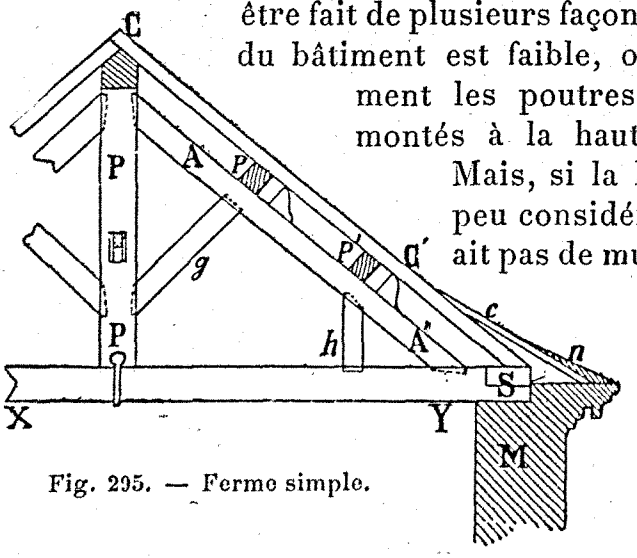


Fig. 295. — Ferme simple.

La *ferme simple* (fig. 295), employée dans la majorité

des cas, se compose d'un *tirant* X Y, pièce maîtresse encastrée dans les murs, du *poinçon* PP, des *arbalétriers* AA′, des *contrefiches g* et des *jambettes h*, destinées à soutenir les arbalétriers, de la *poutre de faîte* C, des *poutres pannes pp′* calées par les *chantignoles*, des *chevrons* C C′ qui doivent réunir les voliges, des *coyaux c*, des *chanlattes n*, destinées à rejeter les eaux loin du mur, et enfin des *sablières* S, pièces à plat dans lesquelles les chevrons s'implantent.

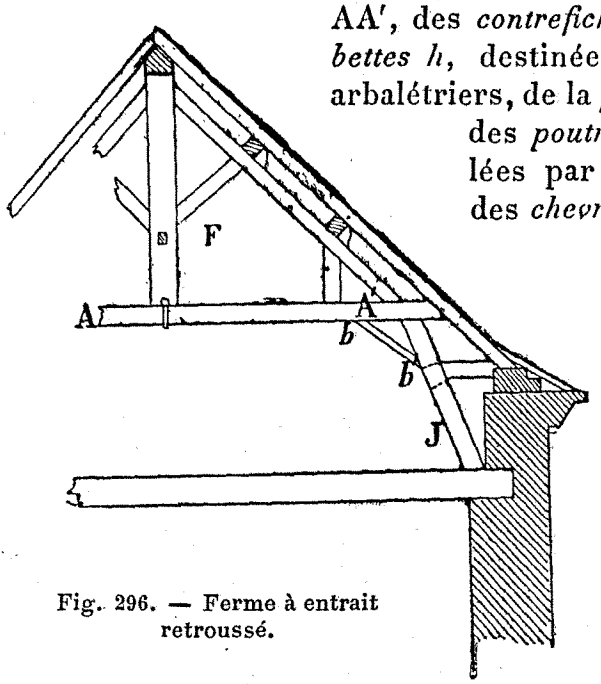


Fig. 296. — Ferme à entrait retroussé.

Lorsqu'on veut avoir des *greniers*, c'est-à-dire un étage supplémentaire, on adopte une autre forme de ferme, la *ferme à entrait retroussé* (fig. 296).

Cette ferme a, de plus que la précédente, un *entrait* AA′, portant le poinçon F, et supporté par deux *jambes de force* J. Les *aisseliers bb′* ont pour but d'assurer la liaison de ces pièces. Le *blochet* relie la sablière à la ferme.

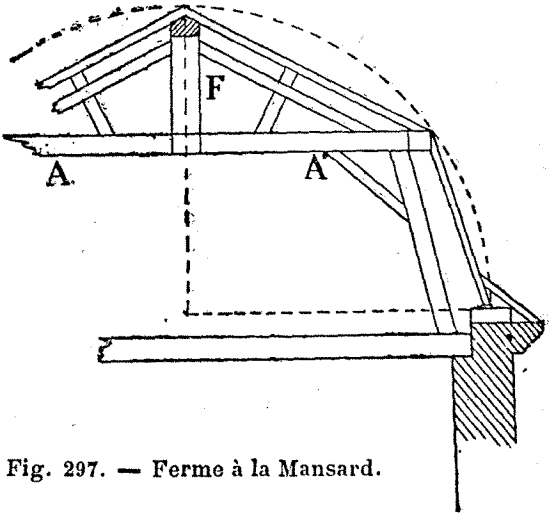


Fig. 297. — Ferme à la Mansard.

Si le grenier doit être habité en permanence, et cons-

tituer une *mansarde*, on emploie la *ferme à la Mansard* (fig. 297), formant un *comble brisé*.

Cette ferme comporte, de plus que la ferme simple, un *entrait* AA′, deux *jambes de force*; les deux *arbalétriers* sont fort inclinés, le *poinçon* F est très court; les *chevrons* sont brisés à la hauteur de l'entrait; pour les soutenir en ce point, on assemble sur l'entrait lui-même une panne supplémentaire, appelée *panne de brisis*, qui sert de sablière aux chevrons supérieurs.

Il existe encore d'autres modèles de *fermes*, mais qui ne sont que des modifications des trois formes précédentes. On fait aussi des fermes en fer et en acier.

Les tuiles doivent, dans tous les toits, se recouvrir en partie. Il en est de même des ardoises; ces dernières sont en outre clouées.

CHAPITRE II

Charpenterie et Menuiserie.

§ Ier

CHARPENTERIE

D'une façon générale, on appelle *charpente* un assemblage de pièces de bois (ou de fer), agencées de telle façon qu'elles s'étayent mutuellement. Nous ne parlerons ici que des charpentes en bois.

Pour qu'une charpente en bois présente toutes les garanties désirables de solidité, il faut que les matériaux en soient de bonne qualité, que l'*aubier* du bois ait été enlevé, que les réunions des pièces entre elles soient faites avec précision, et qu'elles soient le moins possible réalisées au moyen de fer, qui, en se rouillant, finirait par altérer le bois.

Deux pièces peuvent être réunies par divers modes

d'*assemblage*. Cette réunion s'effectue au moyen de saillies et d'entailles se pénétrant mutuellement. La forme et la disposition de ces entailles ou saillies varient suivant le but à atteindre, et suivant la disposition des pièces elles-mêmes. En principe, pour que deux pièces qui se rencontrent s'étayent mutuellement, sans qu'aucune soit sollicitée par l'autre à tourner sur elle-même, il faut que leurs deux axes passent par un point commun, ou, en d'autres termes, qu'ils soient dans un même plan.

Les pièces de bois, avant d'être assemblées, doivent être équarries. Les faces d'équarrissage parallèles au plan de leurs axes sont les *faces de parement;* les autres faces sont dites *faces d'épaisseur*.

La rencontre de deux pièces de bois peut se faire de trois manières. 1° Elles peuvent se rencontrer en formant un angle et il peut alors se présenter trois cas :

a) Le bout d'une des pièces peut porter sur un point de la longueur de l'autre : c'est l'*assemblage à tenon et mortaise*;

b) Les deux pièces peuvent se joindre par leurs bouts sous un certain angle : c'est l'*assemblage d'angle*;

c) Les deux pièces peuvent se croiser : c'est l'assemblage par *entailles*.

2° Deux pièces peuvent se joindre longitudinalement : on dit alors qu'elles sont *jumellées*.

3° Deux pièces peuvent se joindre par leurs bouts, en ligne droite : ce sont les *entures*.

Nous allons décrire quelques-uns des plus employés parmi ces assemblages.

Assemblages à tenon et mortaise. — On appelle *tenon* une saillie parallélipipédique, ménagée à l'extrémité d'une pièce, et ayant pour épaisseur le tiers de l'équarrissage. La *mortaise* est un creux destiné à recevoir le tenon, présentant exactement les mêmes dimensions, et pratiqué dans une autre pièce qui doit s'assembler à la première. Parmi les assemblages qui se font à l'aide d'un tenon et d'une mortaise, nous citerons les suivants :

L'*assemblage droit*, réalisé par deux pièces qui se rencontrent à angle droit (fig. 298); A est le tenon, B est la mortaise.

L'*assemblage oblique* (fig. 299); les pièces font entre elles un angle; le tenon est tronqué : on évite ainsi d'avoir à faire une mortaise oblique.

L'*assemblage avec embrèvement*, qui comporte un *embrèvement* (fig. 300), c'est-à-dire une entaille triangulaire pour recevoir l'épaulement du tenon. On l'emploie quand l'une des pièces doit s'arc-bouter sur l'autre.

L'*assemblage à houlice*, réunion d'une pièce verticale avec une pièce oblique; la *houlice* est le tenon triangulaire de la pièce verticale (fig. 301).

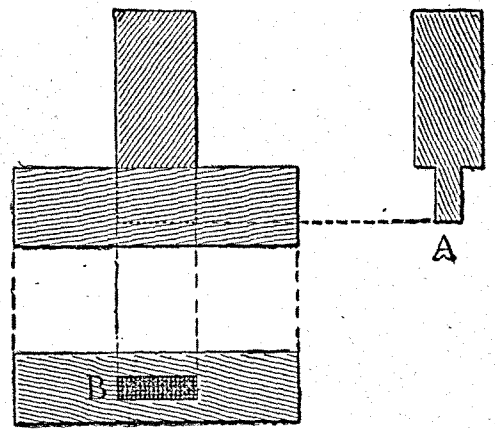
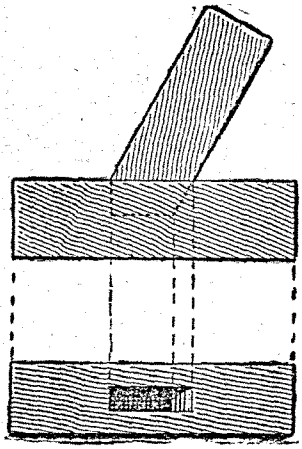
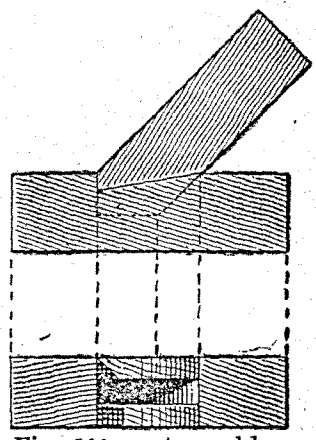
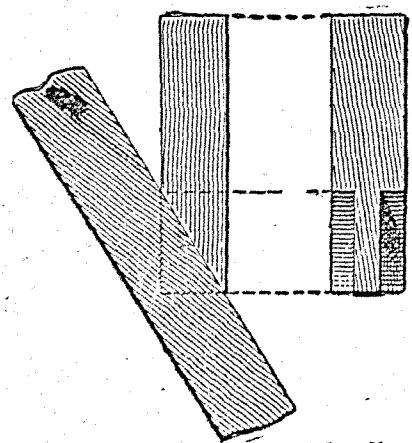


Fig. 298. — Assemblage droit.


Fig. 299. — Assemblage oblique.

L'*assemblage à queue d'hironde*, dans lequel le tenon, de forme trapézoïdale, n'entre pas dans une mortaise ordinaire, mais dans une entaille pratiquée sur une face de parement, et de même forme, ce qui oblige à l'introduire latéralement (fig. 302). Cet assemblage est employé lorsque l'ensemble doit résister à un effort de traction.


Fig. 300. — Assemblage à embrèvement.


Fig. 301. — Assemblage à houlice.

Assemblages d'angle. — Les *assemblages d'angle* ont aussi des tenons, des mortaises, des houlices, des embrèvements. Les principaux sont l'*assemblage à onglet simple* (fig. 303), et l'*assemblage à onglet avec tenon* (fig. 304).

Dans le premier, l'épaisseur des pièces à assembler A, B, est divisée en trois parties; les deux premières,

en dessous et en arrière, forment assemblage droit; la troisième, située en avant, est taillée à 45° pour former précisément ce qu'on

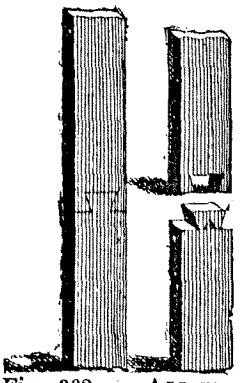


Fig. 302. — Assemblage à queue d'hironde, formant enture.

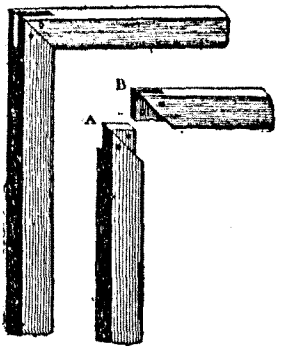


Fig. 303. — Assemblage à onglet simple.

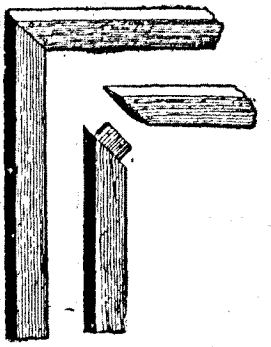


Fig. 304. — Assemblage à onglet avec tenon.

appelle *coupe d'onglet*, ou plus simplement *onglet*. Pour faire la jonction, on applique la coupe d'onglet de l'une sur la coupe d'onglet de l'autre.

Dans le second, l'épaisseur de chaque pièce est divisée en trois ou quatre parties; dans les coupes d'onglet sont ménagés des tenons et des mortaises, disposés de telle sorte que les intervalles réservés entre les tenons d'une pièce servent de mortaises pour recevoir les tenons de l'autre pièce.

Entailles et pièces jumellées. Moises — On appelle *moises* deux pièces parallèles qui embrassent deux autres pièces dont elles assurent ainsi la liaison, en même temps

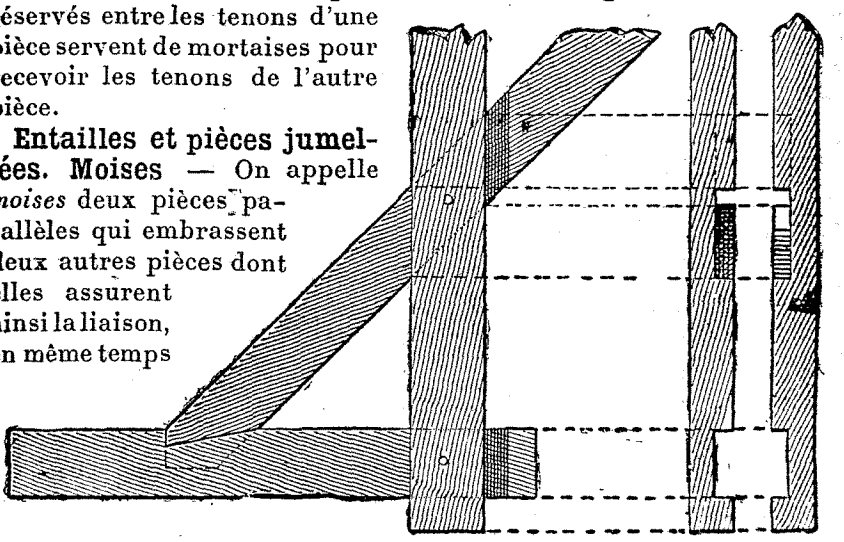


Fig. 305. — Pièces moisées.

qu'elles leur donnent un écartement invariable. Les moises sont *entaillées* à mi-bois et la pièce à embrasser est introduite dans ces entailles; les entailles sont droites ou en biais, suivant les cas. Ce genre de travail fournit donc à la fois un exemple d'*entailles* et

un exemple de *pièces jumellées*. Ajoutons que, pour plus de solidité, on traverse moises et pièce d'un boulon (fig. 305).

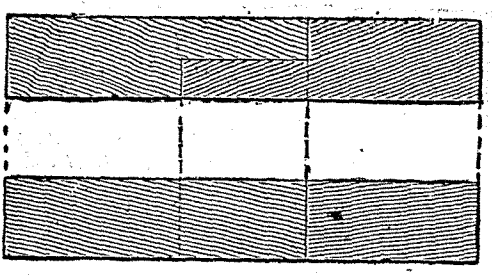


Fig. 306. — Enture à mi-bois avec à-bouts carrés.

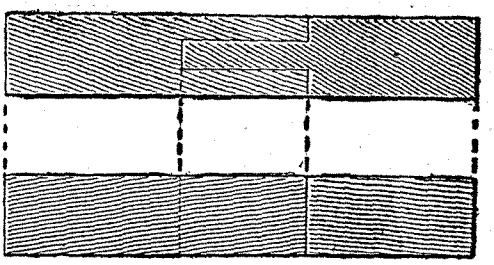


Fig. 307. — Enture à tenon et entaille.

Entures. — Pour qu'on puisse *enter* deux pièces de bois, il faut qu'elles soient exactement alignées. Les entures diffèrent selon que les pièces sont horizontales ou verticales. Parmi les entures horizontales, il faut citer comme étant très employées l'*enture à*

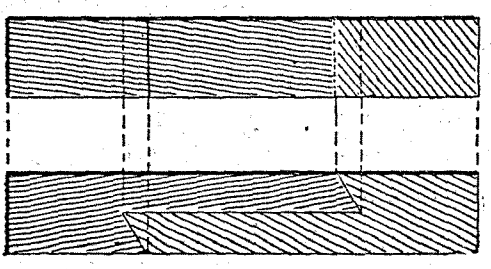


Fig. 308. — Enture à mi-bois avec à-bouts en coupe.

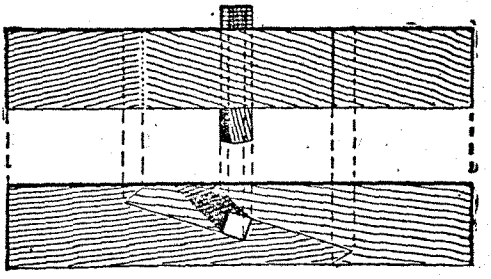


Fig. 309. — Trait de Jupiter avec clef.

mi-bois avec à-bouts carrés (fig. 306), l'*enture à tenon et entaillé* (fig. 307), l'*enture à mi-bois avec à-bouts en coupe* (fig. 308), le *trait de Jupiter* (fig. 309). Parmi les entures verticales nous citerons l'*enture à tenons croisés* (fig. 310).

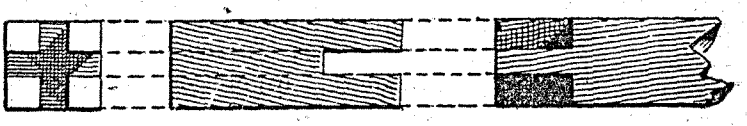


Fig. 310. — Enture à tenons croisés.

Les *traits de Jupiter* s'emploient lorsque les pièces doivent subir un effort de traction. La clé en empêche la séparation.

Les charpentiers préparent leurs pièces d'avance, et, à cet effet, leur font subir toutes les opérations de taille nécessaires pour

que les assemblages n'aient plus qu'à s'ajuster comme d'eux-mêmes au moment du montage.

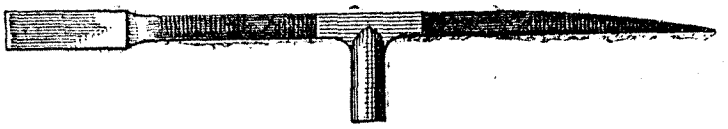


Fig. 311. — Bisaiguë.

Les principaux outils employés par eux sont la hache, la scie à main, la tronçonnière, la tarière, la bisaiguë (fig. 311), etc.

§ II

MENUISERIE

Il s'agit ici de la *menuiserie en bâtiment*, c'est-à-dire la menuiserie proprement dite, car la *menuiserie en meubles* ou *ébénisterie*, la *menuiserie en voitures* ou *carrosserie*, etc., constituent d'autres branches industrielles.

Le menuisier ne travaille guère que sur des planches débitées d'avance, et quelquefois sur de petites pièces équarries, appelées *montants*, *portants*, etc., destinées à porter les planches. Les assemblages des pièces équarries sont les mêmes que dans les travaux de charpente. Les assemblages des planches entre elles, ou avec les montants, sont quelquefois un peu différents, quoique établis d'après les mêmes principes.

On distingue : 1° les *assemblages en bois de fil*, qui réunissent deux planches pour former une surface plus large.

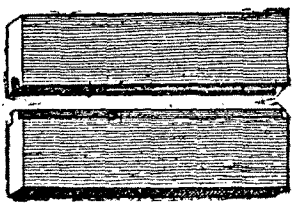


Fig. 312. — Assemblage simple à rainure et languette.

Les principaux sont le *plat-joint*, qui consiste simplement à bien dresser les deux surfaces et à les unir par de la colle forte; *l'assemblage à rainure et languette*, appelé encore *embrèvement*, dont il existe plusieurs variétés : *l'assemblage simple* (fig. 312), *l'assemblage à double languette*, *l'assemblage en emboîture* (fig. 313), dans lequel plusieurs planches F,F,F présentent, en bout, des languettes à tenons E,E,E pénétrant dans des mortaises D,D,D creusées dans une rainure B d'une pièce unique A.

2° Les *assemblages en bois d'à-bout*, qui réunissent les pièces bout à bout et sont les mêmes qu'en charpenterie.

3° Les *assemblages en bois de travers, ou d'angle*, qui permettent aux pièces assemblées de faire entre elles un certain angle.

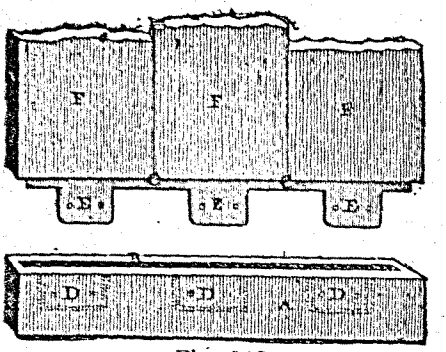


Fig. 313.
Assemblage en emboîture.

Quelques *assemblages d'angle* sont spéciaux à la menuiserie : tels sont : *l'assemblage en pan coupé* (fig. 314), le *joint à feuillure en pan coupé* (fig. 315), *l'embrèvement d'angle simple* (fig. 316), *l'embrèvement à feuillure* (fig. 317), *l'équerre-assemblage* (fig. 318).

Le menuisier doit aussi, dans bien des cas, exécuter des *moulures* ou reliefs, servant à encadrer ou à décorer les *châssis* ou encadrements et les *panneaux* ou parties planes. Les moulures peuvent être plates, curvilignes ou mixtes. Les principales moulures plates sont le *filet* (fig. 319) et le *bandeau* ou *plate-bande* (fig. 320).

Parmi les moulures curvilignes nous citerons : le *quart de rond* ou *échine* (fig. 321), le *cavet* (fig. 322), le *talon* (fig. 323), la *doucine* (fig. 324), la *baguette* (fig. 325), *l'ove* (fig. 326) le *tore*, (fig. 327), le *bec de corbin* (fig. 328).

Les moulures *mixtes* ou *composées* sont formées par la réunion des moulures plates et curvilignes.

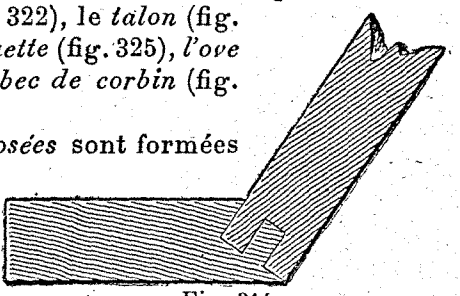


Fig. 314.
Assemblage en pan coupé.

L'outillage du menuisier est un peu plus compliqué que celui du charpentier. Il emploie la hachette, la scie à main (fig. 329), les divers rabots (fig. 330), la varlope (fig. 331) qui n'est qu'un

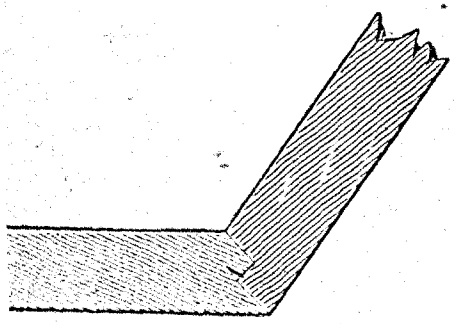


Fig. 315. — Joint à feuillure en pan coupé.

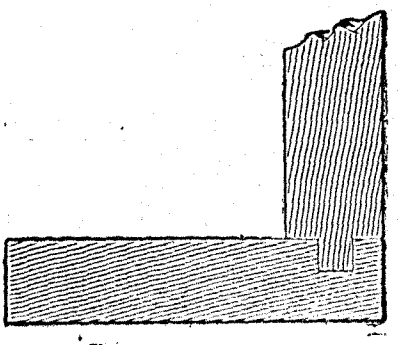


Fig. 316. — Embrèvement d'angle simple.

grand rabot, le vilebrequin (fig. 332), le ciseau à bois (fig. 333), la plane (fig. 334), le maillet, la presse (fig. 335 et 336) destinée à serrer les assemblages, les bouvets (fig. 337), servant à faire les languettes, les rainures, les moulures ; le *guillaume*, outil analogue, servant à faire les *feuillures*. Il travaille sur l'établi (fig. 338), table portant d'un côté un étau E en bois, et dessus un buttoir à pointes K, contre lequel

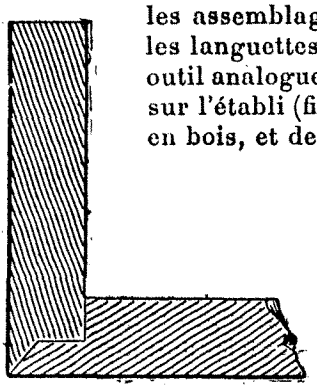


Fig. 317. — Embrèvement à feuillure.

il appuie ses planches, pendant qu'il les assujettit à l'aide du valet V enfoncé dans un trou à coups de maillet.

Les planches lui arrivent toutes débitées, mais brutes. Il doit les *dresser*, les rendre planes à l'aide des rabots, puis les *blanchir*,

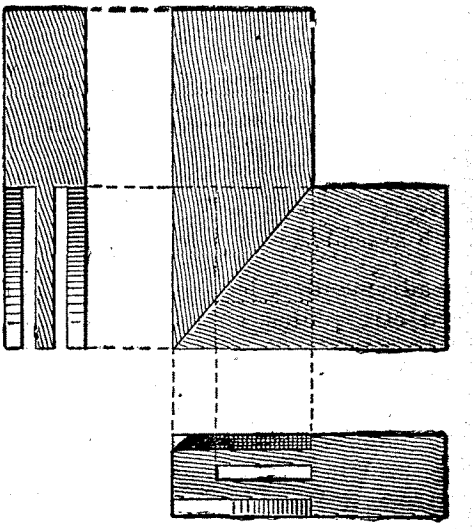


Fig. 318. — Équerre-assemblage.



Fig. 319. Filet.



Fig. 320. Bandeau ou plate-bande.



Fig. 321. Quart de rond ou échine.



Fig. 322. Cavet.



Fig. 323. Talon.



Fig. 324. Doucine.



Fig. 325. Baguette.



Fig. 326. Ove.



Fig. 327. Tore.



Fig. 328. Bec de corbin.

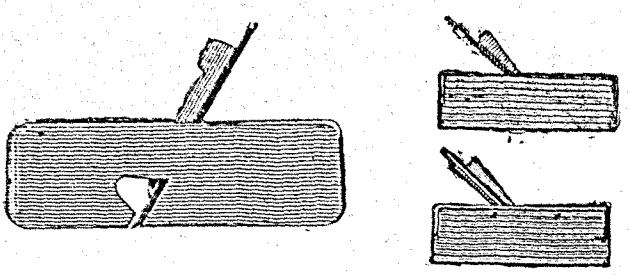


Fig. 330. — Rabots.

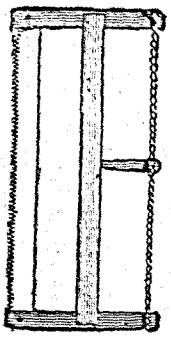
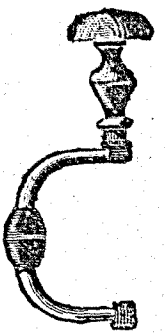


Fig. 329. — Scie à main.



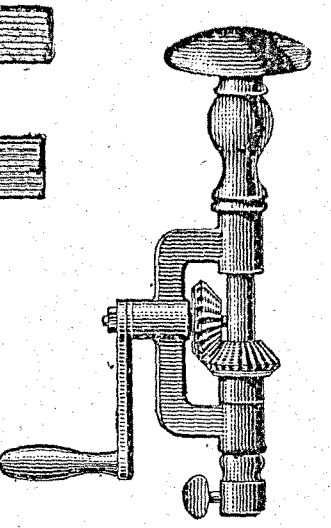


Fig. 332. — Vilebrequins.

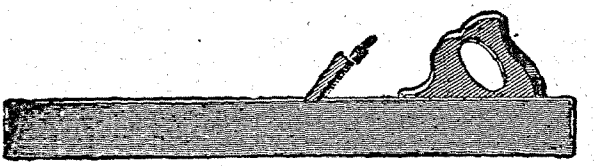


Fig. 331. — Varlope.

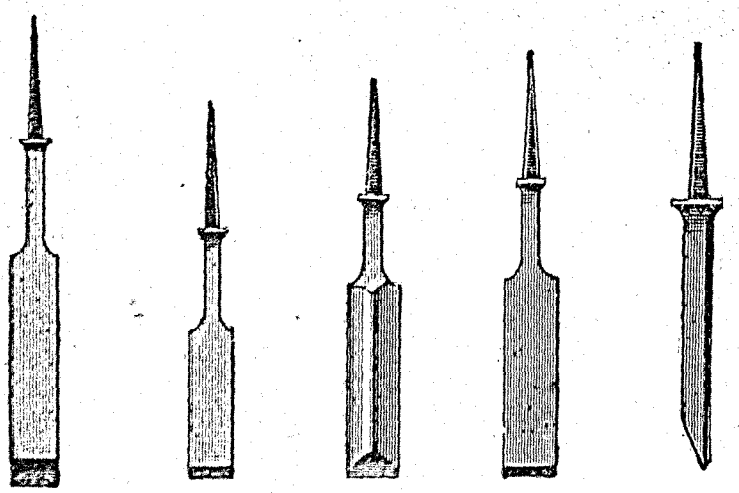


Fig. 333. — Ciseaux à bois.

c'est-à-dire les rendre tout à fait lisses, à l'aide de rabots plus fins. Ce n'est qu'ensuite qu'il les coupe exactement à la longueur et de la forme voulues, et qu'il les moulure, ou qu'il façonne les rainures, les languettes, les tenons, etc. Il porte les pièces séparées, mais prêtes, à l'endroit où elles doivent être utilisées, et là il procède au *montage*. La menuiserie emploie tous les bois de pays, mais



Fig. 334. — Plane.

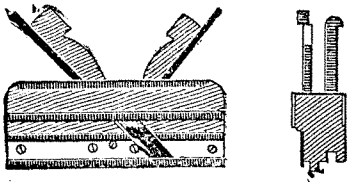


Fig. 337. — Bouvet.

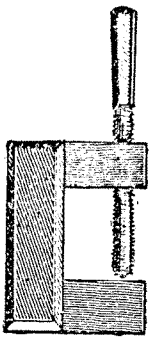


Fig. 335. Presse.

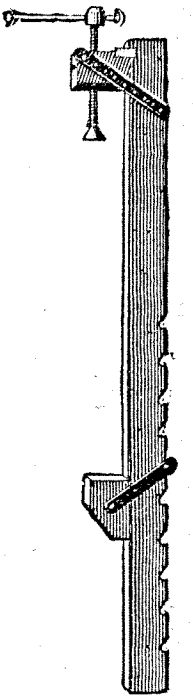


Fig. 336. Presse dite *serre-joint.*

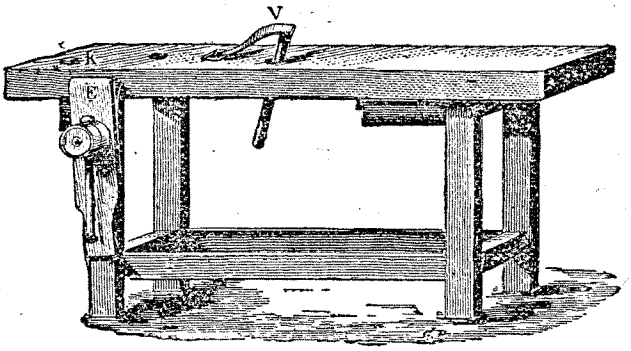


Fig. 338. — Établi de menuisier.

plus spécialement le chêne, le hêtre, le châtaignier, le noyer, le peuplier, le sapin, l'aulne, le tilleul, le marronnier, etc. Les bois doivent être sains, très secs et débarrassés de l'aubier. Elle emploie aussi quelquefois des bois exotiques, tels que le palissandre et le pitchpin.

La charpenterie et la menuiserie se pratiquent partout où l'on construit. Il n'existe pas de centres spéciaux pour ces deux industries. Cependant, depuis quelques années, de véritables usines de fabrication ont été créées dans certains centres étrangers, principalement dans les régions du nord de l'Europe; elles importent en France des pièces de menuiserie toutes montées, telles que portes, fenêtres, etc.

CHAPITRE III

Décoration des maisons. Papiers peints.

§ Ier

DÉCORATION EN GÉNÉRAL

Quand la maçonnerie d'une maison est achevée, que les travaux de menuiserie sont exécutés, on procède à la *décoration*.

Les murs sont d'abord décorés en dehors, sur les parties en façade tout au moins. Le genre de décoration extérieure varie suivant la nature des matériaux employés. Si le mur est en pierres de taille, on procède à un *ravalement*. Cette opération consiste à unir la surface de parement des pierres au moyen de hachettes, de ciseaux, de rabots spéciaux appelés *guillaumes*, *chemins de fer*, et à y pratiquer des moulures. Si la décoration comporte des sculptures, on les exécute en même temps. Si le mur est en moellons, en briques, ou en pisé, on procède à un *crépissage*, qui n'est que l'application d'une ou deux couches de mortier. Le mortier, suffisamment liquide, est jeté au moyen de la truelle et étendu avec le côté du même outil. Lorsqu'on donne la dernière couche, le mortier est plus fin, et l'on ne se borne pas à l'étendre : on le lisse avec le dos de la truelle, ou avec un outil en bois, en forme de plateau, qu'on manœuvre en le tenant par deux poignées en forme l'anse. Si l'on veut assurer la solidité du crépi, on mêle u mortier de la première couche des poils destinés à le ier : poils de vache, de chèvre, etc. Assez souvent, sur a dernière couche, on passe un lait de chaux au pinceau. Parfois le mortier est jeté à la truelle sans être étendu, e qui donne à la surface du mur un aspect *granité*; ouvent il est projeté au moyen d'un petit balai, et dans e cas la surface du mur prend un aspect *chagriné*.

Le crépissage est remplacé quelquefois par une *application de ciment*; ce sont surtout les maisons en pisé hydraulique qui reçoivent ce traitement; on imite ainsi la façade de pierre. Ce ciment est appliqué comme le crépi, mais avec plus de soin, et l'on pratique dans la couche des rainures pour imiter les joints de pierre, ainsi que des moulures. Ces dernières sont faites avec un *calibre*, planche de bois découpée d'un côté, de façon à présenter le profil de la moulure à faire (fig. 339).

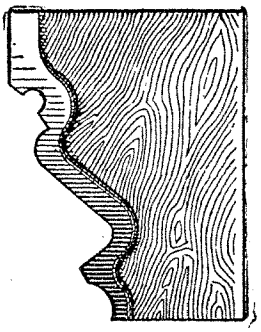


Fig. 339. — Calibre de cimentier.

Les maisons en briques présentent assez fréquemment leurs façades nues, même dans les villes. Cela tient à ce que la conservation de ce genre de maçonnerie n'est que peu compromise par son exposition à l'air sans protection, et aussi à ce qu'on peut obtenir des effets décoratifs, quelquefois remarquables, par la combinaison de briques de différentes couleurs, plus particulièrement par l'emploi de briques émaillées.

A l'intérieur, les murs sont aussi crépis; mais la deuxième couche est en plâtre toujours bien lissé. Les briquetages qui servent de cloisons entre les pièces des appartements reçoivent une couche de plâtre. Il en est de même des plafonds. Ces applications de plâtre, surtout quand il s'agit des plafonds, sont souvent complétées par des façons de moulures exécutées du reste comme celles que font les ouvriers cimentiers. On ajoute même des sculptures rapportées, moulées en carton-pâte, en stuc[1], etc. Toutes les matières, mortier, plâtre, etc., appliquées sur les murs, portent le nom *d'enduits*.

Les plafonds restent très souvent blancs, mais il est rare que les murs ne reçoivent pas d'autres décorations. Quelquefois, on les recouvre d'un simple lait de chaux au

1. Le *stuc* est une composition imitant le marbre, et formée de plâtre gâché avec de la gélatine et de la colle forte, ou calciné avec de l'alun.

pinceau, surtout lorsque l'enduit primitif, souillé et terni au bout de quelques années, a perdu sa blancheur. D'autres fois, ils sont *peints*. Les matières colorantes les plus employées sont des couleurs minérales; on se sert plus spécialement de celles que nous avons citées en parlant de l'impression des tissus (voir IVe Partie, chap. VIII). On les met en suspension dans un liquide convenable, variant avec le genre de peinture à faire.

La *peinture en bâtiment* se divise en *peinture à la détrempe* ou *à la colle,* et en *peinture à l'huile.* La peinture à la détrempe se fait au moyen de couleurs délayées à l'eau, et *détrempées* ensuite avec une colle. On fond de la *colle de peau* sur un feu modéré; on ajoute du blanc d'Espagne, puis les couleurs préalablement délayées dans l'eau. Il faut une partie de colle pour trois parties de couleur et de blanc d'Espagne. Sur les menuiseries, cette peinture peut s'appliquer directement. Pour le plâtre, il vaut mieux procéder auparavant à un *encollage,* opération qui consiste à l'enduire d'abord d'une couche du même mélange, moins la couleur. La peinture à la détrempe est économique, mais elle est peu durable; elle résiste peu dans les parties exposées aux intempéries, et surtout ne peut se nettoyer à l'eau.

La peinture à l'huile est plus solide, ne craint pas autant l'humidité et peut se laver avec une éponge imbibée d'eau. Pour l'appliquer, on commence par donner une première couche *à la céruse* [1], c'est-à-dire avec de la céruse délayée dans de l'huile de lin, cuite ou non, ou encore dans de l'huile de noix. Parfois une deuxième couche est nécessaire pour *couvrir* complètement la surface à peindre, c'est-à-dire pour la rendre complètement invisible à travers la peinture. En ajoutant de la litharge à la première couche, on rend la seconde inutile. Quand tout est bien sec, on applique la peinture proprement dite. La couleur a été délayée dans de l'huile de lin ou de noix, et additionnée d'essence de térébenthine, si le mélange est trop épais; on ajoute aussi souvent un peu de céruse pour donner plus d'opacité. On applique au pinceau. Si la surface à peindre est une surface métallique, on peut délayer la peinture uniquement dans de l'essence. Quand la peinture est sèche, on peut, si on le désire, la recouvrir d'un vernis.

1. En raison des dangers d'intoxication saturnine auxquels les ouvriers peintres sont exposés par suite de l'usage de la *céruse*, qui est un carbonate de plomb, un décret récent est venu réglementer l'emploi de cette substance dans les ateliers industriels; il est même interdit, dans plusieurs administrations publiques, de faire usage de couleurs ou enduits à base de céruse. Le *blanc de céruse* est alors remplacé par le *blanc de zinc* (oxyde de zinc), qui est dépourvu de propriétés vénéneuses.

Dans certains appartements riches, on boise les murs (*lambrissage*) ou bien on les recouvre de *tapisseries*. C'est pour imiter cet usage que, dans les appartements plus modestes, on colle sur les murs des papiers imitant la tapisserie, dits *papiers peints*. L'application s'en fait simplement avec de la colle de farine.

§ II

FABRICATION DES PAPIERS PEINTS

Les *papiers peints* sont des papiers dont la surface est généralement colorée par impression; cependant quelques-uns sont préalablement teints en cuve pendant la préparation de la pâte. Les procédés d'impression employés présentent la plus grande analogie avec ceux qui servent à imprimer les tissus. Les matières colorantes utilisées sont à peu près les mêmes; leur préparation seule diffère : elles sont *délayées à la colle de peau*.

Fonçage. — La première opération que subit le papier destiné à tapisser les murs est le *fonçage*. Cette

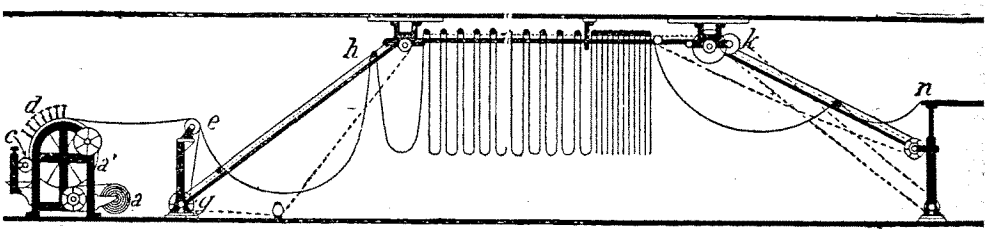


Fig. 340. — Fonçage mécanique des papiers peints.

opération consiste à le couvrir uniformément d'une couche de couleur de fond, convenablement préparée, et variant avec les nuances des dessins qu'on se propose d'imprimer. Dans le fonçage à la main, le papier est étendu sur une longue table horizontale; un premier ouvrier, au moyen d'une *brosse ronde* placée dans la main droite, dépose la couleur, et de la main gauche l'étend à la *brosse carrée*, dans le sens de la largeur du papier, un deuxième ouvrier en régularise l'application à la *brosse ronde* dans le sens de la longueur. On obtient ainsi une

bande de papier de 8 mètres de longueur, qui est ensuite mise à sécher sur des perches horizontales.

Depuis une vingtaine d'années, le fonçage mécanique s'opère, dans les usines importantes, au moyen de machines d'origine allemande, mais perfectionnées à Paris, par M. Follot (fig. 340). Le papier se déroulant de la bobine *a* est entraîné sur un tambour tournant *a'* ; dans ce mouvement, il subit le contact d'un drap sans fin tournant en même temps que le cylindre *c*, et qui vient se charger de couleur dans l'auge *b*. La couleur est ensuite étendue et régularisée à sa surface par une série de brosses *d*, placées parallèlement à l'axe du cylindre, et animées d'un mouvement de va-et-vient continu ; ces brosses effectuent le même travail que la main de l'ouvrier. Le papier ainsi foncé et guidé par le rouleau *e* est conduit par une série de baguettes entraînées par des chaînes sans fin sur deux rails *gh*, jusqu'à l'*accrocheur hk* ; il continue à se déplacer sur l'accrocheur pour arriver, après un séchage convenable, jusqu'à la *table d'embarrage nop*, d'où il va s'enrouler sur le rouleau récepteur *q*. On peut ainsi préparer une longueur ininterrompue de 850 mètres de papier, couché, séché et roulé, prêt à recevoir l'impression.

Satinage. — Certains papiers peuvent être imprimés tout de suite. Mais il en est dont on rend auparavant la surface polie et luisante : c'est ce qu'on appelle *satiner*.

Pour les papiers satinés, on emploie une couleur spéciale à base de *blanc fixe* (sulfate de baryum précipité), coloré au moyen de laques. Le papier recouvert d'une couche de cette couleur est susceptible de recevoir le satinage par une friction opérée à l'aide de brosses. La machine à satiner est formée essentiellement d'un gros cylindre rotatif formant table sans fin, sur lequel repose le papier pendant qu'une série de brosses cylindriques, disposées autour du tambour, lui impriment une friction énergique. Sur son passage, et avant d'arriver au tambour, le papier a reçu d'un distributeur automatique du

talc, convenablement étalé à la surface par un cylindre servant de tampon, et animé d'un mouvement rotatif. L'effet du talc est d'éviter l'arrachage de la couleur par

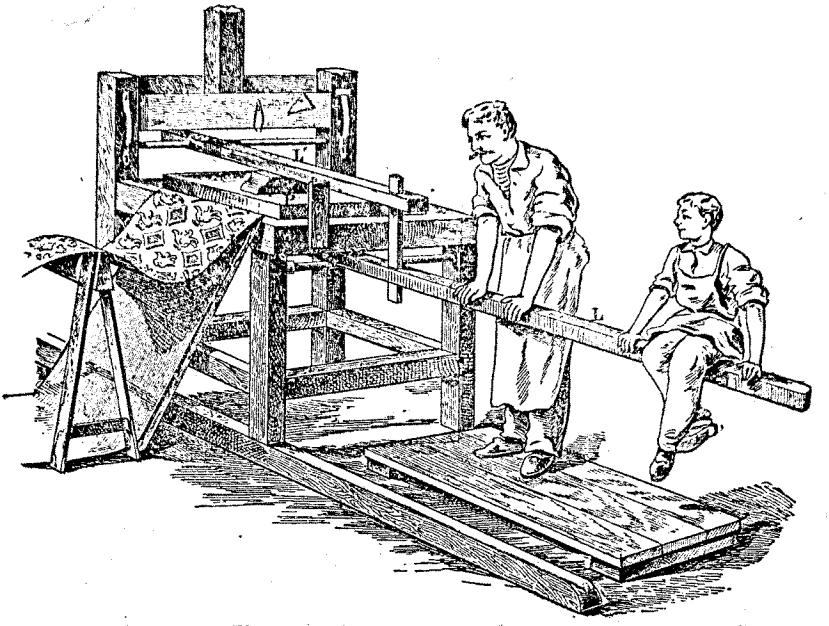


Fig. 341. — Impression à la main.

les brosses. Le papier va ensuite s'enrouler sur une bobine.

Quelquefois, le papier doit être, avant le satinage, mouillé au verso; ce mouillage s'effectue mécaniquement



Fig. 342. — Rouleau d'impression.

entre deux cylindres, dont l'un est maintenu constamment humide.

Impression. — *L'impression* peut se faire *à la main* ou *à la machine*. L'impression à la machine se subdivise à son tour en impression *au rouleau* pour les dessins variés

et en *impression au tire-ligne* pour les dessins linéaires qui recouvrent les papiers rayés.

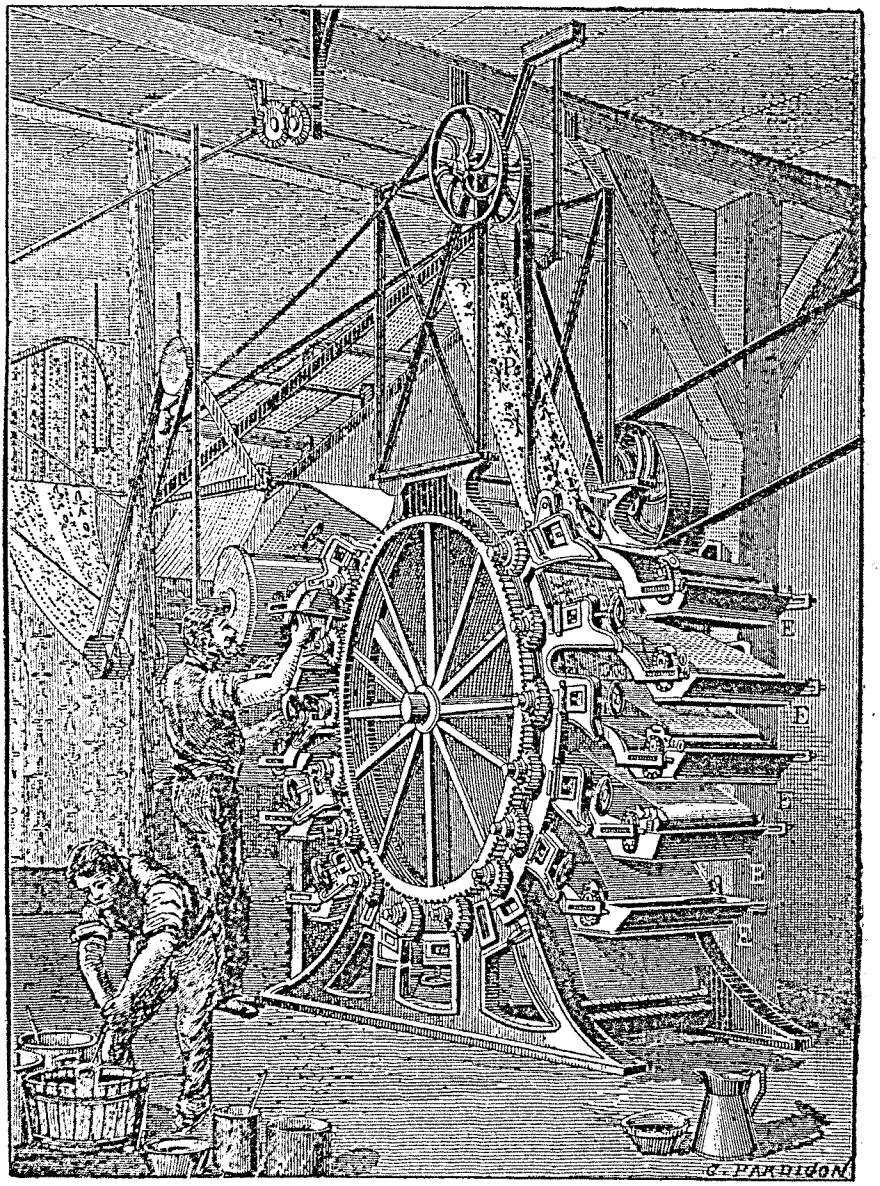


Fig. 343. — Machine à imprimer les papiers peints.

L'impression à la main et *l'impression au rouleau* du papier peint se font exactement comme pour les tissus,

avec des appareils presque identiques. Dans le premier cas, il faut seulement augmenter et prolonger la pression, parce que le papier prend moins bien la couleur que les tissus. A cet effet, l'imprimeur agit sur la *planche* P au moyen d'un chevalet et d'un levier L L′ (fig. 341).

L'impression mécanique se fait à l'aide des rouleaux *C C* (fig. 342), qui portent en relief les dessins à imprimer; ils sont disposés transversalement autour de la machine à imprimer, comme le montre la figure 343, en nombre égal à celui des couleurs à imprimer; on peut ainsi imprimer jusqu'à vingt-quatre couleurs. Le papier P P′ (fig. 344) est entraîné par le mouvement de la machine dans le sens de la flèche et vient passer successivement devant chaque rouleau imprimeur *C*. Le cylindre d'appui *r* est garni de molleton, pour que le cylindre-imprimeur CC′ ne produise pas de déchirure, ni d'étirement. La couleur est donnée au cylindre-imprimeur par un drap sans fin T, tournant dans un encrier E E′. La plus grande difficulté à vaincre est le réglage de la machine, ou la *rentrure*, qui consiste à disposer les rouleaux de manière que chacun imprime sa couleur à l'endroit précis qu'elle doit occuper.

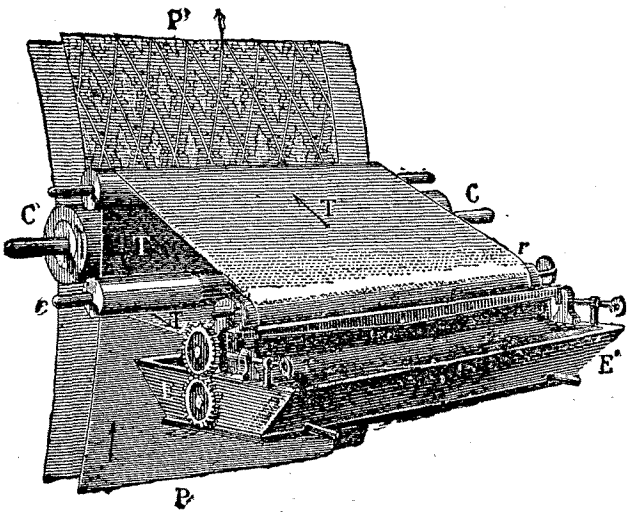


Fig. 344. — Détails de la machine à imprimer.

Si le papier P P′ doit en outre être *gaufré*, il passe par une machine spéciale, dont un des cylindres, en cuivre ou en acier, porte les reliefs nécessaires, l'autre étant toujours garni d'une matière un peu souple (rondelles de papier préparées à la presse hydraulique).

L'impression au tire-ligne (fig. 345) se fait à l'aide d'un outil spécial. A l'extrémité d'une longue table, se trouve, portée par des supports, une auge prismatique T, divisée en autant de compartiments qu'on veut appliquer de

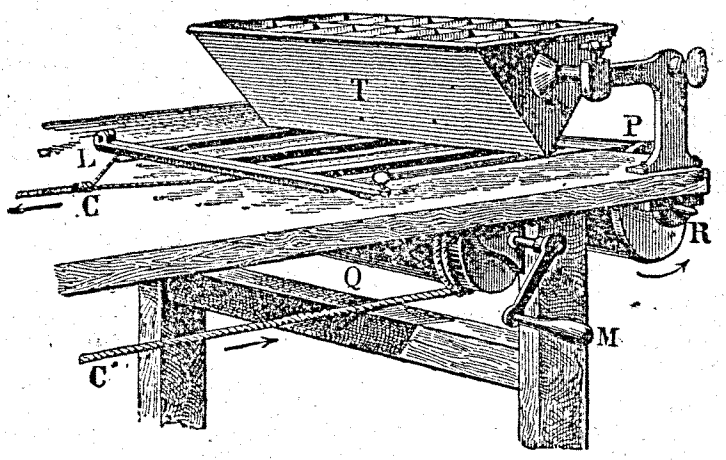


Fig. 345. — Impression au tire-ligne.

couleurs différentes. Elle est disposée de telle façon qu'une de ses arêtes longitudinales rase la table. Cette arête est percée d'autant de trous qu'il y a de lignes à tracer, et ces trous ont la dimension nécessaire. L'auge étant en place et munie de ses couleurs, on fait passer la feuille de papier P au-dessous, en la tirant de l'autre bout de la table, à l'aide d'une manivelle M agissant sur une corde C C′ attachée à deux règles L appelées mâchoires, qui enserrent entre elles l'extrémité du rouleau. Celui-ci reçoit la couleur en passant sous l'auge, et s'étale naturellement sur toute la longueur de la table; il en est aussitôt retiré pour le séchage.

Papiers veloutés. — Les papiers dits *veloutés* sont obtenus de la façon suivante. On imprime, aux endroits qui doivent former velours, et par le procédé d'impression dit *à la planche*, un *mordant*, c'est-à-dire un collant, préparé avec de la céruse délayée dans de l'huile demi-cuite avec de l'huile forte et de la litharge. Quand le mordant a pris la consistance voulue, on fait passer la feuille de papier dans une caisse contenant de la *tontisse*, ou laine en brins très courts, provenant de la tonte des draps et

spécialement préparée. Le fond de la caisse, en toile, est battu par des baguettes; on soulève ainsi une atmosphère de laine flottante: cette laine se dépose sur le papier, où elle s'attache aux endroits mordancés. Après dessiccation, l'adhérence est complète.

Papiers dorés. — Les *papiers dorés à la poudre* sont préparés comme les papiers veloutés, avec cette différence que la tontisse est remplacée par de la poudre de bronze, ou d'un métal imitant l'or (aluminium teinté).

Les *papiers dorés à la feuille* sont d'abord imprimés en mordant; puis on étend dessus des feuilles métalliques extra-minces de cuivre ou d'un métal imitant l'or. On passe au rouleau. Les feuilles métalliques adhèrent là où se trouve du mordant. On frotte avec de l'ouate et on laisse sécher; puis on frotte de nouveau, mais avec de la mie de pain. Tout le métal non adhérent est enlevé.

Les papiers dorés doivent ensuite être cylindrés, quel que soit le procédé employé pour les préparer; le cylindrage a pour effet de donner au métal l'éclat nécessaire.

Les papiers *argentés*, *bronzés*, etc., se préparent de même.

L'industrie des papiers peints est très florissante en France. C'est surtout à Paris qu'elle est pratiquée, mais Lyon, Châlons-sur-Marne et Balagny-sur-Thérain (Oise) fabriquent aussi ces papiers.

CHAPITRE IV

Ebénisterie.

L'*ébénisterie* est l'art de fabriquer les meubles. C'est une menuiserie spéciale, aux travaux plus délicats, et exigeant un certain goût artistique. Le bois en est la matière première la plus importante. Certains bois non employés en menuiserie sont utilisés par l'ébéniste : ainsi l'acajou, le palissandre, l'ébène, le thuya, l'érable, le pitch-pin; les bois de pays les plus employés sont le noyer, le chêne, le poirier, le cerisier, le peuplier, le sapin. Assez souvent le même meuble est une combinaison de plusieurs de ces bois. Dans cette industrie, on cherche à utiliser, pour l'ornementation des faces des meubles, les veines du bois ainsi que ses nœuds.

Le travail de l'ébéniste, dans son ensemble, est le

même que celui du menuisier; il comporte les mêmes assemblages et exige l'emploi des mêmes outils. Il existe cependant, entre les produits du premier et celui du second, une différence fondamentale : dans un ouvrage de menuiserie, les panneaux sont en bois massif et embrevés dans le cadre; dans un meuble en ébénisterie, les panneaux rentrent en feuillure derrière le cadre et sont maintenus par des baguettes ajustées à l'intérieur. Ces panneaux sont *contre plaqués*, c'est-à-dire composés de plusieurs épaisseurs de bois (ordinairement cinq), d'essences différentes, disposées à fils croisés, de manière à assurer des compensations de dilatation qui s'opposent à toute déformation extérieure.

De plus, les pieds de certains meubles sont ronds, et doivent, par conséquent, être *tournés*; les panneaux sont quelquefois revêtus de *sculptures*, qui ne peuvent être faites qu'au ciseau. L'ébéniste doit donc être à la fois menuisier, tourneur et sculpteur. Dans les grands ateliers d'ébénisterie de luxe, ces trois fonctions sont remplies par des spécialistes. Il y a, en outre, des *incrusteurs*, car on fait des meubles revêtus d'incrustations de nacre, d'ivoire, de métal, etc., petites plaques de formes variées, qui sont collées à la surface des panneaux, dans des cavités superficielles creusées exprès pour les recevoir.

Le montage d'un meuble doit se faire sans clous; les chevilles elles-mêmes ne doivent être utilisées que le moins possible, et les boulons ou tire-fonds doivent être réservés pour des cas exceptionnels; ce qui revient à dire que les assemblages doivent tenir d'eux-mêmes; mais, pour plus de solidité, on enduit toujours de colle-forte les surfaces d'assemblage.

Les meubles de luxe seuls peuvent être faits en bois exotiques, en raison du prix élevé de ces bois. Mais, par l'artifice du *placage*, on construit en bois communs des meubles qui font l'effet des meubles riches. Ce procédé consiste à recouvrir l'extérieur de ces meubles avec

des lames minces d'un bois exotique (fig. 346 et 347). On plaque aussi le chêne ou le noyer sur le peuplier. Le placage se fait de différentes façons.

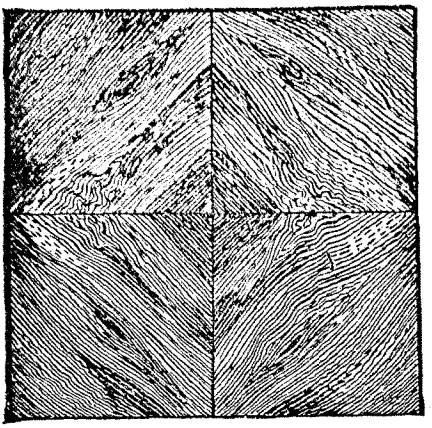


Fig. 346. — Placage d'acajou en croix grecque.

Pour les parties planes des meubles, on emploie le *placage au marteau* (fig. 348). On commence par raboter la surface à plaquer avec un rabot, dit *bretté*, dont la lame a des dents qui raient la surface du bois et le rendent un peu rugueux. On passe la colle forte et l'on applique la feuille de bois exotique. A l'aide d'une sorte de marteau à tête large, on râcle cette feuille en appuyant fortement, en allant toujours dans le même sens et en passant en tous ses points, de manière à en déterminer l'adhérence avec le bois sous-jacent et à faire sortir sur un bord l'excès de colle. On est généralement obligé de maintenir humide à l'extérieur la feuille à coller pour atténuer l'effet de la chaleur de la colle, et les effets de contraction qui aboutiraient à faire tordre (*voiler* ou *gondoler*) cette feuille; à cet effet, on passe de temps à autre dessus une petite éponge imbibée d'eau. Parfois, tout étant terminé, on s'aperçoit qu'en quelque point la colle n'a pas pris, ce qu'on reconnaît à ce que

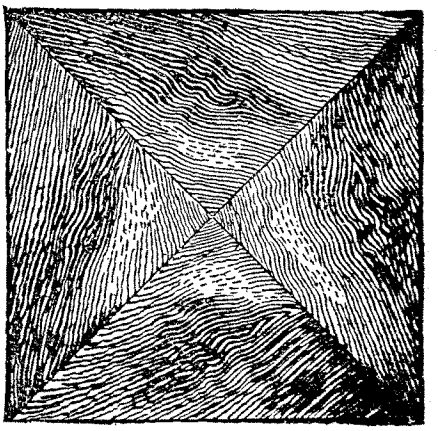


Fig. 347. — Placage d'acajou en croix de Saint-André.

la feuille tend à se soulever en ce point ; on y passe alors un fer chaud, dit *fer à plaquer* (fig. 349), analogue au *fer à repasser* des tailleurs.

Le procédé *au marteau* est employé pour les petites surfaces, mais pour les grandes on a recours aux cales et aux presses.

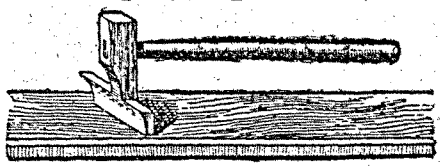


Fig. 348. — Placage au marteau.

Pour plaquer une surface courbe, le procédé précédent ne peut être employé ; on pratique le *plaquage à la cale* (fig. 350). On prépare la feuille à coller, en la chauffant du côté qui doit être collé et en la mouillant du côté extérieur. On l'applique sur la surface à plaquer, préalablement enduite de colle. On abat sur cette feuille la *cale*, pièce de bois offrant exactement en contre-partie toutes les courbures de la surface à plaquer, c'est-à-dire ayant des convexités rentrant exactement dans ses concavités, et des concavités s'emboîtant exactement sur ses convexités, en un mot une sorte de moule. La feuille est ainsi prise entre la surface à plaquer et cette cale qui a été chauffée aussi. On porte sous la presse, appareil analogue aux presses de menuisier. Après refroidissement, on décale le tout ; l'adhérence est parfaite. On emploie souvent ce procédé pour les parties planes (fig. 351), car il est plus expéditif que le *plaquage au marteau*.

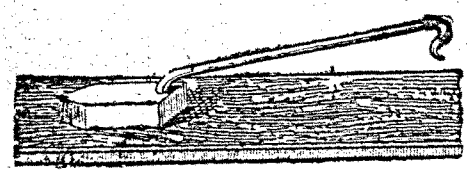


Fig. 349. — Fer à plaquer.

Si la surface présente des courbures trop compliquées, la cale ne peut plus servir ; on emploie le *plaquage au sable*. La surface à plaquer et la feuille à coller ayant été préparées comme précédemment, on applique celle-ci sur celle-là ; on place sur la feuille un sac de sable chaud et l'on met sous presse (fig. 352). Le sable, pouvant se déplacer dans le sac qui n'en est pas tout à fait rempli,

se moule en quelque sorte sur les anfractuosités de la surface à plaquer et y fait adhérer la feuille.

Si la surface à plaquer est convexe sur une face et concave sur l'autre, on est obligé d'employer encore un autre procédé, le *plaquage à la sangle* (fig. 353); quand le plaquage doit se faire sur la convexité, on procède comme il suit. On place du côté concave des morceaux de bois appelés *calibres*, qui épousent la forme de cette

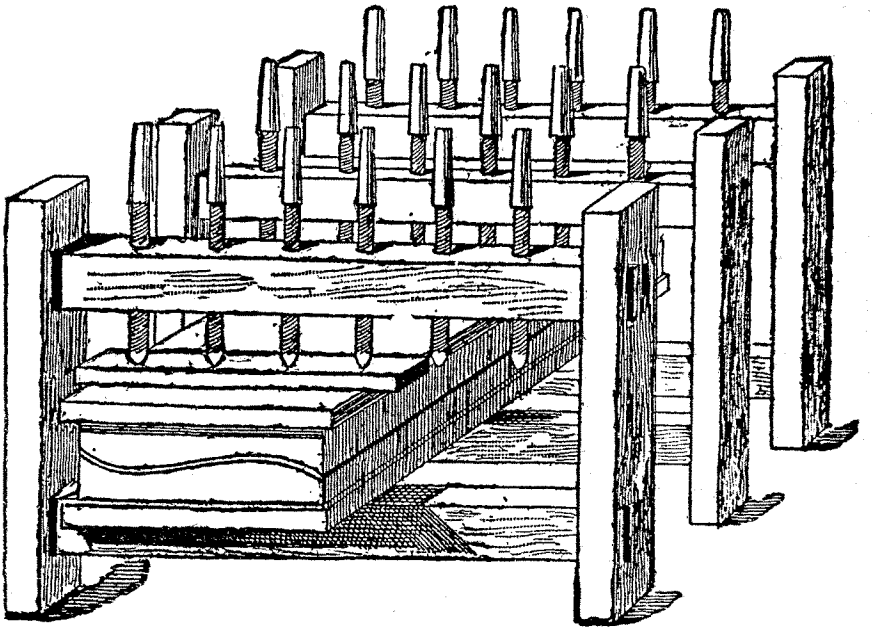


Fig. 350. — Placage à la cale (pièces courbes).

courbure; on encolle l'extérieur convexe, et l'on applique la feuille préparée comme dans les cas précédents. Avec des *sangles* en cuir qu'on serre fortement et peu à peu, on la lie à une traverse posée sur les calibres situés de l'autre côté.

Non seulement on fabrique des meubles plaqués imitant les meubles en bois de luxe, mais on arrive à imiter le bois de luxe lui-même, par l'application sur le bois commun de teintures appropriées.

Quand le meuble est monté, on le *polit* (quelquefois,

les pièces sont polies avant le montage). Cette opération se fait d'abord avec un *racloir*, lame d'acier qu'on promène à la surface des pièces pour enlever les dernières

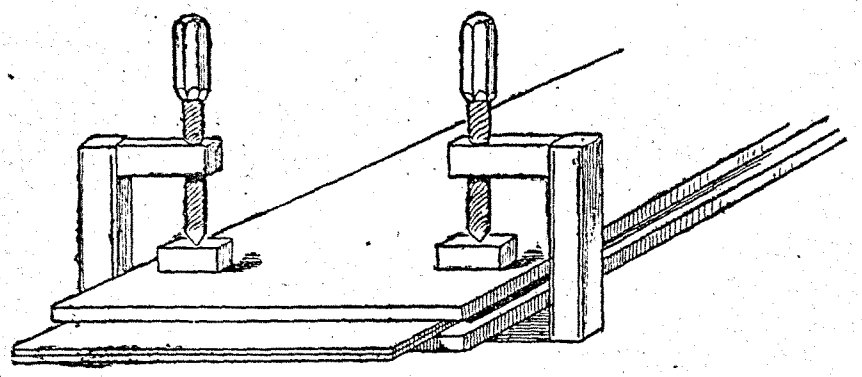


Fig. 351. — Placage à la cale (pièces planes).

aspérités. On continue avec une pierre ponce et de l'huile, ou avec du papier à polir.

Les pièces du meuble étant suffisamment polies, on procède au *vernissage* ou au *cirage*. Le *vernissage* se fait avec un *tampon* de toile bourré de laine ou de coton et im-

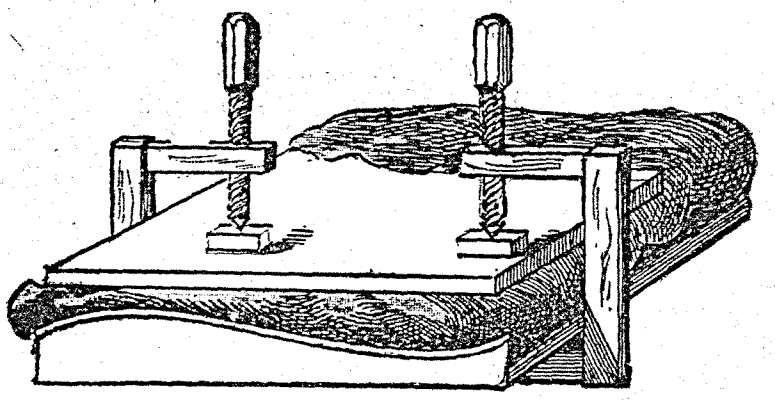


Fig. 352. — Placage au sable.

prégné d'un vernis, généralement de vernis à la gomme laque. L'opérateur doit tourner en partant du milieu, sans s'arrêter en aucun point, et sans appuyer, afin qu'il y ait une couche très mince et surtout très uniforme de vernis. C'est la gomme laque qui reste et forme la couche bril-

lante. L'ouvrier ébéniste vernit les différentes parties du meuble avant de les ajuster et de les coller; cette obligation résulte du maniement du *tampon*, qui ne peut éclaircir et égaliser le vernis que sur des surfaces parfaitement planes, sans aucune saillie.

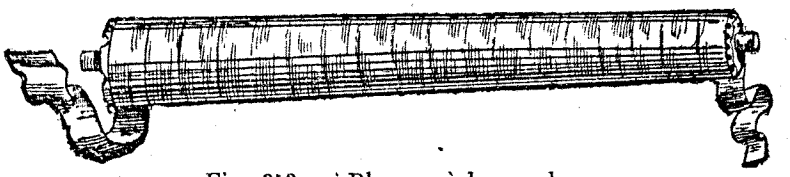


Fig. 353. — Placage à la sangle.

Le *cirage* se fait au moyen d'une couche d'*encaustique*, ainsi préparé : on fait dissoudre huit parties de carbonate de potassium dans 300 parties d'eau, puis on ajoute 20 parties de cire blanche. On chauffe doucement; quand l'émulsion est complète, on l'applique au pinceau. Après refroidissement, on fait briller avec une brosse.

On trouve des ébénistes dans toutes les localités un peu importantes. Mais c'est seulement dans certaines contrées que ce genre de fabrication prend les proportions d'une grande industrie. Paris, et notamment le quartier du faubourg Saint-Antoine, est l'atelier par excellence de l'ébénisterie; il fournit de meubles le monde entier. Bien loin derrière viennent Lyon, Toulouse, Bordeaux, Lille, Nancy, les Vosges, etc.

CHAPITRE V

Verrerie et Cristallerie.

§ Ier

NATURE ET PROPRIÉTÉS DU VERRE

Le *verre* est une substance dure, cassante, douée d'un éclat et d'une structure caractéristiques auxquels on a donné les noms d'*éclat vitreux* et de *structure vitreuse*;

les traces d'étirement visibles dans la masse sont dues à ce que la solidification a eu lieu alors que la matière était à l'état visqueux. Les matières qui servent à faire le verre sont en effet fondues ensemble, de manière à donner une pâte malléable, qu'on laisse ensuite solidifier après l'avoir façonnée.

Le phénomène par lequel un corps qui se solidifie prend cette structure s'appelle *vitrification*; dans cet état, il n'est pas cristallin; mais si, grâce à une cause quelconque, il vient à cristalliser, il devient opaque, s'il ne l'est déjà : on dit qu'il se *dévitrifie*.

Le verre est généralement incolore et transparent, à moins qu'il ne contienne des matières étrangères. S'il se dévitrifie, ce qui arrive, par exemple, sous l'action prolongée de la chaleur, il devient opaque en prenant la structure de la porcelaine : on l'appelle alors *porcelaine de Réaumur*.

Le verre est un mélange de plusieurs *silicates*. Le verre ordinaire est formé d'un *silicate alcalin* et d'un *silicate terreux*. Les silicates alcalins sont fusibles, mais facilement attaquables par les agents physiques et chimiques; les silicates terreux sont infusibles et résistent aux mêmes agents; en unissant ces deux sortes de silicates, on obtient un corps suffisamment fusible et résistant assez bien aux agents destructeurs. Les silicates alcalins ordinairement employés sont les *silicates de potassium* ou *de sodium*; le silicate terreux qu'on utilise habituellement est le *silicate de calcium*. En associant le *silicate de potassium* et le *silicate de plomb*, on obtient un verre spécial, très fusible, éclatant, très transparent, très réfringent, très lourd, à la sonorité métallique, et qu'on appelle le *cristal*. Certains verres contiennent d'autres silicates provenant de corps étrangers qui se trouvaient dans les matières premières : tels sont les silicates d'aluminium et de fer.

Les silicates qui composent le verre ne sont pas employés comme matières premières pour sa fabrication;

ils se produisent dans les réactions qui ont lieu au cours de la fabrication même.

Le choix des silicates à obtenir et par conséquent des matières premières à employer, ainsi que les diverses proportions des mélanges, produisent différentes catégories de verre. C'est ainsi qu'on distingue : 1° les *verres à silicate alcalin* (*potassium ou sodium*) *et silicate de calcium* (verre blanc, verre de Bohême, verre à vitres, glace, crown-glass); 2° les *verres à silicate de potassium et silicate de plomb* (cristal, strass, flint-glass, émail); 3° les *verres à silicates de sodium, de calcium, d'aluminium et de fer* (verre à bouteilles).

La silice est introduite à l'état de quartz pulvérisé ou de sable siliceux pur; on ajoute, suivant le cas, à cette matière fondamentale, une proportion convenable de sels de potassium, de sodium, de calcium (carbonates et sulfates surtout) ainsi que du minium. Voici, à titre d'exemple, la composition du mélange qui sert à fabriquer le verre à vitre : sable blanc, 100 parties; sulfate de sodium, 35 à 40 parties ; calcaire ou craie, 25 à 35 parties; coke pulvérisé, 15 à 20 parties; ce dernier sert ici à favoriser la réduction du sulfate de sodium. Le crown et le flint contiennent parfois du baryum. L'émail est rendu opaque par de l'oxyde d'étain ou de la cendre d'os.

Le *verre blanc* sert à faire les objets de *gobeletterie* commune, c'est-à-dire les vases de ménage en verre, autres que les bouteilles; le *verre de Bohême* sert à confectionner les récipients de laboratoire, car à cause de sa composition il est très peu fusible; le *verre à vitres*, comme son nom l'indique, sert à garnir les croisées; la *glace* joue le même rôle et sert de plus à faire les miroirs ; le *crown-glass* et le *flint-glass* servent à confectionner les lentilles des instruments d'optique; le *cristal*, à faire de la gobeletterie de luxe ; le *strass*, à faire des imitations de pierres précieuses; l'*émail*, à faire des *couvertes* brillantes sur des poteries, des métaux, etc; le *verre à bouteilles*, à faire les bouteilles ordinaires.

A la température du blanc, le verre est parfaitement fluide, mais, bien avant d'atteindre ce point, il se ramollit et passe par tous les degrés de viscosité. C'est à cet état visqueux qu'il faut le prendre pour le travailler. Lorsqu'il est chauffé jusqu'au voisinage

de son point de ramollissement, puis plongé dans un bain d'eau froide, il se *trempe*, c'est-à-dire durcit, mais seulement à la surface, car il est mauvais conducteur de la chaleur. Un tel verre se brise avec la plus grande facilité. S'il est, au contraire, plongé dans un bain d'huile ou de graisse fondue, il se trempe dans toute son épaisseur : c'est le *verre incassable*; dans cet état, il est, en effet, très dur, mais, s'il se brise en un point, tout le reste se disperse en menus débris.

L'eau froide est sans action sur le verre à l'état ordinaire, ou du moins son action est extrêmement lente; les acides étendus attaquent peu à peu le verre, d'où l'irisation que présentent les verres anciens. L'acide fluorhydrique l'attaque très vivement. Les alcalis détruisent assez vite le verre et surtout le cristal.

§ II

PRÉPARATION DU VERRE

Quelle que soit l'espèce de verre à obtenir, on le prépare à peu près de la même manière. Les matières premières sont pulvérisées, puis mélangées soigneusement; on peut leur ajouter des débris de verre de même composition. On les fond ensuite soit dans des fours à *creusets*, soit dans des fours à *bassin*, chauffés au bois, à la houille, ou au *gaz d'eau* (v. ci-après chap. VIII, § III).

On emploie deux sortes de creusets : les *creusets droits c*, *c* (fig. 354), de forme tronc-conique, ouverts à la partie supérieure, et les *creusets couverts* (fig. 355), surmontés d'un dôme et ouverts sur le côté par une sorte de tubulure sortant du four. Les premiers sont employés quand on chauffe au bois ou au gaz; les seconds sont préférés quand on chauffe à la houille ou au coke. Pour le cristal, on emploie toujours ces derniers.

Les creusets sont placés dans un *four de fusion*. Presque tous les fours sont à récupération de chaleur. Ainsi, quand ils sont chauffés à la houille (fig. 354), l'oxyde de carbone provenant de la combustion qui s'opère en F, se mélange en *a*, *a'*, avec l'air surchauffé par son passage à travers des maçonneries ou des poteries chauffées elles-mêmes par le four.

Ce dernier est isolé au milieu de l'atelier, de telle façon qu'on puisse travailler tout autour. Des ouvertures, appelées *ouvreaux*, sont menagées en face de chaque creuset; c'est par là qu'on introduit les matières premières et qu'on extrait le verre. On porte les creusets au rouge avant d'y introduire les substances à fondre.

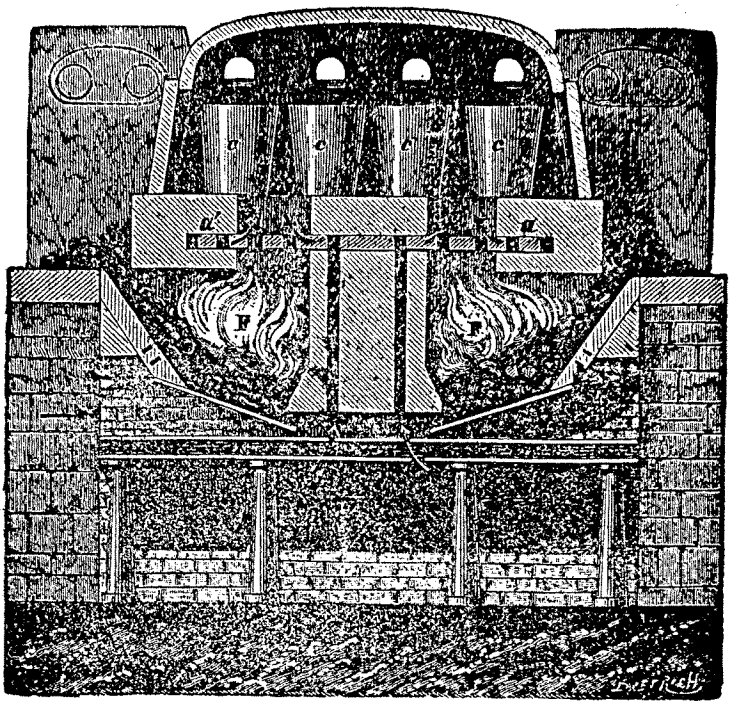


Fig. 354. — Four Boétius, à la houille.

La température du four est portée vers 1450°; quand la fusion est complète, les combinaisons s'achèvent; l'acide silicique, qui constitue le sable ou le quartz, s'emparant du potassium ou du sodium des sels alcalins, et du calcium de la chaux ou du calcaire, donne des silicates qui se mélangent intimement; l'anhydride carbonique se dégage en bulles tout en brassant la pâte; quelques matières impures, plus légères, forment une sorte d'écume à la surface (*fiel de verre*). Quand il ne se dégage plus de bulles, les réactions sont terminées. On laisse

peu à peu tomber la température jusqu'à 800°. La matière perd de sa fluidité, devient visqueuse. C'est alors qu'on *cueille* le verre pour le travailler. Il s'est écoulé environ de 12 à 24 heures depuis la charge des creusets. Une fois qu'on a commencé à retirer le verre, il faut continuer jusqu'à ce qu'il n'en reste plus.

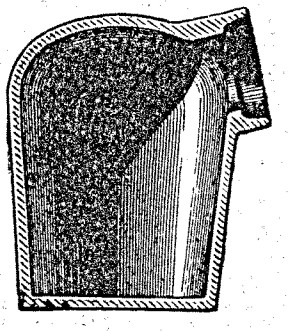


Fig. 355.

Il y a dans la production d'un four à *creusets* des variations de température dues aux réactions chimiques, auxquelles viennent s'ajouter des interruptions accidentelles provenant de causes fortuites, comme la rupture d'un des creusets, etc. Ces inconvénients ont conduit Fr. Siemens, dont nous avons eu à citer plusieurs fois déjà le nom dans cet ouvrage, à remplacer la série des pots contenus dans un four par un *bassin* unique où toutes les périodes de la fabrication se succèdent sans interruption; l'enfournement des charges a lieu par une des extrémités du four; à l'autre extrémité s'opère le cueillage du verre. On arrive à donner aux bassins jusqu'à 20 mètres de longueur, sur 3 à 4 mètres de largeur et 2 mètres de profondeur, contenant des centaines de mètres cubes de matière en fusion. Dans ces conditions, la chaleur est mieux utilisée. Des flotteurs réfractaires, nageant à la surface du liquide, tiennent les impuretés éloignées des ouvreaux de cueillage. Le four ne s'éteint que pour permettre l'exécution des réparations urgentes; certains fours durent plus d'une année.

III

FAÇONNAGE DU VERRE

La fabrication des objets en verre constitue le *façonnage*. On procède soit par *soufflage*, soit par *moulage*, soit par *coulage*. Dans les deux premiers cas, on cueille le verre peu à peu, à l'aide d'outils appropriés, qui sont la *canne* et le *pontil*. La *canne* est une tige de fer creuse (fig. 356) munie d'un garniture en bois à une extrémité pour qu'on puisse la manier sans se brûler; l'ouvrier

plonge l'extrémité non garnie dans le bain, et il la retire portant, adhérente, une certaine quantité de verre; puis il souffle par l'autre extrémité pour gonfler la masse. Le *pontil* est une tige de fer, garnie de bois également, mais non creuse, dont on se sert pour cueillir la pâte qui n'est pas destinée à être soufflée.

Soufflage. — Le *verre à vitres* ordinaire est, jusqu'à présent, fabriqué exclusivement par *soufflage*. L'ouvrier, ou *souffleur*, se tient sur un plancher B (fig. 357) situé à la hauteur du four. Avec sa canne plongée dans le creuset A, il puise une certaine quantité de verre fondu. Il en forme une masse sphérique en la faisant tourner dans un bloc de fonte ou de bois mouillé D, présentant une cavité hémisphérique, puis il commence à souffler dans sa canne, ce qui fait prendre à la masse de verre la forme d'une poire. Ensuite,



Fig. 356.
Canne de verrier.

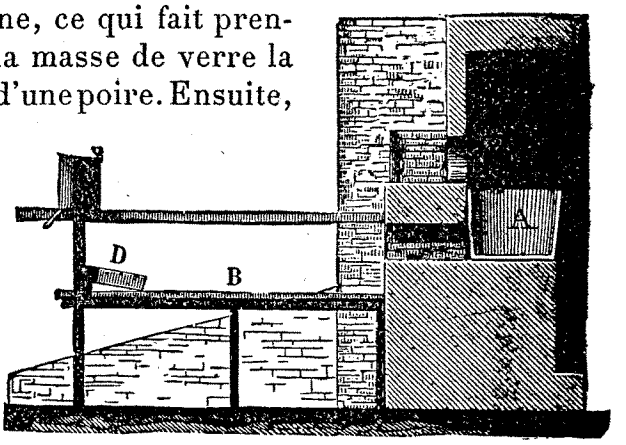


Fig. 357. — Four pour verre à vitres.

toujours soufflant de temps en temps, il balance sa canne, le long du rebord de son plancher, s'il est assez élevé, ou dans une fosse creusée tout au long, dans le cas contraire; de temps à autre même, il lui fait décrire un cercle complet. La force centrifuge et la pesanteur font allonger la poire, si bien qu'elle se transforme en un cylindre (fig. 358) terminé par deux calottes. Pour ouvrir

la calotte opposée à la canne, il la ramollit en la présentant à l'ouvreau, et, d'un souffle plus fort, il la crève; puis, avec des ciseaux, il régularise l'ouverture ainsi formée. Il détache la seconde calotte, après refroidissement, en enroulant un fil de verre chaud qui détermine une rupture. On a auparavant détaché la canne, rien qu'en touchant le verre avec une tige de fer froide.

Il s'agit ensuite de transformer en feuille plane le

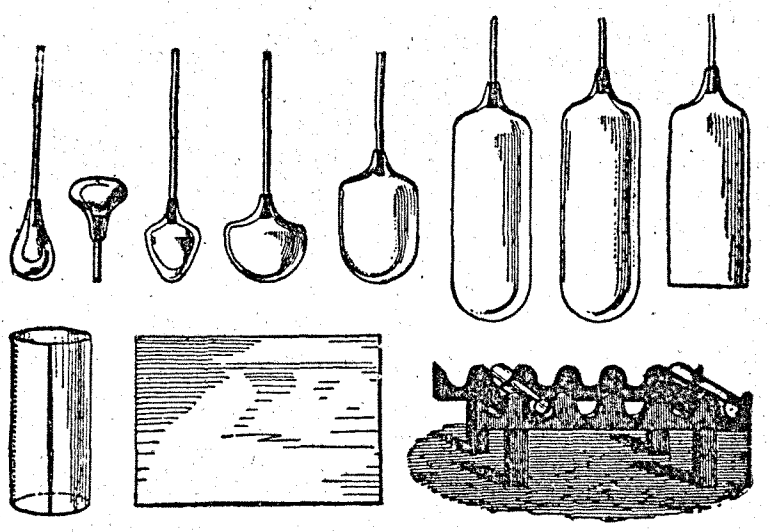


Fig. 358. — Phases diverses de la fabrication d'une feuille de verre à vitre.

manchon ainsi obtenu. Pour cela, on commence par le fendre suivant une génératrice, en promenant le long de cette ligne une tige de fer rougie, et en mouillant avec le doigt un de ses points; il se fait une séparation nette. On la porte ensuite au *four d'étendage*, où règne la température du rouge sombre, assez élevée pour le ramollir; on l'étend sur une table plane, dans le four même; puis avec une règle plane, à long manche, on écarte les deux bords enroulés de la feuille, et l'on achève de la planer avec un rouleau de fer poli. On la pousse ensuite dans une autre partie du four moins chauffée, où elle subit le *recuit*, opération consistant à chauffer légèrement, puis à laisser refroidir très lentement, pour éviter

la *trempe à l'air* qui se produirait, si le refroidissement était brusque au sortir du four d'étendage.

Moulage. — Certains articles de gobeletterie, tels que les salières, ou certains objets de fantaisie, comme les presse-papiers, sont faits par *moulage*. On procède ainsi qu'il suit. Supposons qu'il s'agisse de façonner une salière. L'ouvrier prend avec le pontil un peu de verre, et le fait tomber dans le moule en fonte; ce dernier présente, sur ses parois intérieures, les particularités de relief que devra présenter à l'extérieur la salière elle-même. Le verre une fois dans le moule, on abaisse le *contre-moule,* ou pièce massive présentant à l'extérieur le relief nécessaire pour façonner l'intérieur de cette salière. Le verre est ainsi comprimé entre les parois du moule et le contre-moule, et doit en épouser toutes les aspérités. L'opération est extrêmement rapide.

Soufflage et moulage. — Certaines feuilles de verre sont faites à la fois par soufflage et par moulage : ce sont les *vitres cannelées*. Pendant le soufflage du cylindre, on introduit la poire vitreuse dans un moule présentant les cannelures à l'intérieur de ses parois, et l'on souffle jusqu'à ce que le cylindre ait rempli le moule bien exactement. On l'étend ensuite comme les cylindres non cannelés.

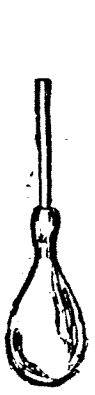


Fig. 359.



Fig. 360.

C'est surtout pour la fabrication des *bouteilles* que ce procédé mixte est employé. Chaque ouvreau du four est occupé par un *poste* composé du *souffleur*, du *grand garçon*, et du *gamin* ou *porteur*. La fusion étant arrivée au point voulu, le *grand garçon cueille* avec la canne la masse de verre suffisante pour faire une bouteille; cette masse, ou *paraison*, reçoit de ses mains, sur le marbre, une forme allongée rappelant celle d'une poire (fig. 359); le *souffleur* la rechauffe, et lui donne, en faisant tourner la canne, la forme d'une

bouteille (fig. 360); puis il l'introduit dans un moule (fig. 361), dont il lui fait épouser, en soufflant, toutes les formes. Par un mouvement ascensionnel de la canne, il en forme le col; puis il rechauffe l'objet, qu'il repasse au *grand garçon*. Ce dernier repousse le fond, sépare la canne de la bouteille et rapporte une bague de verre pour former le collet. La pièce terminée est saisie par le *porteur*, dans un sabot, sorte de panier métallique emmanché au bout d'une tige, et introduite par lui dans le four à recuire; les bouteilles y sont chauffées graduellement jusqu'à 300° ou 400°; on défourne lorsque cette température s'est abaissée à 50° environ.

Soufflage et modelage. — On peut combiner le soufflage avec une sorte de *modelage*, travail analogue à celui des modeleurs en plâtre, ou des potiers qui travaillent sur le tour. C'est ainsi qu'on fabrique la plupart des articles de gobeletterie et certains articles de fantaisie. Voici, par exemple, comment se fait un verre à pied. Le souffleur cueille la quantité de pâte voulue, puis la fait rouler sur une plaque de fonte pour l'arrondir. Il souffle ensuite pour lui donner la forme d'une poire, jusqu'à ce que cette poire ait les dimensions du verre à obtenir. Avec un pontil apporté par un aide, il ajoute à la base de la poire la quantité de pâte nécessaire pour faire la tige du pied du verre. Puis, posant la canne sur le rebord d'une planche qui lui sert d'appui, il la fait tourner d'une main, pendant que de l'autre, et avec des pinces, il façonne cette tige. Une nouvelle quantité de pâte est apportée et ajoutée à la tige. Tournant toujours sa canne sur l'appui, il exerce sur la pâte qui vient d'être ajoutée

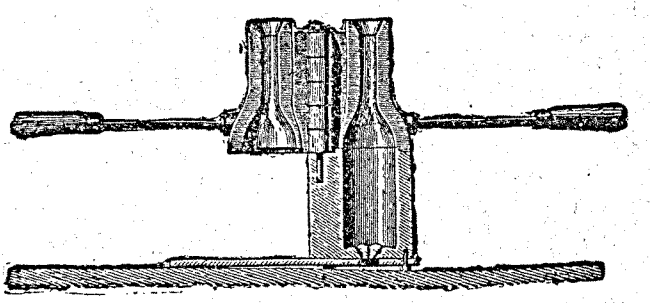


Fig. 361. — Moule à bouteilles.

une pression qui la refoule et l'aplatit, ce qui forme le pied, auquel il achève de donner la forme voulue à l'aide de pinces. Une autre petite quantité de pâte, au bout du pontil, est collée sous ce pied; l'ouvrier détache la canne: il tiendra maintenant le verre à l'aide du pontil. Avec des ciseaux, il taille les bords de l'ouverture faite par la séparation de la canne, afin de les régulariser; ensuite, faisant tourner le pontil sur l'appui, il évase les bords avec un morceau de bois. Il ne reste plus qu'à séparer le pontil, et à recuire le verre. Celui-ci est introduit avec beaucoup d'autres dans un four à recuire, dont la sole est une plate-forme roulante, sans fin. Les verres sont placés à une première ouverture, et, au bout de six heures, se trouvent transportés tout recuits, en face d'une deuxième ouverture d'où on les retire. Quand il s'agit d'objets en cristal, le recuit se fait autrement : les pièces sont mises dans une caisse fermée dont le joint est fait au sable. On chauffe cette caisse dans un four à une température voisine de celle du rouge, et, au bout d'une heure, l'opération est terminée.

Emploi de l'air comprimé. — Les inconvénients du soufflage du verre *à la bouche* sont nombreux : fatigue excessive résultant pour l'ouvrier souffleur du tournage prolongé de masses parfois assez lourdes; danger pour les yeux, constamment exposés à la réverbération du verre en fusion; brûlure des lèvres, de la gorge et des joues; maladies des voies respiratoires; transmission des maladies contagieuses. Un ingénieur français, M. L. Appert, verrier à Clichy, a cherché à supprimer complètement le soufflage à la bouche, en le remplaçant par une injection d'air comprimé dans la canne. Celle-ci est reliée par l'intermédiaire d'un *manchon à souffler* et d'un tube de caoutchouc à un réservoir d'air comprimé; dont l'admission de l'air est réglée par la simple manœuvre d'un robinet, au moyen d'une pédale. La figure 362 montre un ouvrier fabriquant ainsi une boule de verre B; l'installation représentée permet le soufflage de pièces n'exi-

geant que des mouvements horizontaux de la canne; mais l'inventeur a imaginé toute une série de dispositions très ingénieuses, rendant possibles tous les mouvements

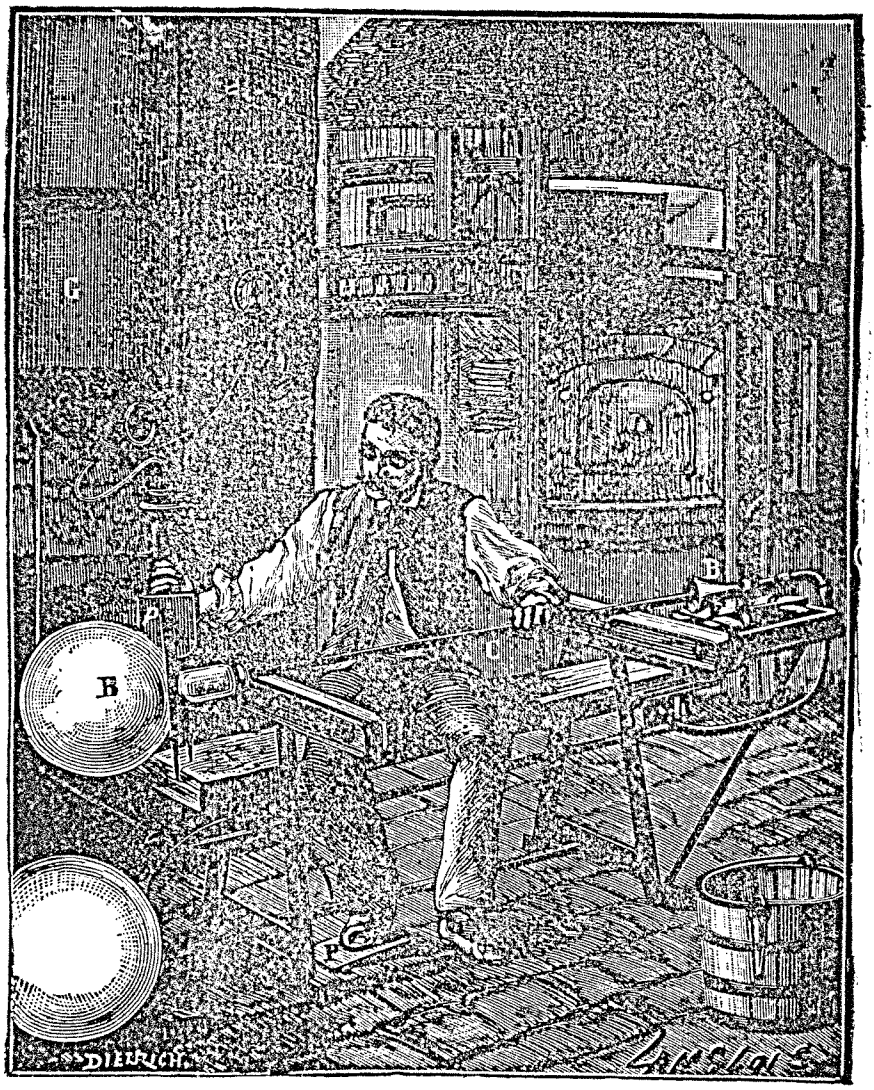


Fig. 362. — Soufflage à l'air comprimé.

que l'ouvrier doit donner à l'outil : il peut le faire tourner sur lui-même, le tirer verticalement, le *nez* en haut ou en bas, lui imprimer le mouvement de pendule, etc.

C'est par l'emploi de l'air comprimé qu'un fabricant

français, M. Claude Boucher, verrier à Cognac, a résolu le premier le difficile problème de la fabrication mécanique des bouteilles.

La machine Boucher se compose d'un bâti rectangulaire en fonte sur lequel sont fixées, aux deux extrémités de la grande longueur, deux consoles verticales portant les

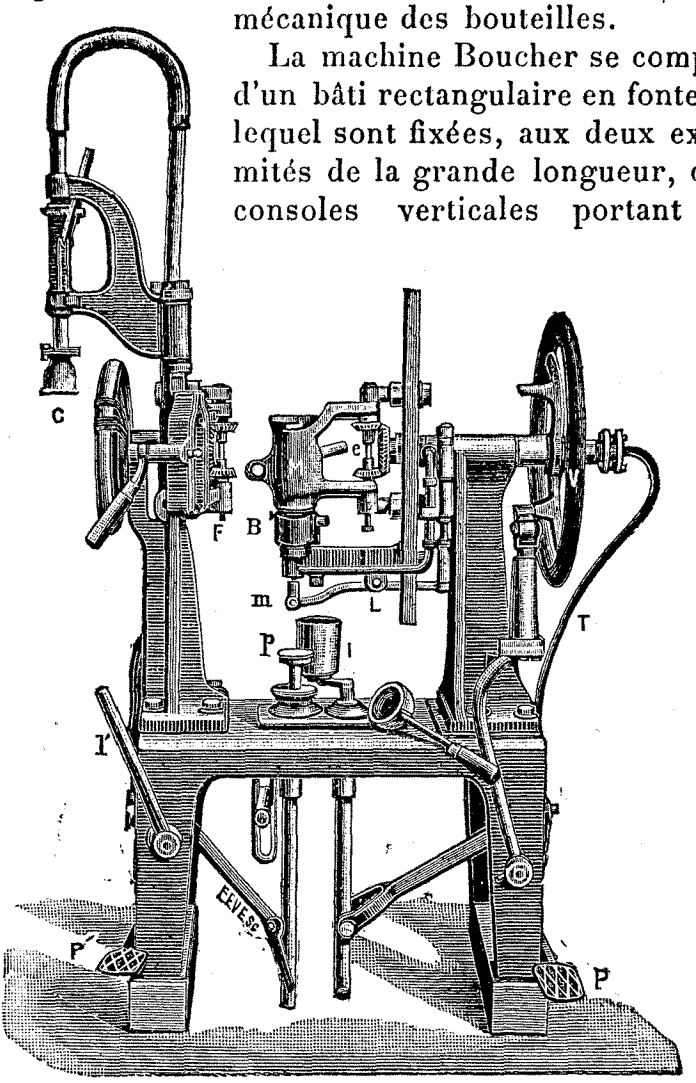


Fig. 363. — Machine C. Boucher pour la fabrication mécanique des bouteilles.

moules divers qui doivent concourir à la fabrication de la bouteille. La fig. 363 montre la machine au moment où vont commencer les opérations. En M on voit le *moule mesureur*, qui reçoit la quantité convenable de verre en

fusion, le *moule de bague* B, servant à former la bague de la bouteille, les *moules intermédiaires* I, et enfin le *moule finisseur* F, dont la forme intérieure est exactement celle de la bouteille à fabriquer. Le moule mesureur est formé de deux parties qui peuvent se réunir ou se séparer par le jeu des engrenages *e*. Au-dessous du moule de bague un

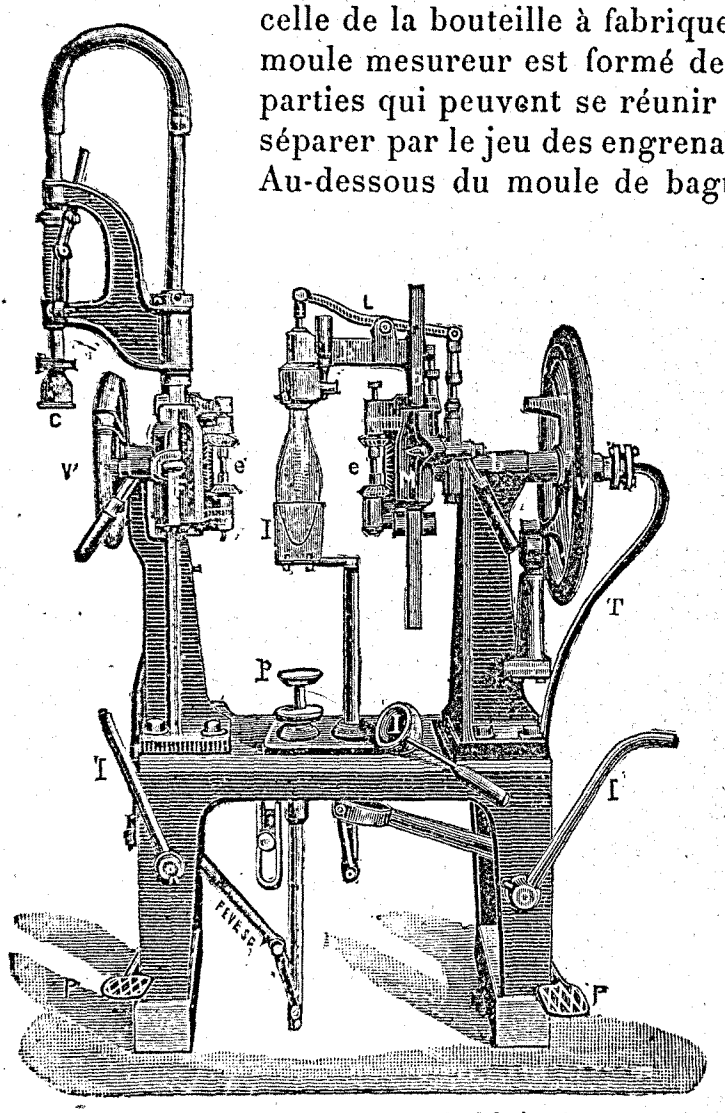


Fig. 364. — Machine C. Boucher pour la fabrication mécanique des bouteilles.

mandrin *m*, dont le diamètre est égal au diamètre intérieur du col de la bouteille, peut se relever ou s'abaisser à volonté par l'intermédiaire du levier L.

Le verre en fusion est cueilli dans le four au moyen

de *cordelines*, tiges de fer très légères; il est ensuite introduit dans le moule mesureur préalablement chauffé; l'ouvrier mouleur amène au-dessus du moule le compresseur C, et, agissant sur la pédale P′, fait arriver de l'air comprimé sur le verre encore très malléable qui se trouve ainsi refoulé dans le moule de bague B. Le mandrin *m* est alors introduit dans la masse pâteuse, formant

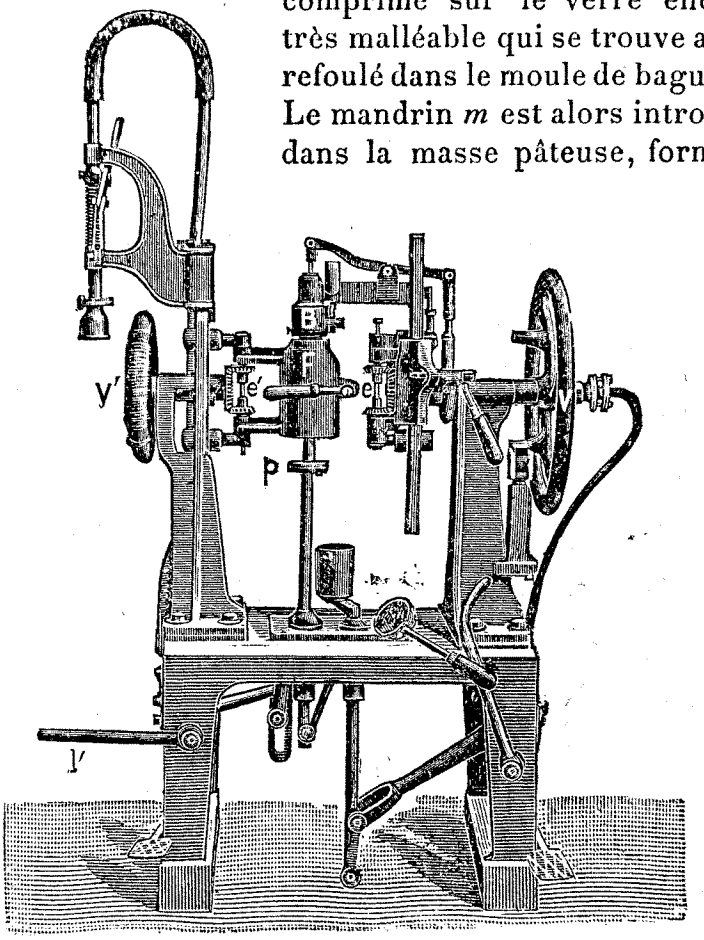


Fig. 365. — Machine C. Boucher pour la fabrication mécanique des bouteilles.

ainsi le goulot et la bague de la bouteille. A ce moment, à l'aide du volant V agissant sur les engrenages *e*, le mouleur renverse les deux moules et ouvre le moule mesureur. La machine prend alors l'aspect de la figure 364; la masse pâteuse suspendue par la bague s'allonge d'elle-

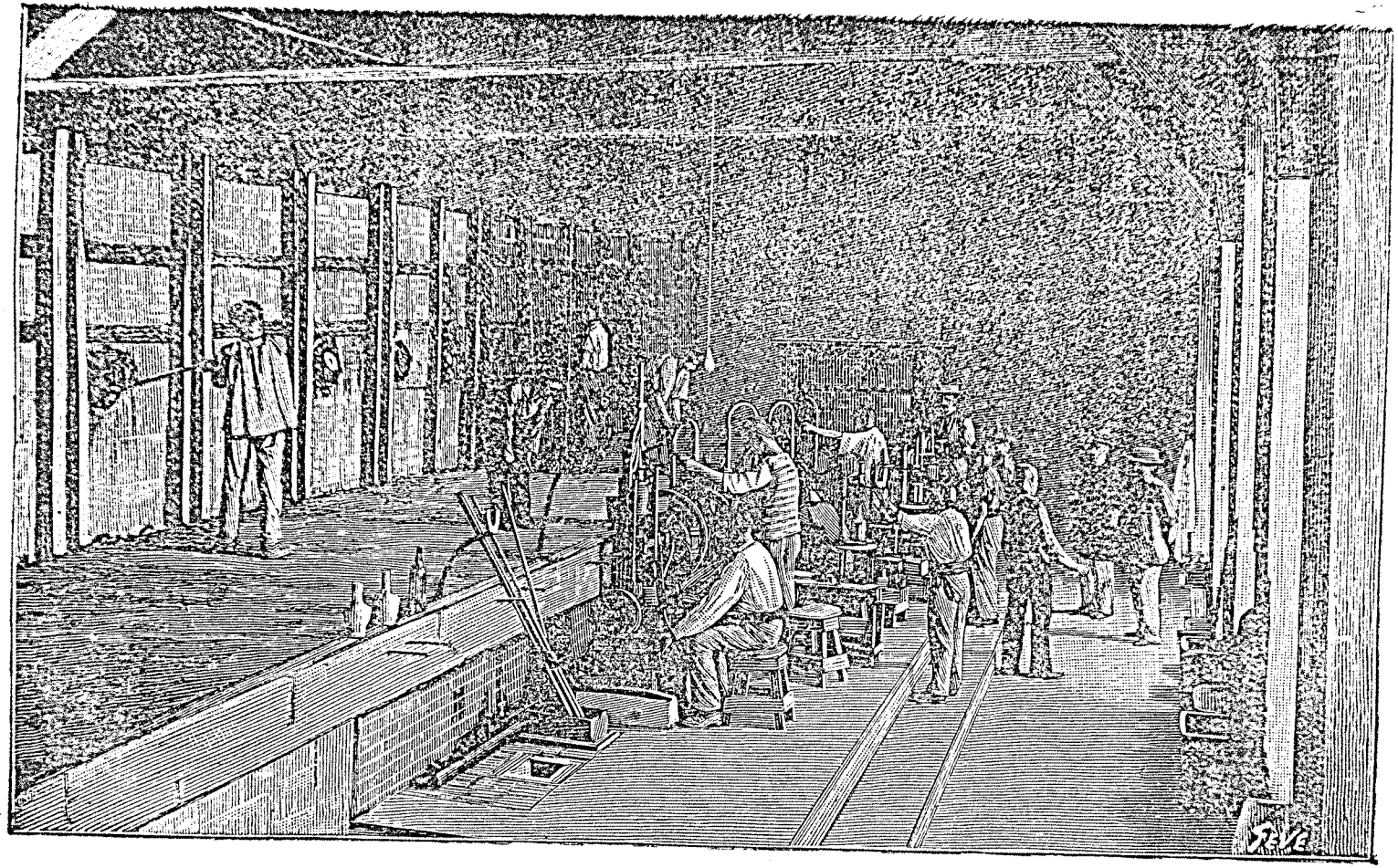


Fig. 366. — Fabrication mécanique des bouteilles. (Verrerie de Cognac.)

même; quand cette ébauche en forme de poche a acquis les dimensions voulue, l'ouvrier l'introduit successivement dans le ou les moules intermédiaires; et en augmente graduellement le volume, par une insufflation d'air comprimé amené par le tuyau T, à travers des conduits *b b' b''* ménagés à cet effet et pénétrant par le goulot dans la bouteille. Celle-ci est alors embrassée par le moule finisseur F, dont une nouvelle compression leur fait prendre définitivement la forme (fig. 365). Lorsque la bouteille a le fond plat ou concave, comme les bouteilles à eaux minérales, elle se trouve complètement terminée, et on l'enlève pour l'emporter à l'arche de recuisson. Mais lorsqu'elle doit avoir une *piqûre,* comme les bouteilles à champagne, on l'introduit dans un appareil spécial, où une *molette* soulevée par un levier vient replier le verre du fond.

La machine Boucher est de construction simple et robuste; elle est peu encombrante et peut être posée en un point quelconque de l'atelier.

Chaque machine est desservie par un ouvrier mouleur, dont le rôle consiste à couper la pâte que lui apporte le cueilleur, à manœuvrer les moules d'où sortira la bouteille et les pédales commandant l'admission de l'air comprimé. Un cueilleur peut alimenter deux mouleurs; de jeunes ouvriers (2 pour 10 mouleurs) sont occupés à chauffer les cordelines. Aux verreries de Cognac, dix-sept ouvriers assurent, dans des conditions générales entièrement satisfaisantes, tant au point de vue de l'hygiène que de la qualité produite, la même production que trente-six ouvriers dans l'ancien mode de fabrication.

M. Boucher a également combiné un four présentant de notables avantages et en particulier le suivant. Des tubes plongeurs P en argile réfractaire (fig. 367) sont emboîtés et lutés dans les ouvreaux, qu'ils ferment hermétiquement; et c'est par ces tubes plongeurs que se fait le cueillage du verre. Cette disposition permet de marcher en aspiration, ce qui rend la combustion beau-

coup plus parfaite et assure une allure plus régulière du gazogène ainsi qu' un mélange plus parfait du gaz et de l'air chaud, tout en mettant les ouvriers à l'abri de la flamme et de la réverbération du verre en fusion.

Lorsqu'on visite une verrerie à bouteilles, on est frappé par l'agglomération d'ouvriers souffleurs, grands-garçons, cueilleurs, entassés sur la plate-forme de travail, à côté du four de fusion, dans une atmosphère suffocante. Rien de semblable dans le cas de la fabrication mécanique. La

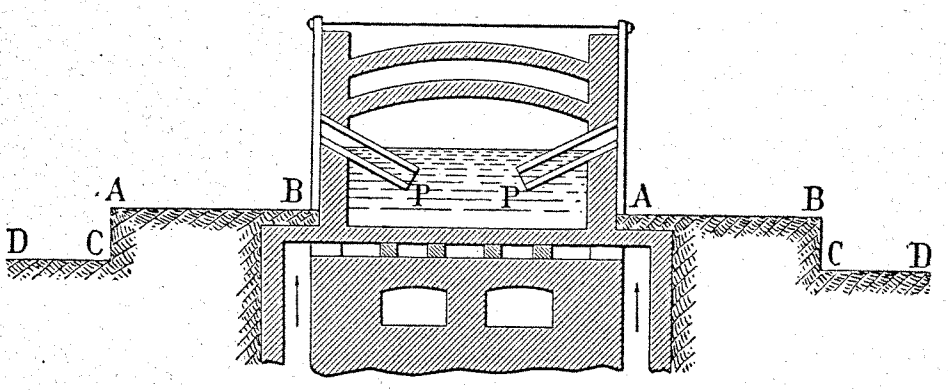


Fig. 367. — Ouvreaux de cueillage.

figure 366 représente la halle de fabrication de la verrerie de Cognac; les ouvriers y travaillent à l'aise, et sans être incommodés par la chaleur des ouvreaux.

C'est également par une application ingénieuse du soufflage mécanique qu'on est arrivé en Allemagne à produire des objets en verre de pièces de grande capacité, et jusqu'à des baignoires (procédé Sievert). La masse de verre est coulée sur un plateau en fer, creux et dont la face supérieure est percée de petits trous, sur lequel il prend la forme d'une galette plus ou moins épaisse suivant les besoins. Un rebord mince en fer maintient les quatre parois verticales de la galette. Sur le pourtour de la plaque règne une rainure dans laquelle le verre fondu vient s'engager, de manière à maintenir la galette pendant l'opération du soufflage qui va suivre. Cette rainure forme en

même temps le rebord définitif du récipient terminé. L'ensemble du plateau et de la galette, mobile autour d'un axe central horizontal, est retourné; par son propre poids, le verre pâteux se détache du plateau et commence à former une grosse boursouflure, la partie supérieure étant retenue par la rainure. A ce moment on fait pénétrer peu à peu l'air comprimé dans le creux du plateau, cet air s'écoule par les trous, se répand à l'intérieur de la boursouflure et en augmente le volume. Un second plateau horizontal peut être à volonté abaissé ou élevé, en dessous de la masse de verre, qui vient s'appuyer sur lui. Il ne reste plus qu'à enlever un châssis pour rendre libre le rebord formé dans la rainure, et le récipient fabriqué, reposant sur le plateau inférieur, peut être transporté au four à recuire. Par le procédé Sievert ci-dessus décrit, on parvient à fabriquer de grands récipients d'une capacité inconnue jusqu'à présent, dont l'intérieur et l'extérieur ont le poli du verre soufflé.

Coulage. — Les glaces sont faites par *coulage*; les fours sont des fours à creusets. Un four renferme de 12 à 24 pots ou creusets, chacun d'eux contenant de 7 à 800 kil. de matière. La paroi extérieure du creuset est pourvue en son milieu d'une rainure, appelée *ceinture*. Les ouvreaux du four sont assez grands pour qu'on puisse en extraire à volonté un creuset. Quand le verre a acquis la plasticité voulue, on saisit le creuset en engageant dans sa ceinture les mâchoires d'une grande tenaille portée sur roues. On le retire du four A, et on le suspend à une grue D (fig. 368) qui, en tournant, l'apporte en E, au-dessus de la *table de coulée* C. Cette table est en fonte; elle est munie de tringles mobiles, ayant l'épaisseur de la glace à obtenir et espacées de façon à limiter exactement la surface que doit occuper la glace. Le creuset est basculé, et la pâte s'écoule sur la table, commençant à s'étaler. Immédiatement, on fait entrer en jeu un rouleau de fonte qui, supporté par les tringles et guidé, court sur toute la surface, étendant la pâte, et la

laminant. Deux mains en fer le suivent pour empêcher les bavures de côté. Quand toute la surface a été bien égalisée, la glace est poussée dans un four G (*carcaise*) pour y être recuite.

On ne coule jamais à la fois que le contenu d'un pot; aussi pour les glaces de grandes dimensions[1] a-t-on recours à des pots spéciaux d'un volume considérable. Après le recuit, la glace est tirée sur une table en bois;

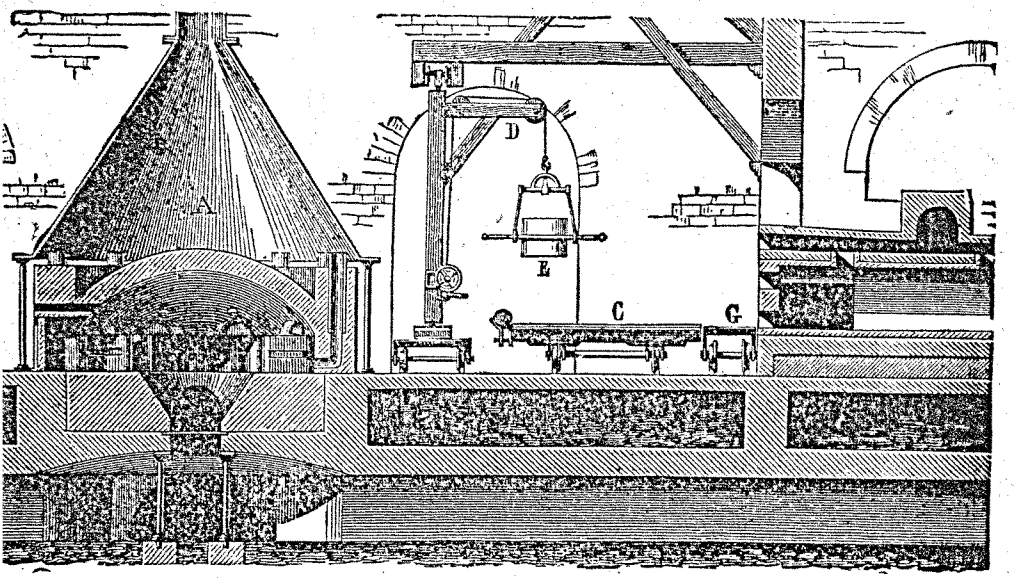


Fig. 368. — Coulée des glaces.

là, on régularise ses contours à la règle et avec une molette d'acier trempé; on la divise si elle doit l'être, et l'on procède au *doucissage*. On *dégrossit* d'abord les deux faces avec un plateau circulaire bordé de lames de fer, qu'on promène à la surface en le faisant tourner, et en interposant entre le verre et lui du sable fin, puis de l'émeri. En dernier lieu, on frotte la surface de la glace, à la machine, avec des feutres épais, imprégnés de colcothar ou de potée d'étain, en suspension dans l'eau; c'est le *polissage*, qui rend la surface transparente.

1. Le « plus grand miroir du monde », qui figurait à l'Exposition de 1900, fondu à Saint-Gobain, poli et argenté à Chauny, mesurait 8m 15 de longueur sur 4m de largeur.

§ IV

DÉCORATION DU VERRE

Les verres peuvent être *décorés*, soit par des *effets de relief*, soit par la *gravure*, soit par la *taille*, soit par la *coloration*.

Nous avons vu comment, par *moulage*, on pouvait obtenir une décoration *en relief*. Mais on obtient de plus beaux effets en employant la *taille*, car les arêtes sont alors plus vives et les surfaces plus miroitantes. Le cristal est toujours taillé, ce qui, grâce à sa grande réfringence, produit des jeux de lumière remarquables.

Taille. — La *taille* se fait avec des meules verticales tournant très rapidement, et auxquelles les ouvriers n'ont qu'à présenter l'objet à tailler. On commence par l'*ébauchage*, qui se fait à l'aide d'une meule en fer ou en aggloméré de corindon, sur laquelle on laisse tomber peu à peu un filet de grès fin humecté. L'ouvrier est assis devant la meule, en face d'une fenêtre, et présente la pièce en la tenant convenablement. L'ébauchage prépare les facettes et les entailles. Le *tailleur* repasse les surfaces à la meule en grès sur laquelle coule un filet d'eau; de là, la pièce reçoit un dernier poli sur une autre meule en bois ou en liège, couverte de *potée d'étain*, alliage composé d'un tiers d'étain et de deux tiers de plomb. Il n'y a plus qu'à rincer et sécher.

Gravure. — Par la *gravure*, on produit à la surface du verre des dessins *mats*, c'est-à-dire des surfaces où la matière a perdu son éclat et sa transparence.

On grave *à la broche, à la molette, au sable* ou à l'*acide fluorhydrique*.

La *broche* est une baguette terminée par une pointe d'acier ou de silex, qu'on adapte au barillet d'un tour; en tournant, elle peut forer un trou. Lorsqu'on lui présente un verre, sur lequel on a tracé le dessin d'avance, elle tend à le percer, mais, comme on se borne à promener les traits du dessin sous cette vrille d'un genre particulier, le verre est seulement entamé et non perforé, et ce sont les lignes ainsi creusées qui constituent le dessin.

La *molette* est une petite roue en cuivre, dont on enduit la circonférence d'une pâte formée d'huile d'olive et d'émeri fin. On trace le dessin avec un mélange de céruse et d'eau gommée, puis on en fait suivre les contours par la molette, en présentant l'objet à cette dernière; en tournant, la molette grave le dessin.

La *gravure au sable* consiste à projeter un jet de sable sec contre la surface du verre au moyen de la vapeur ou de l'air

comprimé. Le tube de jet est mobile, ce qui permet de le diriger sur l'objet à décorer, si celui-ci est grand, tel qu'une glace; si l'objet est petit comme un verre à boire, c'est lui au contraire qu'on dirige avec la main devant un jet fixe.

L'*acide fluorhydrique*, décomposant les silicates, est utilisé aussi pour la gravure. On l'emploie de préférence à l'état gazeux, car à cet état il produit des traits plus fins et plus mats. On recouvre la pièce de cire; on trace le dessin avec une pointe fine, mettant ainsi le verre à nu. On la place ensuite dans une cuve en plomb pouvant être recouverte, et contenant du fluorure de calcium pulvérisé et de l'acide sulfurique. On chauffe légèrement. L'acide attaque le fluorure; il se forme de l'acide fluorhydrique gazeux qui attaque le verre partout où il est à nu. Il ne reste plus qu'à enlever la cire.

Coloration. — Le verre peut être *coloré*, soit *dans toute sa masse*, soit seulement *à la surface*. La coloration de la masse s'obtient par l'addition d'oxydes métalliques dans la pâte en fusion. Ainsi, avec un verre à base de potasse, les *sels de cuivre* donnent du rouge, du blanc ou du vert, suivant le degré d'oxydation; l'*oxyde d'argent*, de l'orange; l'*oxyde d'uranium*, du jaune, etc. On peut donner à un verre quelconque l'aspect de l'émail. La coloration en surface est un émaillage, réalisé en revêtant la pièce d'une pâte à émail, et lui faisant subir une seconde cuisson, pour fondre cette pâte.

L'imitation des pierres précieuses est une application de la coloration du verre.

Argenture. — Pour augmenter le pouvoir réflecteur des glaces, on dépose sur leur surface postérieure une couche d'un métal réfléchissant. Pendant longtemps on a *étamé* les glaces, c'est-à-dire qu'on a employé comme métal un amalgame d'étain. Les miroirs obtenus de cette façon étaient d'une grande pureté et d'un grand éclat. Mais le procédé présentait de nombreux inconvénients parmi lesquels sa lenteur. En outre, l'amalgame était peu adhérent au verre; le mercure employé toujours en excès était une cause de taches; les ouvriers miroitiers étaient victimes de troubles graves provenant d'une intoxication mercurielle. L'étamage a donc été remplacé par l'argenture. La glace étant lavée à l'eau distillée, on la dépose sur une table horizontale en fonte bien dressée, chauffée à la vapeur à 40 ou 50 degrés, et on la recouvre d'une première solution contenant un mélange d'azotate d'argent, d'ammoniaque et d'acide tartrique. Au bout de quelques minutes, grâce à l'élévation de la température, l'acide tartrique réduit l'azotate d'argent; le métal se dépose à la surface de la glace et y adhère. On incline la glace, on la lave pour enlever les particules d'argent non adhérentes, et on recommence l'opération avec une seconde solution ne différant de la première que par les proportions. Au bout de trente minutes, la

glace est argentée. On la place debout dans un atelier chauffé et on recouvre le dépôt, lorsqu'il est sec, d'une couche de vernis, puis d'une couche de peinture.

On a essayé de substituer à l'argent le platine, métal absolument inaltérable; mais la nuance obtenue est d'un effet peu agréable.

§ V

VERRES SPÉCIAUX

Le verre, en raison des facilités qu'offre sa fabrication, est une des matières dont on peut le plus varier les effets. On arrive, par des procédés quelquefois très simples, à obtenir des produits très curieux. Nous indiquerons sommairement quelques-uns de ces verres spéciaux.

Le *verre plaqué* est du verre incolore, recouvert d'une mince couche d'un autre verre qui est coloré. La préparation en est simple. Lorsque la masse de verre incolore, en fusion au bout de la canne du verrier, a pris une certaine consistance, on la plonge rapidement dans un autre creuset contenant le verre coloré, et le travail s'achève comme dans le cas d'une seule espèce de verre. On peut ainsi superposer plusieurs verres différents. En usant à la meule certaines parties des pièces fabriquées, on peut faire apparaître les couches de dessous, et obtenir des effets variés.

Le *verre opale*, employé pour les abat-jour, les échelles thermométriques, etc., est obtenu par l'addition à la pâte du verre blanc d'un dixième de cendres d'os, ou d'une certaine proportion d'arsenic.

On obtient le *verre craquelé* en plongeant dans l'eau froide l'objet façonné, pendant qu'il est encore très chaud. Il se produit des craquelures dans la masse. On le réchauffe de façon à ressouder les morceaux sans que les traces de craquelures disparaissent.

Le *verre veiné*, imitant l'onyx, est obtenu de la façon suivante. Dans le même four sont placés deux creusets, l'un contenant une composition de verre opale, l'autre une composition de verre transparent, coloré ou non, suivant l'effet à obtenir. Quand les deux mélanges sont en état de fusion, on cueille avec une poche une certaine quantité de verre opale, et, à l'aide d'une cuillère, on ajoute dans cette poche du verre transparent. On coule ensuite le tout sur une table, et l'on obtient des plaques présentant des veines, des nervures, des dessins variés, absolument comme l'onyx. Ce verre peut être aussi soufflé. Il peut servir aux mêmes usages que le marbre, en présentant sur lui l'avantage de l'inaltérabilité et de la facilité du nettoyage.

Le verre tend tous les jours à devenir un des facteurs les plus importants de la construction moderne.

C'est ainsi qu'on fabrique des *verres perforés* à trous coniques, qui se substituent aux grillages de ventilation; la partie évasée des trous étant du côté de l'intérieur de l'habitation, l'air frais arrive sous vitesse, et détendu par son passage. L'usage se répand de plus en plus des *dalles*, servant de planchers transparents, des *pavés quadrillés*, des *tuiles* et des *briques* en verre, des *tuyaux de distribution* d'eau sous pression, obtenus par moulage, etc. On a *armé* les feuilles de verre, comme le ciment; M. Léon Appert, dont nous avons déjà eu à prononcer le nom dans cette étude, a imaginé un procédé pour couler simultanément les deux couches de verre, le réseau métallique venant se placer au fur et à mesure entre elles.

Sous différents noms, on trouve dans le commerce des produits dévitrifiés servant à faire des carreaux, des tuiles, des dalles, des conduites, des pavés, etc Ce sont généralement des verres grossiers obtenus avec des rebuts de verrerie, des culots de bouteilles, etc., dans lesquels on ajoute quelquefois du menu gravier pendant qu'ils sont encore en pâte.

L'un d'entre eux est la *pierre de verre Garchey*, dont les propriétés remarquables permettent d'en prévoir un emploi considérable; la fabrication de la *pierre de verre* est fondée sur la dévitrification du verre, qui assure à ce « matériau » des qualités qu'il ne possédait pas tout d'abord. Au moyen d'appareils et de procédés, qu'il serait trop long d'exposer ici, l'inventeur est parvenu à réunir par fusion, par dévitrification et par pression des fragments de verres à bouteilles, et à obtenir un produit comparable au granit, et dont l'emploi paraît indiqué pour les dallages d'usines de produits chimiques, revêtements hygiéniques d'habitation, revêtements d'architecture, marches d'escaliers, pavement des trottoirs et chaussées des villes.

Les principaux centres de production du verre en France sont les suivants :

Pour les verres à bouteilles le groupe du Nord (Denain, Dorignies, Fourmies); celui du centre (Rive-de-Gier, Givors, Saint-Galmier, Saint-Romain-le-Puy, Montluçon); le groupe de Sud-Ouest (Bordeaux, Carmaux, Albi); le groupe de Sud-Est (Marseille); le groupe de la Champagne (Reims) et celui de l'Aisne (Vauxrot, Folembray, Hirson).

Pour les verres à vitres, le Nord et la Loire.

Pour la flaconnerie, la Seine-Inférieure, l'Oise et le Nord.

Pour la gobeletterie, les départements du Nord, de la Seine, des Vosges, de Meurthe-et-Moselle, du Cher; puis au second rang, l'Aube, la Haute-Saône, le Pas-de-Calais, les Ardennes, l'Ille-et-Vilaine.

Pour la glacerie et les verres bruts, Saint-Gobain, Chauny, Cirey, Montluçon, Jeumont, Recquignies, Assevent, Aniche, Boussois (Nord).
Pour la cristallerie enfin, Baccarat (Meurthe-et-Moselle); Sèvres, Pantin, Choisy-le-Roi, Clichy-la-Garenne (Seine); Portieux (Vosges).

CHAPITRE VI

Arts céramiques, Porcelaine, Grès cérames, Faïence, Poteries diverses.

La *céramique* est l'art de fabriquer avec certaines espèces de terres plastiques des objets de toutes sortes destinés, soit aux usages domestiques ou industriels, soit à la construction ou à l'ornementation des constructions. C'est ainsi qu'on obtient des articles de vaisselle ou *poteries*; des matériaux de construction, tels que *briques*, *tuiles*, *carreaux*, *tuyaux;* des objets d'art, tels que *statuettes*, *motifs sculpturaux*, etc. Les articles de construction et les articles d'art sont souvent désignés, pour les distinguer des poteries, sous le nom commun de *terres cuites*.

La substance employée à ces diverses fabrications est l'*argile*, silicate d'aluminium hydraté; c'est à la grande plasticité qu'elle acquiert par son pétrissage avec l'eau qu'est dû son emploi, ainsi qu'à la dureté extrême qu'elle acquiert en se déshydratant par l'action de la chaleur. Mais elle ne saurait être utilisée seule; généralement, pour pouvoir la façonner, la sécher, la cuire sans déformation ni rupture, on en forme une pâte en la mélangeant avec des matières non plastiques dites *dégraissantes;* ces matières sont le sable, le feldspath, la craie, la poudre d'os, etc.; leur rôle est d'éviter tout retrait.

Certains produits céramiques subissent, pendant leur cuisson, une *vitrification* partielle qui les rend imper-

méables aux liquides et quelquefois translucides; tels sont les *porcelaines*, les *grès cérames*. D'autres, comme les *faïences*, *poteries communes*, *terres cuites vernies*, etc, conservent la *structure terreuse* et leur porosité; on les recouvre généralement d'une *couverte*, *vernis* ou *glaçure*, qui n'est autre chose qu'un *verre* ou *émail*. D'autres enfin, comme les *terres cuites mates (briques, tuiles, carreaux, tuyaux*, etc.), et les *poteries mates (alcarazas, creusets, vases à fleurs*, etc.), ne reçoivent aucun émail.

§ Ier

PORCELAINE

La *porcelaine* est blanche, translucide, sonore, vitrifiée dans sa masse. L'argile employée est le *kaolin*; elle reçoit une couverte brillante et dure à base de feldspath.

On distingue trois sortes de porcelaine : la *porcelaine dure* ou *porcelaine chinoise*, la *porcelaine tendre anglaise* et la *porcelaine tendre française*. Cette dernière, qui ne ne se rapproche des porcelaines que par son aspect, ne contient pas de kaolin. La *porcelaine dure* a pour dégraissant un mélange de sable et de feldspath (ce dernier joue le rôle de *fondant*, ce qui veut dire qu'il facilite la fusion de la pâte et lui donne la transparence), et pour couverte de la *pegmatite* (roche constituée par un mélange de feldspath et de quartz). La *porcelaine tendre anglaise* contient de l'argile plastique et du kaolin, du sable et des os pulvérisés; cette dernière matière jouant le rôle de *fondant;* sa couverte est un mélange de pegmatite, de minium et de borax, finement broyés ensemble.

La *porcelaine tendre française* est plutôt un verre imparfait qu'une poterie céramique : sa pâte est formée de *fritte* (sorte de verre alcalino-calcaire imparfaitement fondu), de marne argileuse et de craie; c'est la fritte

qui est la partie la plus importante (75 à 84,5 p. 100). La couverte est un verre ou cristal fait de litharge, de sable et de carbonate de potassium.

Préparation de la pâte. — Les matières premières (kaolin, argile), sont d'abord soumises à une *lévigation*, qui a pour but de les débarrasser des matières sableuses non plastiques, puis mises en suspension dans l'eau par broyage avec les matières fusibles et dégraissantes. La bouillie, ainsi obtenue, est raffermie au filtre-presse. On *pétrit* ensuite cette pâte à l'aide de la *machine à battre la pâte*. Cela fait, on met de côté, dans un lieu humide, toute la pâte ainsi préparée, et on l'y laisse en repos pendant un temps plus ou moins long (*pourriture*).

Pour obtenir la pâte destinée à la porcelaine tendre française, on prépare d'abord la fritte ; on la cuit jusqu'à commencement de vitrification; on la broie, on la mélange avec les deux autres produits, et l'on ajoute de la gélatine et du savon noir pour donner la plasticité nécessaire.

Confection sur le tour. — Les vases ou autres objets peuvent être confectionnés de plusieurs manières. Le procédé le plus employé pour confectionner les vases est le *tournage,* ou *travail au tour*.

Le *tour du potier* est un outil formé d'un axe vertical pouvant tourner sur lui-même, et portant à chacune de ses extrémités un disque; le disque inférieur est grand et lourd, le disque supérieur est plus petit. L'ouvrier est assis sur un banc et fait mouvoir le disque inférieur avec les pieds, pendant qu'il façonne les vases sur le disque supérieur où la quantité de pâte nécessaire a été déposée sous forme de boule plus ou moins régulière (fig. 369). Par la pression latérale des mains, cette boule, pendant qu'évolue le tour, est transformée en un cylindre. En enfonçant le pouce dans la base supérieure du cylindre, l'ouvrier commence le vide intérieur, qu'il continue en enfonçant toute la main. Toujours avec les mains, il produit les convexités et concavités, col, étranglement, etc.,

qui doivent donner au vase sa forme définitive. Chaque fois qu'il change sa main de place, il la plonge dans de la *barbotine*, bouillie très claire de la même pâte. Ce premier travail est l'*ébauchage*. On laisse le vase sécher à moitié ; on le remet ensuite sur le tour, et on le *tournasse* avec un outil tranchant pour lui donner exactement la forme qu'on désire. Ce deuxième travail est le *tournassage*. (Sur la figure, l'ouvrier A fait un ébauchage et l'ouvrier B procède à un tournassage). Les *anses* et autres garnitures, s'il y en a, sont fabriquées à la main et collées sur la pièce avec de la barbotine (*garnissage*).

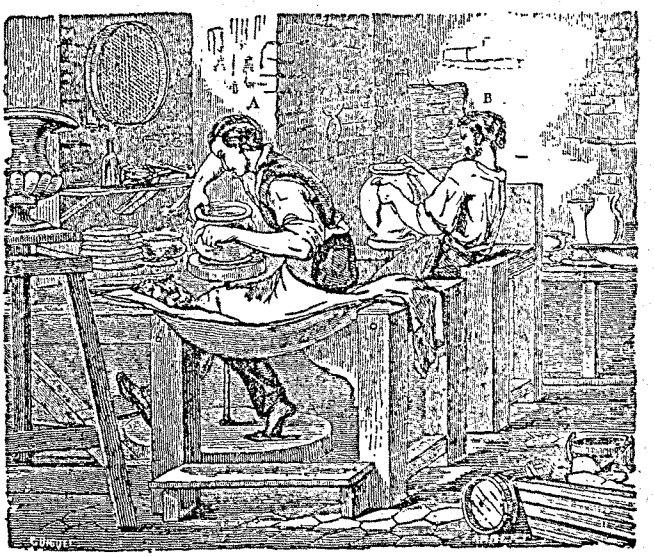


Fig. 369. — Confection d'un vase sur le tour.

Confection par moulage. — La confection des vases *par moulage* peut se faire de différentes manières ; mais, dans tous les cas, il faut d'abord se procurer ou façonner le moule, qui peut être en plâtre et se composer, au besoin, de plusieurs pièces, pour la facilité du démoulage.

Le *moulage à la balle* se fait en appliquant sur le moule de petites balles de pâte, et en les faisant pénétrer avec la main dans les concavités, le tout aussi également que possible, de façon à obtenir partout la même épaisseur et à bien lier toutes les parties.

Pour le *moulage à la croûte*, on applique sur le moule une feuille de pâte, préparée par un laminage au rouleau

effectué sur une table bien plane. C'est cette feuille qu'on appelle une *croûte*. Avec une éponge humide, on la comprime afin de lui faire épouser toutes les formes du moule. Dans la fig. 370, l'ouvrier A lamine la pâte, l'ouvrier B applique une croûte sur le moule, l'ouvrier C en comprime une autre à l'éponge, et l'ouvrier D procède au garnissage.

Le *moulage à la housse* est un travail intermédiaire entre le travail précédent et le tournassage. La pièce ayant été sommairement *ébauchée* sur le tour comme à l'ordinaire, on place sur le même tour un moule en creux; on y introduit la pièce encore fraîche, et, faisant tourner le tout, on comprime la pâte contre les parois intérieures du moule, soit avec une éponge, soit à la main, soit avec l'*estèque*, sorte d'ébauchoir en bois, de forme variable suivant les besoins.

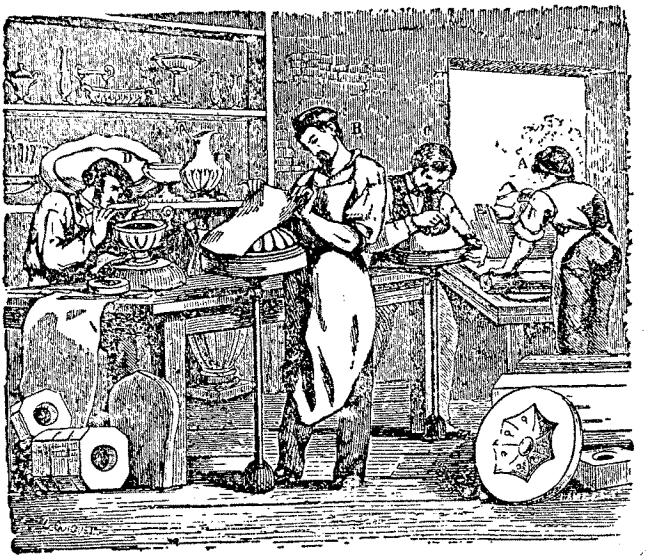


Fig. 370. — Moulage à la croûte.

Moulage au calibre. — Ce procédé est employé pour tous les vases circulaires larges et peu profonds : plats, assiettes, cuvettes, etc. On place sur le tour un moule en plâtre présentant comme relief la disposition que doit avoir intérieurement la surface du vase (fig. 371). Sur ce moule C on place une croûte de pâte. Puis on abaisse un *calibre* AB, fixé à un montant *dd*; ce calibre a un profil représentant le profil extérieur du vase. On fait tourner

le tour, et ce profil se trouve exactement reproduit sur la pâte qui recouvre le moule C. Les manufactures à grande production font aujourd'hui ce travail à l'aide de machines qui assurent au calibre AB la plus grande précision.

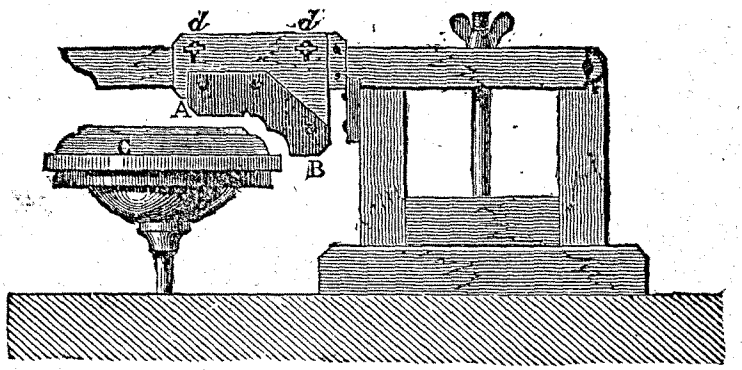


Fig. 371. — Moulage au calibre.

Confection par coulage. — On se sert, pour ce genre de façonnage, d'un moule creux en plâtre, dont l'intérieur présente toutes les particularités du relief extérieur du vase. On le remplit de barbotine. Le plâtre absorbe l'eau de la bouillie, et une couche de pâte à peu près raffermie se dépose sur les parois du moule. On attend qu'elle ait acquis une certaine épaisseur, et l'on renverse le moule pour faire écouler le reste, afin de réserver dans le vase le creux nécessaire. On démoule après quelque temps, mais avant dessiccation complète, et l'on procède au garnissage. Les ouvriers A



Fig. 372. — Coulage d'un vase.

et B (fig. 372) coulent des tasses, l'ouvrier C coule une jatte, et les ouvriers D, E, F, démoulent un grand vase; les parties supérieures du moule, 4 et 5, sont déjà à terre).

Rachevage. — Quel que soit le procédé employé pour confectionner un vase, il faut, avant d'en opérer la cuisson, procéder à son *rachevage*, opération qui consiste à y mettre la dernière main pour en affiner la surface ou l'intérieur, corriger les imperfections, enlever les bavures, et notamment celles des lignes de soudure des parties du moule. Quelquefois le *garnissage* se fait alors seulement.



Fig. 373. — Émaillage des vases.

Dégourdissage.—Après avoir passé quelque temps dans un *séchoir*, les pièces sont soumises au *dégourdissage*, demi-cuisson qui déshydrate l'argile et leur donne la consistance qu'elles doivent avoir pour pouvoir être émaillées.

Émaillage. — Les pièces *dégourdies* sont ensuite recouvertes de la matière destinée à fournir, après cuisson, la couche vitreuse qui leur donne leur brillant; c'est l'*émaillage*. La *couverte* préparée est à l'état de bouillie claire, formée des matières qui doivent la constituer; il suffit de plonger les pièces dans ce bain (fig. 373, A), et de les laisser ensuite sécher. Par suite de l'absorption de l'eau, la matière solide se dépose à la surface. Des ouvrières spéciales (B et C) sont chargées ensuite de

corriger les défauts de l'émaillage, et d'enlever cette matière du dessous des vases qui doit toujours rester brut.

Cuisson. — Les pièces sont ensuite enfermées dans des cylindres en terre réfractaires, appelés *cazettes;* on les y range de telle façon qu'elles ne puissent se toucher, et qu'elles ne soient pas non plus en contact avec les parois. Cet *encastage* a pour but de les disposer dans le four en en formant des piles de toute la hauteur de ce four où les cazettes, une fois remplies, seront chauffées par l'extérieur.

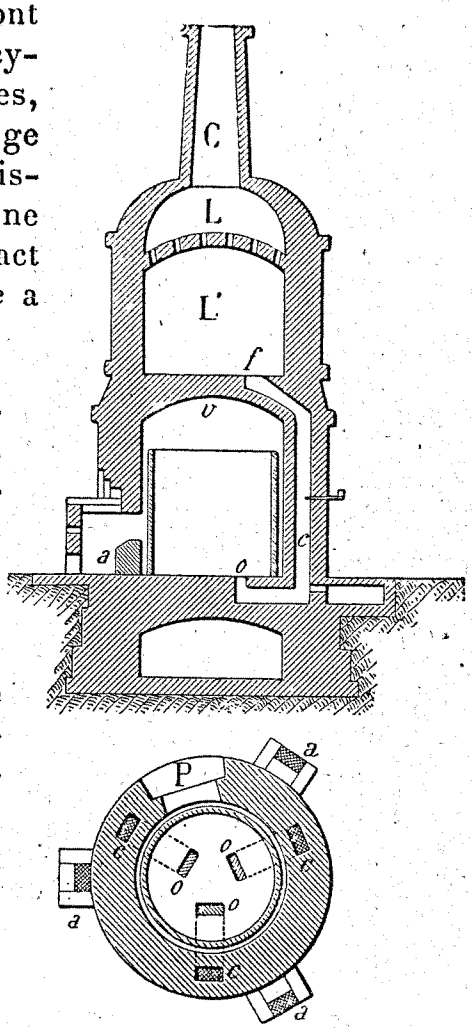


Fig. 374. — Four à porcelaine

Les fours à porcelaine sont généralement à deux étages (fig. 374); l'étage ou *laboratoire* supérieur L sert pour le dégourdissage; la cuisson s'effectue dans le laboratoire inférieur L', dans lequel on pénètre par la porte P, qu'on mure ensuite avec des briques. Le chauffage se fait par les foyers latéraux *a*, *a*, *a*, qu'on appelle *alandiers;* les produits de la combustion entrent dans le four par le conduit *ocf*, traversent de bas en haut le laboratoire L', où ils cuisent la porcelaine contenue dans les cazettes, pénètrent ensuite dans le laboratoire L, et se répandent au dehors par la cheminée C. Le combustible employé est généralement la houille; autrefois on employait le bois. La durée de la cuisson varie, suivant la dimension des fours, de vingt à cinquante heures.

Décoration. — La porcelaine est décorée par sculpture ou peinture.

Les ornements en relief, tantôt sont moulés à part et collés avec de la barbotine, tantôt sont *modelés* sur le vase lui-même, au moment de la confection; ils peuvent être de la même pâte ou d'une pâte différente; ils peuvent être colorés ou non, émaillés ou non.

Il existe, dans le commerce, de petits vases ainsi décorés de fleurs en relief, et qu'on appelle *pâtes sur pâtes.*

Les porcelaines peuvent être peintes par deux procédés très distincts : le *grand feu*, et le *petit feu* ou *feu de moufle.*

La décoration au *grand feu* est celle qu'on obtient en même temps que la pâte acquiert les qualités qui la caractérisent; elle est faite sur la pièce crue ou dégourdie, et les couleurs qui la composent subiront, pour acquérir leur éclat, la même température que celle qui donne à la pâte sa transparence et à la couverte son glacé. Les oxydes métalliques ou leurs composés, et certains métaux, sont les corps qui servent à préparer les matières décorantes céramiques; ces dernières peuvent être incorporées dans la pâte ou dans la couverte.



Fig. 375. — Chaufferie de fours à moufles.

La décoration au *petit feu* est appliquée sur la couverte de la porcelaine, soit au pinceau par des artistes spéciaux, soit par la la voie d'impression. Dans les deux cas, une seconde cuisson est nécessaire.

Dans la décoration par voie d'impression, le dessin est d'abord obtenu au moyen de planches en creux sur du papier recouvert d'un enduit soluble dans l'eau; on le recouvre ensuite d'un vernis à fixer et on l'applique avec soin sur la pièce à décorer; cette pièce est ensuite plongée dans l'eau et le papier se détache, abandonnant le dessin sur la porcelaine. Il ne reste plus qu'à faire cuire pour terminer l'opération.

La cuisson a lieu dans des *moufles*, cylindres en terre réfractaire, qu'on place dans des fours, où ils sont chauffés par l'extérieur. La température est inférieure à celle de la cuisson de la porcelaine, mais elle doit être suffisante pour fondre et fixer la couleur vitrescible. L'ouvrier qui surveille la chauffe suit la marche de l'opération à l'aide de *montres fusibles*. Ces montres sont mises dans le four à côté des pièces à cuire. Les couleurs ainsi appliquées sont nommées *couleurs de moufle* ou de *petit feu*. La figure 375 représente une chaufferie de moufles : l'ouvrier A examine une montre; un autre B prépare le mortier pour luter la porte du four; un autre C active le feu d'un four; au-dessus de la tête de ce dernier se voient deux *regards*, cylindres par lesquels on observe les montres dans les moufles.

Pour la *dorure*, on se sert d'or pulvérulent obtenu en précipitant du chlorure d'or par le sulfate ferreux ou le nitrate de protoxyde de mercure. La poudre est délayée dans de l'essence et appliquée au pinceau. Après la cuisson, il faut polir au brunissoir (voir II^e^ partie, I^re^ division, chap. III § III), car l'or est resté mat après cette cuisson.

L'industrie de la porcelaine est assez florissante en France; une de nos manufactures nationales, celle de Sèvres, dont la réputation est universelle, s'occupe spécialement de cette fabrication. La porcelaine dure se fait surtout dans le Limousin, en Champagne et dans le Berry.

§ II

GRÈS CÉRAMES

Les *grès cérames* diffèrent de la porcelaine en ce qu'ils ne sont pas translucides, en ce que la pâte en est un peu plus grossière, et en ce qu'elle est ordinairement colorée. La matière employée est de l'argile grise, contenant ordinairement de l'oxyde de fer. Le dégraissant est un mélange de quartz, de calcaire et de feldspath, ce dernier servant aussi de fondant. On distingue les *grès communs*, faits d'argiles naturelles, et les *grès fins*, composés par mélange d'argile, de quartz et de feldspath. Les premiers servent à faire des cornues et des tubes pour laboratoires, des bonbonnes et touries. des terrines, des fontaines, des tuyaux de conduite d'eau. Certaines pote-

ries de table, des cruches, des pots à tabac, des plats artistiques, etc., sont en grès fin.

Préparation de la pâte. — La pâte est à peu près préparée comme celle de la porcelaine, mais avec des matières plus communes et d'une manière plus simple : ainsi, on ne fait pas de lévigation.

Façonnage. — On use de tous les procédés que nous avons vu employer pour les vases en porcelaine; mais, comme le plus souvent les vases en grès sont simples de forme, ils sont obtenus directement sur le tour sans tournassage postérieur; quant aux tuyaux, carrelages, etc., ils sont fabriqués à l'aide de machines spéciales.

Cuisson. — On ne fait pas de dégourdissage pour les grès communs; on cuit directement au grand feu, lequel est entretenu pendant huit jours. Les grès fins ne sont également cuits qu'une fois, s'ils ne reçoivent pas une décoration ultérieure.

Émaillage. — Les grès reçoivent presque toujours un demi-émaillage, qu'on pratique en projetant simplement, dans le four où ils cuisent, du sel marin humide. Grâce à la haute température du milieu et à la proximité de la silice, il se forme de l'acide chlorhydrique qui se dégage, et un mélange de silicates de sodium et d'aluminium qui se dépose sur les vases en s'y vitrifiant.

Les grès fins reçoivent souvent des émaux diversement colorés; il se produit ainsi des effets variés. D'autres fois, la couverte est appliquée en haut des vases; au feu, elle coule tout le long de ses flancs, produisant à la surface, selon les transformations qu'elle subit sous l'action chimique du gaz qui l'environne, des colorations parfois imprévues, des irisations chatoyantes, des effets de flamme *(grès flammés)*.

Les grès ordinaires sont fabriqués à Beauvais, Bayeux, Saint-Amand-en-Puysaie, Pouilly-sur-Saône, Rambervillers, Ciry-le-Noble (Saône-et-Loire), etc.

§ III

FAIENCE

La *faïence* est une poterie dont la pâte est opaque et poreuse, et qui est presque toujours recouverte d'un émail. On distingue deux sortes de faïence : 1° la *faïence fine* ou *anglaise,* dont le *cailloutage* et la *faïence* dure (appelée encore *porcelaine opaque*), sont des variétés; 2° la *faïence italienne,* les *majoliques,* etc., dont font partie les *faïences de Rouen et de Nevers.*

La pâte de la faïence fine est une argile plastique blanche, mélangée avec du silex ou du quartz pulvérisé, comme dégraissant. La pâte, une fois cuite, est blanche et très dure, assez semblable à la porcelaine, mais opaque et poreuse. La couverte est transparente; elle est formée d'un verre dans lequel entrent du feldspath, du minium, du sable et du borax.

La faïence commune se compose d'argile mêlée d'un peu de marne et, comme dégraissant, de sable ou de ciment. Pour masquer la coloration due aux oxydes métalliques qui se trouvent ordinairement dans les argiles communes, la pâte est toujours recouverte d'un émail opaque; sa composition la plus habituelle est celle-ci : *calcine* (mélange d'oxyde de plomb et d'oxyde d'étain calcinés ensemble), sable, sel marin, soude. Cet émail est inattaquable par les acides; il est ordinairement blanc, mais on peut le colorer.

Préparation de la pâte. — La préparation de la pâte à faïence demande moins de soin que celle de la pâte à porcelaine; tout se borne à une série de malaxages mécaniques. Cependant la pâte destinée à donner la faïence fine exige des manipulations supplémentaires, afin de conserver sa blancheur.

Confection des vases. — La confection des vases en faïence se fait comme celle des vases en porcelaine; mais le tour est beaucoup plus employé, les objets de faïence étant en général de formes relativement simples.

Cuisson et émaillage. — La cuisson se fait en deux fois, dans un four à un seul étage. La première cuisson donne la dureté à la pâte; la seconde a pour but de vitrifier l'émail, qu'on a mis par immersion. La cuisson se fait à la houille.

Décoration. — La décoration de la faïence peut se faire par sculpture ou par peinture. C'est par l'adjonction à des plats et assiettes de reliefs représentant des fruits, légumes, reptiles, etc., qu'on obtient les faïences *à la Palissy*.

Les couleurs peuvent être appliquées sur la pâte, dans la couverte ou sur la couverte. Dans les trois cas, on opère comme s'il s'agissait de la porcelaine.

La faïence fine se fabrique en France à Choisy-le-Roi, Gien, Montereau, Lunéville, Longwy; la faïence commune à Nevers, Paris, Tours, Vallauris, Toulouse, Quimper, etc.

§ IV

POTERIES COMMUNES ET POTERIES MATES

Les *poteries communes* sont obtenues avec des argiles ferrugineuses, mêlées avec de la marne et du sable. Une telle pâte, après cuisson, est de couleur rouge brique si la proportion d'oxyde de fer qu'elle contient est un peu forte; elle est de plus très poreuse. La couverte est un émail formé d'un mélange de sable argileux et d'oxyde de plomb, qui donne, après fusion, un verre transparent.

Préparation de la pâte et confection des pièces. — Le mélange nécessaire pour obtenir la pâte étant préparé, on le pétrit avec soin, et on l'abandonne à lui-même pendant longtemps.

Les vases sont confectionnés comme dans les cas précédents. Les objets façonnés doivent être séchés lentement avant de subir la cuisson, pour éviter les ruptures.

Cuisson et émaillage. — La cuisson se fait en une fois, et l'émaillage est réalisé auparavant, par immersion dans le mélange dont nous avons déjà parlé.

La cuisson se fait à petit feu, dans un four avec voûte

en plein cintre; elle peut durer une quinzaine d'heures.

Avant de défourner, on laisse refroidir pendant trois jours.

Ces poteries ne sont généralement pas décorées, mais, quand elles doivent l'être, on procède comme pour la faïence.

On fabrique de la poterie commune dans toutes les contrées de France où se rencontrent des gisements d'argile. Les *poteries mates* ne sont autre chose que les poteries communes non émaillées; on les obtient par les mêmes moyens. Cependant quelques-unes d'entre elles, destinées à supporter de hautes températures, sont en argile réfractaire; tels sont les creusets de verrerie et de laboratoire, les tubes et les fourneaux de chimie. Parmi les autres sont les vases à fleurs, les alcarazas, etc.; ces derniers doivent leur très grande porosité à ce que la cuisson est poussée moins loin.

Toutes les terres cuites, surtout celles qu'on destine à la construction, sont faites avec des argiles communes, plus ou moins ferrugineuses, calcaires, sableuses.

L'argile destinée à faire des *briques* ne doit être ni trop grasse, ni trop maigre. Si elle ne contient pas de sable, on lui en ajoute à titre de dégraissant. Quelquefois on ajoute de la brique cuite pilée. L'argile est réduite en pâte avec de l'eau, pétrie assez longuement, et la pâte obtenue est moulée dans des formes rectangulaires. Cette opération se fait rarement aujourd'hui à la main; il existe des *machines à mouler* présentant quelque analogie avec les machines à agglomérer les menus de houille. (Voir 1re partie, chap. IV, § IV.)

Les tuyaux sont faits avec les mêmes argiles. Pour les façonner, on enferme la pâte dans un récipient présentant latéralement une ouverture annulaire, et on la soumet à une compression qui l'oblige à sortir par cette ouverture, en formant un tube qui s'allonge sur une toile sans fin portée par des rouleaux. Les briques creuses sont obtenues d'une manière analogue.

Une fois façonnées, les briques sont mises à sécher au grand air. Puis elles sont cuites dans des fours souvent

rudimentaires; les produits de la combustion passent entre les briques et les cuisent en plusieurs jours; mais on emploie aussi, dans la grande fabrication des briques, les fours continus dits, du nom de leur inventeur, *fours Hoffmann*.

Les *carreaux* sont fabriqués comme les briques, mais avec des argiles un peu plus fines, et leur pâte est malaxée avec plus de soin.

Les *tuiles* sont faites avec les argiles communes, mais le pétrissage en est assez soigné. On les moule à la main ou à la machine. Les fours qui cuisent les briques peuvent aussi cuire les carreaux et les tuiles. On distingue, quant à la forme, les *tuiles plates*, les *tuiles creuses*, en demi-tronc de cône, et les *tuiles romaines*, à cannelures permettant de les emboîter les unes sur les autres. Les tuiles plates et les tuiles romaines présentent en-dessous une sorte de crochet qui sert à les arrêter sur les lattes des toits. Les grandes tuiles plates, dites de Bourgogne, à simple ou double emboîtement, sont aujourd'hui très employées pour les couvertures.

Les briques, carreaux, tuiles et tuyaux peuvent rester mats ou recevoir un *vernis* ou *émail*.

L'émaillage se fait comme celui des poteries ou des grès communs, et avec les mêmes ingrédients; les émaux sont presque toujours opaques et diversement colorés. Les carreaux dits *de faïence* sont un peu plus soignés dans leur fabrication et reçoivent des dessins par impression; ils subissent un petit feu supplémentaire destiné à fixer le dessin.

On fabrique en France des briques, des carreaux, des tuiles ou des tuyaux, partout où un gisement d'argile plastique ou de terre glaise est susceptible d'être exploité. Mais il existe en outre de très importantes usines comme celles de Vaugirard, Montchanin, Marseille, Ivry, etc.

CHAPITRE VII

Chandelles et Bougies.

§ Ier

CHANDELLES

Nous avons vu précédemment que les *corps gras* sont éminemment *combustibles*, ce qui permet de les employer pour l'*éclairage*. Ceux d'entre eux qui sont liquides, les *huiles*, sont utilisés dans des *lampes à huile;* une mèche de coton, formée de fils tressés ou simplement accolés, plonge dans le liquide, qui s'élève dans cette mèche par capillarité; lorsqu'on met le feu à l'extrémité de cette mèche, la chaleur décompose l'huile en produits volatils qui s'enflamment; la destruction de l'huile décomposée provoque un nouvel appel d'huile du réservoir, et ainsi de suite, si bien que la mèche, qui sert seulement de conducteur, peut durer très longtemps. Dans le cas des corps gras solides le réservoir devient inutile; il suffit d'enrober la mèche dans une masse de la matière à brûler. C'est ainsi que les anciennes *chandelles* sont formées simplement d'un cylindre de *suif*, dont l'axe est constitué par une mèche.

Fonte du suif. — Le fabricant de chandelles reçoit le suif des abattoirs, et doit lui faire subir une fusion pour séparer la matière grasse des membranes cellulaires qui entouraient les gouttelettes de graisse dans le tissu adipeux. Le suif est fondu dans une cuve ayant un double fond; un courant de vapeur d'eau vient barboter dans la masse. On verse ensuite dans la cuve un peu d'acide sulfurique, qui carbonise les membranes. Au bout de quelques heures, les membranes ainsi désorganisées sont précipitées au fond de la cuve; le suif occupe la partie supérieure et peut être décanté.

Chandelles par moulage. — On fabrique généralement les chandelles par *moulage*, l'ancien procédé *à la baguette* étant abandonné partout. On se sert à cet effet de moules formés

d'un alliage de plomb et d'étain et ayant la forme d'une chandelle, c'est-à-dire effilés au bas pour former la pointe, et légèrement évasés vers le haut pour faciliter l'opération. La mèche est suspendue à l'intérieur du moule, où il suffit de verser le suif très liquide. Par refroidissement, il se solidifie. Pour aller plus vite, on en coule plusieurs ensemble. Un certain nombre de moules *cc* sont rangés dans des trous pratiqués dans une table *o* (fig. 376); ils y sont retenus par leur évasement. Au-dessus peut circuler une cuve mobile T contenant le suif fondu. Cette cuve est percée d'autant de trous qu'il y a de moules dans une rangée. Quand la cuve arrive au-dessus de chaque rangée, tous ses trous sont débouchés à la fois à l'aide d'un dispositif approprié; lorsque les moules sont pleins, on pousse la cuve au-dessus d'une autre rangée, et ainsi de suite. On se sert aussi de la *machine à mouler* dont il sera question à propos des bougies. Les chandelles ainsi obtenues doivent être *blanchies*. (Voir ci-dessous, page 555.)

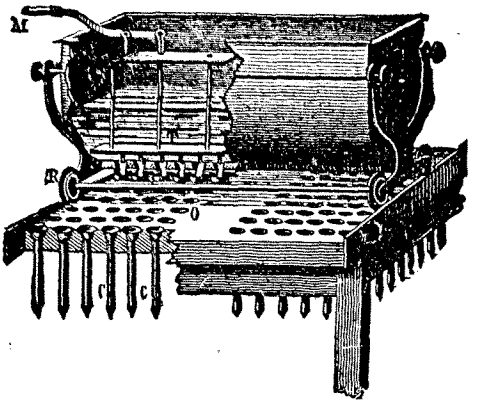


Fig. 376. — Moulage des chandelles.

Les chandelles présentent plusieurs inconvénients qui en font restreindre l'emploi à des cas très spéciaux; elles sont trop fusibles; elles répandent une odeur désagréable due à l'*acroléine*, qui est un des produits de la décomposition de la glycérine contenue dans le suif; il se forme dans la mèche un dépôt, qui oblige à la couper, à la *moucher* de temps en temps; elles éclairent peu. On ne fabrique en grande quantité que des chandelles de *cire*, ou *cierges*, destinés surtout aux cérémonies religieuses, et qu'on obtient de la même manière, en employant la cire d'abeilles.

§ II

BOUGIES STÉARIQUES

Nous avons vu aussi que les corps gras sont des combinaisons de la *glycérine* avec des *acides* dits *gras : stéarique*, *margarique* (*palmitique* pour l'huile de palme), *oléique*. Nous savons aussi qu'on peut séparer la glycérine de ces acides à l'aide d'une *base* énergique, par

l'opération de la *saponification*. La découverte de cette réaction, due au savant français Chevreul, fut le point de départ de l'industrie stéarique.

La séparation de la glycérine et des acides gras peut encore s'opérer sous l'influence de l'*acide sulfurique*, et aussi sous l'action de la *vapeur d'eau surchauffée :* dans ces deux cas, on l'appelle aussi *saponification*, bien qu'il ne se forme pas de savon. En appliquant l'un de ces procédés de saponification au suif, on peut en extraire les acides gras qui s'y trouvent, de façon à pouvoir les utiliser pour l'éclairage. En effet, ces acides gras sont combustibles au même titre que le suif lui-même, et présentent sur lui les avantages d'avoir un point de fusion plus élevé, de ne pas dégager d'odeur d'acroléine et d'être facilement obtenus à l'état de pureté. On peut opérer de même vis-à-vis des autres corps gras solides.

C'est ainsi qu'on obtient des chandelles d'acides gras, auxquelles on donne le nom spécial de *bougies*, et en particulier, celui de *bougies stéariques*, parce que c'est l'acide stéarique qui domine le plus souvent dans leur composition.

La première opération à faire pour fabriquer les bougies est donc la saponification des corps gras, laquelle a pour but de les dédoubler en acides gras et en glycérine. Ces deux produits sont ensuite séparés par divers procédés qui seront décrits ultérieurement.

Comme on l'a vu, on peut employer plusieurs procédés pour la saponification des suifs ou des autres matières grasses, traités pour la fabrication des bougies stéariques. On associe parfois ces procédés.

Saponification calcaire ou magnésienne. — La saponification calcaire est employée généralement en France, en Italie, en Espagne ; en Allemagne, on préfère la saponification par la magnésie.

Les suifs purs sont saponifiés par une base, chaux ou magnésie, susceptible de donner un savon insoluble dans les solutions étendues de glycérine. Le réactif, chaux ou

magnésie, étant mis en présence de l'eau portée à haute température et du suif, ce dernier se décompose; il se forme un savon calcaire ou magnésien, soluble dans un grand excès d'acide gras, et de la glycérine en solution étendue. On active en faisant intervenir la vapeur d'eau.

L'opération se fait dans un autoclave A, de forme sphé-

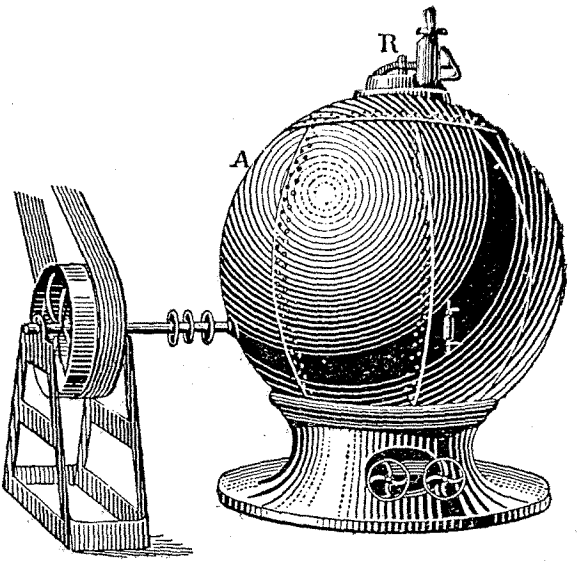


Fig. 377. — Saponification calcaire ou magnésienne.

rique en cuivre rouge, muni d'un agitateur mécanique pour produire le brassage et le mélange des matières en présence (fig. 377).

On dissout la chaux (environ 3 % du poids du suif) dans l'eau, pour en former un lait clair.

Le suif, fortement chauffé, est d'abord introduit dans l'autoclave par un robinet R, placé au sommet de l'appareil; puis on y refoule le lait de chaux, et enfin une certaine quantité d'eau pure.

On fait tourner l'agitateur, puis on introduit la vapeur à 8 ou 10 kilogrammes de pression, par un robinet situé à la porte inférieure de l'autoclave. Cette injection de la

vapeur est maintenue pendant six à sept heures consécutives, temps nécessaire à l'opération. On arrête ensuite l'agitateur et l'on supprime l'admission de vapeur, en laissant tomber la pression jusqu'à 2 kilogrammes environ.

L'eau chargée de glycérine se rend à la partie inférieure de l'autoclave. On ouvre un robinet placé au fond; la pression intérieure chasse d'abord l'eau chargée de glycérine, qui est recueillie à part, puis les acides gras mélangés au savon calcaire, qui sont envoyés dans une cuve plombée. Dans cette cuve, on a mis de l'eau et la quantité d'acide sulfurique nécessaire à la saturation de la chaux, plus un léger excès. On fait bouillir le tout; les acides gras mis en liberté surnagent, et le sulfate de calcium tombe au fond en une masse cristallisée.

On recueille les acides gras par décantation; ils sont ensuite lavés à l'acide sulfurique étendu, puis à l'eau pure.

Quant à la solution étendue de glycérine soutirée tout d'abord de l'autoclave, elle est purifiée, puis concentrée jusqu'à la densité de 28° Baumé. On a ainsi la glycérine brute *de saponification*.

La saponification par la magnésie se fait d'une façon à peu près identique; elle donne d'aussi bons résultats que la saponification calcaire.

Saponification sulfurique. — Le procédé de saponification par l'*acide sulfurique seul* est employé pour saponifier les suifs mélangés avec des produits de moindre valeur ou plus fusibles, tels que : huile de palme, suifs d'os, graisses vertes (des boucheries et des triperies), résidus de cuisine, etc. La plupart de ces matières graisseuses sont extraites de leurs supports par dissolution dans le sulfure de carbone, qui, soumis ensuite à l'évaporation, les abandonne en liberté. Le principe de l'opération est le suivant : l'acide sulfurique se combine avec la glycérine et les acides gras, pour former l'acide sulfoglycérique, l'acide sulfostéarique, l'acide sulfomargarique, etc. On ajoute de l'eau bouillante qui décompose ces produits, isolant ainsi les acides gras et la glycérine,

et prend leur place dans la liqueur sulfurique. Les différences de densité suffisent pour séparer tous ces corps.

L'opération se fait dans un appareil en fonte A (fig. 378), à double enveloppe de vapeur, muni à l'intérieur d'un agitateur mécanique CD, commandé par un petit moteur M.

La matière grasse, préalablement desséchée et chauffée vers 140 ou 150°, est introduite dans l'appareil; puis on y fait couler en pluie fine de 5 à 8 °/₀ d'acide sulfurique à

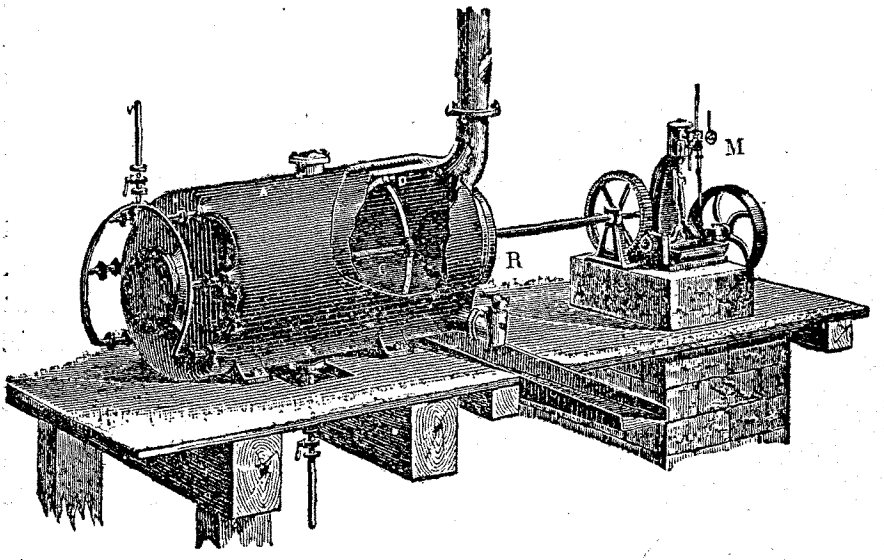


Fig. 378. — Saponification sulfurique.

66° Baumé, en ayant soin de faire tourner l'agitateur. L'ouvrier prélève de temps en temps des échantillons de la matière pour juger du degré d'avancement de la réaction; quand elle est terminée, il ouvre le robinet R de sortie, par lequel la matière s'écoule dans une cuve plombée contenant de l'eau bouillante. Les acides sulfo-gras et sulfo-glycérique sont décomposés en acide gras et en glycérine; l'acide sulfurique, redevenant libre, se dissout dans la masse liquide. On décante les acides gras, qui sont lavés à l'eau pure.

Il reste dans la cuve plombée une solution acide, contenant la glycérine, et un résidu ou goudron déposé au fond.

La solution acide est décantée, neutralisée, filtrée, purifiée, concentrée; elle constitue la glycérine brute commerciale, dite *de distillation;* elle est de qualité inférieure.

Saponification à l'eau pure et vapeur surchauffée. — Ce procédé est très répandu concurremment avec celui de la saponification calcaire ou magnésienne.

Il permet de traiter les mélanges de suifs et d'huile de de palme; on obtient de la glycérine brute de saponifi-

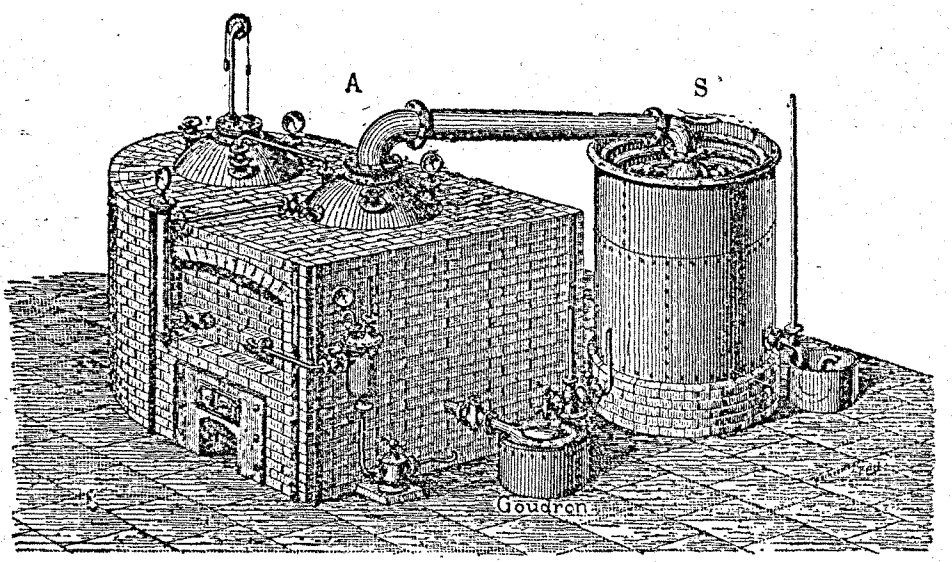


Fig. 379. — Distillation des acides gras.

cation de très bonne qualité, et des acides gras ne contenant que peu de matière neutre non saponifiée.

On se sert des mêmes autoclaves que ceux employés pour la saponification alcaline, mais on n'y introduit que de l'eau pure, et la vapeur y est injectée à la pression de 12 kilogrammes. L'opération est terminée au bout de cinq à six heures.

On soutire l'eau chargée de glycérine, qui est traitée comme il a été dit ci-dessus, en vue d'obtenir la glycérine brute de saponification à 28° Baumé.

On fait sortir ensuite les acides gras, qui sont desséchés et lavés à l'acide sulfurique concentré dans un appareil

à acidifier, comme il a été dit ci-dessus, en vue de leur distillation ultérieure.

Distillation des acides gras. — Les acides gras obtenus, soit par la saponification sulfurique des matières neutres, soit par l'acidification des matières saponifiées à l'eau pure, sont noirs, mélangés de goudron et impropres, en cet état, à faire de la bougie.

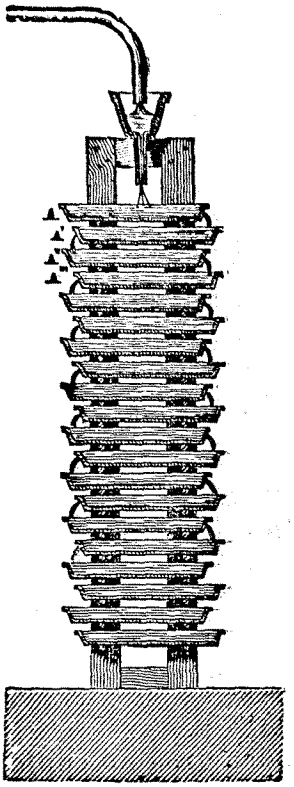


Fig. 380. — Moules à couler les acides gras.

On les amène à l'état blanc et pur, par la distillation, au moyen d'un courant de vapeur surchauffée; pour cela, on les introduit dans un alambic A, placé dans un fourneau, lequel contient également un surchauffeur de vapeur (fig. 379).

La vapeur surchauffée est injectée dans la masse des acides gras, lesquels distillent et vont se condenser dans un serpentin réfrigérant S, refroidi extérieurement par un courant d'eau froide.

On les recueille à la sortie du serpentin, et les goudrons ou résidus sont reçus dans un vase clos.

Extraction de l'acide oléique. — Les acides gras obtenus par l'une des méthodes ci-dessus indiquées sont lavés à l'eau pure; puis on les laisse refroidir jusqu'à 60° environ. On les fait ensuite couler au-dessus d'une colonne formée de cuvettes plates A, A′, A″, A‴ (fig. 380) superposées, placées de façon que, lorsque la cuvette du haut est pleine, l'excès de liquide arrivant déborde dans la seconde et le remplit à son tour, puis, débordant de celle-ci, remplit la troisième, et ainsi de suite jusqu'au bas. La matière est abandonnée à elle-même quand tout est plein, et se solidifie.

On a ainsi en pains solides plats le mélange d'acide stéarique, d'acide margarique (ou palmitique) et d'acide oléique. Ce dernier doit être extrait du mélange, car, étant liquide à la température ordinaire, il abaisserait par trop le point de fusion de la matière des bougies. Pour y arriver, on soumet les pains à l'action de la *presse,* d'abord *à froid,* puis *à chaud.*

Le *pressurage à froid* se fait avec une presse hydraulique ordinaire P, soit horizontale, soit verticale (fig. 381). Chaque pain est enfermé dans un sac de laine, appelé *malfil;* les sacs sont empilés et séparés par des lames de tôle. Quand la pression a lieu, l'acide oléique suinte le long des piles, et s'écoule dans des rigoles qui le conduisent dans des tuyaux aboutissant au sous-sol, où il est recueilli. On procède ensuite au pressurage *à chaud* qui, fluidifiant ce qui reste d'acide oléique et ramollissant les autres acides, permettra au premier de se séparer tout à fait. On enferme les pains, entourés ou non de malfils, dans des sacs en crins, nommés *étreindelles,* et on les soumet à une presse hydraulique horizontale (fig. 382). Les pains forment une pile couchée et sont séparés

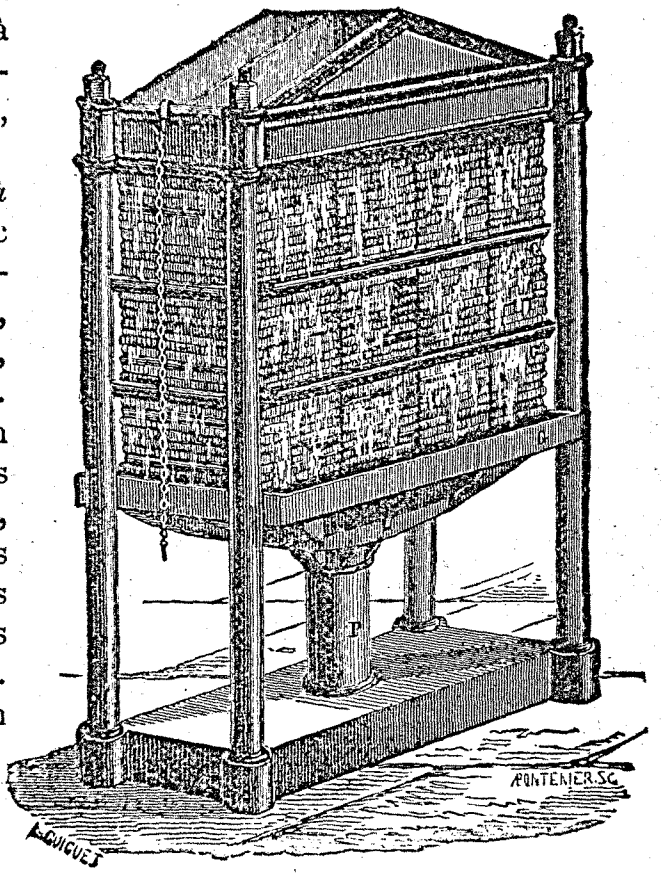


Fig. 381. — Pressurage à froid.

les uns des autres par des plaques de fer creuses P, dans lesquelles arrive de la vapeur. On s'arrange pour ne pas dépasser la température de 50°. L'eau en pression arrive par R dans le cylindre C et pousse le piston T; la vapeur arrive dans les plaques par V et H. En dessous de la presse, se trouve un plateau à rebord

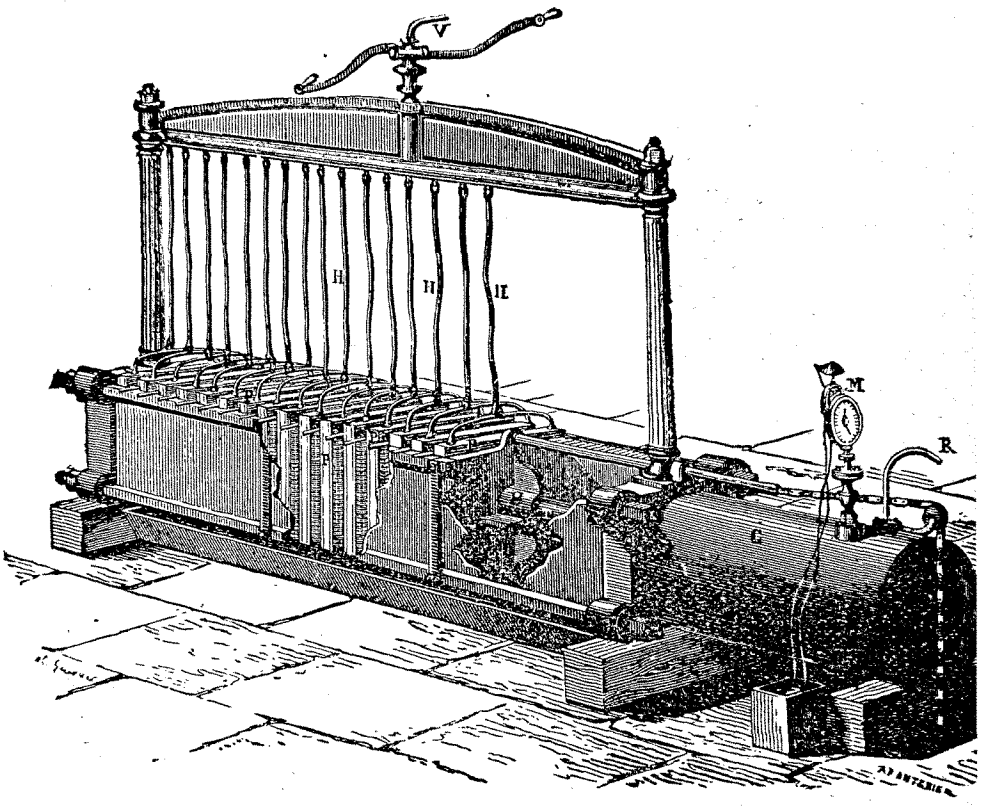


Fig. 382. — Pressurage à chaud.

formant rigole, qui recueille l'acide oléique et le laisse s'écouler dans le sous-sol. Il ne reste qu'à retirer les pains de la presse. L'acide oléique a entraîné un peu des autres acides, surtout si la température s'est trop élevée; aussi, avant de s'en servir pour d'autres usages (savons, etc.), faut-il l'en débarrasser. On y arrive en le refroidissant à l'aide d'une *machine à réfrigération*, analogue à celles qui servent à fabriquer la glace : le réfri-

gérant employé est l'anhydride sulfureux ou le chlorure de méthyle. Les acides autres que l'acide oléique se solidifient ; on les isole et on les soumet à un nouveau pressurage.

Confection des bougies. — Les bougies sont tou-

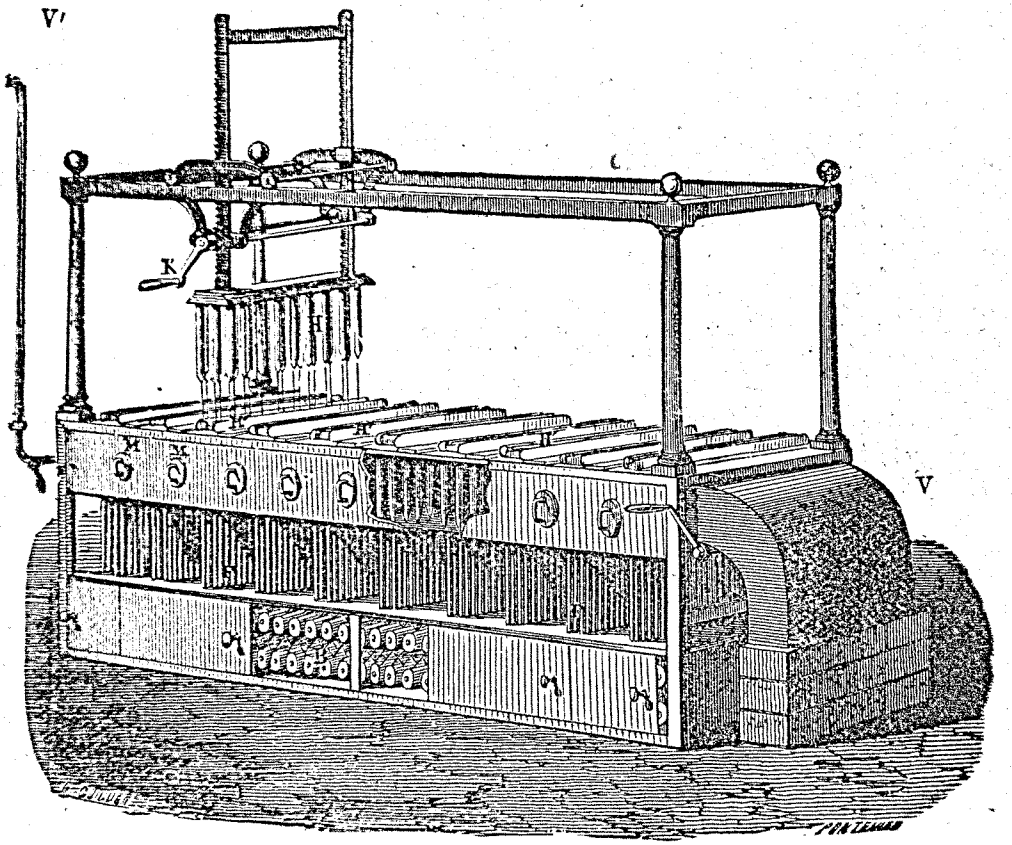


Fig. 383. — Machine à mouler les bougies.

jours faites *par moulage*. On procède comme pour les chandelles, en employant le même genre de moules, mais on opère toujours mécaniquement.

Il faut d'abord se procurer les *mèches;* elles sont en *coton* et composées d'environ 80 fils, chaque fil étant retordu à trois brins. Elles sont *tressées*, ce qui les fait se courber à mesure que la bougie brûle, de façon à présenter leur extrémité à l'extérieur de leur flamme, c'est-à-dire à

l'air, si bien qu'elles se consument sans qu'il y ait besoin de les *moucher*. De plus, comme il se forme toujours des cendres, ce qui gênerait la combustion, on les imprègne d'acide borique qui, avec les cendres, forme une perle fusible; cette perle, par son poids, contribue à courber la mèche en dehors de la flamme. Enfin, on les passe dans une flamme pour brûler le duvet qui les entoure.

La machine à mouler se compose de deux caisses superposées : l'une, celle d'en haut MM′, est en tôle; elle porte dans son intérieur les moules; elle peut être, ou chauffée au moyen de la vapeur arrivant par le tuyau V′ (fig. 383), ou refroidie au moyen d'un courant d'air froid, arrivant par V; l'autre, celle d'en bas, contient les bobines B, sur lesquelles sont enroulées les mèches; il y a autant de bobines que de moules. Au-dessus de la caisse supérieure, un bâti supporte une crémaillère roulante K, portant elle-même une plaque disposée pour saisir les extrémités de plusieurs mèches à la fois. Pour commencer à mouler, on engage chaque mèche dans le moule correspondant, percé de part en part, et on l'accroche à la plaque de la crémaillère; un certain nombre de mèches sont ainsi accrochées la fois. Ceci fait, on fond le mélange d'acide stéarique et d'acide margarique, et on le verse en H′ sur le dessus de la caisse supérieure qui forme une sorte de vaste cuvette jouant pour l'ensemble des moules le rôle d'un entonnoir. Le mélange coule dans chaque moule préalablement chauffé par la vapeur. Après le coulage, on envoie l'air de la soufflerie; le mélange se solidifie et l'on peut démouler, en faisant jouer la crémaillère, qui enlève la plaque et les bougies (H) suspendues au-dessous d'elle. A la suite de chaque bougie terminée s'est déroulée de la bobine une nouvelle

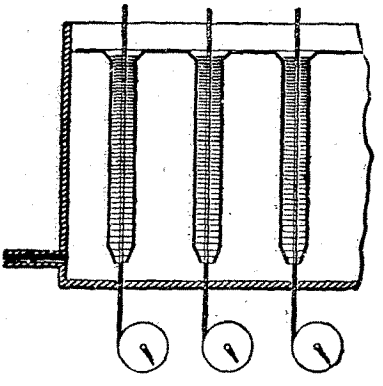


Fig. 384. — Schéma du dispositif des mèches.

longueur de mèche toute prête pour l'opération suivante (fig. 384). On détache les premières bougies, et l'on recommence l'opération.

Blanchissage des bougies. — Les bougies doivent être *blanchies*, c'est-à-dire lavées, rognées et polies. A cet effet on les lave d'abord dans un baquet U (fig. 385) contenant de l'eau de savon, ou une solution de carbo-

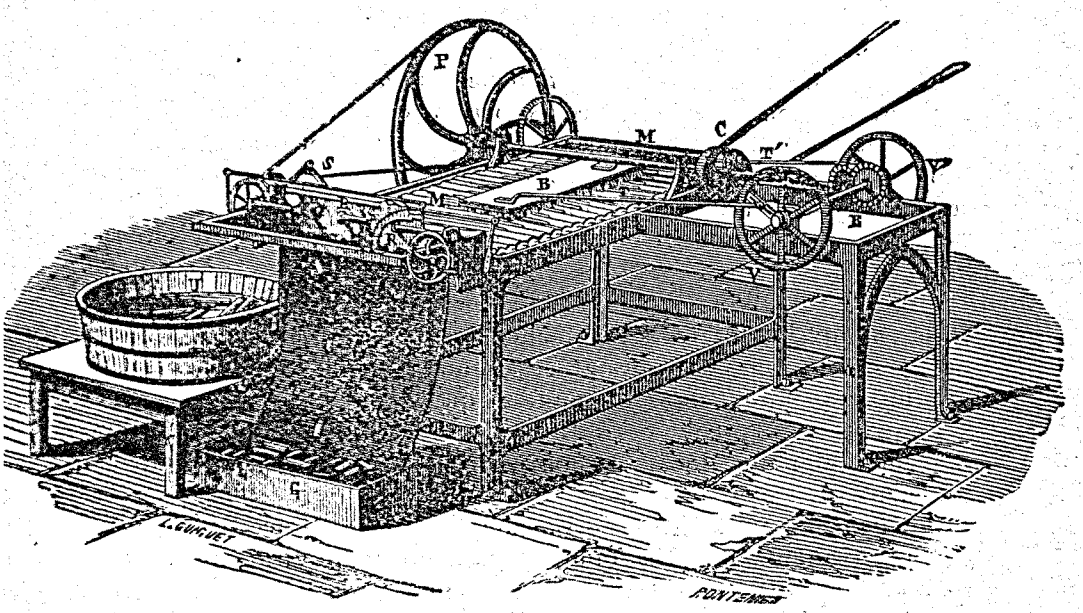


Fig. 385. — Machine à polir les bougies.

nate de sodium. Puis on les pose sur les roues cannelées R de la *machine à polir* (même figure); ces roues les présentent à une petite scie circulaire qui les coupe à la longueur voulue. Le bout enlevé tombe dans la caisse G; les bougies passent sur la table inclinée MM, dont le dessus est formé de rouleaux de bois parallèles, se touchant presque, et tournant tous dans le même sens; leur ensemble forme comme une toile sans fin, qui serait animée d'un mouvement de translation partant des roues cannelées. Les bougies sont donc transportées ainsi d'un bout de la table à l'autre bout, d'où elles tombent dans des corbeilles. Dans ce trajet elles sont polies par

l'action d'une brosse B, animée d'un mouvement de va-et-vient par le volant V. Il ne reste plus qu'à les mettre en paquets.

§ III

BOUGIES SPÉCIALES

On fabrique aussi, mais en moindre quantité, des bougies autres que les bougies précédentes.

Bougies colorées. — On obtient les *bougies de couleur* en ajoutant simplement une matière colorante dans le mélange fondu des acides stéarique et margarique, avant le moulage. Le bleu s'obtient avec l'outremer; le vert, avec le vert de Schweinfurt; le rose, avec le cinabre; le jaune, avec le chromate de plomb, etc. Ces bougies ont l'inconvénient de vicier l'atmosphère au sein de laquelle elles brûlent.

Bougies creuses. — Ce sont des bougies ordinaires percées de trois canaux parallèles à la mèche, ce qui a l'avantage de les empêcher de couler. On obtient ces canaux au moyen de trois baguettes suspendues dans le moule et qu'on enlève ensuite.

Bougies enrobées. — On appelle ainsi des bougies à bon marché, qui n'ont que l'enveloppe en acides gras. L'intérieur est un corps gras quelconque.

Bougies de paraffine. — La paraffine sert à faire des bougies de luxe translucides; ces bougies fondent trop vite; on associe quelquefois cette matière à une certaine quantité d'acides gras.

Bougies diaphanes. — Ces bougies, presque transparentes, sont faites avec du spermacéti (*blanc de baleine*).

Bougies de cire. — On fait aussi avec de la cire d'abeilles des bougies qui ne sont autre chose que des cierges.

Bougies filées. — Les *bougies filées* sont de petites bougies grosses comme un crayon, qu'on enroule en pelote; on s'en sert pour s'éclairer dans les caves (*rats de cave*), ou pour allumer des lampadaires élevés. Pour les fabriquer, on trempe la mèche dans un bain de cire, et, quand celle-ci est à peu près solide, on passe dans une filière la bougie obtenue.

La fabrication des chandelles est aujourd'hui très restreinte. Celle des bougies est localisée dans quelques centres industriels, tels que : Paris, Saint-Denis, Lyon, Marseille, etc.

CHAPITRE VIII

Gaz d'éclairage.

Nous venons de voir que l'éclairage par les corps gras consiste, en somme, à les décomposer par la chaleur, et à brûler les corps volatils inflammables ainsi mis en liberté. Au lieu de produire cette dissociation au fur et à mesure, on peut aussi l'opérer à l'avance et emmagasiner les gaz combustibles pour s'en servir au moment voulu. Ces gaz sont les *gaz d'éclairage*. Tel est le *gaz d'huile*, employé pour l'éclairage des wagons sur certaines lignes de chemins de fer, et qu'on obtient précisément en décomposant une huile quelconque par la chaleur.

Il est d'autres substances qui, sans être des corps gras, peuvent, par une décomposition simple ou complexe, donner aussi des gaz propres à être employés pour l'éclairage; tels sont la *houille*, qui donne le *gaz de houille*, le *carbure de calcium*, qui donne le *gaz acétylène*, l'*eau* qui donne le *gaz à l'eau*, etc. Le *gaz de houille* et le *gaz acétylène* sont de beaucoup les plus employés.

§ Ier

GAZ DE HOUILLE

Lorsqu'on soumet la houille à l'action de la chaleur par une sorte de distillation en vase clos, on obtient un grand nombre de produits : 1° des produits *gazeux à la température ordinaire*, qui sont surtout de l'hydrogène, des carbures d'hydrogène : formène (méthane), éthylène, acétylène et propylène, ces deux derniers en petite quantité; puis de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'azote, et un peu d'hydrogène

sulfuré et de cyanogène; 2° des produits gazeux à haute température, mais *liquides ou solides à la température ordinaire* : sels ammoniacaux parmi lesquels les carbonates dominent, sulfure de carbone; goudrons, se composant de benzine, toluène, naphtaline, anthracène, acide phénique, etc., etc.; 3° un corps *solide* : le coke, qui n'est que du carbone plus ou moins pur, constituant le résidu de la distillation et restant comme tel dans la cornue où s'est faite l'opération. A l'intérieur des parois de cette cornue, on trouve aussi une couche de carbone pur très dur, provenant de la décomposition des carbures d'hydrogène au contact de ces parois rougies : c'est le *charbon de cornue*. Les houilles employées pour la fabrication du gaz sont celles qui donnent le plus de produits volatils; on les choisit de préférence parmi les houilles grasses, pour obtenir un coke bien aggloméré, vendable. 100 kilog. de houille grasse donnent à peu près 30 mètres cubes de gaz à brûler, 5 kilog. de goudron et 70 kilog. de coke. Les composés sulfurés qui se dégagent dans cette distillation proviennent des pyrites qui s'y trouvent en plus ou moins grande quantité.

Seuls, l'hydrogène, les carbures d'hydrogène gazeux, l'oxyde de carbone et les vapeurs de benzine et de toluène peuvent donner par leur mélange un gaz éclairant; les autres matières doivent être éliminées autant que possible.

De là, la division en trois phases de la préparation du gaz de houille : 1° *distillation* de la houille; 2° *épuration physique*, c'est-à-dire condensation des produits *liquides ou solides à la température ordinaire*; 3° *épuration chimique*, c'est-à-dire élimination des produits *gazeux à la température ordinaire*, et qui ne doivent pas rester dans le gaz à brûler.

Distillation de la houille. — La houille est introduite dans des cornues demi-cylindriques C, en argile réfractaire, placées par batteries dans des fours construits pour les recevoir (fig. 386); ces fours sont chauffés au coke, ou aux gaz d'un *gazogène* (voir I^re^ partie, chap. III,

§ III); il y en a à récupération, tantôt directe, tantôt à inversion. La température de ces foyers atteint 1.200°. Chaque cornue se termine en avant par une tête en fonte qui fait saillie hors du four et qui se ferme par un tampon en fonte P, mobile autour d'une charnière et parfaitement dressé. Du dessus de la tête par le tube de dégagement T, tous les produits de la distillation s'en vont par le tube de dégagement, appelé *colonne montante*; ce tube se re-

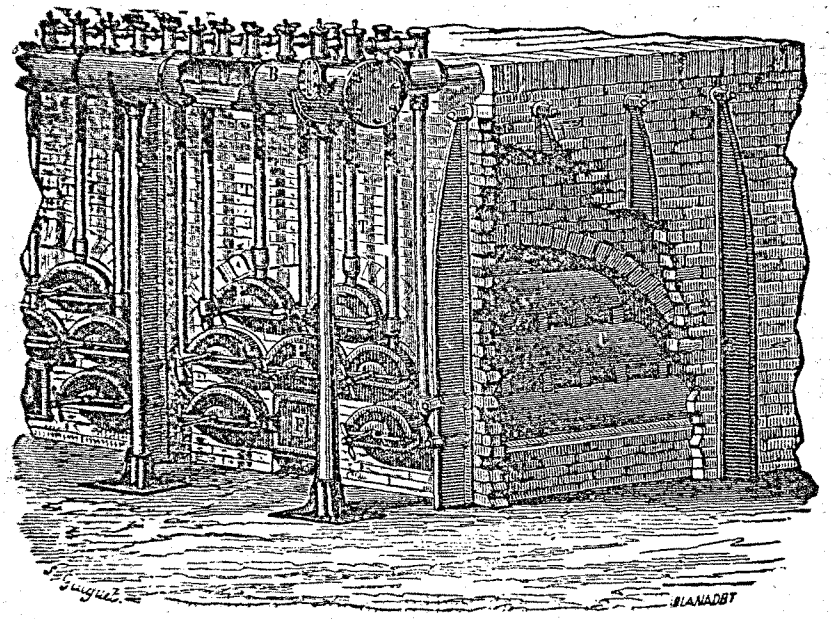


Fig. 386. — Distillation de la houille.

courbe en haut et vient déboucher dans le liquide du *barillet* B, gros cylindre qui règne tout le long des fours, servant ainsi de collecteur commun. Le barillet est à demi-plein d'eau; cette eau forme joint hydraulique, isole chaque cornue des voisines, et empêche le contact avec l'air extérieur quand on ouvre les cornues; peu à peu, elle est remplacée par un mélange de goudron et d'eau et doit être renouvelée. La température du barillet est d'environ 70°; à cette température se condensent des carbures lourds, tels que l'anthracène, la naphtaline, etc., mais les vapeurs de benzine et de toluène se dégagent.

Les produits gazeux sont évacués par un tuyau fixé sur le barillet ; les produits liquides s'écoulent par un siphon placé à son extrémité.

Epuration physique. — Des barillets, le gaz, par des collecteurs en tôle ou en fonte, se rend dans des appareils réfrigérants où toutes les matières qu'il contient, et qui ne sont pas gazeuses à la température ordinaire, seront condensées. Le premier de ces appareils est le *jeu d'orgues* D (fig. 387), formé de tubes en U renversés sur une cuve fermée V à demi pleine d'eau et cloisonnée de

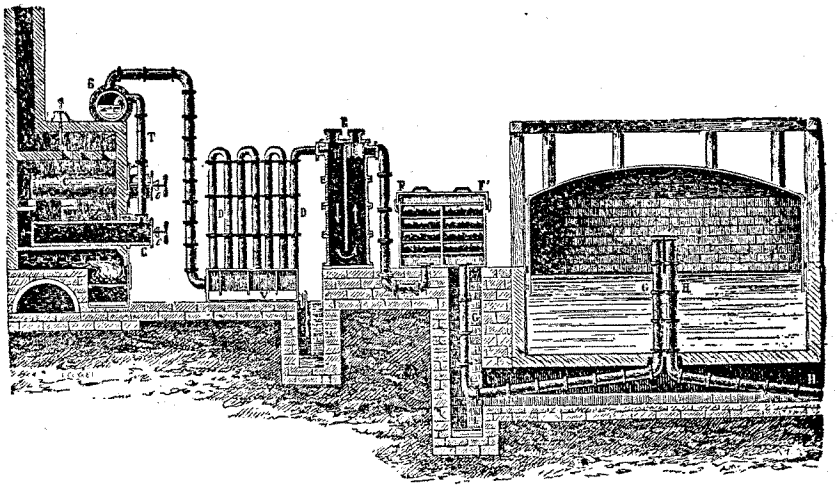


Fig. 387. — Fabrication du gaz d'éclairage.

telle façon que les deux branches du même tube ne puissent communiquer ensemble par le bas. Le gaz est donc obligé de suivre tous ces tubes et tous les compartiments de la cuve. Il est ainsi exposé à l'action refroidissante de l'air, aidée quelquefois de celle d'une pluie d'eau froide tombant continuellement sur ces tubes. Dans certaines usines, les tubes sont horizontaux, formant ainsi un serpentin dans un seul plan ; ils sont de même arrosés. La température du gaz s'abaisse ainsi jusqu'à 15 ou 20° et il se dépose les sels ammoniacaux et la plus grande partie des goudrons qui avaient déjà commencé à se déposer dans le barillet. Les goudrons et l'eau ammo-

niacale s'écoulent d'une façon continue par des siphons; ils seront plus tard isolés et traités pour obtenir d'autres produits.

Afin d'éviter qu'il se produise des fuites dans les cornues, on s'efforce de maintenir la pression, dans le barillet et le jeu d'orgue, voisine autant que possible de la pression atmosphérique. Pour cela, on intercale un *extracteur*, ou pompe pneumatique aspirante et foulante après le jeu d'orgue, duquel il aspire le gaz pour le refouler dans les appareils suivants.

Le gaz est ensuite complètement débarrassé de son goudron dans un *appareil à choc,* non représenté sur la figure 387; celui-ci se compose d'une série de tôles perforées dont les orifices, très petits, ne sont pas en regard les uns des autres. Le gaz les traverse et, grâce à sa pression, subit comme des chocs dans ce trajet en chicane.

De là, il passe ensuite aux *scrubbers* ou laveurs, où il se débarrasse de l'ammoniaque. Les laveurs peuvent être des cylindres verticaux E remplis de coke, ou de planches horizontales perforées en quinconce, dans lesquels on fait couler par la partie supérieure de l'eau qui serpente en descendant, tandis que le gaz monte, ou bien être des cylindres horizontaux rotatifs avec une série de paniers de bois qui tantôt plongent dans l'eau et tantôt émergent au contact du gaz.

Épuration chimique. — L'*épuration chimique* du gaz se fait dans des caisses F F′ à claies disposées comme des rayons; ces caisses sont divisées en deux par une cloison verticale et fermées par un couvercle à joint hydraulique. Le gaz arrive d'un côté par le bas, traverse toutes les claies, arrive en haut et redescend par l'autre côté en traversant les claies. Un mélange de sulfate ferreux et de chaux éteinte, rendu poreux par l'adjonction de sciure de bois humide, est étendu sur ces claies. Il a été préparé à l'avance et exposé à l'air; la chaux a décomposé le sulfate, donné du sulfate de calcium et de l'oxyde ferreux, lequel, en présence de l'air, est devenu de

l'hydrate d'oxyde ferrique, de sorte que ce qui recouvre les claies est un mélange de sciure de bois, de sulfate de calcium et d'hydrate d'oxyde ferrique. A son contact, l'hydrogène sulfuré est décomposé par l'oxyde ferrique en donnant de l'eau, du sulfure de fer et du soufre. Le sulfate arrête l'ammoniaque restante, et de la chaux restée libre arrête le gaz carbonique.

Le mélange épurateur peut être régénéré. Il suffit pour cela de l'exposer à l'air, en y ajoutant de la chaux. Là, le sulfure de fer se décompose en donnant du soufre et de l'oxyde de fer. A la longue, le mélange se charge donc de soufre qu'on ne peut éliminer, si bien que la régénération ne peut se faire qu'un certain nombre de fois; quand la proportion de soufre atteint 37 %, le mélange n'agit plus. Outre le soufre, le mélange contient du bleu de Prusse qui se produit peu à peu par la combinaison du cyanogène et du fer de l'oxyde de fer.

On utilise parfois le mélange devenu inactif pour la fabrication de l'acide sulfurique. On en extrait également le bleu de Prusse.

Le gaz traverse ensuite des *compteurs* de fabrication et se rend au *gazomètre*. On appelle ainsi une grande cloche renversée sur l'eau contenue dans une cuve en maçonnerie; le gaz y arrive par un tuyau G et la soulève en vertu de sa force élastique. Quelquefois, le tuyau aboutit à la partie supérieure; il doit alors être articulé à genouillère pour suivre la cloche dans ses mouvements. Quand on veut envoyer le gaz dans la canalisation pour la consommation, la cloche, descendant par l'effet de son propre poids, refoule le gaz dans le tuyau de départ H.

Consommation du gaz. — Le gaz de houille est utilisé : 1° pour l'*éclairage* dans des *brûleurs* ou *becs*; 2° pour le *chauffage* dans des *réchauds* ou *poêles*, qui ne sont guère que des brûleurs modifiés en vue d'augmenter la combustibilité aux dépens de l'éclairage; 3° comme *force motrice*, dans des *moteurs* ayant quelque analogie avec les machines à vapeur. Nous n'avons à nous occuper ici que de l'éclairage.

Les becs employés pour l'éclairage au gaz sont très nombreux. Citons :

Le *bec-bougie*, à trou circulaire ; il donne une flamme cylindrique ; la combustion du gaz est incomplète.

Le *bec papillon* (fig. 388) à orifice allongé ; il donne une flamme

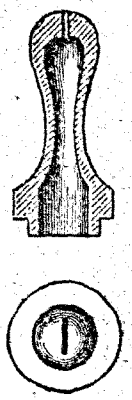


Fig. 388.
Bec papillon.

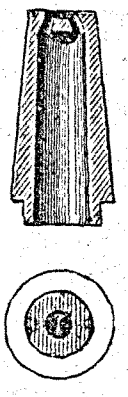


Fig. 389.
Bec Manchester.

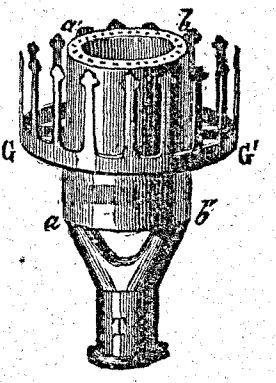


Fig. 390.
Bec d'Argand.

plate, mieux exposée au contact de l'oxygène ; la combustion est donc plus parfaite.

Le *bec Manchester* (fig. 389) ; il a deux orifices recourbés l'un vers l'autre, ce qui produit d'une part un aplatissement de la flamme, comme dans le cas précédent ; d'autre part, un ralentissement dans l'écoulement du gaz qui, ainsi, a mieux le temps de brûler.

Le *bec d'Argand* (fig. 390), en cylindre à double paroi. Le gaz passe entre les deux parois et sort par une rangée de petits trous percés sur la couronne *ab*. L'air passe en colonne par le milieu du cylindre, de sorte que la flamme est en contact avec lui par l'intérieur et par l'extérieur, d'où une combustion encore meilleure. Ce bec porte habituellement une *galerie* G G', sur laquelle on pose une cheminée en verre *(verre de lampe)*, qui empêche la flamme de vaciller et augmente le tirage.



Fig. 391. — Bec Bengel.

Le *bec Bengel* (fig. 391), analogue au précédent, mais dont la partie inférieure est entourée d'une cuvette E, en porcelaine ou en métal, percée d'un grand nombre de trous qui divisent le courant d'air et le règlent : la cuvette de porcelaine admet un volume d'air neuf fois plus grand que celui du gaz.

Le *bec parisien*, à récupération de cha-

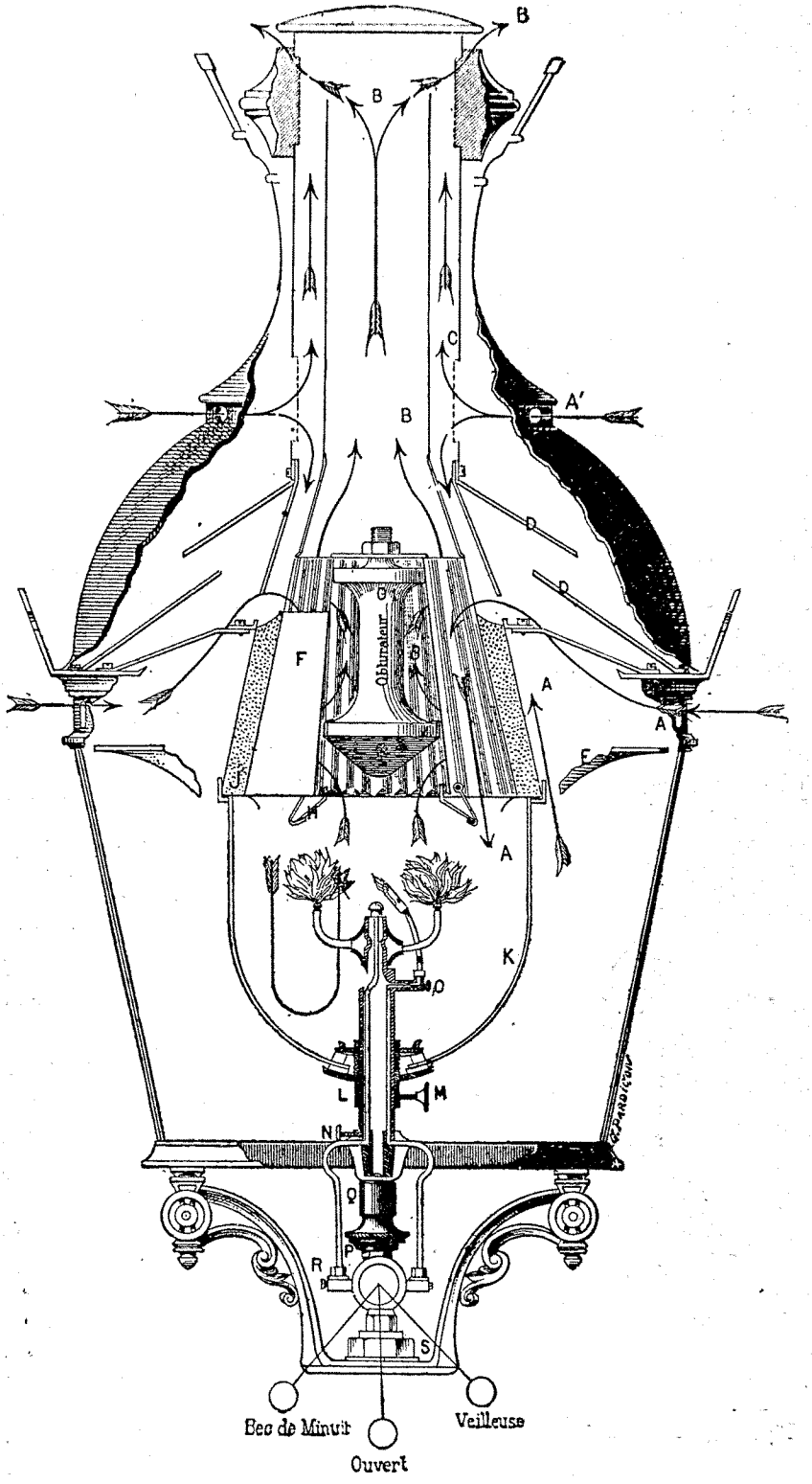


Fig. 392. — Bec parisien à récupération.

leur, à lumière intensive (fig. 392) est généralement employé pour éclairer les grands espaces. Il est composé en réalité d'un groupe de becs-papillons, disposés en cercle sur un pied L, autour d'un bec central qu'on peut allumer seul (*bec de minuit*). Un autre bec O, plus petit, coudé sur le pied, reste constamment allumé et constitue une *veilleuse*. Tous les becs sont enfermés dans une coupe en verre renversée K, fermée hermétiquement par des joints d'amiante. Les produits de la combustion s'échappent verticalement par B, en léchant le récupérateur F, constitué par une feuille de nickel en forme de tronc de cône et plissée. Pour obliger ces produits à raser la feuille plissée, un obturateur de même métal $G_1 G_2$ bouche en partie le passage. L'air entre par deux rangées d'ouvertures A A, A′ A′. Celui qui entre par la rangée inférieure A descend en passant entre les plis du récupérateur, le long de la paroi extérieure, jusque dans la coupe où il alimente d'oxygène les becs, après s'être chauffé pendant sa descente. Celui qui entre par la rangée supérieure A′ se rend, partie aux becs par le même chemin, partie vers le haut par C, gaine qui entoure la cheminée d'évacuation, où il active le tirage, et, en cas de tempête, sert à équilibrer la pression de l'atmosphère à l'orifice de la cheminée. Le récupérateur est entouré d'une garniture tronco-annulaire d'amiante J, destinée à empêcher son rayonnement vers l'extérieur. Les surfaces inclinées D servent d'auvents pour protéger la coupe contre la pluie. Le robinet R est à trois voies, correspondant respectivement au bec de minuit, à la couronne ou à la veilleuse. L'air arrive dans la coupe à 500°.

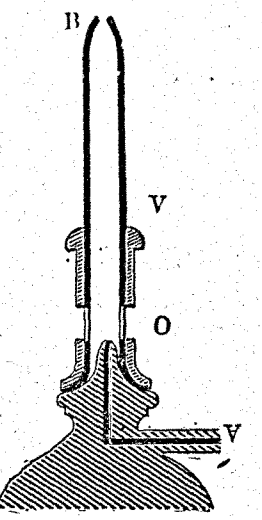
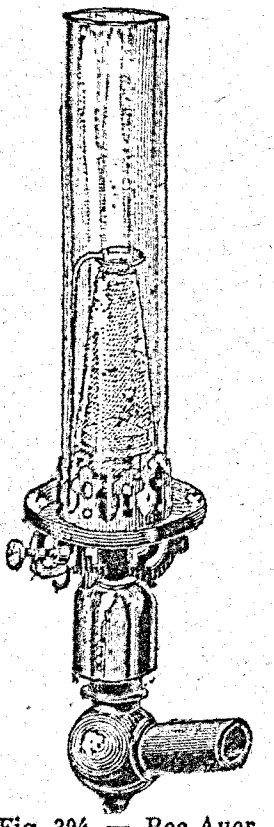


Fig. 393.—Bec Bunsen.


Fig. 394. — Bec Auer.

Le *bec industriel* n'est qu'une légère modification du précédent.

Le *bec Bunsen* (fig. 393) est un bec employé dans les laboratoires, où il sert surtout pour le chauffage. Il est disposé de façon à permettre à l'air d'arriver dans la flamme en quantité telle que la combustion soit complète, ce qui donne le maximum de température,

mais peut supprimer presque complètement le pouvoir lumineux. Le bec B est percé latéralement de deux trous O, par où peut entrer l'air. Une virole V, percée également de deux trous à la même hauteur, peut tourner autour du bec, de telle façon que, suivant sa position, elle obstrue complètement ou partiellement les ouvertures O. Le gaz arrive par un ajutage A, très étroit, se terminant un peu en pointe dans le tube qui constitue le bec. Lorsqu'il arrive sous pression, il aspire l'air environnant par les ouvertures O, si la virole en permet l'accès.

Le *bec à incandescence*, ou *bec à manchon* (fig. 394), n'est qu'un bec Bunsen dans lequel on a restitué au gaz le pouvoir lumineux nécessaire sans abaisser sa température. L'incandescence lumineuse des flammes n'étant due qu'à des particules de carbone solides en suspension dans la flamme, on s'explique très bien que dans le bec Bunsen on détruira la clarté de la flamme en brûlant complètement le carbone. Mais, si l'on introduit dans cette flamme un autre solide pouvant devenir incandescent sans se détruire à la température de cette flamme, on rendra à celle-ci son éclat. C'est ce qu'on fait dans les *becs à incandescence*, en coiffant le bec Bunsen d'un manchon en *toile de terre* (*bec Auer* (fig. 394), *bec Denayrouse*). On prépare ces manchons de la manière suivante : on coupe une mèche de lampe, en tronçons cylindriques, chacun d'eux devant donner un manchon de bec. On nettoie chaque manchon à l'ammoniaque, puis à l'acide chlorhydrique étendu, puis à l'eau distillée. On le plonge ensuite dans une solution d'azotates de *terres rares*. Ces terres rares sont les oxydes de métaux alcalino-terreux comme le zirconium, le cerium, le thorium, le lanthane, etc. Ces oxydes sont réfractaires, ce qui permet de les employer pour cet usage. Le mélange le plus employé est formé de 99 parties d'azotate de thorium et de 1 partie d'azotate de cerium. On exprime le liquide, on enfonce le manchon sur un mandrin pour lui donner la forme conique, puis on le chauffe avec une flamme très chaude ; le coton disparaît calciné, les azotates sont dissociés, il reste un tissu de terre extrêmement délicat, fragile. On le suspend au-dessus du bec à l'aide d'un support. Avant d'arriver sous le manchon, le mélange de gaz et d'air doit traverser une toile métallique ; un cône métallique s'élève au milieu du bec pour épanouir la flamme et la forcer à se jeter vers les parois du manchon.

§ II

GAZ ACÉTYLÈNE

L'acétylène est un carbure d'hydrogène parfaitement défini, dont la teneur en carbone est très grande (92 °/₀). C'est un gaz incolore, d'une odeur d'ail caractéristique quand il a été obtenu industriel-

lement. Il est un peu plus léger que l'air, et peut se dissoudre dans divers liquides en quantités variables. Comme tous les hydrocarbures, il brûle à l'air en dégageant de l'anhydride carbonique et de la vapeur d'eau. Sa température de combustion peut s'élever jusqu'à 2.400°. Son pouvoir éclairant peut égaler jusqu'à 19 fois celui du gaz de houille. Le *carcel-heure* demande, pour être produit, environ 150 litres de gaz de houille avec le bec-papillon, 105 litres du même gaz dans les becs Bengel, 70 litres dans les becs à récupération, et 20 litres avec les becs à incandescence; avec l'acétylène, cette quantité se réduit à 7 litres et demi. Il exige moins d'oxygène que les autres corps éclairants, et vicie moins l'atmosphère. On ne peut le comprimer qu'avec quelques précautions, car, sous pression, il est explosible par lui-même, en dehors des mélanges détonants qu'il peut, aussi bien que le gaz de houille, former avec l'air. Cette explosibilité propre qui lui appartient et qui, du reste, n'offre aucun danger si la tension du gaz ne dépasse pas deux atmosphères, tient à ce qu'il est *endothermique*, ce qui veut dire que, pour se former, il a absorbé de la chaleur, qui sera restituée au moment de sa décomposition et provoquera la dilatation des gaz qui en seront le résultat. Il faut donc éviter toute production brusque, ou toute accumulation exagérée du gaz dans un même récipient. Il faut aussi éviter toute cause pouvant provoquer une élévation rapide de sa température, car son point d'inflammabilité est assez bas.

On prépare industriellement l'acétylène en attaquant l'eau par le carbure de calcium; il se forme de la chaux qui se dissout ou se délaye dans l'excès d'eau, et le gaz se dégage. On peut le préparer soit à l'état liquide, car il est liquéfiable à la pression de 83 atmosphères, soit à l'état gazeux; c'est le plus souvent à ce dernier état qu'on l'obtient, car la liquéfaction de l'acétylène est une opération dangereuse. On fait de préférence tomber le carbure dans l'eau; celle-ci, étant ainsi en excès, agit comme réfrigérant, dissout les impuretés qui peuvent se produire lorsque le carbure de calcium n'est pas pur, ce qui arrive le plus souvent, et délite la chaux.

Les appareils générateurs sont très divers, mais peuvent se répartir en trois catégories principales : les uns, comme le briquet à hydrogène de Gay-Lussac, ont une cloche qui sert de réservoir et le gaz, en s'y accumulant, refoule l'eau hors du contact du carbure. C'est à cette première catégorie qu'appartiennent la plupart des petites lampes portatives à acétylène.

Dans la deuxième catégorie, l'eau s'écoule peu à peu sur le carbure, contenu dans un récipient spécial; le gaz produit se rend sous une cloche mobile constituant le gazomètre et dont les mouvements d'ascension et de descente, à l'aide d'artifices variés, produisent ou l'arrêt, ou l'écoulement de l'eau sur le carbure.

Enfin, dans le troisième système, le carbure tombe par petites

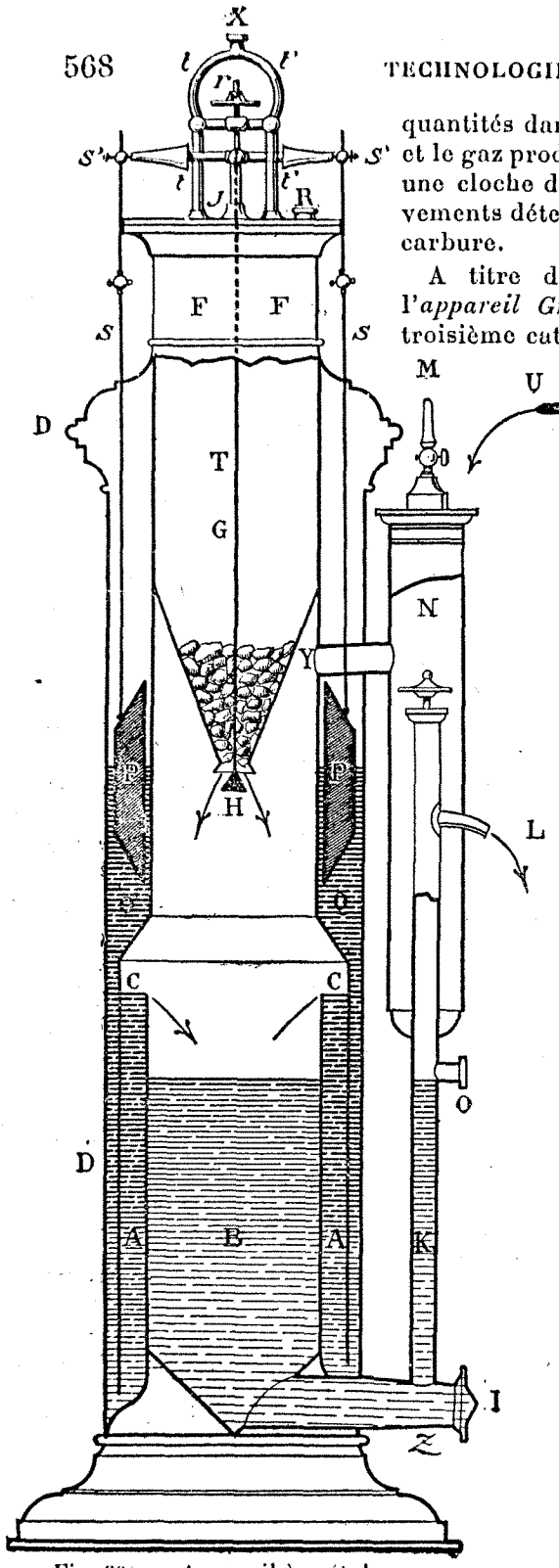


Fig. 395. — Appareil à acétylène.

quantités dans un réservoir plein d'eau, et le gaz produit se rend également sous une cloche de gazomètre dont les mouvements déterminent ou non la chute du carbure.

A titre d'exemple, nous décrirons l'*appareil Grenier,* qui appartient à la troisième catégorie (fig. 395). Il se compose d'un grand cylindre DD formant *réservoir.* Du fond, part un autre cylindre intérieur B, qui s'élève jusqu'à mi-hauteur, et communique par une tubulure latérale *Z* avec un *tube indicateur de niveau* K. Un troisième grand cylindre FF, formant *cloche* fixe, est contenu dans le réservoir; il s'évase dans le bas, en A, pour embrasser le cylindre intérieur, et porte un *cône* renversé G, ouvert à la pointe. Sur son couvercle se trouve une tubulure J, dans laquelle est engagée une tige T, munie d'un obturateur conique H, lequel, par le jeu du petit volant *r*, peut être à volonté abaissé ou soulevé. Cette tige peut encore être soulevée ou abaissée automatiquement et d'une autre façon: autour du cylindre F, se trouve un corps annulaire P devant jouer le rôle de flotteur sur l'eau; en s'élevant ou s'abaissant, il entraîne les tringles S auxquelles il est attaché, et celles-ci, par la traverse S', commandent la tige de l'obturateur en J. En X

est un bec de gaz pour faire évacuer par les tubes creux *tt'* l'air, ou l'acétylène qui pourrait s'accumuler dans le haut de l'appareil. En N, est un cylindre *laveur* par où arrive l'eau qui doit être attaquée par le carbure de calcium, et qui, en passant, lave l'acétylène produit. Ce dernier sort de la cloche par Y, et s'en va du laveur par M. L'eau entre aussi dans l'appareil par Y, elle suit donc le trajet du gaz en sens inverse.

Le fonctionnement a lieu ainsi qu'il suit. L'eau est introduite dans le laveur; elle en sort pour tomber dans le réservoir, et remplir l'espace annulaire Q, A, dans lequel plonge la cloche. Arrivée au niveau C, elle tombe dans le cylindre intérieur, où se fera la réaction, et s'y élève jusqu'au niveau du robinet O, fixé sur l'indicateur du niveau. Une provision de carbure en grains est introduite dans le cylindre-cloche par l'orifice R qu'on ferme ensuite; ce carbure se tasse sur la pointe du cône renversé. Il suffit, pour amorcer l'appareil, de descendre la tige T à l'aide du volant V : l'obturateur débouche l'orifice inférieur du cône, et un peu de carbure tombe dans l'eau. La réaction a lieu : l'acétylène produit se comprime lui-même, acquiert une certaine tension, refoule l'eau du cylindre intérieur jusqu'en L dans le tube indicateur, et celle du réservoir-cloche jusqu'en Q, où elle va soulever le flotteur P qui, en montant, entraînera la tige T, et remontera l'obturateur, lequel arrêtera momentanément la chute du carbure. Si le gaz sort par Y pour la consommation, la pression qu'il exerçait sur l'eau du réservoir diminue, cette eau baisse en dehors de la cloche, le flotteur descend, l'obturateur aussi; du carbure tombe, et ainsi de suite. L'alimentation du générateur en carbure est donc automatique, et liée à la consommation du gaz.

Le lait de chaux formé doit être fréquemment extrait; on l'enlève par l'ouverture de vidange I, chaque fois qu'on recharge l'appareil de carbure. Mais on peut aussi faire cette vidange automatiquement, à la condition d'alimenter d'eau l'appareil d'une façon continue. Si donc on possède un réservoir d'eau, ou une canalisation pouvant donner de l'eau en permanence, on fait arriver constamment de ce liquide, par un robinet U, dans le laveur. Le cylindre de réaction tend donc continuellement à se remplir. Quand, sous l'influence de la pression du gaz, le niveau atteint la tubulure L, il y a siphonation violente, une vraie *chasse* de résidu, et le cylindre intérieur se vide presque complètement, pour se remplir de nouveau. Le gaz, en se dégageant, se lave à la traversée du laveur dans l'eau qui vient alimenter l'appareil.

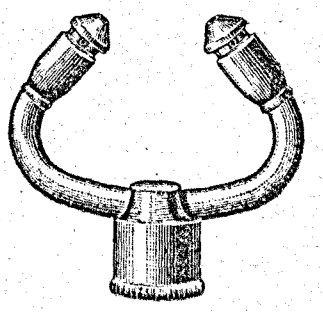


Fig. 396. — Bec Naphey.

L'acétylène peut se brûler dans les becs employés pour le gaz de houille, à la condition que les orifices en soient très rétrécis. Mais comme ces becs s'encrassent très aisément, surtout par un dépôt de naphtaline, on préfère généralement le brûler dans des becs qui sont une combinaison du bec Manchester et du bec Bunsen, c'est-à-dire qui sont formés de deux branches donnant une flamme plate, avec une prise d'air sur chaque branche. Le bec représenté par la fig. 396 a été importé d'Amérique sous le nom de *bec Naphey*, et est à l'heure actuelle universellement employé. La monture et les branches sont en cuivre, la tête est en stéatite (sorte de talc).

La propriété que possède l'acétylène de se liquéfier sous l'influence de la pression a été, dès le début, mise à profit pour accumuler ce gaz dans des récipients en acier, et le rendre ainsi transportable sans qu'il soit besoin de le préparer sur place. Mais la grande explosibilité de l'acétylène sous cette forme a empêché le développement du procédé.

Deux ingénieurs français, MM. Claude et Hess, eurent l'idée, pour éviter la difficulté, d'utiliser la solubilité de l'acétylène dans l'acétone.

L'acétylène gazeux est comprimé jusqu'à 10 atmosphères dans des récipients remplis d'une matière céramique poreuse imprégnée d'acétone; il se répand dans les pores de cette matière et se dissout dans l'acétone, à raison de 100 litres d'acétylène par litre de récipient. La présence de l'acétone, et surtout celle de la matière poreuse, rend l'ensemble absolument inexplosible. Sous cette forme, l'acétylène est utilisé comme gaz portatif.

En dehors de l'éclairage, une application des plus intéressantes de l'acétylène est celle du chalumeau oxyacétylénique. Cet appareil fournit, avec l'acétylène et l'oxygène pur, une température analogue à celle de l'arc électrique, sans que la flamme soit ni oxydante ni carburante.

Le chalumeau oxyacétylénique permet de réaliser la soudure autogène du fer, de la fonte, des aciers; il constitue une précieuse ressource pour la métallurgie et les arts mécaniques.

Enfin l'acétylène est, comme le gaz de houille, employé

pour le chauffage, à l'aide de réchauds spéciaux. Il est quelquefois aussi utilisé pour la production de la force motrice à l'aide de machines analogues aux machines à gaz ordinaires.

L'acétylène est resté, jusqu'à présent, un gaz de fabrication domestique, mais son usage se répand pour l'éclairage des véhicules quelconques, chemins de fer ou tramways. C'est le véritable gaz des campagnes et des habitations isolées. Certaines petites villes s'éclairent à l'acétylène, avec des installations très simples et relativement peu coûteuses.

§ III

GAZ D'ÉCLAIRAGE DIVERS

Gaz d'huile — En projetant de l'huile par un jet continu sur des briques réfractaires portées au rouge, on la fait se décomposer et produire un gaz riche en hydrocarbures, très propre pour l'éclairage. Après sa production, il est épuré chimiquement par un mélange identique à celui qui sert à épurer le gaz de houille. Certaines compagnies de chemins de fer utilisent ce gaz pour l'éclairage des wagons, en le comprimant à 12 atmosphères dans des réservoirs, d'où on le fait passer par une canalisation dans des cylindres placés sur ou sous les wagons. Les graisses de rebut, les suints de laine, les pétroles sont traités de la même manière.

Gaz portatif. — En distillant, à la façon de la houille, du *boghead* (*cannel-coal*), schiste bitumineux, on obtient un gaz composé aux trois quarts d'hydrocarbures, et très propre à l'éclairage. Il est transporté au moyen de réservoirs dans lesquels il est comprimé à 20 atmosphères. Chaque client possède à domicile un réservoir qui, mis en communication avec le réservoir ambulant, se remplit à la pression de 4 à 5 atmosphères.

Gaz à l'eau. — Si l'on fait passer sur du charbon au rouge un courant d'air et de vapeur d'eau, la vapeur se décompose, et l'on obtient un mélange d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique. On absorbe ce dernier en faisant barboter le gaz dans de l'eau de chaux. Ce mélange donne une flamme très chaude, très propre au chauffage industriel (*gazogène Otto*, etc.), mais peu éclairante; on lui donne le pouvoir lumineux en le faisant passer à travers un hydrocarbure liquide : benzine, pétrole, etc. Ce mélange est désigné souvent sous le nom de *gaz pauvre*.

Air carburé. — Sous différents noms (*gaz pauvre*, *aérogène*, etc.), il se brûle aujourd'hui de l'air carburé par son passage à

travers un hydrocarbure très volatil. C'est ce qu'on fait quand on utilise l'installation connue sous le nom de *fontaine à gaz*, installation pouvant se faire partout, et même s'improviser en très peu de temps. La *fontaine à gaz* se compose d'un bidon de fer-blanc, contenant des prismes de feutre imbibés de gazoline. De la partie supérieure émergent deux tubes (fig. 397) dont l'un, T, plonge jusqu'au fond du bidon. L'air peut entrer par l'autre tube T′; il se sature de gazoline, et constitue alors un mélange plus lourd que l'air extérieur. Si l'on adapte au tube T un tuyau de caoutchouc au moins aussi long que la hauteur du bidon, il se formera un siphon, par conséquent un écoulement de l'air carburé, remplacé dans le récipient par de l'air extérieur qui vient se carburer à son tour. Une fois le courant amorcé, l'écoulement sera continu tant que le tube T sera ouvert. De temps en temps, il faut ajouter de la gazoline. La pression du gaz ainsi produite est nécessairement très faible, mais elle est d'autant moins faible que le tuyau de caoutchouc est plus long. Le bec d'éclairage employé est un bec du type Bengel.

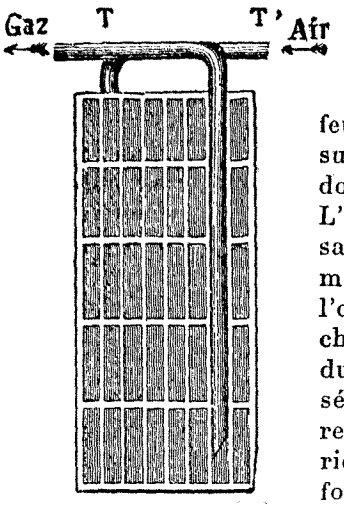


Fig. 397.
Fontaine à gaz.

CHAPITRE IX

Eclairage électrique.

Lorsqu'on fait passer un courant électrique continu dans un conducteur offrant une certaine résistance, il se produit un échauffement de ce conducteur, dû à la transformation de l'énergie électrique en énergie calorifique. Si la résistance est suffisante, la température peut s'élever assez haut pour produire l'incandescence du conducteur; et cette incandescence peut devenir elle-même assez grande pour servir à l'éclairage. Tel est le principe de l'éclairage par l'électricité. Comme on le voit, ce n'est pas la combustion qui produit la lumière, de sorte que celle-ci peut être aussi bien produite dans le vide, ou dans un gaz inerte, que dans l'air.

Il existe deux procédés pour obtenir l'incandescence des conducteurs électriques, d'où deux sortes d'appareils.

Lampes à incandescence ou à fil. — Un des meilleurs moyens d'augmenter la résistance d'un conducteur consiste à en diminuer la section. Plus le fil qui constitue le conducteur sera fin, plus la résistance sera grande, et par conséquent, plus l'incandescence obtenue sera forte. Le premier modèle de lampe électrique est donc un appareil contenant un fil qu'on fait rougir par le passage d'un courant suffisant (un demi-ampère sous 110 volts donne 16 bougies). Le fil se trouve enfermé dans une ampoule de verre où l'on a fait le vide, pour éviter la destruction prématurée de ce fil sous l'influence de l'oxygène de l'air, qui, à la température atteinte, en amènerait rapidement la destruction (fig. 398).

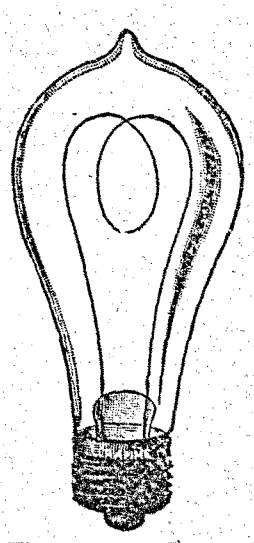


Fig. 398. — Lampe électrique à incandescence.

Le fil est en métal (platine, osmium, tantale) ou en charbon. Dans le dernier cas, la matière première peut être un fil de coton parcheminé par l'acide sulfurique, de coton poudre, de pâte de cellulose tirée dans une filière, ou une fibre de bambou. Aujourd'hui, on emploie surtout la cellulose dissoute, filée sous pression. Ce filament, quel qu'il soit, doit être transformé en charbon. Pour cela, on le prend entre deux briques de charbon servant en quelque sorte de moule, et, en l'y mettant, on l'enroule de façon à lui donner la forme en arc qu'il doit avoir dans les lampes. Une fois qu'il est ainsi bien engagé, on porte le tout à la température du rouge; le filament se carbonise sans se brûler. Il est devenu très fragile; on le renforce en le plaçant dans une atmosphère composée d'un hydrocarbure gazeux, et on le fait rougir par le passage d'un courant électrique. Au contact de ce fil porté à haute température, l'hydrocarbure se décom-

pose et fixe un dépôt graphitoïde sur le fil. La gaine ainsi formée a encore pour effet de retarder le noircissement que subit l'ampoule à la longue, et de permettre de *pousser* la lampe, c'est-à-dire de lui appliquer au besoin un voltage plus élevé, dans le but d'augmenter le rendement lumineux.

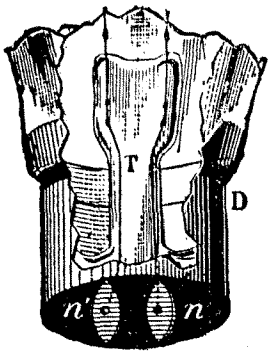


Fig. 399.
Douille de lampe.

La garniture qui doit porter le fil est formée d'un cylindre de porcelaine ou de plâtre, traversé d'une base à l'autre par deux fils de platine destinés à amener le courant; le fil de charbon est soudé par ses extrémités à ces deux bouts de platine isolés l'un de l'autre par un tube de verre T, lesquels traversent le cylindre jusqu'à deux plaques métalliques *n n'* (fig. 399). Cette soudure se fait à l'aide d'une pâte charbonneuse, qui se consolidera par l'effet de la chaleur. La lampe se place sur une douille à baïonnette D (fig. 400), dans laquelle viennent aboutir les deux bouts du fil amenant le courant. Ces bouts se terminent par les poupées *r* et *r'*, avec lesquelles prendront contact les plaques *n n'* de la lampe.

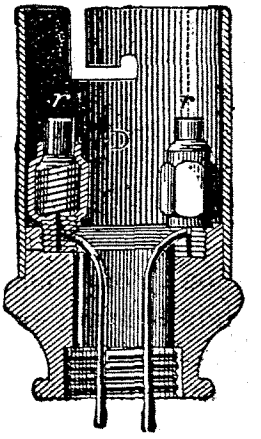


Fig. 400.

Pour préparer l'ampoule, on prend un tube de verre ayant un mètre de long. On souffle une ampoule à une extrémité (fig. 401, A) comme on soufflerait une bouteille, le tube servant de canne. Avec un pontil, on allonge l'extrémité de cette ampoule, pendant qu'elle est encore molle, pour en faire un col (B). Puis, avec des ciseaux, on ouvre et l'on régularise l'ouverture qui doit être du diamètre de la garniture (C).

Pour monter la lampe, on introduit la garniture dans le col de l'ampoule, on l'y assujettit avec du plâtre et l'on

entoure le col d'une douille métallique. La lampe est complète, mais il reste à y faire le vide. Pour cela, on peut procéder de deux manières. Quand le fil est métallique, on opère parfois comme pour faire un baromètre : le tube et l'ampoule sont remplis de mercure, puis renversés sur une cuve à mercure, comme dans l'expérience du tube de Torricelli. Le mercure descend dans le voisinage de 76 centimètres, laissant une chambre barométrique qui comprend l'ampoule (D). A ce moment on sépare le tube de cette dernière à la lampe d'émailleur. Le plus souvent, et toujours quand le fil est en charbon, à cause de sa fragilité, on fait le vide à l'aide d'une machine pneumatique Sprengel (à mercure), et l'on détache ensuite le tube pendant qu'il est encore en communication avec la machine. La lampe est prête à servir.

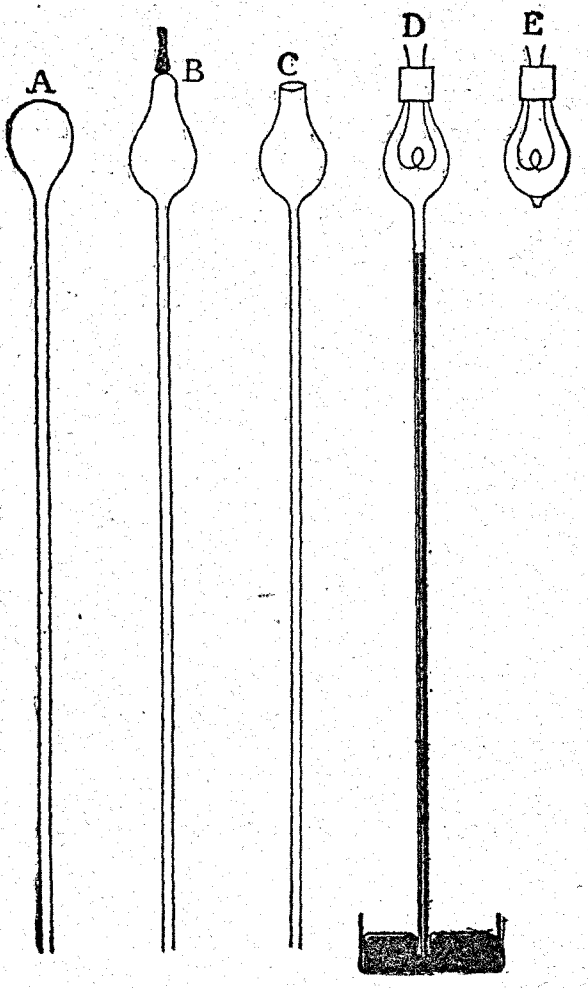


Fig. 401, Fabrication des lampes à incandescence.

A la longue, le fil de ces lampes subit un ébranlement moléculaire qui en diminue la cohésion ; il en résulte, d'une part, qu'il devient très fragile, et, d'autre part,

qu'il devient moins bon conducteur, ce qui entraîne une diminution du pouvoir éclairant, ou oblige, si l'on veut la même clarté, à élever la force électromotrice du courant. Le verre de l'ampoule se noircit aussi peu à peu par suite d'un dépôt de charbon qui s'y fait, sous l'influence d'une désagrégation du fil causée par l'ébranlement signalé plus haut.

Ces lampes sont surtout commodes pour éclairer les petits espaces, les appartements; elles donnent une lumière qui a quelque analogie avec celle du gaz de houille.

La *lampe Nernst* (fig. 402) diffère des précédentes en ce que le filament éclairant *f* est constitué par une terre rare comme les manchons à gaz (Auer). Il est mauvais conducteur à froid et doit

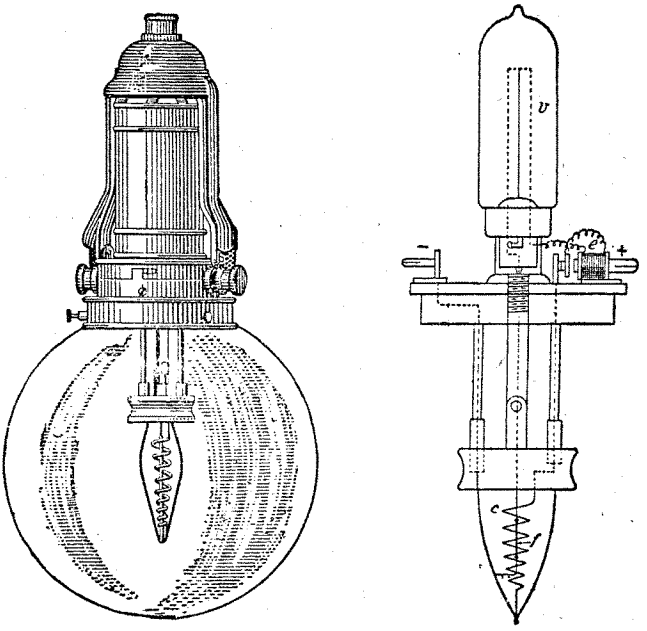


Fig. 402. — Lampe Nernst : perspective et schéma.

être chauffé au-dessus de 600° pour laisser passer le courant. L'appareil de chauffage se compose d'une spirale en porcelaine, sur les spires de laquelle est enroulé un fil de platine très fin, ce dernier reçoit d'abord le courant qui le porte à l'incandescence. Lorsque le filament central *f* est suffisamment chaud, ce qui demande environ trente secondes, il est traversé par le courant,

en même temps qu'un électro-aimant *e*, placé dans la garniture, met automatiquement hors circuit l'hélice de chauffage. Le filament devient alors incandescent à son tour en donnant une lumière éblouissante que l'on tamise au travers d'un globe en verre opalin dans lequel, avantage précieux, il n'y a pas de vide à faire, la combustion n'étant pas à craindre. Pour parer aux variations de tension dans le courant, une résistance V, composée d'un circuit de fil de fer, logée dans une ampoule pleine d'hydrogène, est placée en série dans la garniture de chaque lampe, et sur le trajet du courant. Si la tension devient trop grande et dangereuse pour le filament éclairant, le fil de résistance brûle, et la lampe s'éteint. Dans certains modèles, les fils éclairants sont autrement disposés.

Lampes à arc. — Si l'on prend deux baguettes de charbon taillées en forme de crayon, qu'on les mette en contact par leurs pointes, et qu'on fasse passer un fort courant au travers (5 à 6 amp. sous 110 volts), on voit les deux pointes devenir incandescentes. Si l'on écarte les crayons à une faible distance, non seulement les pointes restent incandescentes, mais encore il se produit entre elles une flamme continue, en forme d'arc, si les charbons sont horizontaux, d'un éclat éblouissant; c'est *l'arc voltaïque*. La température de cet arc peut atteindre 3.500°. La lumière est riche en rayons réfrangibles (bleu, indigo, violet). Cette flamme est produite par du carbone chauffé au blanc, bouillant, et transporté du charbon positif qui se creuse en un cratère, plus éblouissant que la flamme elle-même, au charbon négatif; c'est donc un phénomène d'incandescence dû à ce que le courant éprouve une grande difficulté à passer d'une pointe à l'autre (fig. 403). Quand on le produit dans le vide, il n'y a pas d'autre phénomène que ce transport, et le charbon positif s'use progressivement au profit de l'autre. Dans l'air, il y a forcément un peu de combustion, et les deux charbons s'usent; mais le positif s'use deux fois plus vite que le négatif. C'est pour cela que dans les appareils d'éclairage à l'air, le charbon positif est plus gros que l'autre. Lorsqu'on emploie les courants alternatifs, les deux charbons s'usent également, car chacun d'eux est alternativement positif et négatif plusieurs fois par seconde (min. : 50 périodes par seconde).

L'arc ne peut exister qu'à la condition qu'il n'y ait pas un trop grand écartement entre les charbons. Comme, par suite de leur usure, la distance entre eux tend à s'accroître, il en résulte que l'arc ne peut avoir qu'une durée éphémère. Pour le conserver, ce qui est indispensable pour l'éclairage, il faut que l'appareil présente un dispositif qui maintienne les charbons à une distance constante. Le mécanisme employé s'appelle le *régulateur*, et c'est la réunion de ce mécanisme avec les porte-charbons qui constitue la *lampe à arc*.

Si le courant était bien constant dans son intensité et sa force électro-motrice, un mécanisme d'horlogerie suffirait pour jouer le

rôle de régulateur. Mais il n'en est pas ainsi, et un régulateur d'un mouvement trop uniforme tantôt rapprocherait trop les charbons, tantôt les laisserait trop distants, car leur usure n'est pas régulière, le courant ne l'étant jamais lui-même. On a donc été amené

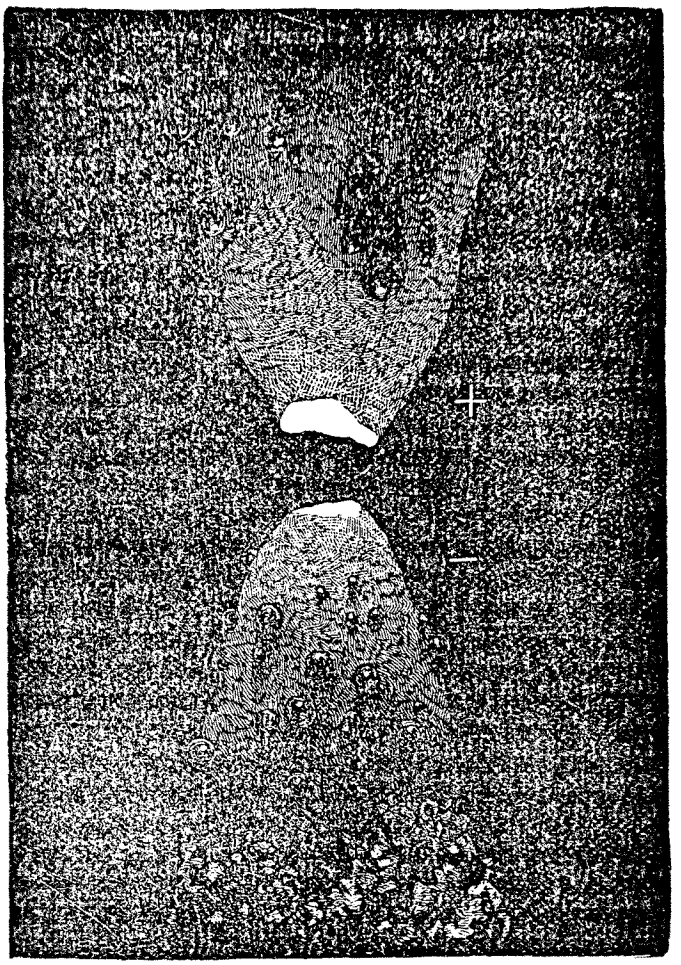


Fig. 403. — Aspect des charbons de la lampe à arc; cratère du charbon positif.

à faire régler la marche, soit du mécanisme quand il y en a un, soit des porte-crayons eux-mêmes, sans mécanisme spécial, par le courant même qui produit l'arc voltaïque. Différents systèmes ont été adoptés ; les plus connus sont les régulateurs Brianne (fig. 404), Cance, Foucault, Serrin, Gramme, Bardon, etc. Leur fonctionnement est fondé sur certaines propriétés des solénoïdes et des électro-

aimants que nous ne pouvons expliquer ici. Nous nous bornerons à décrire un des plus simples, le *régulateur Brianne*.

Dans cet appareil, le charbon inférieur A est fixe. Le charbon supérieur B est porté par une crémaillère C à laquelle aboutit le fil D amenant le courant. Cette crémaillère engrène avec un pignon denté E, calé sur l'axe d'une plus grande roue F, dentée aussi. Celle-ci engrène à son tour avec un secteur G mobile autour d'un point fixe H. Ce secteur fait corps avec un levier coudé I qui porte à son extrémité une lame de fer doux J, laquelle peut pénétrer dans un solénoïde K, monté en dérivation sur le courant, de L en M.

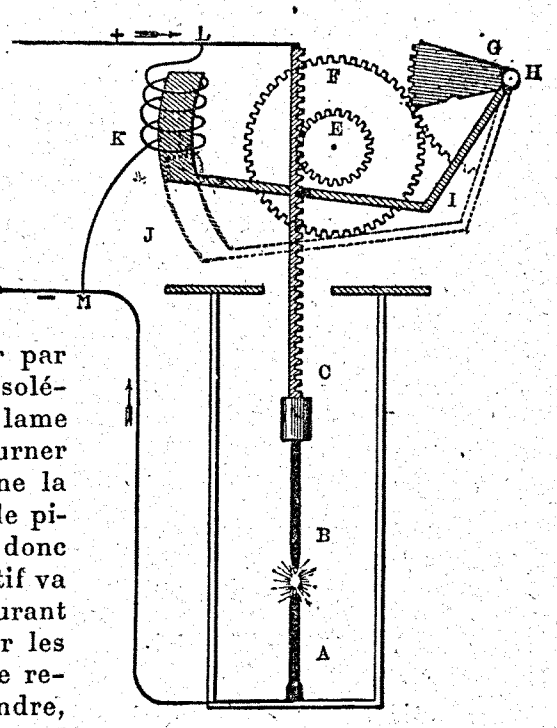


Fig. 404. — Régulateur Brienne.

Quand le courant ne passe pas, la lame J repose par son propre poids sur un butoir, et occupe la position figurée en pointillé; les charbons ne se touchent pas. Mais dès qu'on lance le courant, ce dernier ne pouvant passer par les charbons, passe par le solénoïde. Alors celui-ci attire la lame J, qui, par le levier, fait tourner le secteur G, lequel entraîne la roue F, et par conséquent le pignon E. La crémaillère est donc abaissée, et le charbon positif va toucher le négatif. Le courant dès lors passe en partie par les charbons, et le solénoïde, ne recevant qu'un courant moindre, laisse retomber un peu la lame J qui, dans ce mouvement, force la crémaillère à remonter légèrement, ce qui fait jaillir l'arc. La lampe est allumée. Si l'usure des charbons s'accentue, la distance entre eux augmente, et avec elle la difficulté pour le courant à passer; une plus forte portion de courant traverse le solénoïde, la lame J est un peu plus attirée, et les charbons sont un peu rapprochés. Et ainsi de suite, l'équilibre se maintenant de lui-même.

Les crayons sont en charbon de cornue (ou en coke) pulvérisé et moulé en baguettes avec du goudron, le tout chauffé pour carboniser ce dernier. Parfois, des sels de calcium mêlés au charbon rendent l'arc rougeâtre.

Les lampes à arc brûlant à l'air exigent chaque jour le renouvellement des charbons. Les lampes à fil n'ont pas ce défaut,

mais elles consomment plus d'énergie électrique que les autres

Dans les installations d'éclairage électrique, il y a lieu d'approprier l'intensité du courant à la résistance des lampes, afin de ne pas les brûler; dans ce but, on intercale dans le circuit des *rhéostats*, dont l'effet est de produire à volonté une augmentation ou une diminution de résistance. Un rhéostat est formé d'un certain nombre de spires métalliques S (fig. 405), que l'on ajoute ou qu'on retranche au circuit en tournant la clef C, à laquelle aboutit le courant, pour la mettre en contact avec les touches *t*, dont chacune correspond à une longueur déterminée de spires.

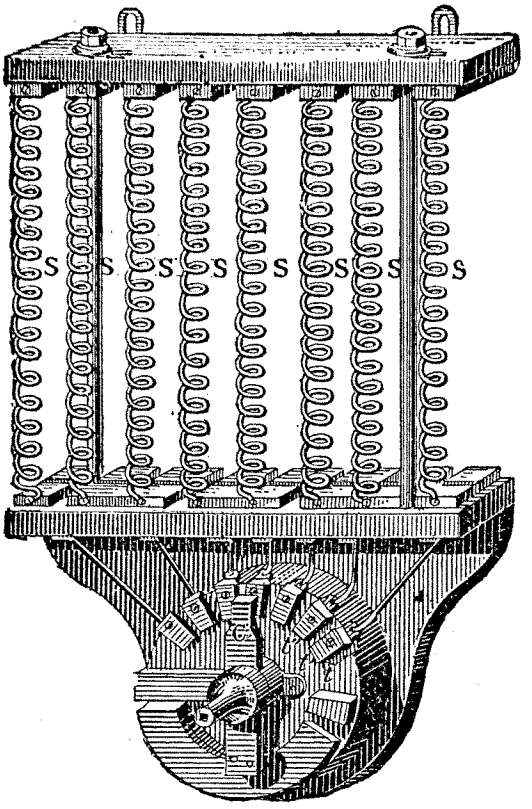


Fig. 405. — Rhéostat.

Le courant électrique peut devenir parfois une cause d'incendie. Ainsi, qu'un contact fortuit s'établisse entre les fils d'aller et ceux de retour, le circuit est raccourci, et la partie restante recevra une plus grande quantité de fluide : elle est en *court-circuit*. Les fils s'échaufferont au point d'aller jusqu'au rouge. Les *coupe-circuit* ont pour but de parer à ce danger. Ce sont des boîtes de porcelaine isolantes que l'on fixe sur les murs, à l'endroit des jonctions. Les fils d'aller et de retour traversent cette boîte, au passage de laquelle leur communication est respectivement assurée par l'intermédiaire d'un fil ou d'une lame en alliage fusible, formé de plomb et d'étain. Si un court-circuit vient à se produire, le fil fusible *f* (fig. 406) fond, et le courant se trouve interrompu. On doit alors chercher l'origine du court-circuit, et procéder aux réparations nécessaires.

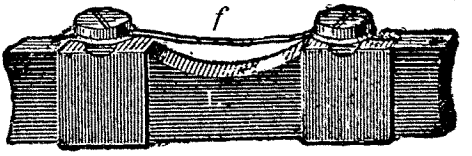


Fig. 406. — Coupe-circuit.

ECOLE
NORMALE PROVINCIALE
D'INSTITUTEURS
à CHARLEROY

SIXIÈME PARTIE

INDUSTRIES

SATISFAISANT AUX BESOINS INTELLECTUELS

On peut comprendre sous ce nom toutes les industries favorisant la propagation des œuvres de l'imagination et de la pensée. En dehors du geste et de la parole, l'homme dispose, pour faire connaître les conceptions de son intelligence et de son goût, de l'écriture et du dessin. Mais la propagation des résultats de ces deux catégories de travaux exige leur multiplication, et c'est en cela que l'industrie intervient. L'écriture est comme multipliée par l'*imprimerie typographique*, et le dessin l'est par la *gravure* et la *lithographie*. Toutes trois exigent un fond pour porter leurs produits : c'est le *papier;* elles exigent aussi des outils pour les exécuter : c'est la *plume*, c'est le *crayon*, c'est la *machine typographique*. Quand une œuvre est confiée au papier, il faut en réunir matériellement les différentes parties : c'est le travail de la *reliure*.

La reproduction non seulement des œuvres d'art, mais encore des curiosités de tout genre, peut être faite aussi par la *photographie*, sorte de dessin automatique, mais donnant une représentation d'autant plus fidèle, et qui, au point de vue documentaire, est d'une inestimable valeur.

On a également trouvé le moyen de multiplier les travaux obtenus par la photographie, en utilisant un certain nombre de procédés dont l'ensemble constitue les *phototirages*. Enfin, à défaut de la photographie des couleurs naturelles des corps, qu'on ne peut obtenir par des moyens simples et pratiques, on se contente de la *photochromotypographie*, qui donne des dessins coloriés, présentant cette particularité remarquable que la distribution du coloris est faite par la lumière elle-même.

CHAPITRE Ier

Papeterie.

Le *papier* est un tissu dont la matière première est presque toujours fournie par le règne végétal. Cette matière est la *cellulose*, ainsi nommée parce qu'elle constitue l'enveloppe des *cellules* dont la réunion compose un végétal; elle peut être soit de la cellulose normale, soit de la cellulose modifiée, comme celle qui forme les fibres végétales : fibres de bois, fibres libériennes, ou filaments du coton; ces fibres presque pures, entrecroisées dans tous les sens, forment un feutre mince offrant une certaine résistance, qui constitue le papier.

Parmi les matières premières les plus employées depuis l'origine pour obtenir le papier, il faut citer les chiffons de coton, de lin et de chanvre. Quand ces matières textiles sont usées comme étoffe, elles sont converties en papier. La consommation du papier ayant pris une rapide extension, les chiffons ne se trouvent plus en quantité suffisante; aussi se sert-on, pour les remplacer, des pailles des céréales, des feuilles d'alfa et de sparte; les bois surtout sont mis à contribution. Dans la pratique on emploie souvent des mélanges de plusieurs matières fibreuses.

En outre, dans certains papiers se trouvent des matières minérales, telles que le kaolin, ajoutées pour en augmenter l'opacité et remplir les interstices des fibres.

Pour faire du papier, on prépare une pâte liquide de cellulose qu'on dépose en une couche très mince; après pression et dessiccation, cette couche de pâte constituera la feuille de papier.

Aux trois catégories des matières premières citées plus haut correspondent trois sortes de pâtes.

§ Ier

PRÉPARATION DE LA PATE A PAPIER

Pâte de chiffons. — Les *chiffons* subissent une assez longue série de manipulations avant d'être transformés en pâte propre à donner du papier. Ils sont d'abord soumis au *blutage,* c'est-à-dire battus énergiquement dans un cylindre avec des baguettes mues mécaniquement, pendant que passe un courant d'air qui enlève les poussières.

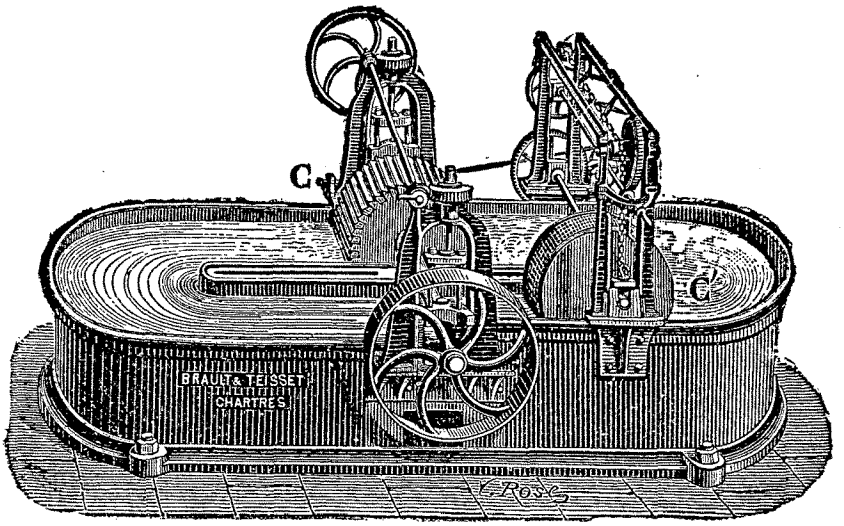
Ils vont ensuite au *délissage,* qui se fait à la main, et a pour but de les trier et de les classer par couleur et par nature.

Tous les corps durs, agrafes, boutons, ourlets, etc., sont enlevés. A l'aide de petites *faulx* spéciales, des ouvrières découpent les chiffons en menus morceaux, de dimensions convenables pour être déchiquetés par la *découpeuse mécanique.* Un second blutage suit quelquefois le délissage.

Les chiffons sont ensuite soumis au *lessivage,* qui a pour but de les nettoyer, d'adoucir la fibre et de les préparer à subir l'opération du blanchiment. L'alcali ordinairement employé est la chaux, à laquelle on ajoute quelquefois de la soude. Dans une chaudière, le plus souvent cylindrique, pouvant tourner sur son axe autour de deux tourillons, on introduit les chiffons préalable-

ment découpés en petits morceaux, puis la lessive de chaux et de soude, enfin de la vapeur à une tension de plusieurs atmosphères. Pendant la réaction, la chaudière tourne lentement, mue par un moteur quelconque. Quand on juge que l'opération est terminée, on laisse échapper la vapeur et l'on vide la chaudière.

Les chiffons passent de là dans la *pile défileuse*, ou *effilocheuse*. C'est une cuve ovale (fig. 407), divisée en deux compartiments par une cloison médiane; les deux



407. — Pile défileuse.

compartiments communiquent entre eux aux extrémités de la cuve. Dans l'un d'eux se trouve un cylindre C à axe horizontal, armé de lames métalliques tranchantes, et plongeant à demi dans la cuve. En regard de ce cylindre, le fond de la cuve, en plan incliné, est lui-même garni d'autres lames fines. On introduit de l'eau avec les chiffons; le cylindre est mis en mouvement; ses lames déchirent les lanières entre elles et les lames fixes, et les *effilochent*. Autour de la cloison médiane, l'eau prend un mouvement giratoire et le chiffon est ainsi ramené plusieurs fois entre les lames. Un tambour C', garni de toiles métalliques, tourne dans la pâte en

face du cylindre; l'eau sale pénètre à son intérieur et est évacuée au dehors; elle est remplacée par de l'eau propre.

Au bout de une à deux heures, les chiffons sont transformés en une pâte homogène qu'on envoie aux presse-pâtes pour l'égoutter, ou directement au blanchiment.

C'est toujours le *chlore* qui est l'agent chimique du blanchiment; on l'applique de diverses façons : tantôt on fait arriver du chlore à l'état gazeux dans une chambre où la pâte, étalée sur des rayons, l'absorbe à la longue (ce procédé est aujourd'hui peu usité); tantôt, si l'on a envoyé directement la pâte lessivée au blanchissage, on fait dissoudre de l'*hypochlorite de chaux* dans de l'eau (1 à 2 kil. pour 100 kil. de pâte), et l'on fait passer cette solution avec la pâte dans une pile *blanchisseuse* spéciale en ciment; tantôt, enfin, on électrolyse une solution de *chlorure de sodium,* placée dans un bac avec la pâte, en opérant comme nous l'avons dit à propos du blanchiment des tissus (voir ci-dessus, IV^e^ partie, chap. VI). Le procédé électrique est surtout employé pour le blanchiment de la pâte de bois chimique (cellulose); il exige une force motrice considérable et n'est avantageux que dans les cas où cette force est fournie à peu de frais par une chute d'eau. Assez souvent, pour enlever de la pâte tout excédent de chlore ou de chlorure, on la lave dans de l'eau contenant un peu de carbonate de sodium, à laquelle on ajoute aussi parfois des *anti-chlores* : sulfites de sodium, protochlorure d'étain, etc.

Pâte de paille. — Les pailles employées sont celles de blé, de seigle, d'avoine; on prépare soit de la pâte *blanche,* qui peut entrer dans la composition des papiers les plus fins, auxquels elle donne de l'éclat et du corps, soit de la pâte *jaune,* qui suffit pour la fabrication des papiers d'emballage. La paille destinée à la fabrication de la pâte blanche subit les opérations suivantes.

D'abord le *coupage,* qui se fait avec un hache-paille analogue à celui dont se servent les cultivateurs, et qui réduit les brins en bouts de 3 centimètres au maximum.

Ensuite un *blutage*, dans un ventilateur, pour enlever les poussières, les épis, les nœuds, les grains, etc.

Puis, un *lessivage* par une solution alcaline (soude caustique) plus concentrée que pour la pâte de chiffons, sous une plus forte pression, et d'une durée plus longue. En effet, il ne s'agit pas seulement ici de dissoudre des matières grasses, mais encore de détruire les co-

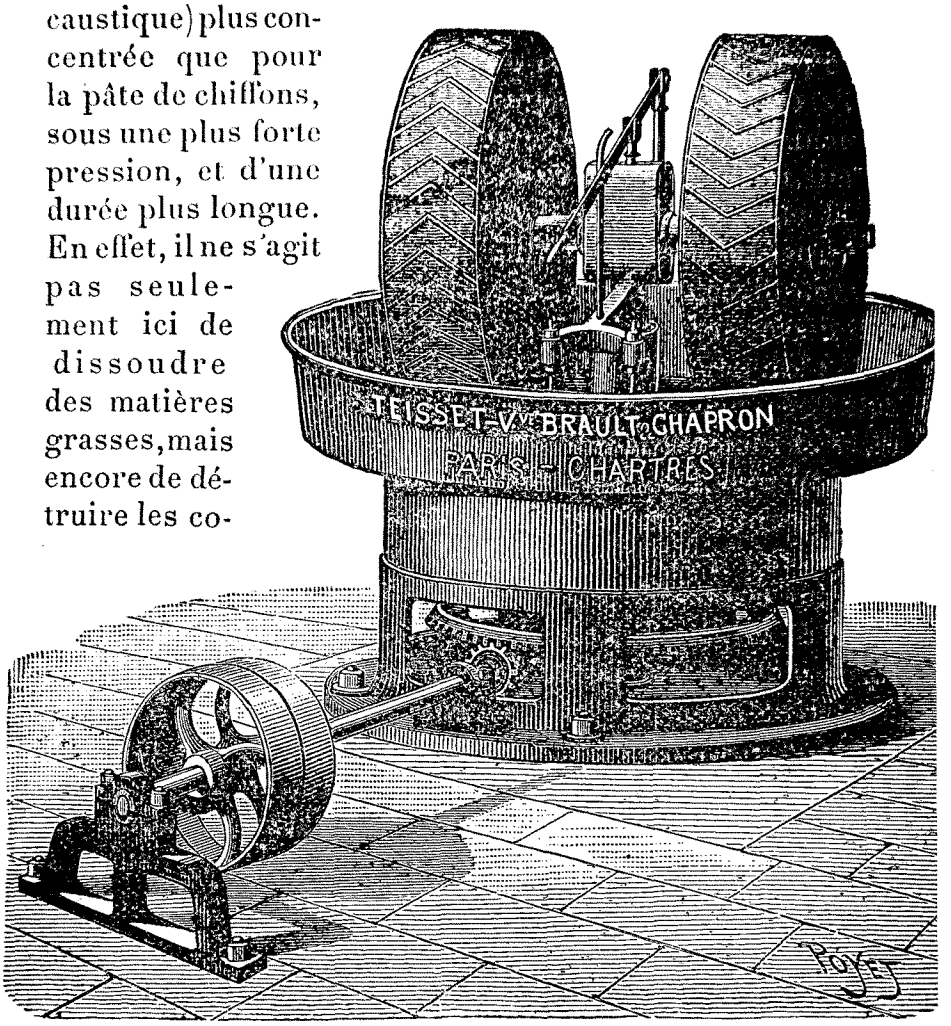


Fig. 408. — Broyage de la paille.

lorants de la paille, et surtout les matières incrustantes qui en durcissent les fibres.

L'appareil qui sert au lessivage des chiffons peut servir à lessiver la paille.

La pâte brune obtenue ainsi est lavée avec soin, puis

portée aux piles blanchisseuses; on emploie une proportion de chlorure de chaux dix fois plus forte que dans le cas des chiffons.

La lessive recueillie est tranformée à nouveau, par l'action de la chaux, en soude caustique propre à de nouvelles opérations. Les *marcs de chaux,* résidus de l'opération, servent en agriculture comme amendement des terres.

Pour obtenir la pâte jaune, on met macérer la paille avec de la chaux dans de grands cuviers, puis on la broie sous des meules (*meuletons*) (fig. 408) en granit; de là, elle passe à la pile raffineuse.

La pâte d'alfa fournit aussi de très beaux papiers; elle se prépare comme la pâte de paille blanche.

Pâte de bois. — On prépare la pâte de bois de deux manières : 1° par voie *mécanique*; 2° par voie *chimique*; d'où deux sortes de pâtes appelées communément *pâte mécanique* et *pâte chimique.*

Toutes les essences de bois ne sont pas également propres à préparer la pâte. Quelques espèces sont préférées aux autres, à cause : 1° de leur bon marché; 2° de la blancheur et de la qualité de leurs fibres; 3° de leur rendement supérieur. Les espèces auxquelles l'expérience donne la préférence sont : l'*épicéa,* le *tremble* et le *sapin.* La résine, que contiennent en faible quantité les bois d'épicéa et de sapin, n'est pas un obstacle à leur emploi pour pâte mécanique, au moins si l'on ne veut obtenir que certains papiers de qualité inférieure. Cette résine, répartie uniformément dans la masse du bois, reste lors de la transformation en pâte. Une partie demeure adhérente à la fibre; le reste disparaît à l'égouttage. Le bois de pin ne peut faire de bonne pâte mécanique, parce qu'il contient trop de résine.

Pour faire la *pâte mécanique,* on coupe le bois, préalablement écorcé et lavé, en bûches de longueur variable (30 à 50 centimètres), qu'on présente contre une meule de grès appelée *défibreur,* tournant horizontalement ou

verticalement avec une grande vitesse. Cette meule est arrosée de plusieurs jets d'eau sur sa circonférence; le piston d'une presse hydraulique, exerçant une pression de 2 à 6 atmosphères, presse le bois contre la meule. Les fibres, ainsi séparées les unes des autres, sont entraînées par les jets d'eau; le liquide laiteux qui se forme se rend dans un cylindre épurateur (*classeur*), dont la paroi est en tôle percée de trous. Il y arrive suivant l'axe, et un agitateur mécanique le projette contre la paroi. La partie fine de la pâte passe au travers des trous, véhiculée par l'eau, et tombe dans une cuve où elle est épaissie au moyen d'un tambour rotatif dont la périphérie est garnie de toile métallique très fine. La partie grossière ou *bûcheteuse* est évacuée du classeur pour être raffinée entre deux meules horizontales en lave, la meule supérieure seule tournant. Le travail se fait comme pour la mouture des grains. En sortant de là, cette pâte retourne au classeur, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'elle ait été entièrement convertie en pâte fine.

La pâte mécanique est composée de fibres auxquelles adhèrent encore beaucoup de matières gommeuses, résineuses, pectiques, etc. Ces fibres sont très courtes et ne peuvent donner un papier bien résistant, mais elles constituent un bon remplissage. Les papiers faits avec cette pâte se colorent rapidement à la lumière, à cause des matières organiques qui accompagnent les fibres de cellulose.

La *pâte chimique* donne des fibres plus longues, se feutrant mieux, pouvant faire un papier solide; elle est formée de cellulose presque pure, aussi porte-t-elle dans le commerce le simple nom de *cellulose*.

Jusqu'en 1880 environ on a procédé, pour la produire, comme pour la pâte de paille (pâte à la soude). Aujourd'hui, on emploie le procédé au *bisulfite*. Les bois (généralement de l'épicéa) sont coupés à longueur, lavés avec soin et fendus; puis ils passent à la *coupeuse*, ou *raboteuse*. Cette machine consiste principalement en un grand

disque d'acier fondu, sur la face duquel sont boulonnées deux fortes lames d'acier trempé. Une trémie, disposée perpendiculairement au disque, amène les bûches en contact avec les lames d'acier, lesquelles tournent avec une très grande vitesse. Les bûches sont rapidement transformées en copeaux, que des ouvrières débarrassent des nœuds, des débris d'écorce, des morceaux salis, etc., avant qu'ils soient envoyés aux *lessiveuses*. Ces derniers appareils sont d'immenses chaudières en tôle, garnies d'un revêtement de plomb et de briques spéciales destiné à soustraire le métal à l'action dissolvante du bisulfite. On y place les copeaux, on y fait arriver la lessive (bisulfite de calcium ou de magnésium), puis on chauffe à 130° par un courant de vapeur circulant dans des serpentins en plomb; au bout de 12 à 30 heures, la cuisson du bois est opérée; le bisulfite a dissous les résines naturelles qui soudaient entre elles les fibrilles du bois. Les fibres sont isolées de toutes les matières résineuses, et la cellulose reste pratiquement pure. Il reste à la laver, à l'épurer dans les *sabliers* et les *sasseurs,* et à la descendre aux caisses d'égouttage.

La *cellulose* peut servir à faire des papiers ordinaires comme le papier de journal; mais pour obtenir des produits supérieurs, il faut la *blanchir* au chlorure de chaux, comme la pâte de paille ou celle de chiffons. Le procédé électrolytique est aussi fréquemment employé. Beaucoup de papeteries reçoivent aujourd'hui leur pâte de bois toute préparée, venant des pays du Nord, Suède et Norvège, et aussi du Canada.

Raffinage. — Les différentes pâtes, employées isolément ou mélangées, ont besoin d'être raffinées, c'est-à-dire rendues plus fines pour pouvoir être transformées en papier. A cet effet, on les triture de nouveau dans une *pile raffineuse* (fig. 409). Cette pile diffère de la pile défileuse, en ce que les lames de déchiquetage y sont plus rapprochées, et que le cylindre y tourne plus rapidement; souvent aussi, elle est armée de deux cylindres au lieu

d'un seul. C'est dans cette pile qu'on ajoute les matières minérales et la colle s'il y a lieu, puis on met les couleurs nécessaires pour donner à la pâte les tons voulus, azuré ou mat dans la fabrication des papiers blancs, ou pour la colorer dans la fabrication des papiers de couleur. Au

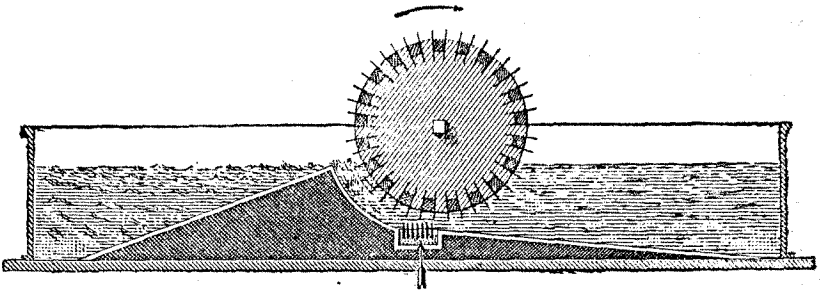


Fig. 409. — Coupe théorique d'une pile raffineuse.

bout d'un certain nombre d'heures, le raffinage est terminé et la pâte est envoyée dans de grandes cuves, d'où elle est reprise pour la fabrication du papier à la forme ou à la machine.

§ II

FABRICATION DU PAPIER

Papier à la forme. — Le papier peut être fait à la main ou à la mécanique. Dans le premier procédé, on prend un cadre rectangulaire, de la dimension des feuilles à obtenir, dont le fond est formé d'une toile métallique très fine, et qu'on appelle *forme*. On le plonge dans la pâte à papier très diluée, et on l'en retire emportant une petite quantité de cette pâte. On le secoue; la pâte s'y étale en une couche mince, et l'eau s'écoule par le fond. Le retournant ensuite, on dépose la couche de pâte, déjà un peu consistante, sur une plaque de feutre bien sèche, on la recouvre d'une autre plaque de feutre, sur laquelle on pose une autre couche de pâte, recouverte elle-même d'une troisième plaque de feutre, et ainsi de suite. On

obtient ainsi une pile que l'on comprime pour en exprimer l'eau. Puis on achève le séchage en étendant les feuilles obtenues sur des cordes. Quelquefois, on comprime une seconde fois.

La fabrication se termine par un *satinage,* c'est-à-dire un passage au laminoir, qui aplanit le papier et lui donne un demi-brillant; les cylindres de ce laminoir sont en fonte.

On ne fait plus guère à la forme que certains papiers à dessin et papiers de luxe, ou demandant des préparations spéciales, tels que le *papier timbré,* et en général tous les papiers à *filigranes* compliqués, c'est-à-dire présentant des dessins visibles par transparence, dus à ce que sur les traits de ces dessins le papier est moins épais; on obtient ce résultat en disposant sur le fond de la forme des saillies métalliques reproduisant les dessins eux-mêmes, sur lesquelles la pâte se dépose en moindre épaisseur.

Papier à la mécanique. — La *machine à papier* (fig. 410) comprend d'abord une grande cuve dans laquelle se meuvent des agitateurs qui maintiennent homogène le mélange d'eau et de pâte. De là, après avoir traversé des plaques de bronze à fentes très fines appelées *épurateurs* qui retiennent les impuretés, la pâte passe par un courant continu sur la *table de fabrication b,* toile métallique sans fin de plusieurs mètres de long, et animée d'un mouvement de translation qui éloigne la pâte de la cuve; des secousses transversales, imprimées mécaniquement à cette toile, égalisent l'épaisseur de la couche de pâte et feutrent les fibres; une ou plusieurs règles en bronze, placées au-dessus, aident à cette répartition. L'eau s'écoule par le dessous de la toile, qui un peu plus loin passe sur une série de caisses plates en bois, percées de trous dans leur face supérieure. Une pompe pneumatique aspire l'eau dont se remplissent ces caisses, ce qui crée une raréfaction de l'air au-dessous de la toile, et accélère le séchage. La couche de pâte déjà compacte s'engage en-

suite entre des presses *c, d, e,* sortes de laminoirs composés de deux cylindres qui la compriment et expriment l'eau qu'elle contient encore; ces presses sont ordinairement au nombre de trois. Le premier jeu *c*, en bronze, a sa partie inférieure recouverte par la toile métallique sans fin, et la partie supérieure garnie d'un manchon de feutre. La pâte quitte alors la toile métallique et, supportée par des feutres sans fin, est amenée dans les autres presses en fonte, dont quelques-unes ont une chemise de cuivre ou de caoutchouc. De là, la feuille formée s'enroule autour d'une série de cylindres creux en fonte, chauffés intérieurement à la vapeur, qui achèvent la dessiccation; elle est appliquée et maintenue contre eux par des feutres épais. La sécheresse du papier arrive à être telle, qu'après sa séparation du dernier de ces cylindres, on peut en tirer des étincelles électriques. Le papier passe ensuite entre deux ou plusieurs presses en fonte superposées, qui en abattent le grain et les rugosités occasionnées par les empreintes des feutres, et lui donnent un certain apprêt. Quand le papier doit être satiné ou calendré, il passe en dernier lieu sous un appareil appelé *humecteuse,* qui projette sur lui une pluie fine de gouttelettes d'eau; une certaine humidité favorise le satinage. La feuille s'enroule ensuite sur des mandrins en bois d'où on l'enlève pour lui faire subir d'autres manipulations. La pâte étant fournie à la toile d'une façon continue, on obtient en fait une seule feuille qui parcourt toute la machine, et dont la longueur peut être considérable. Quand un mandrin a reçu son lot de papier, on coupe la feuille et l'on remplace le mandrin par un autre.

Collage. — Le papier obtenu par le feutrage des seules fibres végétales est toujours plus ou moins *buvard,* c'est-à-dire qu'il absorbe, par capillarité, les liquides tels que l'encre ordinaire. Il ne peut être employé qu'à des usages spéciaux, en imprimerie par exemple, parce que l'encre d'imprimerie, par suite de sa composition et de son épaisseur, le traverse moins facilement. Pour la plus

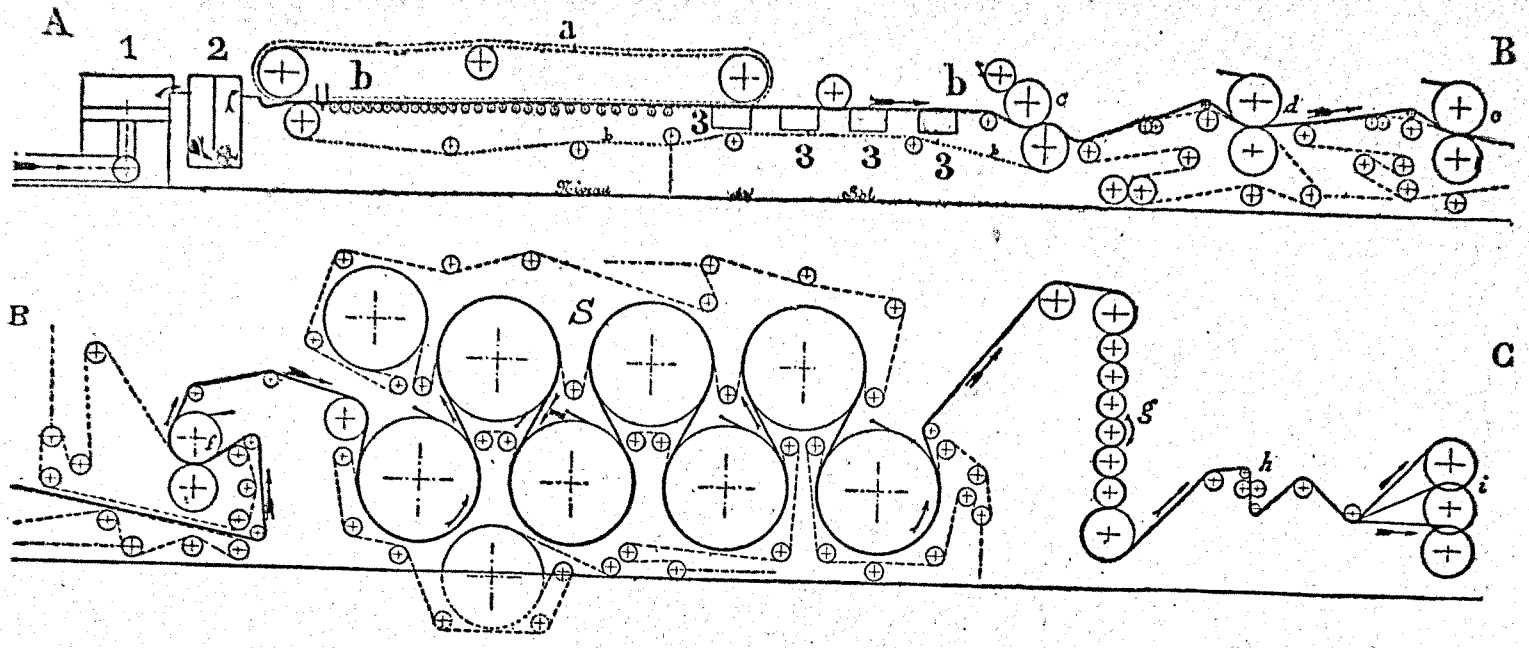


Fig. 410. — Schéma d'une machine à papier. (La figure B C fait suite à la figure A B.)

1, Épurateur.
2, Bac avec agitateur.
a, Courroies guides.
b, Toile métallique sans fin.
3, 3, 3, 3, Caisses aspiratrices.
c, Presse humide.
d, Première presse coucheuse.
e, Seconde presse coucheuse.
f, Presse montante.
S, Sécherie.
g, Calandre à rouleaux de fonte.
h, Couteaux circulaires.
i, Envidoirs.

grande partie des usages auxquels il est destiné, il est nécessaire de rendre le papier imperméable à l'encre ordinaire. Tel est le but du *collage*. Le procédé le plus anciennement usité, le *collage animal,* ou *à la gélatine,* est aujourd'hui presque totalement abandonné; principalement employé pour les papiers à la main, il était également pratiqué en Angleterre et en Amérique dans la fabrication mécanique. Dans ce dernier cas, la machine à papier présentait, un peu avant le point de sortie du papier, une cuve remplie du bain de collage; la feuille continue était forcée, par un cylindre de renvoi, de traverser le bain; elle passait ensuite sur une série de cylindres sécheurs.

Aujourd'hui, on colle presque exclusivement à la *colle végétale*. Tous les papiers mécaniques sont aujourd'hui encollés par ce procédé; on ajoute les matières agglutinantes dans la pâte raffineuse. On obtient ainsi un papier imperméabilisé dans toute son épaisseur, sur lequel on pourra écrire après un grattage, ce qui ne saurait avoir lieu si le papier est encollé étant déjà en feuilles.

Le principe de l'opération est le suivant : on ajoute dans la pile un savon résineux et on provoque sa décomposition par l'addition d'alun. Le savon résineux est obtenu par la fusion, dans une chaudière couverte, de 100 kilos de résine avec 30 kilos de carbonate de sodium; par suite de l'addition d'alun ou de sulfate d'aluminium, il se forme un précipité qui, à l'état naissant, se jette sur les fibres et les empâte de manière à les rendre imperméables à l'encre. On ajoute généralement un peu de fécule ou d'amidon; cette matière est destinée à former empois et à retenir plus facilement dans le papier le kaolin qu'on ajoute à la pâte pour corriger la transparence des papiers de qualité moyenne.

Le papier s'emploie, soit simplement *apprêté,* tel qu'il sort de la machine, comme le papier de journal, soit *satiné* ou *calandré,* ce qui lui donne une surface brillante. Une calandre se compose de deux bâtis en fonte mainte nant les tourillons d'un certain nombre de presses, 10 à

12 généralement, en papier comprimé et en fonte dure, superposées alternativement. Un système de leviers permet de donner une pression plus ou moins considérable. Le rouleau de papier, laissé un certain temps dans un endroit frais après la fabrication, est placé en haut de la calandre, d'où il se déroule entre les presses jusqu'à la partie inférieure, où il s'enroule autour d'un mandrin.

Le papier en feuilles était autrefois satiné au moyen de laminoirs; ces outils ne sont plus employés que pour les papiers à la forme et pour ceux qui sont destinés à la chromolithographie ou à certaines spécialités; les feuilles sont placées séparément entre des feuilles de zinc et comprimées ainsi, par paquets de 15 à 20, entre les rouleaux d'un laminoir qu'on serre plus ou moins fortement.

Le papier est livré à l'usage en rouleaux ou en feuilles. Ces dernières sont coupées à certaines dimensions, toujours les mêmes, appelées *formats*; les formats les plus fréquents sont les suivants:

Papier	pot	31 × 40 cm.
—	tellière	34 × 44
—	couronne	36 × 46
—	écu	40 × 52
—	coquille	44 × 56
—	carré	45 × 56
—	cavalier	46 × 62
—	raisin	50 × 65
—	jésus	55 × 70
—	soleil	60 × 80
—	colombier	63 × 90
—	grand-aigle	75 × 106

Tous ces formats se font aussi en double.

Pour obtenir ces feuilles, les rouleaux sont portés sur une coupeuse mécanique qui peut en recevoir jusqu'à 10. Attirées par des machines, les bandes se déroulent, sont coupées en long à des dimensions données par des couteaux circulaires, et en travers par un couteau transversal qui s'abat au moment où les bandes ont atteint la longueur voulue.

Souvent le papier à écrire est *réglé*, c'est-à-dire rayé. Cette opération se fait à la machine : chaque feuille est prise entre des fils qui la conduisent sur un tambour, contre lequel ils l'appliquent. Des rondelles de laiton, emmanchées sur un axe, tournent contre le tambour et règlent le papier; elles sont alimentées d'encre

noire, rouge ou bleue, par un rouleau en gutta-percha plongeant à demi dans un réservoir.

Le papier est enfin vérifié, trié et compté par les ouvrières; vingt-cinq feuilles réunies constituent une *main de papier;* vingt mains, soit 500 feuilles, constituent une *rame.*

§ III

PAPIERS DIVERS. — CARTON

On trouve dans le commerce un grand nombre de variétés de papiers; nous citerons les plus connus, en donnant un aperçu de leur mode de fabrication.

Papier bulle. — Le *papier bulle*, employé pour l'écriture, est un mélange de pâte de chiffons et de pâte de bois. Il est ordinairement satiné.

Papier vélin. — Cette désignation, assez rare aujourd'hui, s'appliquait autrefois aux papiers non vergés. On s'en sert pour indiquer un beau papier de chiffon, fin et bien satiné.

Papier coquille. — Ce papier sert pour les travaux de bureau : registres, carnets, cahiers d'écolier. Il contient toujours de la pâte de bois, et parfois de la pâte de paille. Il est souvent réglé.

Papier vergé. — Le *papier vergé* présente des filigranes linéaires qu'on obtient en plaçant des baguettes ou *verges* sur la toile de la forme. Il se fait en effet presque toujours à la forme.

Papier de Hollande. — C'est un papier de chiffons, fait à la forme, un peu vergé et qui sert surtout pour l'aquarelle et aussi pour l'impression des livres de luxe.

Papier Whatmann. — Papier analogue au précédent, mais non vergé; il sert pour le dessin.

Papier couché. — Ce papier est employé pour les travaux d'illustration. Le *couchage* consiste à étendre sur sa surface, au moyen de brosses, une pâte spéciale. Cette opération est effectuée par la *machine coucheuse.* Au sortir de la machine à papier, la feuille est entraînée par un tambour, passe entre ce tambour et un rouleau en feutre enduit de la pâte, puis sous deux brosses cylindriques en poils très fins qui égalisent la pâte; soutenue par des baguettes, elle descend le long d'un plan incliné jusqu'à l'*accrocheuse*, appareil à sécher. De là, elle s'enroule sur des mandrins, d'où on la déroulera pour la calandrer. S'il doit être *couché* des deux côtés, le papier retourne à la *coucheuse* avant le calandrage.

Papier pelure. — C'est un papier très fin, translucide, fait avec des chiffons. Il se fait à la main ou à la machine.

Papier à calquer. — Ce papier se fabrique avec de la filasse de lin ou de chanvre, prise en vert, et non soumise préalablement au blanchiment.

Papier Joseph. — Ce papier, blanc et soyeux, est employé par les doreurs, bijoutiers. Son invention est due à Joseph Montgolfier.

Papier filtre. — Il s'obtient avec des chiffons de chanvre ou de lin, bien blanchis, passés à l'acide chlorhydrique, puis rincés à l'eau distillée. Il est peu laminé et n'est pas collé.

Papier buvard. — On le fait avec des chiffons ou avec de la pâte de paille et de bois. Il n'est pas collé et n'a subi qu'un laminage léger.

Papier à procédé. — Papier dont se servent les dessinateurs pour imprimerie, afin d'obtenir des dessins pouvant être reproduits par la photographie. Il est bleu ou teinté et recouvert d'une couche de céruse.

Papier de tenture. — Ce papier, destiné à la fabrication des papiers peints, est fait généralement avec des pâtes de bois; il n'est pas satiné avant d'avoir reçu l'impression, mais l'est quelquefois après. Il est collé dans les papeteries à la colle végétale, comme les autres papiers.

Papier gris. — Le papier gris est fait avec des pâtes de rebut, non collées.

Papier d'emballage. — On le fait avec des pâtes de paille et de bois, non blanchies, additionnées de pâtes de rebut et de débris de cordages.

Papier de sûreté. — Papier destiné à l'expédition des actes authentiques, ou à être imprimé pour billets de banque, titres financiers, etc. Dans le premier cas, il est seulement filigrané. Dans le second cas, il est en outre teinté de nuances spéciales et imprimé en plusieurs teintes afin de rendre les imitations plus difficiles. Certains de ces papiers sont translucides et imprimés sur les deux faces.

Papiers d'Orient. — On trouve aussi dans le commerce le *papier de Chine*, fait avec l'écorce de bambou, le *papier du Japon*, fait avec l'écorce du *mûrier à papier*, le *papier de riz*, fait avec la moelle de l'*azalée à papier*. Tous ces papiers ont pour caractères d'être minces, doux au toucher, d'éclat soyeux, et d'avoir une grande ténacité; ils peuvent se draper comme des étoffes. On en fabrique aussi en Europe.

Carton. — Le carton est une substance très analogue au papier, tant au point de vue des matières premières qui entrent dans sa composition qu'au point de vue de ses procédés de fabrication. Les matières premières sont le vieux papier, les chiffons, l'alfa, la paille, le bois, les débris de ficelles, etc.

Le carton gris ordinaire (*carton pâte*) est fait avec des vieux papiers auxquels on ajoute souvent de la paille coupée au hache-paille et cuite à la vapeur; pour les qualités les plus communes, on charge la pâte avec de la craie pulvérisée.

Pour fabriquer la pâte, on commence par faire macérer les matières premières pendant plusieurs jours de manière à obtenir

une bouillie; cette bouillie est ensuite introduite dans des cuves, où elle est remuée et rendue homogène au moyen d'un agitateur à palettes, à axe vertical. Pour les cartons plus soignés, on se sert parfois de piles défileuses, analogues à celles que nous avons vu employer dans la fabrication du papier.

La transformation de la pâte en carton se fait à la forme ou à la mécanique. Le travail à la forme, analogue à celui du papier, se fait dans des cadres de dimensions plus grandes.

Dans la fabrication mécanique, on se sert de machines analogues à celles que l'on emploie dans la fabrication du papier. En même temps que la pâte progresse sur la toile métallique, une lame de feutre formant courroie sans fin appuie sur le carton, le comprime et en fait sortir l'excès d'eau.

Le *carton blanchi* est un carton mince recouvert sur une de ses faces ou sur les deux d'une feuille de papier blanc.

La *carte* est un carton mince et fin obtenu en superposant et en collant ensemble des feuilles de papier; elle sert à fabriquer les cartes de visite.

Le *carton pierre* est un produit qu'on obtient en ajoutant à la pâte du carton de l'huile de lin et de la gélatine. Le mélange durcit en séchant et permet d'obtenir par moulage et compression des moulures, des corniches et des ornements divers d'architecture.

Les cartes à jouer ne sont autre chose que du carton mince obtenu comme la *carte*. Le papier spécial sur lequel sont tracés les dessins et figures qui distinguent chaque carte est fourni par l'État aux fabricants, qui rendent compte des quantités employées.

La papeterie est une des grandes industries françaises. Les localités où elle s'exerce sont très nombreuses. Citons parmi les plus importantes : Angoulême, Annonay, Rives, Vizille, Voiron, Bourgoin, Chambéry, Saint-Dié, Saint-Junien, Vire, Dieppe, Saint-Omer, Besançon, la Haye-Descartes, et enfin Essonnes, où fut imaginée en 1799, par M. Robert, la machine ci-dessus décrite.

CHAPITRE II

Fabrication des Plumes à écrire.

Les *plumes à écrire* sont de petites lames d'acier, très minces, taillées en pointe. On les appelle ainsi parce qu'elles ont remplacé les plumes d'oiseau qu'on employait autrefois pour écrire, après les avoir taillées. La matière première employée est un acier fondu de qualité

spéciale, parfaitement homogène et d'une richesse modérée en carbone. Les aciers secs et durs ne sauraient convenir. Toutes les fabriques françaises et anglaises tirent leurs tôles d'acier de la ville de Sheffield. Cet acier est en feuilles laminées à chaud à l'épaisseur de 6/10 de mil-

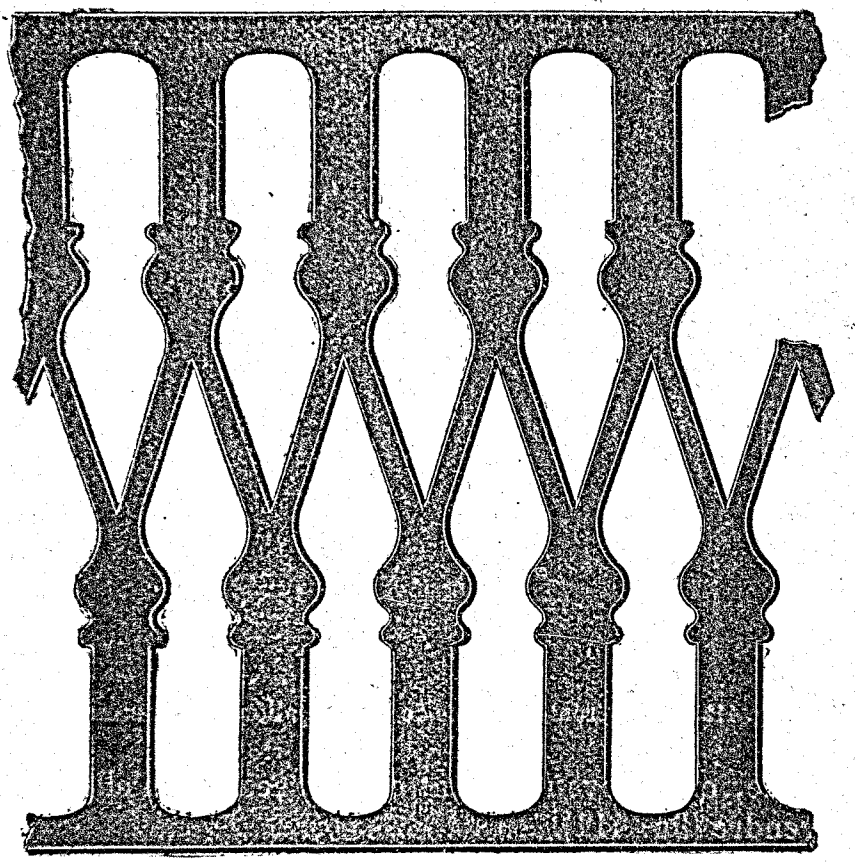


Fig. 411. — Découpage des flans.

limètre. Les feuilles sont d'abord découpées en bandes ayant en largeur une fois ou deux la longueur que doivent avoir les plumes à obtenir; après un recuit et un dérochage, elles subissent une série de laminages à froid qui peut les amener jusqu'à une épaisseur de 1/10 de millimètre; on descend rarement au-dessous de 15/100 de millimètre.

On procède ensuite à la *coupe*, qui consiste à découper

dans la bande d'acier les morceaux ou *flans* dont chacun donnera une plume. Elle se fait à l'emporte-pièce. Un poinçon mobile et une matrice sont montés sur une petite presse à vis dont une ouvrière fait mouvoir le levier d'une main, tandis que de l'autre elle fait glisser la bande d'acier sur le support; elle détache d'un seul coup un flan. Elle promène ainsi l'emporte-pièce sur toute la surface de

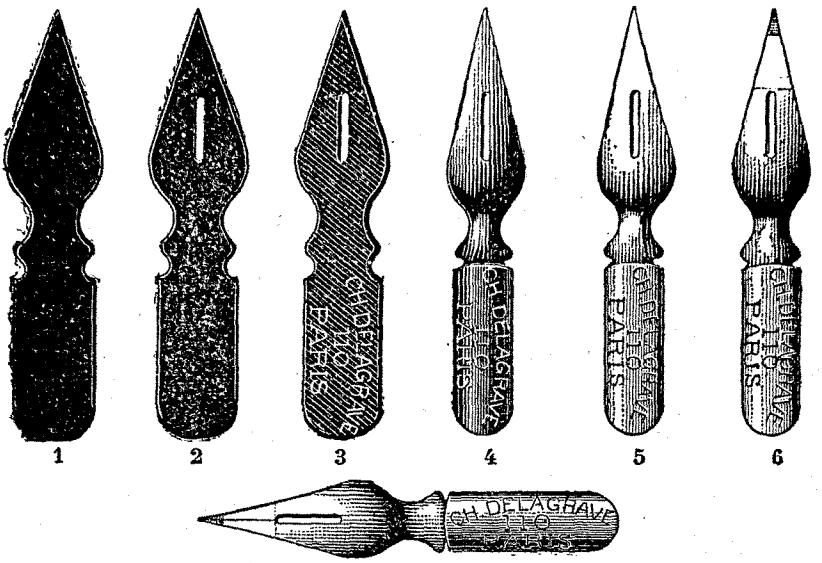


Fig. 412. — Différentes phases de la fabrication d'une plume.

la bande, en enlevant autant de morceaux qu'elle peut en prendre (fig. 411).

Le découpage entièrement mécanique n'est appliqué qu'aux plumes communes.

Le *percé*, qui vient ensuite, a pour but de pratiquer, dans la plume encore pleine ou *flan* (fig. 412, 1), des parties évidées destinées à lui donner de l'élasticité et à retenir l'encre (fig. 412, 2). Le percé axial aura en outre pour effet de limiter la *fente* qu'on fera plus tard. La propriété essentielle du percé est d'être le facteur principal de l'*action* de la plume. Le percé axial est indispensable et existe dans toutes les plumes; mais les découpures la-

térales ou *ciseaux* ne sont nécessaires que pour certains numéros. Lorsque le percé est simple et ne comporte pas de ciseaux on peut l'obtenir en même temps que la coupe. Le travail est effectué à la main au moyen d'une presse à vis, analogue à celle qui sert pour la coupe.

On procède ensuite à la *marque*, puis à l'*estampage*. Les pièces subissent l'une après l'autre le *choc* d'un mouton (fig. 413), muni à la partie inférieure d'un poinçon portant en relief le nom du fabricant et certains dessins caractéristiques (fig. 412, 3).

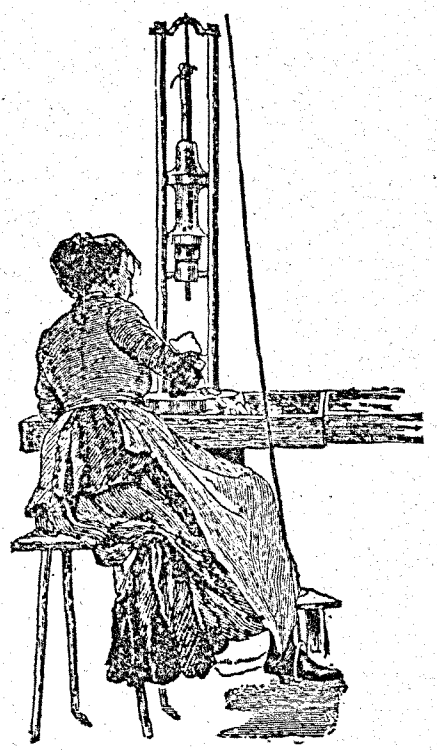


Fig. 413. — Marque et estampage

Vient ensuite, après un nouveau recuit, le *formage*. La pièce, plate jusqu'à présent, doit prendre la forme hémicylindrique pour pouvoir s'emmancher solidement dans la douille ou *pince* du porte-plume, et pour présenter une certaine rigidité dans le sens transversal. C'est encore une presse à vis (fig. 414) qui fait ce travail. La matrice en acier trempé, moule exact de l'intérieur de la plume, est fixée à la base de la presse; le poinçon, moulé sur la matrice, est fixé au bas de la vis. La plume acquiert ainsi, dans cette opération, sa forme définitive (fig. 412, 4).

L'acier dont est fait la plume doit être dur et élastique. Il faut donc procéder à un *trempage*. Pour l'effectuer, on enferme un certain nombre de plumes dans des boîtes métalliques qu'on chauffe dans des fours portés au rouge-cerise. L'opération terminée, on précipite les plumes rougies dans un bain d'huile.

Comme ce trempage rend l'acier très cassant, il faut

en atténuer un peu les effets; c'est ce qu'on réalise, par l'opération du *revenu* qui consiste à chauffer les plumes dans un cylindre horizontal rotatif, qu'on fait tourner au-dessus d'un feu doux de coke ou de gaz. Dès que l'ouvrier, soit à la couleur des plumes, soit à l'inspection de leur cassure, les juge suffisamment *revenues*, il les déverse dans un baquet rempli d'eau.



Fig. 414. — Formage des plumes.

Les deux dernières opérations ont déterminé une oxydation superficielle des plumes. Il faut procéder à leur *nettoyage*. Pour cela, on les enferme dans des tambours rotatifs, remplis d'un mélange de sable rugueux et d'eau. Le sable le plus souvent employé est fourni par les fabricants d'acier de Sheffield, qui le préparent avec les débris de leurs creusets hors d'usage *(Sheffield Sand)*. On fait tourner ces cylindres, et les plumes, ainsi remuées l'une contre l'autre pendant quelques heures au milieu du gravier, se nettoient et se polissent.

On désigne indifféremment sous le nom d'*aiguisage en long,* de *limage* ou de *glaçage,* l'opération qui consiste à réduire, par l'action de la meule, l'épaisseur du métal dans la partie de la plume comprise entre la pointe et l'extrémité du percé qui regarde la pointe. Elle a pour but d'augmenter la souplesse du bec, sans diminuer l'épaisseur du métal à la pointe. Elle contribue en même temps à l'ornementation de la plume. Certains modèles

reçoivent deux limages, l'un en long, l'autre en travers; d'autres n'en reçoivent pas du tout.

Dans l'*aiguisage en long*, appelé quelquefois *aiguisage à la pince*, l'ouvrière au moyen d'une pince, saisit la plume par *le talon,* partie opposée à la pointe, et la présente à une meule verticale tournant très vite, et dont la circonférence est recouverte d'une bande de cuir enduite d'émeri (fig. 412, 5 et 6).

Pour l'*aiguisage en travers*, la bande de cuir doit avoir exactement la largeur de la raie à limer, et l'ouvrière présente la plume en la tenant entre ses doigts par le talon. Nous verrons plus loin comment on donne aux plumes leur couleur; cette opération peut être faite avant le limage; celui-ci met alors à nu une ou plusieurs raies blanches sur une surface colorée.

La pointe de la plume ne pourrait pas distribuer l'encre, ne pourrait même pas glisser sur le papier, si elle n'était divisée en deux dans le sens de la longueur. Elle forme en réalité deux *becs* qui, grâce à l'évidement préalable pratiqué dans le prolongement de la fente de division, s'écartent lorsqu'on appuie pour laisser glisser le liquide, et reprennent leur place en vertu de leur élasticité lorsqu'on relève la main. L'opération qui divise ainsi la pointe en deux becs s'appelle la *fente*. La fente est le dernier travail mécanique que subit la plume; c'est aussi le plus important et le plus délicat. La fente en effet doit passer exactement par l'axe du percé et par celui de la pointe, et sa tranche doit être exactement normale à la surface interne du bec. L'outil de fente est une presse à vis actionnant une petite cisaille; la section est opérée entre deux couteaux, l'un fixe, disposé sur la base de la presse, l'autre mobile, porté par la partie inférieure de la vis. L'ajustement des guides doit être irréprochable (fig. 412, 7).

Après un triage à la suite duquel celles qui présentent une tare quelconque sont envoyées à la fonte, les plumes sont passées au feu et, s'il y a lieu, mises en couleur. Ce travail s'effectue dans le tambour rotatif qui a servi pour

le *revenu*. Au-dessus de 100° apparaissent successivement les tons jaune, bronze, violet, bleu. On arrête le chauffage au moment voulu. Le noir s'obtient en faisant séjourner la plume dans une fumée épaisse et grasse; le gris par le frottement prolongé avec de l'ardoise pilée. On peut aussi donner aux plumes diverses couvertures métalliques par les procédés de la galvanoplastie.

La dernière opération que subissent les plumes est le *vernissage*, destiné à les préserver de l'oxydation. On peut employer l'un quelconque des vernis à métaux

Les plumes sont enfin emboîtées par boîtes d'une grosse (douze douzaines).

L'industrie des plumes métalliques est concentrée en France à Boulogne-sur-Mer, où il en existe trois fabriques produisant ensemble 3 millions 1/2 de grosses par an. En Angleterre, la seule ville de Birmingham en possède 16, produisant 13 millions de grosses. On en compte 6 autres en Europe et 3 aux États-Unis. Depuis longtemps les industriels français ont atteint le degré de perfection de leurs concurrents d'Outre-Manche, et le vieux préjugé en faveur des plumes anglaises n'a plus aujourd'hui aucune raison d'être.

Porte-plume. — Les *porte-plume* sont fabriqués par des procédés analogues à ceux qui sont employés pour les plumes, mais le métal employé n'a nullement besoin de posséder les mêmes qualités; depuis longtemps tous les porte-plume communs sont en tôle ordinaire. Les feuilles métalliques destinées à former les *douilles* ou *pinces* sont découpées et façonnées comme dans le cas précédent; on leur donne ensuite la forme cylindrique sur des mandrins, en rabattant de chaque côté du tube, et dans l'intérieur à l'un de ses bouts, deux petites oreilles destinées à maintenir la plume. Parfois, dans le premier tube, on en introduit un autre de diamètre plus petit, de longueur moindre, et on le fixe au moyen d'un rivet. La plume vient se loger dans l'intervalle des deux tubes.

Les manches se classent suivant leur forme; il en est de *cylindriques*, de coniques vers l'extrémité opposée à la pince ou *effilés*, coniques du côté de la pince ou *massues*,

coniques dans les deux sens ou *fuseaux*. On les obtient au *tour à baguettes*.

Quant aux bâtons cylindriques qui servent à fabriquer les manches droits ou à préparer les autres, on les découpe aujourd'hui dans des planchettes, à la raboteuse. Dans une première passe, la lame rabote l'une des faces de la planchette en forme d'une série ondulée de demi-cylindres parallèles; puis faisant symétriquement le même travail sur la face opposée de la planchette, sépare les baguettes rondes les unes des autres.

Les bois employés sont le bouleau, l'aulne, le merisier, le tremble, le sycomore, l'ébène, le cèdre, l'olivier, le palissandre.

Les manches sont enfin poncés, mis à la longueur et vernis au tampon; on leur donne des couleurs variées.

La principale fabrique française de porte-plume est située à Ivry-sur-Seine; d'autres usines moins importantes fonctionnent à Paris.

Deux des fabriques de plumes de Boulogne-sur-Mer font aussi les porte-plume en tous genres.

CHAPITRE III

Fabrication des Crayons.

Dans tout *crayon c* (fig. 415) il y a lieu de considérer séparément la *mine m* qui sert à tracer les traits et la *gaine*, support ou enveloppe de la mine.

Les principales variétés de mines sont les suivantes :

1° Les mines de *graphite*[1], mélange de plombagine et d'argile en proportions déterminées, graduées suivant le degré de dureté à obtenir;

1. Le graphite, que l'on désigne aussi sous le nom de *plombagine* ou de *mine de plomb*, est une variété de carbone qui se présente sous forme de parcelles brillantes gris d'acier, ou de masses feuilletées.

2° Les mines de *couleur*, que l'on obtient de la même façon en employant comme matières premières des matières colorantes diverses ;

3° Les mines dites *pierres noires* ou encore *crayon Conté*, mélange d'argile et de noir de fumée, employées surtout au dessin d'imitation ;



Fig. 415.

4° Les mines d'*ardoise factice*, utilisées dans les écoles enfantines ;

5° Les mines dites *à copier*, dont la matière première est l'aniline, très employées maintenant dans les compagnies de chemins de fer ;

6° Les instruments de même aspect qui contiennent non plus une mine, mais une composition de caoutchouc propre à effacer l'encre ou le crayon.

La gaine des crayons est fixe, c'est-à-dire adhérente à la mine, ou mobile. Dans le premier cas elle s'use en même temps que la mine elle-même.

Les gaines fixes sont généralement en bois tendre, sans nœuds et sans fibres, pouvant facilement se tailler, tel que le *cèdre à crayons*, bois d'Amérique possédant une odeur agréable, ou le tilleul.

Depuis quelque temps, on fabrique des gaines à crayons au moyen d'une feuille de papier enroulée autour de la mine, que l'on déroule au lieu de tailler.

Quant aux gaines mobiles on les fait avec les matières les plus diverses, et chacun connaît la multiplicité des porte-mines existant dans le commerce de la papeterie.

Considérons un crayon ordinaire, à gaine cylindrique en bois, et suivons les différentes phases de sa fabrication.

Les matières premières de la mine, graphite et argile, sont d'abord débarrassées par des lavages des substances étrangères qu'elles contiennent ; en même temps le graphite est classé par degré de finesse ; on sèche aux filtres presses ; les matières dosées à la proportion voulue et

mises ensemble au moulin, où elles sont broyées et mélangées intimement. On obtient ainsi une pâte homogène qu'on soumet encore à divers malaxages et qu'enfin on *file* sous pression à travers une filière présentant exactement le profil que doit avoir définitivement la mine. On laisse sécher les filaments, on les coupe à longueur et on les soumet à une cuisson à l'abri de l'air dans des creusets de graphite. Les mines sont prêtes à être engainées dans le bois.

Celui-ci a été préalablement débité en planchettes dont la longueur est un peu supérieure à celle du crayon que l'on veut fabriquer, et dont la largeur a été calculée pour façonner simultanément de deux à huit crayons. Quant à l'épaisseur elle dépasse légèrement le demi-diamètre du crayon. Le travail des planchettes s'effectue au moyen de raboteuses comme dans le cas de la fabrication des manches de porte-plume. Dans une première passe, les planchettes reçoivent les rainures ou prendront place les mines. On procède alors au collage de celles-ci. On applique ensuite sur la première planchette ainsi garnie une deuxième planchette enduite de colle, formant couvercle, on serre à la presse et on laisse sécher; un couple de planchettes collées comprend un certain nombre de crayons que l'on sépare par rabotage, comme les manches des porte-plume.

Les crayons ainsi obtenus sont polis par frottement au moyen de papier de verre et vernis au tampon s'il y a lieu. Pour les crayons de couleur, la nuance du vernis est autant que possible celle de la mine. Les crayons sont ensuite coupés aux deux bouts et reçoivent la *marque* au moyen de machines fort ingénieuses qu'il nous est impossible de décrire.

Il ne reste qu'à les empaqueter par *grosses*, après les avoir ficelés par douzaines.

Il existe en France quatre fabriques de crayons seulement, situées à Regny, à Saint-Paul-en-Jarret (Loire), à Givet (Ardennes), et à Boulogne-sur-Mer; cette dernière n'est autre qu'une des

usines où sont fabriqués les plumes et porte-plume. La plus grande partie des crayons importés en France vient d'Allemagne, mais les fabricants français produisent aujourd'hui toutes les variétés désirables.

CHAPITRE IV

Typographie.

La *typographie*, *impression typographique* ou *imprimerie* consiste dans la reproduction, au moyen de petits tampons mobiles, appelés *types* ou *caractères*, d'un texte écrit. Ces caractères sont des parallélipipèdes rectangles (fig. 416), formés d'un alliage de plomb, d'antimoine et d'étain; sur une de leurs bases, *l'œil*, ils portent en relief une des lettres de l'alphabet, ou un des chiffres de 0 à 9, ou un signe de ponctuation. Les caractères sont assemblés ou *composés* côte à côte pour former des mots, des lignes, des pages, et, après l'impression, ils peuvent être désassemblés pour servir à la reproduction d'autres textes; cette opération s'appelle la *distribution*. Les caractères d'imprimerie sont obtenus par moulage; la *fonte des caractères* constitue une industrie à part, mais certaines grandes imprimeries fondent elles-mêmes leurs caractères.

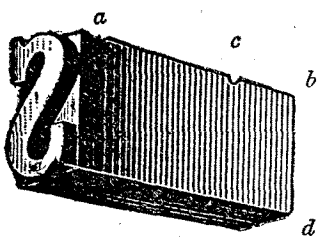


Fig. 416.
Caractère d'imprimerie.

La *hauteur* du caractère est la distance comprise entre le pied de la lettre et sa surface supérieure; elle est donc égale à la longueur de l'arête *a b* augmentée de l'épaisseur de la lettre.

La *force de corps* est la longueur de l'arête *b d*, c'est-à-dire la hauteur du signe gravé. Le *cran c* est une entaille, servant à marquer la partie supérieure de la lettre et permettant de placer les signes dans leur position nor-

male. La force du corps est évaluée en *points typographiques;* le *point* vaut $0^m/^m376$. Les caractères les plus couramment employés sont ceux compris entre 5 et 12 points c'est-à-dire entre $4^m/^m512$ et $1^m/^m880$ (1).

Le travail de la typographie comprend la *composition* et le *tirage*.

§ Ier

COMPOSITION

La *composition* comprend toutes les opérations préparatoires au tirage, savoir : la *composition* proprement dite, la *mise en pages, l'imposition* et la *correction*.

Composition proprement dite. — Cette opération

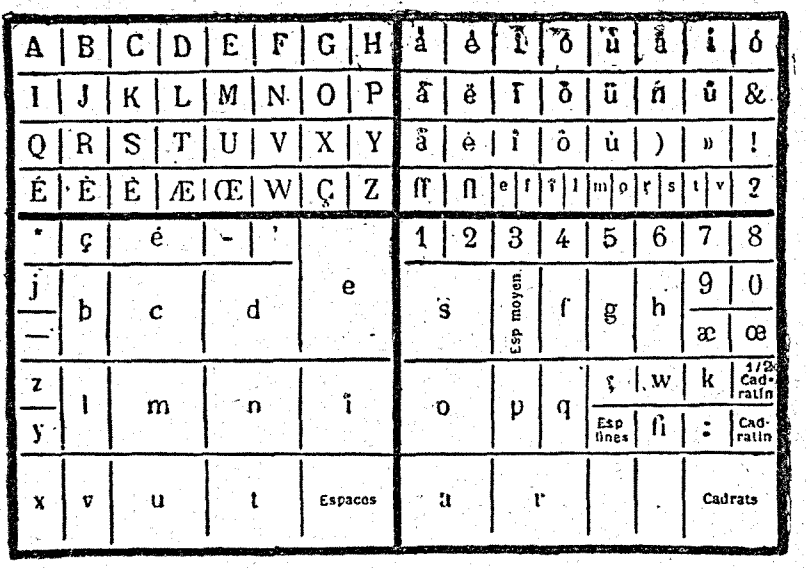


Fig. 417. — Casse pour la composition typographique.

consiste à assembler les caractères un à un, pour en former les mots, les lignes, les pages. L'ouvrier chargé de ce travail s'appelle le *compositeur*. Il a devant lui un pu-

(1) Le présent ouvrage est imprimé en caractères de neuf points pour le texte, sept points pour le petit texte, et six points pour les notes et légendes.

pitre sur lequel se trouve une caisse basse, ou *casse*, (fig. 417) divisée en compartiments appelés *cassetins*, contenant chacun une grande quantité de caractères d'une même lettre. Il tient dans la main gauche un *composteur* (fig. 418). Cet outil est en fer et formé de deux lames F, F' ajustées à angle droit; à l'extrémité droite se trouve soudé un *talon* B; à gauche est un talon mobile qui peut être fixé en un point quelconque de son parcours, à l'aide d'une vis de pression V. La distance convenue d'un talon à l'autre donne la longueur de la ligne ou *justification*.

Au commencement du travail de composition, l'ouvrier a sous les yeux le manuscrit à reproduire; de la main

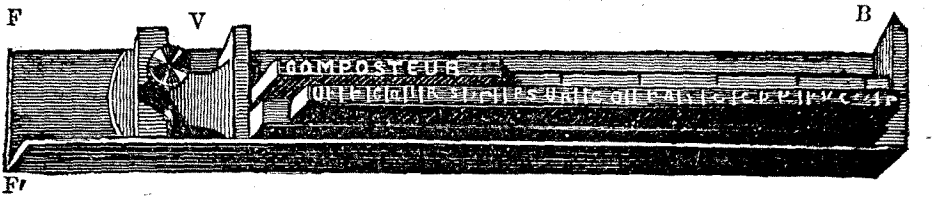


Fig. 418. — Composteur.

droite il choisit dans les cassetins les caractères l'un après l'autre, et les range, le cran en-dessous, dans son composteur; c'est ce qu'on appelle *lever la lettre*. Quand il a placé toutes les lettres d'un mot, il pose à leur droite une petite lame de métal nommée *espace*, moins haute que le caractère, et destinée à séparer le mot déjà composé du mot suivant. Quand il est au bout de la ligne et qu'il lui reste un intervalle, un *blanc*, entre la dernière lettre et le talon fixe du composteur, il répartit également ce blanc entre les mots au moyen *d'espaces* plus fines que les premières; il *justifie* sa ligne de façon à la maintenir bien en place et à l'alignement des autres lignes. Il place ensuite au-dessus une lame mince, ou *interligne*, moins haute que les caractères, et destinée à réserver l'intervalle nécessaire entre la ligne déjà composée et la suivante; puis il compose celle-ci, et ainsi de suite. Pour combler les vides qui existent à la fin des alinéas, on se sert de pièces moins hautes que les lettres, mais de même force

de corps; il en est de plusieurs épaisseurs : le *demi-cadratin* dont l'épaisseur est égale à la moitié de la force de corps; le *cadratin*, dont l'épaisseur est double de celle du demi-cadratin, et les divers *cadrats* dont l'épaisseur variable est toujours multiple de celle du demi-cadratin.

Quand le composteur est plein, l'ouvrier enlève en bloc toutes les lignes et les pose sur une *galée*, (fig. 419), planche à bords relevés. Les lignes suivantes sont composées de la même façon, mises à leur tour sur la galée, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la galée soit pleine. Après quoi, il lie toutes les lignes ensemble au moyen d'une ficelle pour former un *paquet*.

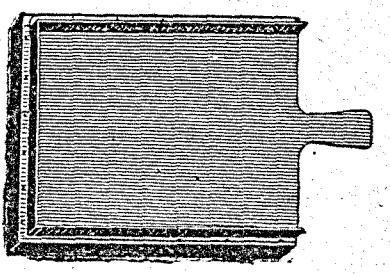


Fig. 419. — Galée.

Pour certains ouvrages susceptibles de recevoir beaucoup de corrections ou d'additions, et pour ceux où doivent s'intercaler des dessins, on fait, avant de passer aux opérations suivantes, ce qu'on appelle des *placards*. Un certain nombre de paquets sont disposés sur le marbre d'une presse à imprimer, comme les colonnes d'un journal, mais avec un intervalle convenable entre chaque colonne, et l'on imprime une ou plusieurs épreuves d'un côté seulement d'une feuille de papier. C'est ce qu'on appelle *tirer une épreuve en placard*. Le placard est lu avec l'aide de la copie et soumis à une première correction à l'imprimerie, puis il est envoyé à l'auteur pour qu'il y fasse ses corrections à son tour.

Il existe des *machines à composer*, d'invention américaine, qui réalisent mécaniquement toute la série des opérations manuelles ci-dessus décrites; elles composent avec rapidité, justifient automatiquement et fondent d'un bloc une ligne de caractères. Ces machines, appelées *linotypes*, sont surtout employées pour la composition des journaux ou des périodiques. Elles ont l'avantage de

la rapidité; mais, ne se pliant pas à toutes les fantaisies du caractère mobile et donnant de moins bons résultats à l'impression, elles ne sont pas encore employées pour l'impression du livre.

Plusieurs inventeurs cherchent à résoudre le problème de la composition mécanique avec emploi du caractère mobile; parmi les systèmes de machines genre *monotype*, actuellement en essai, nous citerons la *Lanston* et la *Meray-Rozar*.

Ces machines procèdent de la machine à fondre. La composition est faite au préalable sur une machine à écrire qui perfore des bandes de papier dans le genre de celles employées pour les pianos mécaniques, mais les perforations représentent des lettres, des mots, des lignes.

Ces bandes sont ensuite adaptées à une très ingénieuse machine à fondre spéciale. En se déroulant, les bandes déclanchent un mécanisme et la machine fond une à une des lettres différentes qui viennent s'assembler sur une galée; les lignes sont justifiées automatiquement et on pourrait supposer que le travail a été fait à la main. Ces procédés ne sont pas encore au point, et on n'est pas encore fixé sur leur valeur pratique et économique.

Mise en pages. — Lorsque le nombre des paquets fournis par les compositeurs est suffisant pour remplir autant de pages qu'il y en aura, *recto* et *verso*, sur une même feuille de papier (l'ensemble de ces pages constitue une feuille d'impression), on procède à la *mise en pages*. Cette opération, exécutée par le *metteur en pages*, a pour but de réunir les paquets des compositeurs pour en former des pages de longueur uniforme, proportionnée au *format*, qui comprennent le titre-courant et son folio, les différents caractères : texte, petit texte, notes, titres, l'intercalation des gravures, etc; le tout séparé par des intervalles ou *blancs* convenables, de façon à s'harmoniser et à donner de la régularité à l'ensemble de l'ouvrage.

Les formats tirent leur nom, non pas de la grandeur du papier, mais du nombre de feuillets obtenus par le pliage

d'une feuille. C'est ainsi que l'on obtient *l'in-folio* en pliant la feuille en *deux* (elle aura donc quatre pages d'impression, soit deux de chaque côté); *l'in-quarto* est obtenu par le pliage en *quatre* (huit pages); *l'in-octavo*, par le pliage en *huit; l'in-12*, en *douze*; *l'in-18*, en *dix-huit*; etc. Le le présent ouvrage, qui est du format *in-dix-huit*, comprend trois cahiers par feuille, et les numéros d'ordre sont aux pages 1, 13, 25.....

Imposition. — Quand la mise en pages d'une feuille est achevée, on procède à l'imposition, opération qui consiste à réunir dans un cadre en fer ou *châssis* les pages qui serviront à l'impression d'un même côté de la feuille, à les disposer de telle sorte qu'elles se succèdent dans l'ordre de la pagination, une fois la feuille pliée, à les entourer de blocs de plomb ajourés dits *garnitures*, qui représentent les *blancs* des marges, et à maintenir le tout solidement dans le châssis au moyen de coins taillés en biseaux, serrés au marteau entre les garnitures et le châssis. Le châssis garni prend alors le nom de *forme* (fig. 420). La disposition des pages varie naturellement suivant le format.

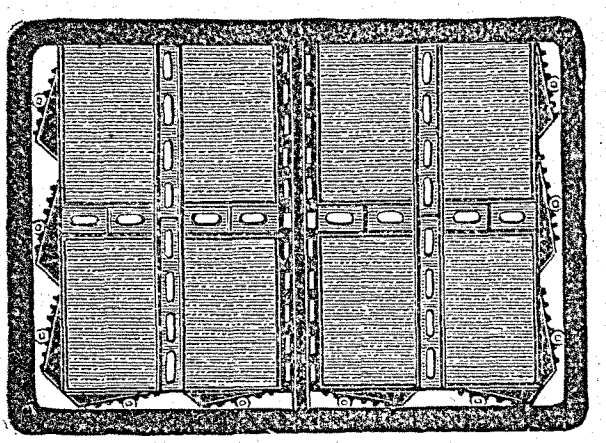


Fig. 420. — Forme.

S'il s'agit d'un in-folio, la feuille ne contient que quatre pages, 1, 2, 3, 4, deux sur le recto ou *côté de première*, et deux sur le verso ou *côté de seconde*. On disposera les feuilles en deux groupes :

Côté de première.		Côté de seconde.	
1	4	3	2

Pour un in-quarto, la feuille comprend huit pages :

Côté de première.		Côté de seconde.	
4	5	6	3
1	8	7	2

Pour un in-octavo, il y aura huit pages sur chaque face, disposés comme ci-dessous :

Côté de première.				Côté de seconde.			
8	9	12	5	6	11	10	7
1	16	13	4	3	14	15	2

Pour un in-douze, le nombre des pages est de douze sur chaque face, soit vingt-quatre.

Lorsque la forme est serrée, on tire une épreuve *première en pages* qu'on soumet à l'auteur; celui-ci la renvoie à l'imprimerie après l'avoir corrigée, et ce n'est que lorsqu'il a remis un *bon à tirer* qu'on procède au *tirage*.

§ II

TIRAGE

Le *tirage* comprend la *préparation* du papier et le *tirage proprement dit*.

Préparation du papier. — Cette opération tend à disparaître, les papeteries fournissant de plus en plus des papiers préparés en fabrique. Voici comment on procède encore dans certaines imprimeries : le papier doit d'abord être humecté; c'est l'opération de la *trempe*. Pour cela, un ouvrier prend une *main* de papier de vingt-cinq feuilles, la pose sur une table appelée *ais*, et au moyen d'un petit balai de bouleau trempé dans l'eau, il asperge de liquide la feuille de dessus; puis il prend une autre main, la place sur la première, et asperge également sa première feuille.

Il continue ainsi à empiler un certain nombre de mains, toujours en mouillant la première feuille. Cette pile de papier est ensuite mise sous presse pendant quelques heures; la pression fait pénétrer l'eau dans toutes les feuilles. Ensuite on procède au *remaniement*, qui consiste à remuer les feuilles par paquets, les retournant tantôt de gauche à droite, tantôt de bas en haut, ce qui a pour effet de répartir également l'humidité.

Cette préparation se fait aussi mécaniquement : un tube, percé de trous, se déplace parallèlement à son axe et arrose le papier plus uniformément que le balai.

Le trempage est quelquefois suivi, pour les livres soignés, d'un *glaçage*, qu'on fait en plaçant les feuilles entre des lames de zinc, et en les passant ensuite au laminoir, le tout pendant qu'elles sont encore humides. Le glaçage se fait aussi au moyen d'une *calandre*. Le papier passe entre plusieurs cylindres (6 à 12), qui sont quelquefois chauffés par de la vapeur. Les cylindres donnent une très forte pression; ils écrasent le grain du papier en lui donnant un brillant bien uniforme. L'opération s'appelle aussi *satinage*, *calandrage*.

Tirage proprement dit. — L'impression se fait à l'aide d'appareils appelés *presses typographiques*. On distingue les *presses à bras* et les *presses mécaniques*. La presse à bras n'est plus employée aujourd'hui que pour les petits travaux; nous la décrirons cependant parce que cette description est de nature à faire comprendre le principe de toutes les presses.

La *presse à bras* se compose d'une plate-forme horizontale F (fig. 421) appelée *marbre*, sur laquelle la forme est déposée et bien calée, et de deux montants verticaux A et B nommés *jumelles*, réunis à leur partie supérieure par une pièce transversale servant d'écrou à une vis verticale, laquelle soutient à son extrémité inférieure une plaque en fonte PP, appelée *platine*. A l'extrémité du marbre, s'articule à charnière un cadre T garni de drap, appelé *tympan*, et à l'extrémité libre de celui-ci s'articule de la

même façon un autre cadre /, appelé *frisquette*. La frisquette est un cadre en fer sur lequel on a collé, en les superposant, plusieurs feuilles de papier. Dans l'espèce de carton ainsi formé on a découpé des vides correspondant

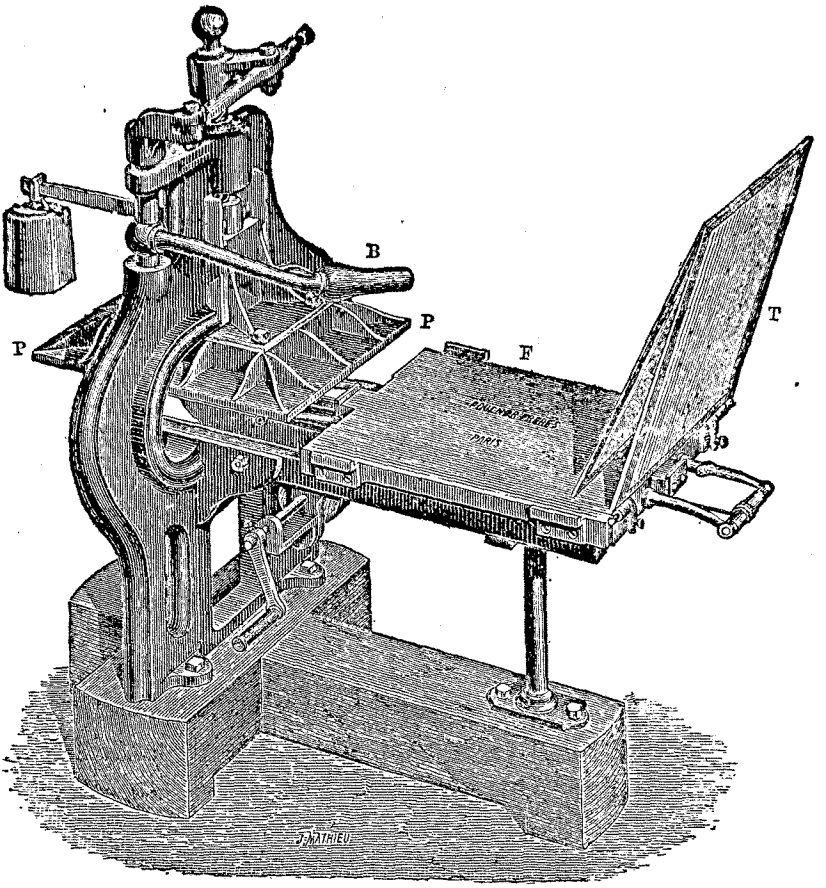


Fig. 421. — Presse à bras.

aux pages de la forme, les parties pleines correspondant aux marges. La feuille de papier est placée sur la face inférieure du tympan, à l'aide de points de repère choisis et fixés une fois pour toutes au commencement de l'impression; puis la frisquette est rabattue dessus, et le tout est abaissé sur la forme, qui auparavant a dû être *encrée*. L'encrage se fait avec un rouleau qui se compose d'un

mandrin en bois muni d'un manche. On a coulé autour du mandrin, un mélange de gélatine et de mélasse, ou de colle de poisson et de glycérine, ce qui est préférable. En promenant le rouleau sur une table, dite *table-encrier*, dont la surface est recouverte d'une encre grasse semi-fluide formée d'un mélange de vernis et de noir de fumée, on le recouvre de cette encre qui est très adhésive; il n'y a plus qu'à le passer sur la forme pour que l'encre enduise les caractères qui s'y présentent en relief.

La feuille étant sur la forme, on fait glisser le marbre qui la porte sous la *platine* P. Puis au moyen d'un levier qui actionne la vis, on abaisse la platine, qui comprime le tympan, appuyant ainsi la feuille sur la forme. Les parties pleines de la frisquette préservent de toute souillure les marges et les parties qui doivent rester blanches; mais toutes les parties à jour sont en contact avec les caractères et leur enlèvent leur encre; c'est ainsi que l'impression se produit. Il faut ensuite remonter la platine, ramener le marbre, soulever le tympan, ouvrir la frisquette et enlever la feuille. Comme on le voit, le travail est assez long, d'autant plus qu'il faut renouveler le papier et encrer la forme à chaque opération.

Le plus souvent, l'autre côté de la feuille est aussi imprimé. Le tirage du second côté s'appelle *retiration*. On prend toutes les précautions nécessaires pour que les pages du *verso* s'impriment convenablement derrière celles du *recto*.

Pour les travaux d'impression peu importants, sur de petites feuilles telles que cartes de visite, menus, programmes, factures, etc., on emploie une presse intermédiaire entre la presse à bras et la presse mécanique. C'est la presse à *pédale*. La machine est mise en mouvement soit par la pression du pied sur une pédale A, soit par un moteur mécanique quelconque (fig. 422). La presse se compose de deux platines et du système encreur. Une première platine E, généralement fixe et presque verticale, contient la forme à imprimer; une autre platine mobile,

plus ou moins inclinée, reçoit la feuille de papier. Sous l'impulsion donnée, elle vient s'appuyer sur la platine qui contient la forme, et l'impression a lieu. Pendant que l'ouvrier place sa feuille, c'est-à-dire la *marge*, et que la platine mobile se redresse, deux ou trois *rouleaux en-*

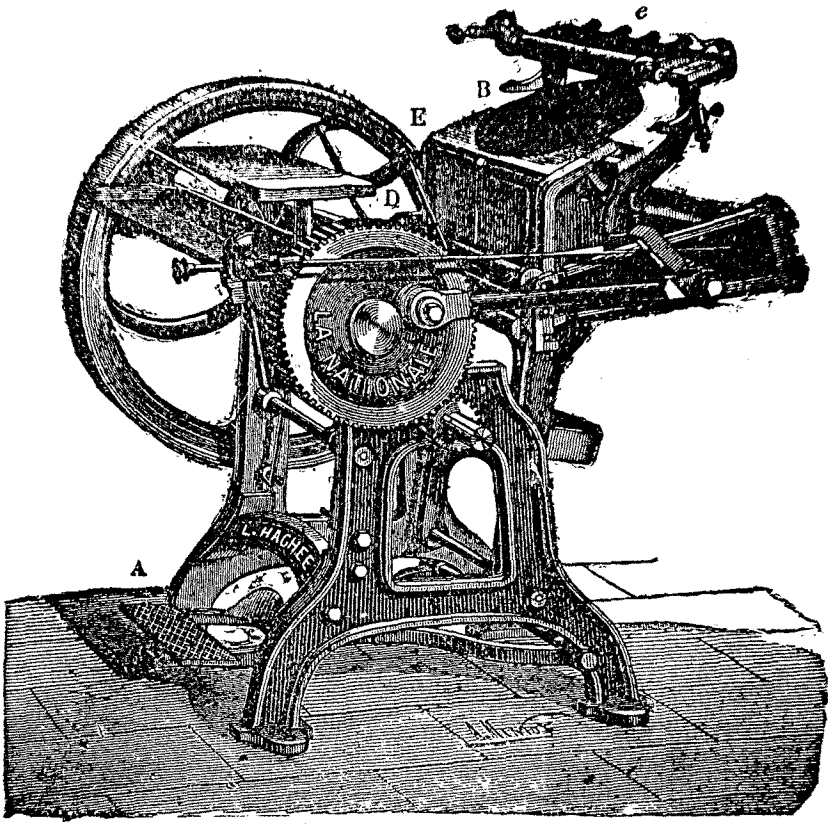


Fig. 422. — Presse à pédale.

creurs D déposent sur la forme l'encre qu'ils sont allés prendre sur le système encreur, composé de l'*encrier e* et d'une *table à encre* en métal B.

Les *presses mécaniques* réalisent les différentes phases de l'impression à la main avec plus de rapidité et souvent plus de perfection. Les unes n'impriment à la fois qu'un seul côté, ce sont les *machines en blanc*; les autres

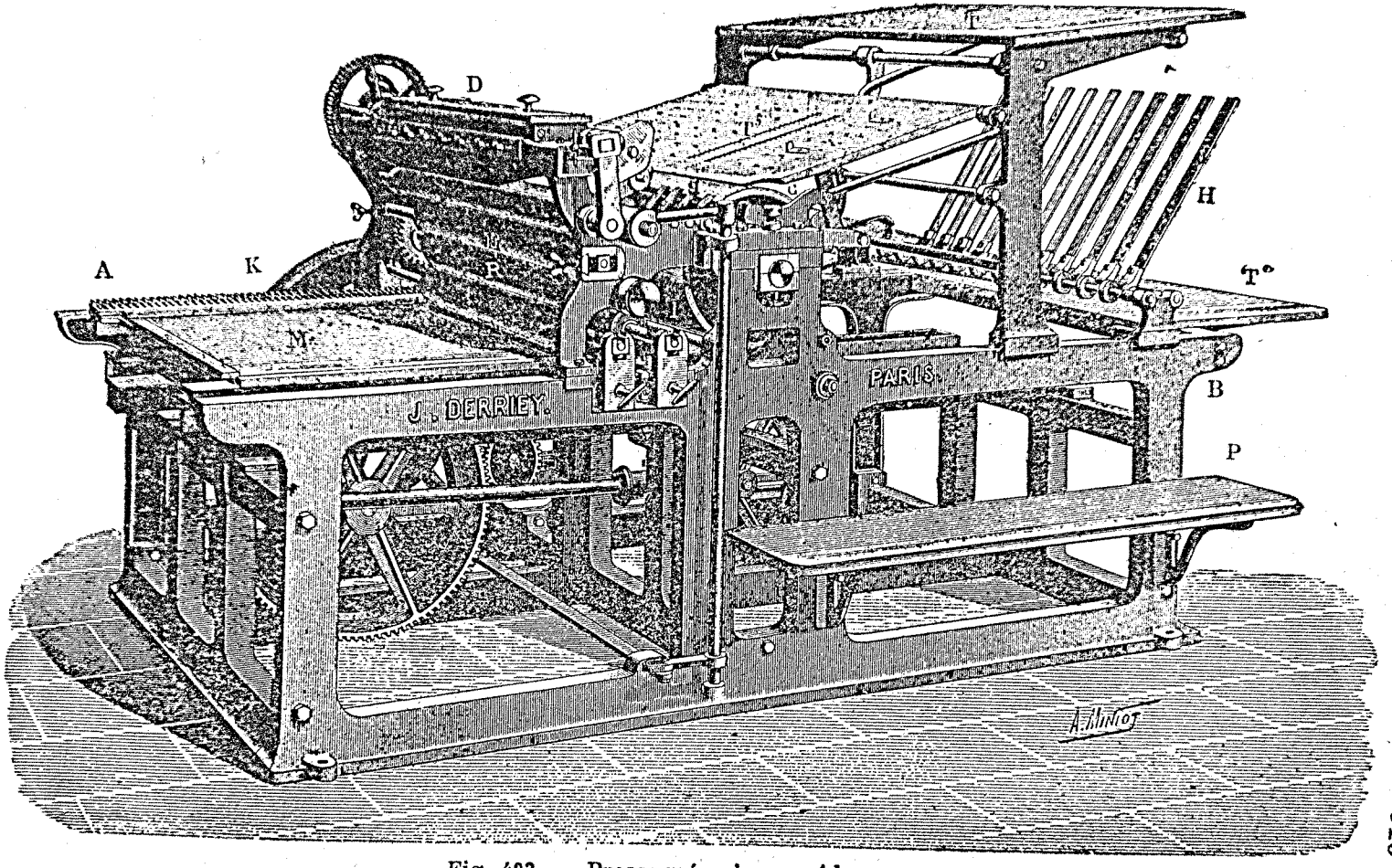


Fig. 423. — Presse mécanique en blanc.

impriment des deux côtés, ce sont les *machines en retiration*. Dans chacune d'elles, l'encrage peut être *à plat* ou *cylindrique*.

Les modèles de presses mécaniques sont des plus nombreux; nous décrirons une machine en blanc à encrage cylindrique construite par M. J. Derriey, qui présente les derniers perfectionnements apportés à ce genre de presses, (fig. 423).

Elle se compose d'un bâti rectangulaire en fonte AB, portant le marbre M sur lequel on posera la forme. Ce marbre porte sur un côté une crémaillère K engrenant une couronne dentée, montée sur une des extrémités d'un cylindre horizontal IC. Le marbre reçoit un mouvement de va-et-vient et entraîne le cylindre qui tourne sur lui-même. Pendant le retour du marbre à sa position initiale, le cylindre est arrêté ou soulevé, suivant que la machine est *à temps d'arrêt* ou à *soulèvement*. L'encrier D livre l'encre à une série de rouleaux superposés; ceux du dessus E, appelés *rouleaux distributeurs*, égalisent l'encre et la rendent homogène; ceux du dessous R, appelés *rouleaux toucheurs*, la déposent sur la forme lorsque celle-ci passe à leur contact.

Un ouvrier, appelé *margeur*, monté sur la tablette P, prend une des feuilles disposées en tas sur la table T; il l'amène sur la table T′ qui porte des repères destinés à le guider; les pinces *g* saisissent la feuille en se rabattant sur elle et l'appuient sur le cylindre IC qui, en tournant, l'entraîne et l'applique sur la forme qui se déplace au-dessous d'elle. Quand la forme a passé sous le cylindre, l'impression est faite, les pinces s'ouvrent et la feuille est livrée à une raquette H qui la dépose elle-même sur une table T″ placée à l'arrière de la machine.

La *machine en retiration* (fig. 424) n'est autre chose que l'accouplement dos à dos de deux machines en blanc; elle a deux cylindres imprimeurs, deux marbres, deux appareils d'encrage; les deux cylindres horizontaux CC sont presque tangents. Sur l'une des moitiés du marbre,

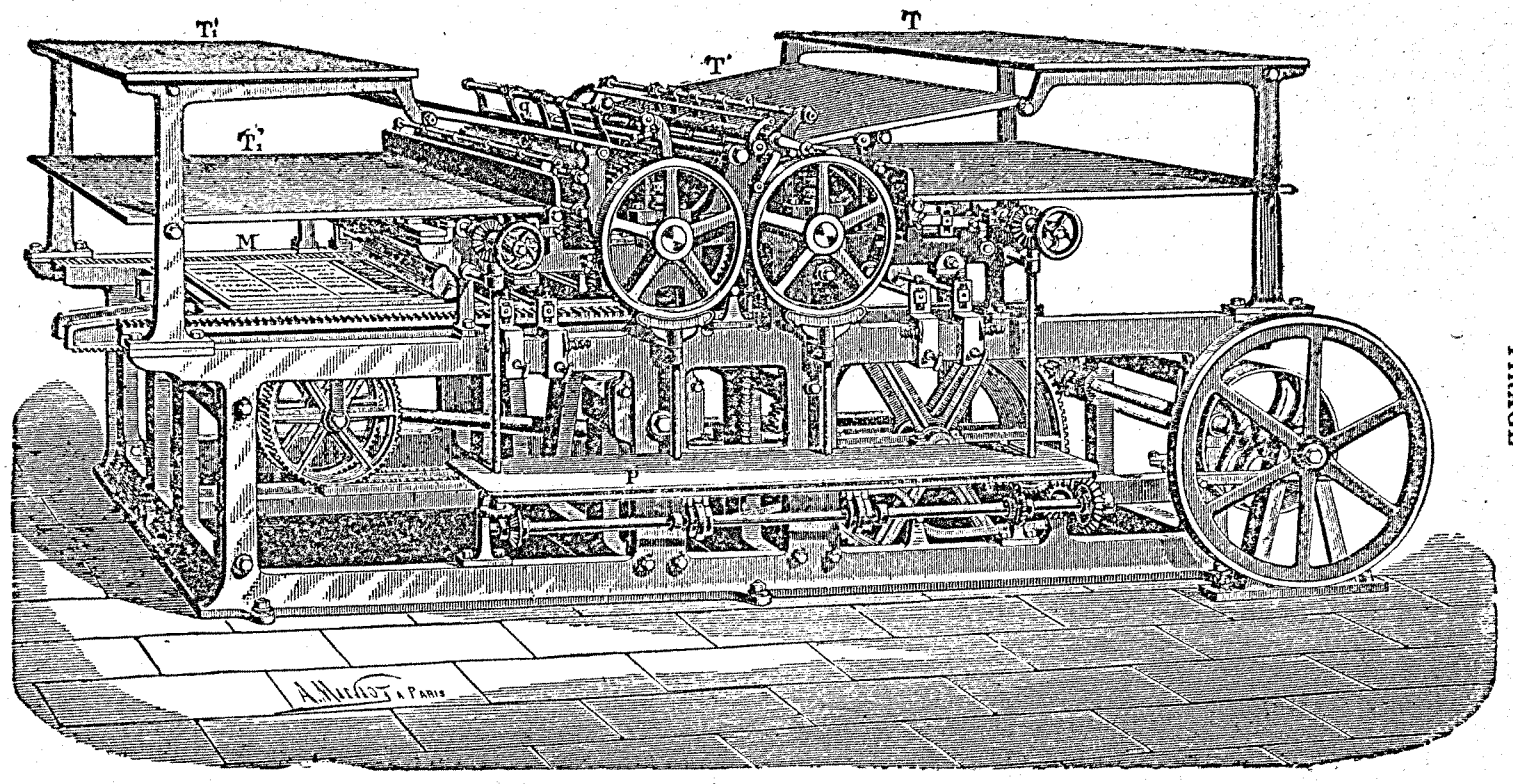


Fig. 424. — Presse mécanique en retiration.

celle de droite par exemple, se trouve la forme correspondant au recto de la feuille à imprimer, sur l'autre, la forme correspondant au verso. La feuille, étant saisie entre les pinces *g* du cylindre C de droite, est entraînée par lui dans son mouvement de rotation, pendant que la forme du recto vient passer au-dessous d'elle et imprime le recto. La feuille est alors saisie par les pinces du cylindre de gauche qui l'entraîne et la met en contact avec le marbre du verso, revenant à ce moment de droite à gauche, et le verso de la feuille est imprimé. Après cette seconde impression, la feuille est abandonnée à un jeu de cordons qui l'amènent sur la *table à recevoir*.

Les presses en retiration peuvent être employées comme machines en blanc en n'employant qu'une seule forme. Elles peuvent aussi être employées comme machines en blanc double, en ajoutant une deuxième table de marge et en supprimant la transmission des feuilles d'un cylindre à l'autre.

La *machine rotative* (fig. 425), employée surtout pour les journaux, n'est composée que de cylindres superposés ou côte à côte et tangents. La composition est clichée (voir page 624), les clichés étant cintrés pour épouser la forme des cylindres; le recto est adapté sur un cylindre toujours en contact avec un cylindre de contre-pression et des rouleaux encreurs alimentés par des rouleaux distributeurs E recevant eux-mêmes l'encre de l'encrier. Au-dessous est un autre cylindre sur lequel est le verso. Le mouvement est continu; au lieu d'être en feuilles, le papier est en bobines; il passe d'un cylindre à l'autre en décrivant une courbe en S; d'autres cylindres *coupeurs* débitent enfin le papier en feuilles. En T est la table de réception, en D la raquette. Avec un seul cliché, cette machine livre 12.000 exemplaires à l'heure. Certaines machines livrent le journal tout plié, à raison de 40.000 exemplaires à l'heure.

Dans certaines publications illustrées, on a à reproduire typographiquement des dessins en couleurs. On

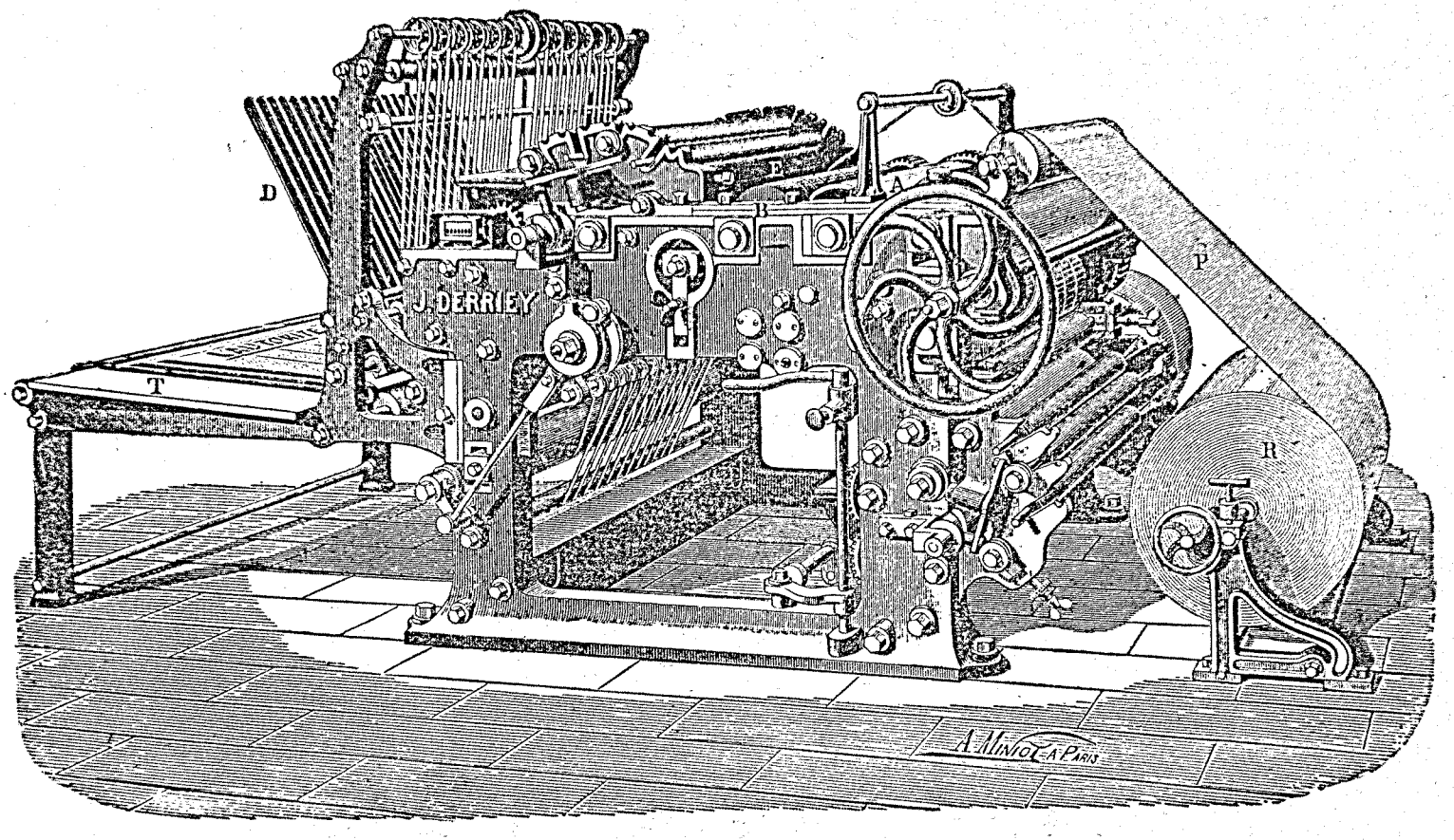


Fig. 425. — Presse rotative.

se sert, dans ce cas, de clichés métalliques obtenus par les procédés de la gravure (voir ci-dessous, chap. VI, § II, gravure typographique). On doit disposer d'autant de clichés qu'il y a de couleurs différentes et on les encre avec la couleur convenable. Le nombre des encres est limité aux trois couleurs principales : rouge, bleue, jaune. Mais, par des superpositions de couleurs convenables, et en tenant compte de la transparence des encres, on arrive à reproduire les nuances composées. Après avoir imprimé les couleurs, on imprime une teinte grise qui a pour effet de fondre l'ensemble et de compléter le modelé.

§ III

STÉRÉOTYPIE

Lorsqu'on prévoit qu'un ouvrage devra être réimprimé sans subir de modifications, afin d'éviter un nouveau travail de composition, on fait de chaque page un *stéréotype*, ou *cliché typographique*. L'opération s'appelle le *clichage*. Voici comment on procède : on prépare une sorte de carton, ou *flan*, en superposant un certain nombre de feuilles de papier pelure collées par une couche formée d'un mélange de colle de pâte et de blanc d'Espagne. On laisse fermenter vingt-quatre heures, puis on met ce *flan* encore humide sur la page à clicher. Un ouvrier, appelé *mouleur*, armé d'une large brosse, frappe énergiquement sur le flan qui pénètre dans les vides laissés par les caractères et en prend parfaitement le moule; on a ainsi l'*empreinte en creux* de la page, que l'on met sécher sous une presse chauffée à la vapeur ou au gaz; l'eau s'évapore, le flan durcit et prend l'aspect d'un carton-pierre. Toutes les empreintes sont conservées jusqu'au moment de la seconde édition. On coule alors dans cette sorte de moule un alliage de plomb, d'antimoine et d'étain, et l'on obtient ainsi une planche d'une seule pièce présentant à sa surface les lettres en relief. Les différentes pages sont ensuite imposées et mises en forme pour l'impression.

On fait encore usage de l'*electrotypie* ou clichage galvanoplastique. Au lieu d'être en papier, le moule est en gutta-percha ou en cire. On le rend conducteur en l'enduisant de plombagine. On le plonge dans un bain galvanique de sulfate de cuivre, en le reliant au pôle négatif. Il se forme une feuille de cuivre assez mince qu'on enlève, et qui présente les lettres en relief. On la renforce en coulant derrière un alliage de plomb durci.

CHAPITRE V

Reliure.

Lorsque les feuilles d'un même ouvrage ont été toutes imprimées, il faut les assembler pour en former un *livre*; c'est là le travail du *relieur*, travail qui comprend deux catégories d'opérations : le *brochage*, et la *reliure* proprement dite. Les livres *brochés* sont couverts seulement en papier, tandis que les livres *reliés* sont couverts en carton, en toile ou en peau.

§ Ier

BROCHAGE

La première opération est le *pliage* des feuilles, en tenant compte de la pagination, afin que les folios se suivent dans leur ordre naturel. Chaque format demande naturellement à être plié d'une façon spéciale; une feuille pliée forme un *cahier*.

Ce travail est effectué soit à la main par des ouvrières *plieuses*, soit à la machine

Les *machines plieuses*, dont nous donnons un modèle (fig. 426), se composent essentiellement d'une table présentant en son milieu une fente étroite au-dessous de laquelle tournent en sens inverse deux cylindres; la feuille F F' est amenée au-dessus de cette fente; à ce moment, un couteau non tranchant C, porté par deux bras coudés, s'abaisse, la plie en son milieu et la pousse entre les deux cylindres, qui l'entraînent en assujettissant le pli. Elle tombe sur deux brides sans fin, appelées *cordons*, qui se déplacent horizontalement d'un mouvement continu, et dans une direction perpendiculaire au couteau précédent. Ces brides amènent la feuille sur une

autre paire de cylindres, au-dessus desquels se trouve un deuxième couteau qui donne le deuxième pli en travers du premier. De là, reprise par d'autres cordons perpendi-

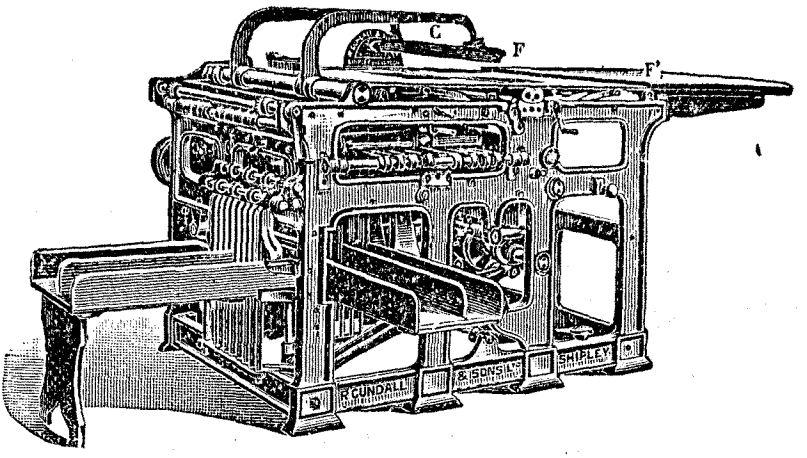


Fig. 426. — Machine plieuse.

culaires aux précédents, elle passe à une troisième paire de cylindres et à un troisième couteau, et ainsi de suite, jusqu'à achèvement de son pliage, après quoi elle est recueillie au bas de la machine.

Tous les cahiers du même ouvrage étant réunis et empilés par ordre, on procède à la *couture*. Sur le bord d'une table, on place la *feuille de garde*, c'est-à-dire cette feuille blanche qu'on voit au commencement et à la fin des livres; on a eu soin de ménager dans sa longueur un pli un peu moins large que la marge. Sur cette feuille on place le premier cahier, l'en-tête à gauche. Avec une longue aiguille C, appelée *aiguille à brocher*, on pique le dos du cahier en A (fig. 427) au tiers de sa longueur, et l'on introduit ainsi un gros fil à l'intérieur, tout en laissant dépasser un bout de 12 centimètres environ. On fait ensuite res-

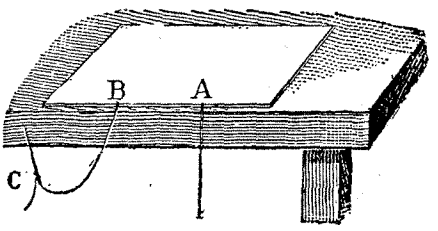


Fig. 427. — Cousoir pour brochage.

sortir l'aiguille et son fil en B, au deuxième tiers. On pose alors le deuxième cahier sur le premier, et l'on enfonce l'aiguille avec le même fil dans ce cahier au-dessus de B, de manière à l'en faire sortir au-dessus de A; là on fait un nœud avec le bout de fil qu'on a eu soin de laisser dépasser. Le troisième cahier étant posé à son tour, sans casser le fil, on le pique au-dessus de A de façon qu'il sorte au-dessus de B, et l'on continue ainsi, toujours avec le même fil. Quand l'aiguillée est finie, on en prend une autre, et l'on noue l'extrémité du fil de celle-ci au bout du fil de la première. Ajoutons que, pour plus de solidité, avant de passer l'aiguille dans le quatrième cahier, on fait avec le fil, de chaque côté, un *point de chaînette*, en passant l'aiguille et son fil au-dessous du point qui unit les deux premiers cahiers; on en fait autant à chaque adjonction d'un nouveau cahier. Après le dernier cahier, on ajoute la seconde feuille de garde.

La couture des cahiers destinés à être réunis en volume se fait aussi mécaniquement. La machine employée fonctionne à la façon d'une machine à coudre. Une ou plusieurs aiguilles passent un fil de lin au travers du dos posé à cheval sur un support à deux pans; sous le support, entre les deux pans, est lancée une navette qui passe un second fil, lequel se lie avec le premier. A chaque coup de navette, les porte-aiguilles se déplacent légèrement dans le sens latéral, pour implanter leur fil en des endroits différents de la longueur du dos. Les cahiers sont ainsi cousus *tout du long;* ils sont réunis les uns aux autres par une bande de canevas qui se déroule d'un rouleau et se trouve cousue par les aiguilles à chaque cahier. Ces machines marchent au moteur ou à pédale.

Les petites brochures dites piqûres, les cahiers d'écolier, les carnets de poche, etc., lorsqu'ils ne sont pas trop épais, sont cousus mécaniquement au fil métallique. Le fil se déroule d'une bobine, et est entraîné par des mâchoires constituées par les dents de deux roues tournant en sens inverse entre lesquelles il s'engage. Il se présente

dans une pièce verticale pouvant se mouvoir de haut en bas, comme le porte-aiguille de la machine à coudre, et dans laquelle se trouve un ciseau qui le coupe à longueur voulue; en même temps cette longueur est recourbée à ses deux extrémités, de manière à présenter deux angles droits; à ce moment la pièce verticale descend, fait pénétrer les deux pointes recourbées dans le dos du cahier posé à cheval sur le support à deux pans; une autre pièce placée en dessous, dans l'angle des deux pans, s'élève au travers d'une fente pratiquée sur l'arête de cet angle et vient appuyer le cahier sur la pièce supérieure, alors au bas de sa course, forçant ainsi les deux bouts recourbés à se rabattre sur la partie centrale du fil. Le cahier se trouve donc cousu par le bout de fil métallique qui a pénétré dans le dos par ses deux pointes, lesquelles sont recourbées à l'intérieur et rabattues.

Le volume est cousu, il ne reste qu'à le *couvrir*. A cet effet on enduit le dos de colle forte, et l'on pose la couverture de papier toute préparée d'avance. On l'assure bien en place et l'on met sous presse.

§ II

RELIURE PROPREMENT DITE

La *reliure* est un travail plus long et demandant plus de soins que le brochage. Toutes les feuilles d'un même ouvrage ayant été pliées en cahiers, et les cahiers empilés les uns sur les autres pour former un *paquet*, on soumet ce dernier au *battage*. Le battage à la main consiste à marteler les feuilles pour en réduire l'épaisseur. L'ouvrier prend une portion du paquet, une *battée*, la pose sur une pierre à plat, et la frappe à coups redoublés avec un marteau en fer à tête carrée; tout en frappant, il déplace la battée de manière qu'un coup de marteau empiète toujours sur une portion de surface déjà battue, afin d'éviter des bosselages. Le battage est aujourd'hui rem-

placé presque partout par un *laminage;* entre les cylindres passe la battée, protégée par deux feuilles de zinc.

Le paquet au complet est ensuite mis *sous presse*, pour éviter le *gondolage* qui pourrait résulter du travail précédent. On met ordinairement plusieurs volumes à la fois sous la presse, en les séparant les uns des autres par des planchettes appelées *ais*.

On passe ensuite au *grecquage*. Chaque volume reçoit

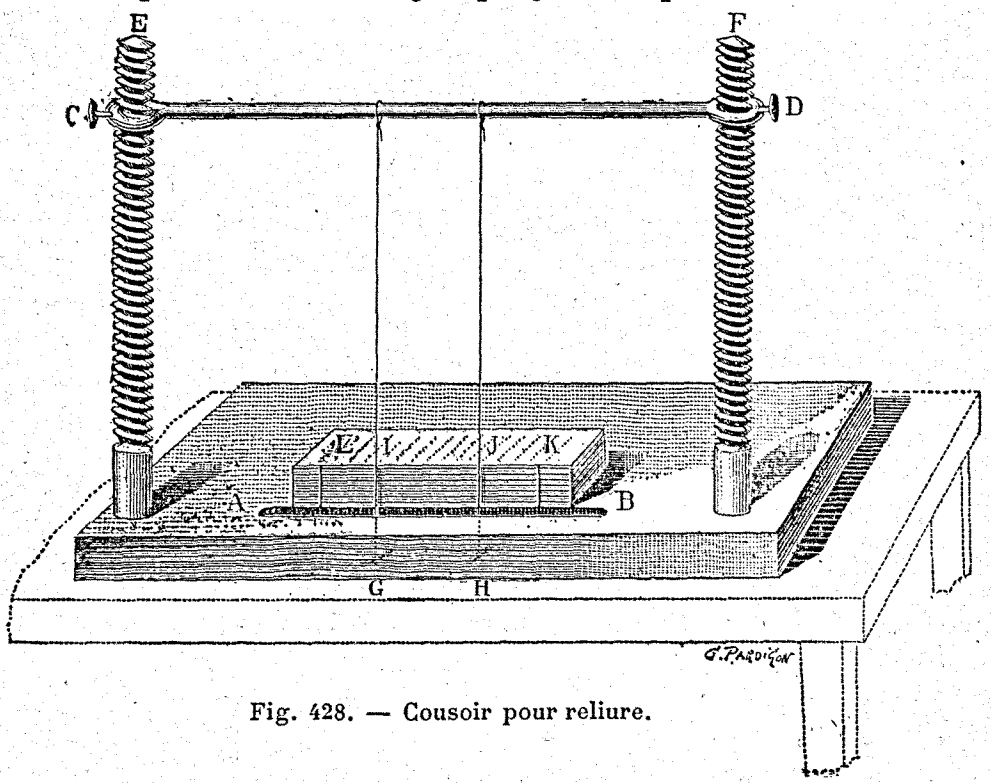


Fig. 428. — Cousoir pour reliure.

une *feuille de garde* blanche en tête et en queue, feuille qu'on fixe au dos du cahier contigu au moyen de colle de farine. Puis le volume est placé entre les mâchoires d'un étau, le dos en haut. Avec une petite scie à main ou une scie circulaire mécanique, on pratique dans ce dos des incisions destinées à recevoir les ficelles qui vont réunir les cahiers; il faut au moins quatre de ces incisions, ou *grecques*.

Vient ensuite la *couture* du volume. Celui-ci est placé

sur un *cousoir*, table présentant une fente AB (fig. 428) sur un de ses bords. Au-dessus de cette fente se trouve une traverse CD portée par deux montants verticaux filetés E et F. Le volume est rangé le dos au long de la fente. On suspend à la traverse autant de *ficelles* qu'il y a de grecques moins deux. Ces ficelles sont passées au travers de la fente et assujetties en dessous par de petites pièces spéciales en cuivre, G, H, appelées *chevillettes*; elles sont donc maintenues rigides. Supposons qu'il y ait quatre grecques; il y aura deux ficelles passées dans les deux grecques du milieu I, J. Tout étant en place, on passe, comme s'il s'agissait du brochage, une aiguillée de fil par l'une des grecques extrêmes, en K par exemple. On fait passer le fil dans l'intérieur du cahier de manière à le faire ressortir en L. Chemin faisant on a croisé les ficelles en I et J, en passant entre elles et l'extérieur de manière à les emprisonner en quelque sorte dans l'intérieur des grecques. Arrivé en L, le fil est introduit dans le deuxième cahier et revient en K, et ainsi de suite dans les cahiers suivants. Aux deux grecques extrêmes, on fait un point de chaînette comme dans le brochage.

Cette couture est la *couture à la grecque*. Pour les ouvrages plus soignés, on emploie la *couture sur nerfs*. Cette dernière diffère de l'autre en ce que le fil, au lieu de laisser la ficelle d'un côté pour l'emprisonner simplement dans le cahier, en fait une fois le tour par un arrière-point, de sorte qu'elle est ainsi non seulement emprisonnée, mais encore attachée au fil de cousage.

Par suite de ce mode d'attache, les ficelles se trouvent rejetées à l'extérieur du dos du volume; elles forment les *nervures* ou *nerfs* que l'on remarque en travers du dos de certains ouvrages reliés avec soin. La reliuré à nerfs est d'ailleurs fréquemment imitée par la pose de fausses nervures en carton.

Après le cousage, on coupe les ficelles en laissant dépasser de chaque côté un bout de chacune d'elles qu'on

rabat sur les gardes. Puis on étend une couche de colle forte sur tout le dos.

La couture du cahier se fait aussi au moyen de machines spéciales identiques à celles qui sont employées dans le brochage mécanique, et dont nous avons indiqué ci-dessus le fonctionnement.

Ensuite vient l'*endossage*, qui a pour but d'arrondir le dos, et de produire le *mors*, saillie qui règne le long du dos de chaque côté, et dans laquelle, comme à une feuillure de porte, viendront s'articuler les *plats*, c'est-à-dire les cartons qui couvrent l'ouvrage. Le livre est placé dans un étau horizontal dont les mâchoires sont inclinées de dedans en dehors, de façon à ne laisser hors des mâchoires que le dos. La compression de l'outil fait glisser en avant les feuillets du commencement et de la fin du volume, si bien que le dos prend une forme hémi-cylindrique en bosse, et que la tranche qui lui est opposée prend l'aspect d'une *gouttière*. En même temps, les dos des cahiers extrêmes, n'étant pas pris entre les mâchoires, débordent sur elles de chaque côté et forment le mors; on les rabat à coups de marteau pour les assurer dans cette nouvelle position.

Il existe des machines au moyen desquelles l'endossage est exécuté avec rapidité; le marteau est ici remplacé par un *rouleau à endosser* qui vient faire pression sur les bords du dos, et forme les mors.

On procède ensuite à la *rognure*. Cette opération peut être faite à la main ou à la machine. Dans le premier cas, l'ouvrage est mis en presse entre deux *jumelles*, barres de bois horizontales pouvant être rapprochées par le jeu de deux vis; puis, au moyen d'un couteau conduit par une glissière mobile *(fût)*, on rogne le papier sur les trois faces de la *tranche*.

La rognure de la tranche du côté de la gouttière présente des difficultés particulières. De ce côté, en effet, les bords des feuillets doivent être préalablement ramenés dans un même plan perpendiculaire à celui des *plats*. Cette opé-

ration porte le nom de *berçage;* l'ouvrier saisit le volume entre deux petites planchettes ou *ais*, et, par un mouvement spécial, le *berce* jusqu'à ce que le résultat demandé ait été obtenu.

La rognure s'opère aussi mécaniquement, au moyen d'un coupe-papier dit *massicot* (fig. 429), à l'aide duquel on peut opérer sur un grand nombre de feuilles superposées. Il n'y a plus de berçage; avant de faire

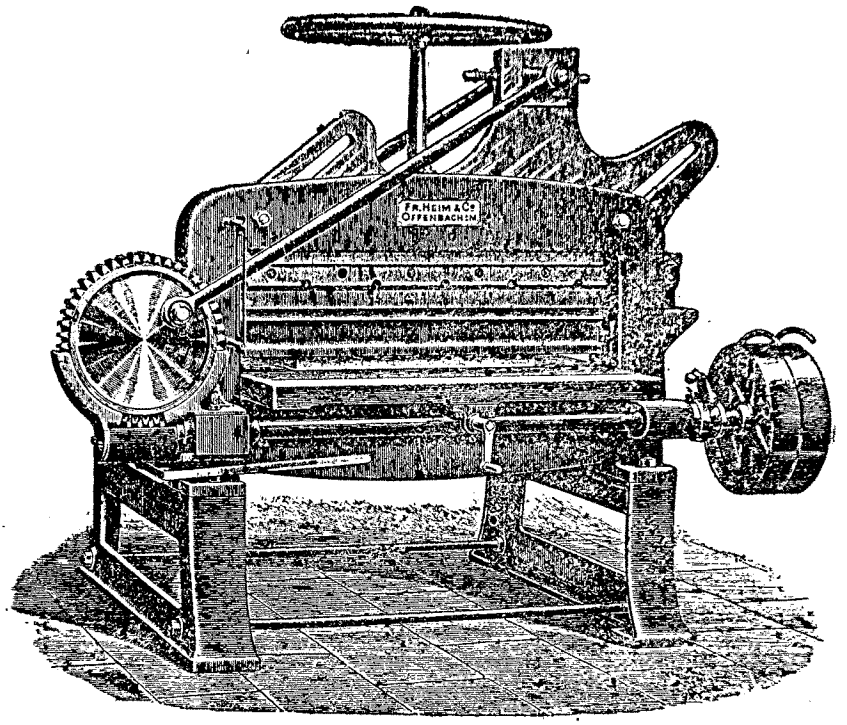


Fig. 429. — Machine à rogner (massicot).

fonctionner la lame tranchante, le volume étant maintenu sous le couteau par un serrage modéré des mâchoires, les feuillets formant gouttière sont ramenés dans le même plan vertical par la pression d'un battant qui provoque l'aplatissement du dos.

La rognure peut se faire soit avant, soit après la pose des cartons ou *plats*.

Dans la reliure de luxe, on ne rogne pas, ou l'on ne rogne que la tranche supérieure.

On peut maintenant *poser la couverture*. Les deux feuilles de carton destinées à former les *plats* sont percées de trous à la hauteur des ficelles. En même temps qu'on ajuste les cartons à la place qu'ils doivent occuper, on engage les ficelles dans les trous et on les rabat sur ou sous la couverture avec de la colle, après les avoir aplaties ou effilochées. On pose s'il y a lieu les fausses nervures; on coupe le morceau de peau ou le bandeau d'étoffe qui doit couvrir le dos; on les encolle, et on les applique avec soin en les doublant aux extrémités. Enfin, on colle sur les plats les feuilles de papier, imprimées ou non, ou la peau ou la toile qui doivent les recouvrir, en les repliant à l'intérieur du carton; on termine par le collage d'une autre feuille de garde, quelquefois marbrée, à l'intérieur des plats. On met sous presse, et on laisse sécher.

Le relieur procède parfois lui-même à l'ornementation complémentaire que reçoivent la plupart des volumes. Le livre peut être décoré par le *gaufrage*, travail qui se fait à chaud avec des matrices en cuivre appelées, suivant que le travail se fait mécaniquement ou à la main, *plaques* ou *fers;* il peut recevoir des applications d'or, d'argent, d'aluminium, etc., opérations qui constituent la partie artistique de la reliure. Pour fixer ces métaux sur le cuir ou sur l'étoffe qui garnit les plats et le dos du volume, on enduit la partie qui doit les recevoir d'une légère couche d'albumine; on la recouvre d'une feuille mince de métal *(couchure)*, puis on applique, soit à la main, soit mécaniquement, un fer chauffé, de la forme de la figure à imprimer : lettre isolée, lettres réunies dans un composteur, ornement quelconque. Le métal adhère sur la partie qui a subi la pression du fer. Le reste est enlevé au moyen d'une brosse, et est reçu dans des boîtes spéciales appelées *cloches*.

On peut aussi décorer les livres par l'impression de

lettres ou d'ornements en couleur Les tirages en couleur ont lieu au moyen de presses à rouleaux automatiques, ou simplement d'un petit rouleau imprimeur à poignée. Les couleurs s'appliquent à froid; aussi est-il nécessaire, avant leur impression, de gaufrer d'abord à chaud, afin de polir la surface destinée à les recevoir.

Quant à la *dorure sur tranches*, elle constitue une industrie tout à fait à part.

Il existe d'autres reliures plus économiques, pour les livres à bon marché. Ainsi l'*emboîtage* est un mode de reliure dans lequel les dos et les plats sont d'une seule pièce; dans ce cas, les ficelles sont rabattues à l'intérieur sur les gardes.

Pour la reliure des *registres*, on emploie le système dit *reliure à dos brisé*. La couture des cahiers se fait sur deux ou plusieurs rubans qui les relient par le dos, et dont les bouts se rabattent sur les gardes. Le dos de la couverture est formé d'un *faux dos*, constitué par plusieurs cartons parchemin, et il est fréquemment muni de bandes d'acier posées en travers, dissimulées, et qui ont pour but de maintenir, en faisant ressort, le registre étalé quand il est ouvert

CHAPITRE VI

Gravure.

On donne en général le nom de *gravure* à des dessins tracés plus ou moins profondément, à l'aide d'outils divers, à la surface de matières offrant quelque résistance.

La *gravure* se subdivise en un grand nombre de branches, répondant aux besoins d'industries absolument différentes. C'est ainsi qu'on peut décorer par la gravure, soit en creux, soit en relief, des matières comme les métaux, les pierres fines, les cristaux; graver, soit en creux, soit en relief, sur l'acier, les poinçons destinés à la frappe des monnaies et des médailles; fabriquer les planches et cylindres employés à l'impression des tissus ou des papiers peints (voir ci-dessus 4e partie, chapitre VIII, et 5e partie, chapitre III, § II); etc.

Nous ne parlerons ici que des opérations, qui, avec le secours du dessin, et à l'aide de traits creusés à la surface de matières dures, conduisent à la représentation par l'*impression* des caractères, estampes et dessins divers.

Nous distinguerons tout d'abord la *gravure en creux* ou *en taille-douce,* et la *gravure en relief* ou gravure *typographique.*

§ Ier

GRAVURE EN CREUX OU EN TAILLE-DOUCE

Dans ce genre de gravure, on prépare des planches présentant en creux les traits du dessin à reproduire. Si donc, après avoir garni d'une encre grasse, épaisse, les parties creuses d'une telle planche, on appuie cette dernière sur une feuille de papier, les traits du dessin se trouveront transportés par *report* sur le papier.

Pour préparer une planche gravée en creux, il existe plusieurs moyens, donnant des résultats quelque peu différents, et qu'on choisit d'après les effets à obtenir.

La gravure en creux s'exécute sur métal, sur pierre, sur verre. Elle se fait au burin ou à l'eau-forte.

Les planches métalliques sont des plaques de 2 millimètres d'épaisseur environ, généralement en cuivre rouge, exactement planées; l'acier, l'étain, le laiton, sont réservés pour certains travaux spéciaux.

Gravure au burin. — La gravure *au burin*, ou *gravure en taille-douce* proprement dite, consiste à couvrir la planche d'un réseau de sillons creusés, s'entre-croisant et se resserrant plus ou moins, de façon à donner au tirage, aussi fidèlement que possible, l'aspect du dessin à reproduire.

Les principaux outils du graveur sont le *burin* et la *pointe.* Le burin est une petite barre en acier trempé dont la section est un carré ou un losange; elle est montée par un de ses bouts (*soie*) dans un manche en bois en forme de champignon; l'autre bout, coupé en biseau

suivant une section en forme de losange plus ou moins allongé, présente une partie pointue et deux angles tranchants. Une partie de la tête du champignon est sectionnée à plat, du côté de la pointe du burin.

La *pointe* est une mince tige d'acier, montée dans un manche cylindrique, et finement aiguisée.

Le dessin a été préalablement décalqué sur la plaque, au moins par ses contours. Avec la pointe, le graveur trace les traits fins et déliés. Avec le burin, il entaille plus profondément la matière; pour se servir de cet outil, il le saisit entre le pouce et les trois derniers doigts; avec la paume de la main, en contact avec le manche, il lui transmet l'effort nécessaire pour inciser la planche; l'index sert de guide à la lame. Les bavures ou rebords saillants, qui restent sur les bords des incisions, sont enlevées avec un grattoir spécial appelé *ébarboir*.

L'action du burin est ordinairement préparée par celle de l'*eau-forte*. (Voir ci-après.)

Lorsqu'on opère sans le secours de l'acide, à l'aide de la pointe seulement, on obtient des gravures *à la pointe sèche*. Ce procédé donne des épreuves dépourvues de vigueur; on l'emploie pour le portrait, pour le tracé des paysages lointains, etc.

Gravure à l'eau-forte. — La gravure à l'*eau-forte* se fait sur plaques de cuivre, d'acier et même de zinc. La plaque est d'abord enduite d'une mince couche d'un vernis formé de matières résineuses et de noir de fumée, et inattaquable à l'acide azotique (*eau-forte*). Puis le dessin est décalqué sur le vernis. Avec une pointe fine, on en suit les contours, en enlevant le vernis et, par conséquent, en mettant le métal à nu partout où passe cette pointe. On entoure ensuite la planche d'un rebord en *cire à border*, de manière à former une sorte de cuvette dont la plaque forme le fond; on y verse de l'acide azotique à 20 degrés Baumé qui *mord*, c'est-à-dire ronge le métal dans les parties mises à nu et grave ainsi les traits du dessin, en respectant les parties protégées par

le vernis. Quand on juge la morsure suffisante pour les traits fins, on lave la planche, on recouvre ces traits avec du vernis au pinceau, et on recommence la morsure jusqu'à ce qu'on ait réalisé l'effet désiré. On rince à grande eau et on enlève le vernis en lavant à l'essence de térébenthine, ou en frottant avec un charbon de saule. La planche est prête pour le tirage.

En modifiant les détails des procédés de gravure à l'eau-forte, on est arrivé à imiter presque tous les genres de dessin; la gravure *genre crayon* imite les irrégularités des traits tracés par le crayon sur du papier à grains; la gravure *au lavis* imite le lavis à l'encre de Chine, etc.

La gravure de la *musique* se fait le plus souvent sur des planches d'étain ou de zinc. Les portées sont d'abord gravées à l'aide d'une espèce de tire-ligne à cinq pointes aiguës; les clefs, les notes, les paroles, sont frappées au moyen de poinçons d'acier portant ces signes en relief; les queues des noires, des blanches, des croches, les demi-cercles des liaisons sont faits au burin.

La gravure des *cartes géographiques* se fait sur des planches de laiton, d'étain ou d'acier. Les traits légers sont gravés à la pointe sèche et à l'eau-forte; les traits plus accusés sont obtenus au burin; les hachures sont traitées avec une pointe guidée par une règle; les lettres sont exécutées par des ouvriers spéciaux.

Gravure sur pierre en creux. — La pierre destinée à être gravée doit être d'excellente qualité; le grain doit en être aussi serré que possible; elle doit être très soigneusement poncée, c'est-à-dire dressée à la pierre ponce. Avant toute opération, on enduit sa surface d'acide azotique à 8 degrés au moyen d'un chiffon ou d'une éponge fine, puis on la recouvre d'une couche de gomme arabique, et on lave à l'eau. L'acide a ouvert les pores de la pierre dans lesquels la gomme a ensuite pénétré; cette préparation aura pour effet, lors du tirage, d'empêcher l'encre d'imprimerie d'adhérer aux parties non gravées. Le dessin est ensuite tracé directement sur la pierre au crayon

ordinaire, ou décalqué sur cette dernière au moyen d'un papier gélatiné transparent; afin de rendre plus visibles les traits du dessin ainsi que les traits gravés eux-mêmes, la pierre a été préalablement teintée en vert, en rouge ou en noir.

Le travail de gravure proprement dit peut alors commencer; le graveur entaille la pierre à la pointe et à l'*échoppe* (sorte de petit burin). Lorsque la pierre est entièrement gravée, on la passe à l'huile pour faciliter la pénétration du noir dans les tailles et on encre au tampon; comme nous l'avons dit, l'encre ne prend pas sur les parties non gravées; on essuie légèrement avec une éponge imbibée d'eau, et on applique une mince couche de gomme pour préserver la gravure de toute souillure; la pierre est prête pour le tirage.

La gravure sur pierre à l'eau-forte est employée spécialement pour la reproduction des vignettes, portraits, paysages; elle donne plus de douceur que la taille directe et assure mieux la gradation des tons.

La pierre étant préparée comme ci-dessus à l'acide et à la gomme, on l'enduit d'un vernis à recouvrir comme s'il s'agissait d'une planche de cuivre; le graveur entaille le vernis, en attaquant même quelque peu la pierre, selon les teintes plus ou moins foncées à obtenir. On procède ensuite à la morsure comme dans le cas du cuivre, mais l'acide employé est ici l'acide acétique; on n'a recours à l'acide azotique que pour les teintes très foncées; encore l'action de ce dernier acide doit-elle être suivie d'une très rapide attaque à l'acide acétique.

Tirage des gravures en taille-douce. — Pour imprimer une gravure avec une planche en taille-douce, on procède comme il suit.

Au moyen d'un tampon, on recouvre la planche d'une couche uniforme d'une encre préparée avec de l'huile très épaisse et du noir de fumée; on passe un chiffon de mousseline sur toute la surface, ce qui a pour effet de faire pénétrer l'encre dans les tailles et de nettoyer les parties

lisses. On peut alors imprimer. La planche est placée sur un plateau en bois; on pose dessus, après l'avoir préalablement humectée, la feuille qui doit recevoir l'impression; on la recouvre de plusieurs épaisseurs de feutre ou de flanelle, et l'on fait passer le tout entre deux rouleaux de bois dur ou d'acier; les dessins gravés se reproduisent par impression. Il faut recommencer toute la manœuvre pour obtenir une autre épreuve.

Quand une planche de cuivre doit servir à de nombreux tirages, on a recours à l'*aciérage* pour l'empêcher de s'user et pour en prolonger l'usage. Ce procédé consiste à recouvrir la planche, par procédé galvanique, d'une couche de fer. A mesure que le tirage use la couche de fer, on peut répéter l'aciération.

S'il s'agit d'une gravure sur pierre, le plus souvent le tirage n'a pas lieu directement sur la pierre initiale gravée; cette dernière serait en effet altérée par les frottements subis au cours des opérations successives. Aussi procède-t-on par voie de *report*, comme nous le verrons plus loin. (Voir ci-dessous, lithographie, chap. VII.)

§ II

GRAVURE EN RELIEF OU GRAVURE TYPOGRAPHIQUE

Dans la gravure *en relief*, à l'inverse de ce qui se passe dans la gravure *en creux*, les traits qui doivent apparaître en noir sur l'épreuve sont en relief; en encrant avec une encre convenable une planche de ce genre, les reliefs seuls s'en enduisent et les creux n'en prennent pas. En raison de cette disposition, ces planches peuvent être introduites dans les formes d'imprimerie (voir ci-dessus, VI^e^ partie, chap. IV, § I^er^), et être tirées en même temps que la composition typographique; de là le qualificatif de *typographique* appliqué à la gravure en relief. C'est ainsi que

sont illustrés les livres avec gravures intercalées dans le texte; le présent ouvrage en est un exemple.

La gravure en relief peut être exécutée, comme l'autre, au burin ou à l'eau-forte.

Gravure sur bois. — Quand on a recours au burin, on emploie comme planche le bois. L'essence à peu près exclusivement employée est le *buis;* le bloc est en *bois debout*, c'est-à-dire que la direction des fibres est perpendiculaire à la surface gravée. L'esquisse du dessin a d'abord été décalquée sur la surface à inciser; c'est sur cette esquisse que le dessinateur achève son dessin, au crayon ou à l'encre de Chine. A son tour, à l'aide de burins et d'échoppes de formes variables, le graveur entame le bois dans les parties blanches et *épargne*[1] les traits et hachures du dessin, qui seuls restent en saillie.

Le *bois* obtenu peut servir pour le tirage. Mais comme en raison du peu de solidité des reliefs il ne saurait résister longtemps, on le remplace par un cliché obtenu par voie galvanoplastique (*galvano*). Pour cela on fait un moule du *bois*, en gutta-percha ou en cire, on le métallise à la plombagine et on le suspend au pôle négatif d'un bain galvanique de sulfate de cuivre; il se dépose à la surface du moule une couche de cuivre qu'on détache lorsqu'elle est suffisamment épaisse. On renforce cette feuille en coulant par derrière un alliage fusible, et on monte le tout sur une semelle de bois à laquelle on donne la hauteur voulue pour que le galvano trouve sa place dans les formes. Quand le cliché est usé, on peut en obtenir un autre en partant du bois original.

Gravure en relief sur métal, à l'eau-forte. — Pour exécuter une gravure en relief sur métal, à l'eau-forte, on opère comme pour la gravure en creux, mais en recouvrant du vernis protecteur les traits et hachures du dessin. Ce procédé n'est mis en pratique que par l'emploi

1. La gravure en relief a été parfois désignée sous le nom de gravure *en taille d'épargne.*

des tirages photo-mécaniques dont nous parlerons plus loin. (Voir ci-dessous, chap. IX.)

Si l'on se sert du zinc, la morsure a lieu en plusieurs fois, avec un acide de moins en moins dilué et avec des précautions particulières qui ont pour effet de ménager la base des reliefs. Au lieu d'être normales à la surface de la planche (fig. 430), les parois de ces reliefs sont obliques à cette surface (fig. 431); elles sont ainsi rendues plus résistantes à la pression qu'elles auront à supporter au cours des opérations du tirage.

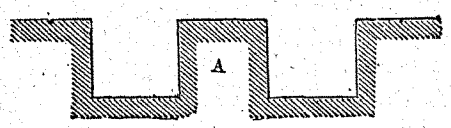


Fig. 430. — Reliefs droits.

Gravure sur pierre en relief. — On recouvre la pierre bien poncée d'encre lithographique que l'on étend à sa surface avec un chiffon sec; on superpose à cette première couche légère une couche de vernis à recouvrir et on décalque le dessin au moyen d'une feuille de papier gélatiné transparent. Puis on entaille les blancs du dessin exactement comme dans le cas de la gravure sur bois. Le travail terminé, on passe à la surface de la pierre, à l'aide une éponge, de l'acide azotique à 8 degrés et on gomme; l'imprimeur enlève le dessin à l'essence, encre la planche, et l'on peut procéder au tirage. Ce procédé donne d'excellents résultats dans le cas où les noirs dominent.

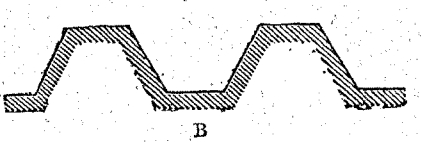


Fig. 431.
Reliefs obliques ou en talus.

On a parfois employé l'eau-forte pour obtenir des gravures sur pierre en relief. La pierre était débitée à hauteur convenable pour pouvoir être insérée dans les formes typographiques, le graveur y traçait le dessin à l'encre ou au crayon lithographiques. Puis, au moyen d'un rouleau de gélatine ou de caoutchouc, on enduisait la surface d'un vernis qui n'adhérait qu'aux parties encrées. On procédait ensuite à des morsures successives à l'acide, en ménageant des

reliefs en talus; la morsure terminée, on enlevait le vernis à l'essence, on lavait à l'eau, on laissait sécher et on procédait au tirage. Le tirage direct est aujourd'hui complètement abandonné. La gravure sur pierre est reproduite sur une plaque de zinc montée sur un bloc de bois ayant une hauteur convenable pour pouvoir être insérée dans les formes d'imprimerie. Pour réaliser cette opération, l'imprimeur lithographe tire une épreuve sur pierre à l'encre *de report*, en employant du papier de Chine encollé à l'amidon et faiblement humide; ce papier jouit de la propriété de restituer entièrement, sous l'influence de la pression, l'encre qu'il a pu absorber. La plaque de zinc étant sur la presse, on pose à la surface l'épreuve sur papier de Chine, sur laquelle on exerce quelques pressions successives. Le papier abandonne au zinc l'encre qui constitue le dessin; on fixe celle-ci sur le métal au moyen d'une solution d'acide gallique et de gomme. L'imprimeur a terminé son travail; le *mordanceur* s'empare de la plaque de zinc; il recouvre de poudre de résine les parties du dessin qui doivent rester en relief (la poudre de résine n'adhère que sur ces parties), et procède à la morsure par l'acide azotique en ménageant les reliefs en talus; la morsure terminée, il fixe le zinc sur le bloc de bois.

Gravure au poinçon. — La gravure *au poinçon* consiste à produire à la surface d'un métal malléable, par l'enfoncement dans ce métal d'un *poinçon* en acier trempé, des creux et des reliefs de formes déterminées. Parmi les arts qui emploient ce procédé, nous citerons l'orfèvrerie, la bijouterie, la frappe des monnaies et médailles, la fabrication des rouleaux d'impression sur étoffes, celle des boutons de métal et enfin la typographie. Nous dirons quelques mots de la gravure des *caractères typographiques*.

On fabrique le caractère d'imprimerie en coulant un alliage de plomb et d'antimoine dans un moule formé d'un petit canal allongé et prismatique à la base duquel on

applique une plaque de cuivre appelée *matrice*, présentant en creux l'empreinte de la lettre. Cette empreinte est obtenue au moyen d'un *poinçon* qui porte, gravée en relief sur une de ses extrémités, la lettre à reproduire. Avec ce poinçon on *frappe* la matrice, en appliquant la lettre gravée sur une planche de cuivre et en frappant avec une masse sur l'autre extrémité du poinçon; on force ainsi la lettre à s'imprimer en creux dans le métal. Les matrices subissent ensuite un travail consistant à les équarrir et à en égaliser la profondeur. Ce travail porte le nom de *justification*.

Le *poinçon* est fabriqué par le *graveur en caractères*.

On prend une tige d'acier de section carrée ou rectangulaire et de 6 à 7 centimètres de longueur; les dimensions de l'acier varient avec celles de la lettre à graver. L'une des extrémités de cette tige (*tête du poinçon*) est arrondie; c'est sur cette extrémité que frappera la masse pour enfoncer le poinçon dans la planche de cuivre; sur l'autre extrémité (*œil*), on grave le caractère voulu. La gravure doit représenter la lettre retournée, car par suite des opérations postérieures, le caractère servant à l'impression typographique étant disposé dans le même sens que le poinçon, l'impression produit elle-même un retournement qui fournira sur le papier le caractère dans son véritable sens.

Le travail consiste à rendre d'abord la surface à graver exactement perpendiculaire à l'axe du poinçon, au moyen de l'*équerre* et de la *pierre d'émeri*, et à la polir sur la *pierre à l'huile*. On y trace ensuite à la pointe sèche le dessin de la lettre. Puis au moyen des *échoppes* et des *onglettes*, sortes de petits burins, on creuse le métal autour des parties qui doivent rester en relief.

L'extérieur est terminé (*approché*) à la lime fine.

Ce genre de gravure, effectué lettre par lettre, exige une très grande régularité d'exécution; il faut que tous les caractères entrant dans la composition d'une page aient une dimension constante dans le sens de la hauteur

de la lettre, c'est-à-dire la même *force de corps* (voir ci-dessus, VI^e^ partie, chap. IV.) Cette régularité est obtenue par l'emploi d'un *calibre*, sorte de réglette mobile.

Lorsque le poinçon est gravé et calibré, on l'achève en lui donnant la trempe.

Les *vignettes mobiles* ou *à combinaisons* servant en typographie sont obtenues comme les poinçons des lettres ordinaire.

La gravure typographique comporte encore l'exécution, sur plaque de cuivre ou d'acier, de tous les motifs susceptibles d'orner un texte : lettres ornées, culs-de-lampe, coins décorés, etc., en usage courant dans l'imprimerie.

Une autre application de ce genre de gravure en relief est la préparation des *fers à dorer*. Les fers à dorer sont employés par les doreurs sur cuir, sur carton, etc., pour orner une surface quelconque, comme par exemple les couvertures de livres. Les *petits fers* sont des ornements gravés sur une tige de bronze (alliage de cuivre et d'étain); c'est par l'emploi de combinaisons de petits fers de diverses formes que le doreur obtient ces ornements de dorure qu'on remarque sur certaines reliures; le petit fer est *poussé* (c'est-à-dire empreint sur la surface à dorer) directement à la main. Les sujets plus grands, gravés sur plaques de bronze, exigeant une pression plus considérable, sont frappés au balancier. Outre les applications d'or, d'argent, d'aluminium, etc., ce procédé permet d'obtenir, par l'emploi de plaques différentes, des tirages en couleur. (Voir ci-dessus, chap. V, § II.)

Depuis une trentaine d'années, on a appliqué en grand, à l'art de la gravure, les procédés fondés sur la manière dont la lumière agit sur des substances chimiquement sensibles à son action. Nous donnerons plus loin (voir ci-dessous, chap. IX) quelques exemples de ces applications.

CHAPITRE VII

Lithographie.

La *lithographie* est un autre moyen de reproduire le dessin ou l'écriture par voie d'impression. Ici, on ne grave pas : on écrit ou l'on dessine ; le support de l'écriture ou du dessin, qui doit servir de planche à imprimer, est en pierre.

L'encre qu'on emploie est une encre grasse et assez épaisse ; on l'applique avec des plumes métalliques, des plumes d'oiseau taillées, des tire-lignes, des pinceaux, selon le travail à effectuer. On peut aussi se servir de crayons gras spéciaux.

La pierre lithographique est un calcaire à grain très fin, non cristallisé, mais susceptible de poli ; c'est une variété rare ; la meilleure vient de Bavière.

La série des opérations se compose de la *préparation* de la pierre et du *tirage*.

Préparation de la pierre. — Si la pierre lithographique (fig. 432) est neuve, on commence par rendre sa surface aussi exactement plane que possible ; puis, si elle doit recevoir des dessins à la plume, on la frotte avec un morceau de pierre ponce dressé à la lime et trempé de temps en temps dans l'eau. Si elle doit recevoir des dessins au crayon, sa surface doit être rendue légèrement grenue ; l'opération du *grenage* consiste à saupoudrer la pierre de sable fin, à la mouiller avec une éponge, et à la frotter avec une autre pierre agissant par son seul poids. On lave et on sèche.

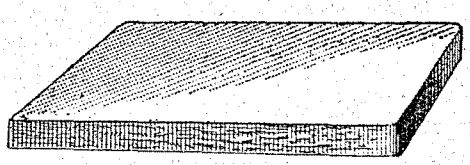


Fig. 432. — Pierre lithographique.

Le lithographe exécute ensuite son dessin sur la

pierre, en employant, comme nous l'avons dit, soit de l'encre grasse (*encre lithographique*), soit un crayon gras (*crayon lithographique*). Pour venir *à l'endroit* sur le papier, les caractères et le dessin doivent être exécutés *à rebours* sur la pierre. C'est là un travail dont le lithographe acquiert facilement l'habitude; du reste, il peut s'aider d'un miroir dans lequel se reproduisent à l'endroit les caractères qu'il trace, et se rendre ainsi exactement compte de l'effet produit.

Le dessin étant terminé, on prépare la pierre pour l'impression. Pour cela, on étend sur toute sa surface un liquide spécial, mélange d'acide azotique faible et d'une solution de gomme arabique; ce liquide a pour effet de fixer les caractères, et de rendre les parties nues de la pierre inaptes à recevoir l'encre d'impression. Après dessiccation, on lave à l'eau, puis à l'essence de térébenthine. La matière grasse de l'encre est enlevée par l'essence, si bien que les caractères disparaissent. Mais rien n'est perdu, car les parties qui étaient couvertes par le corps gras n'ont pas été attaquées par l'acide, et ce sont elles qui maintenant constituent les caractères, à l'état latent. Il suffira, pour les rendre visibles, de mouiller légèrement la pierre avec une éponge fine, et de passer un rouleau encré à sa surface : les parties qui n'ont pas été attaquées par l'acide prennent seules l'encre, et les caractères apparaissent.

Tirage. — Pour le tirage, on se sert d'une *presse à bras*, ou d'une *presse mécanique*.

La presse à bras (fig. 433) est composée d'un bâti de bois, à l'intérieur duquel peut se mouvoir par glissement un chariot *p*, sur lequel on pose la pierre. Pour faire avancer ou reculer le chariot, on agit sur la roue-manivelle M, appelée *moulinet*. L'arbre sur lequel elle est calée porte une sangle *c* qui s'enroule autour de lui et provoque le mouvement du chariot. Lorsqu'on veut faire reculer ce dernier, on lâche le moulinet, et le contrepoids P′ ramène le tout à l'extrémité du bâti. Un *châssis* en fer, D,

garni de cuir, articulé au chariot, et relevé en temps ordinaire, peut se rabattre sur la pierre. Une pièce ordinairement dressée R, appelée *râteau*, et articulée au bâti, peut aussi se rabattre, et s'engager dans une pièce en fer située au-devant de la presse, qu'on peut faire monter ou descendre à l'aide de la pédale K et de son levier K'.

Pour tirer une lithographie, la pierre étant en place, on la mouille avec une éponge; puis on passe à sa sur-

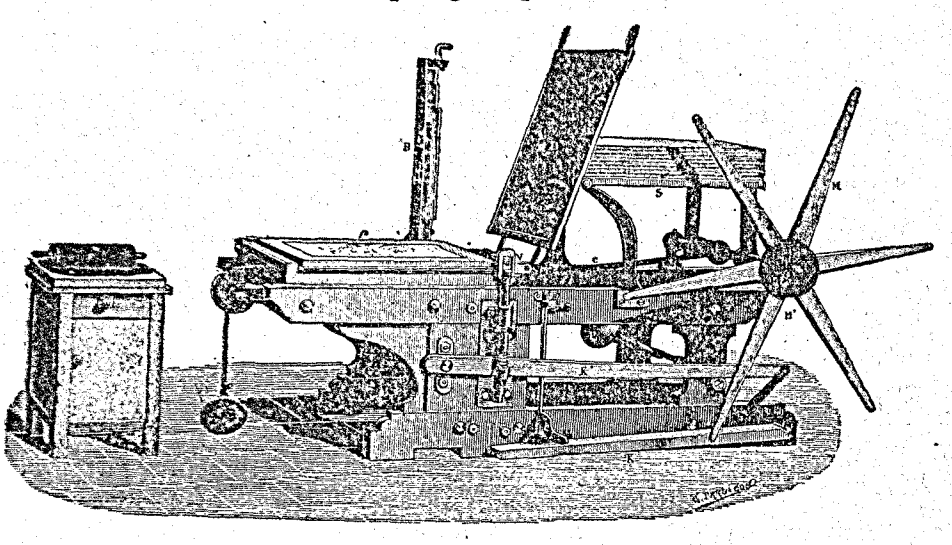


Fig. 433. — Presse à bras.

face un rouleau d'imprimerie *r* chargé d'encre, présentant la particularité d'être en bois, et revêtu de feutre puis d'un cuir soigneusement cousu. Certaines presses ont sur le chariot une table à encrer, encrant au passage des rouleaux fixes qui, eux-mêmes, encrent la pierre. On applique alors sur cette dernière la feuille de papier qui doit recevoir l'impression. On place dessus une autre feuille de papier, et l'on abaisse le *châssis*. Rabattant de même le *râteau*, on le fait appuyer en agissant avec le pied sur la pédale, et l'on donne un tour de roue au moulinet. Quand le chariot a passé sous le *râteau*, on relève celui-ci en lâchant la pédale, le contrepoids ramène tout en arrière, on relève le châssis et on enlève la feuille imprimée.

Les presses mécaniques ne diffèrent guère des *machi-*

ncs en blanc employées dans la typographie. La pierre y tient lieu de forme.

Si l'on devait tirer un grand nombre d'exemplaires du même travail, le dessin sur la pierre ne tarderait pas à être altéré. Pour éviter cet inconvénient, on a recours aux *reports*. Un dessin étant exécuté sur une pierre, on se sert de ce dessin pour en obtenir de pareils, mais sur d'autres pierres, qui, elles, serviront à l'impression, la première restant réservée pour donner de nouveaux reports en cas de besoin. On prend une feuille de papier dont la surface est enduite de colle de pâte. On y imprime le dessin, on *reporte* c'est-à-dire on applique cette feuille sur une autre pierre, le dessin en dessous, on humidifie la feuille, et l'on soumet à la presse. La colle adhère à la pierre. On lave à l'eau, la feuille s'enlève, mais non la colle; celle-ci reste sur la pierre, emprisonnant les caractères imprimés. On lave de nouveau, la colle finit par disparaître et les caractères restent seuls. On peut dès lors imprimer, après avoir fait subir à cette pierre le même traitement qu'à toute autre pierre destinée au tirage.

Sur la pierre lithographique les dessins sont, nous l'avons dit, tracés à l'envers. On tourne cette difficulté par le procédé dit *autographique;* il consiste à exécuter d'abord le dessin sur un papier spécial, à le reporter ensuite. Sur le papier, il est à l'endroit, donc, sur la pierre, il sera à l'envers. Le papier dont on se sert est recouvert de colle de fécule ou de gélatine. L'encre est faite avec de l'albumine, du ferrocyanure de potassium, du bichromate de potassium et une matière colorante. On se sert aussi d'un crayon composé de paraffine, de noir de fumée et de résine. On reporte sur pierre, on mouille avec une éponge, on presse, et la lithographie est effectuée. On peut aussi reporter sur zinc, comme précédemment. Ce double transport, comme tous les reports, du reste, a pour conséquence un manque de finesse des produits.

Les procédés connus sous les noms d'*autocopie, polycopie, vélotypie,* etc., sont du même ordre; la pierre est remplacée par une plaque formée d'une pâte à base de gélatine.

La *chromolithographie* permet de reproduire, à l'aide des procédés lithographiques, des dessins en plusieurs couleurs.

La première opération consiste à exécuter au trait l'œuvre à reproduire; ce dessin doit être fait avec le plus grand soin, sur papier végétal. On y calque, à l'encre lithographique légère, tous les contours du dessin, et on y marque les surfaces que doit occuper chaque nuance

ECOLE
NORMALE PROVINCIALE
D'INSTITUTEURS
à CHARLEROY

CHAPITRE VIII

Photographie.

§ Ier

PRINCIPES

La *photographie* est une exécution automatique d'un dessin par la seule action de la lumière. Ce dessin peut être reproduit indéfiniment par une autre opération du même genre. Les produits obtenus s'appellent des *photographies*.

Cet art a pour principes deux phénomènes, l'un physique : la formation des images dans la *chambre noire;* l'autre chimique : la révélation et la fixation de l'image formée par *la lumière*.

Chambre noire. — Si, au travers de l'une des parois *a* d'une *chambre noire*, c'est-à-dire entièrement fermée

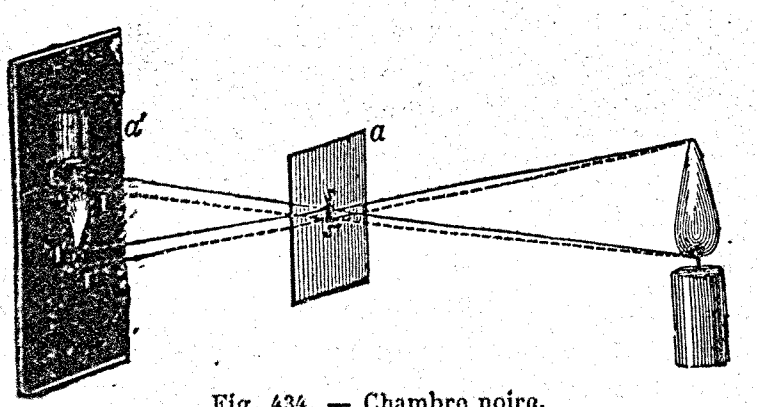


Fig. 434. — Chambre noire.

et dans laquelle règne l'obscurité, on pratique un étroit orifice S S', on voit se reproduire sur la paroi opposée *a'* l'image réelle renversée des objets extérieurs, avec sa coloration (fig. 434). Les dimensions d'une image dépendent de la distance de l'objet extérieur et de l'écartement

des deux parois. En plaçant dans l'ouverture une lentille biconvexe, on obtient au foyer de celle-ci une image plus éclatante et plus nette. En raison de la concentration des rayons lumineux qu'opère ce genre de lentilles, on peut agrandir l'ouverture, ce qui augmente le *champ* de l'appareil, c'est-à-dire, permet à un plus grand nombre d'objets extérieurs de donner en même temps leur image. En outre, plus la lentille est grande, plus l'image est éclairée; elle est aussi d'autant plus amplifiée que la distance focale de la lentille est plus longue. On n'a, du reste, pas intérêt à prendre une lentille à distance focale trop courte, sous prétexte d'avoir une chambre moins longue, car, à cause de *l'aberration de sphéricité* (1), il en résulterait une déformation des bords de l'image.

Action chimique de la lumière. — La lumière est capable d'exercer une action chimique sur certains corps composés. Cette action n'est pas toujours la même; ainsi, pour ne parler que des réactions utilisées par la photographie, tantôt elle est *réductrice*, tantôt est elle *oxydante*. Les *peroxydes* métalliques, les *acides* ou les *sels suroxygénés* tendent à se désoxyder en tout ou en partie sous son action : de même les *chlorures* tendent à perdre leur chlore; les *bromures*, leur brome; les *iodures*, leur iode. Par contre, ces quatre corps, (oxygène, chlore, brome, iode), qui abandonnent les métaux sous l'influence de la lumière, tendent sous la même influence à s'unir avec l'*hydrogène*, *l'alcool*, les *résines*, les *essences* et même le *papier*. Si un corps de la catégorie des réductibles se trouve en contact avec un corps de la catégorie des oxydables, la lumière, en agissant sur le mélange, provoquera les deux réactions simultanément. Le métalloïde

1. *L'aberration de sphéricité* provient de ce que les rayons émanés d'un point, après avoir traversé une lentille, ne vont pas tous se couper en un seul point conjugué du premier, de sorte que les images manquent de netteté, ont du *flou*, et sont même un peu déformées. Ce défaut augmente avec l'épaisseur des lentilles, et il est surtout apparent pour les rayons passant loin de l'axe.

(oxygène, chlore, brome, iode), quittant son métal, se portera sur l'hydrogène ou sur le composé organique avec d'autant plus d'énergie qu'il aura plus d'affinité pour ces derniers, de sorte que l'action oxydante sera une cause *accélératrice* de l'action réductrice; de plus, elle la fera apparaître en quelque sorte, au cas où elle serait masquée par une cause quelconque : elle en sera donc l'agent *révélateur*. Il n'est même pas nécessaire d'effectuer le mélange avant l'exposition à la lumière; en l'effectuant seulement après l'insolation de l'une ou de l'autre des substances, le résultat final est le même, la réaction n'apparaissant qu'au moment du mélange. Les matières qui sont susceptibles de se désoxyder, déchlorurer, etc., sous l'action de la lumière sont appelées, dans l'industrie photographique, des matières *impressionnables*; celles qui, par leur oxydation, chloruration, etc., font apparaître la réaction subie par les premières sont nommées matières *révélatrices*. Mais celles-ci, si elles ont été insolées les premières, peuvent être considérées comme étant *impressionnables*, et celles-là, dans ce cas, deviennent leurs *révélatrices*. Ces qualificatifs n'ont donc qu'une signification relative.

Rayons chimiques. — Tous les rayons lumineux ne sont pas également capables de produire ces réactions. La lumière blanche est formée de *sept* groupes principaux de rayons, différant par la couleur : ce sont, par ordre de réfrangibilité décroissante, le *violet*, *l'indigo*, le *bleu*, le *vert*, le *jaune*, *l'orangé* et le *rouge*. En outre, au delà du violet, et en deçà du rouge, se trouvent d'autres rayons invisibles qui sont les groupes de *l'ultra-violet*, et de *l'infra-rouge*. Les rayons pouvant agir chimiquement sur les corps sont les plus réfrangibles : bleu, indigo, violet, ultra-violet. Les rayons orangés, rouges, infra-rouges sont à peu près inactifs à ce point de vue. Une matière susceptible d'être chimiquement altérée par la lumière blanche du soleil restera donc intacte dans un local éclairé seulement par des rayons orangés ou rouges. En revanche, toute

source de lumière riche en rayons bleus, indigo ou violets provoquera des réactions actives : tel est le cas de la lumière électrique des lampes à arc, de celle que produit la combustion du magnésium. Ces rayons capables d'action chimique sont appelés rayons *chimiques*, *actiniques* ou *photogéniques*.

On connaît cependant des substances sensibles à toutes les couleurs du spectre, et l'on peut, suivant les besoins, préparer des plaques pouvant être impressionnées, soit par toutes ces couleurs, soit par quelques-unes seulement. Les plaques, dites ordinaires, ne sont sensibles qu'aux radiations blanches, bleues et violettes ; certaines couches d'émulsions sont sensibles soit aux rayons jaunes ou verts, soit aux rayons rouges ou jaunes, soit à toutes les couleurs spectrales ; elles sont dites alors *panchromatiques*.

On peut donc obtenir des plaques impressionnables par tous les rayons visibles, et même par les rayons invisibles tels que les ultra-violets.

Nature de la photographie. — La photographie consiste essentiellement en ceci : prendre une chambre noire munie d'une lentille dans l'orifice ; couvrir la paroi opposée d'une plaque *mobile*, recouverte elle-même d'une substance *impressionnable ; exposer* l'appareil, ainsi garni, *à la lumière*, en face de l'objet dont on veut avoir l'image ; faire agir sur la plaque une substance *révélatrice*, qui fera apparaître la réaction produite sur la première. L'objet extérieur situé devant la chambre, étant lumineux par réflexion, a envoyé des rayons sur la plaque ; celles de ses parties qui étaient le plus vivement éclairées en ont envoyé plus que les autres, de sorte que non seulement la substance impressionnable a été altérée sur toute la surface recouverte par l'image de cet objet, mais elle l'a été inégalement, les parties éclairées étant plus altérées ; finalement, cette altération, par ses variations d'intensité, a reproduit à l'état latent, non seulement le contour de l'objet, mais encore son modelé. On verra

donc, sous l'action du révélateur, apparaître une image fidèle de l'objet, produite par les différences de ton, de nuance, d'apparence, de la matière impressionnée. Seulement cette image est *négative*, ce qui veut dire, que les parties sombres de l'objet sont les plus claires sur la plaque, et *vice versa*. Il faut donc avec ce dessin *négatif*, auquel on donne le nom de *cliché* ou de *phototype*, produire d'autres dessins *positifs* où les *clairs* et les *sombres* seront à leur place. C'est là l'objet d'une deuxième opération ressemblant beaucoup à la première, mais pour laquelle on peut se passer de la chambre noire. La photographie comprend donc trois séries d'opération: 1° la préparation des plaques; 2° l'obtention du cliché; 3° le tirage des positifs.

§ II

PRÉPARATION DES PLAQUES

Les substances impressionnables ordinairement employées sont les sels *d'argent*, notamment les *chlorure, bromure* et *iodure* d'argent; la raison en est que ce métal, lorsqu'il est mis en liberté par le révélateur dans les parties impressionnées, se précipite en poudre noire; c'est lui qui donne le dessin. Mais ces composés ne peuvent être fixés à une plaque sans être en émulsion dans une matière adhésive qui leur sert de support; c'est pourquoi on prépare d'abord ce support. Pour cela, on se sert du *collodion*, quelquefois de *l'albumine*, le plus souvent de la *gélatine*. Quant à la plaque, elle est ordinairement en verre; on choisit un verre mince, sans défauts; la plaque peut être aussi en celluloïd, voir même en papier, qu'il faut ensuite rendre transparent pour pouvoir tirer les positifs.

Plaques au collodion. — On prépare le collodion destiné à la photographie en faisant dissoudre 12 parties de fulmi-coton dans un mélange de 300 parties d'alcool éthylique à 40° centésimaux, et 600 parties d'éther ordinaire rectifié. On y ajoute une solution al-

coolique concentrée de bromure et d'iodure de potassium, de cadmium et d'ammonium, à raison de six grammes de chacun de ces corps, avec une paillette d'iode.

La plaque de verre doit d'abord être nettoyée. A cet effet, on la frotte d'abord avec un tampon de linge enduit de *terre pourrie* délayée dans de l'alcool; ensuite, avec un linge trempé dans l'alcool seul; enfin, avec une peau de daim. On la saisit par l'un des coins, et, la tenant en l'air horizontalement, on verse la solution précédente sur l'angle opposé; puis on l'incline en différents sens pour répartir uniformément le collodion, et l'on termine en l'inclinant vers un de ses angles par où s'écoule l'excès du liquide. Grâce à l'évaporation de l'éther, le collodion se solidifie en un voile opaque; c'est la *pellicule*. On plonge alors la plaque pendant une minute dans une solution d'azotate d'argent au dixième. Les iodures et les bromures se transforment en *iodures* et *bromures d'argent*. La plaque est *sensibilisée*. Cette dernière opération doit être faite dans l'obscurité, ou tout au moins dans une lumière rouge ou orange. Ces plaques doivent être employées aussitôt préparées.

Plaques à l'albumine. — Ces plaques sont préparées de la même façon que les précédentes, sauf que la matière qui sert de substratum est de l'albumine pure à laquelle on ajoute de l'iodure de potassium (1 gr. pour 100 cm^3.). L'immersion dans l'azotate d'argent produit de l'iodure d'argent. Ces plaques peuvent se conserver pendant quelque temps.

Plaques à la gélatine. — Ces plaques, plus connues sous le nom de *plaques au gélatino-bromure*, sont couvertes d'une émulsion de bromure d'argent dans la gélatine. On dissout d'abord cette dernière dans l'eau : 70 à 80 grammes pour 70 centilitres d'eau; on y ajoute 30 à 40 grammes de bromure de potassium ou d'ammonium, et, quand le mélange est bien fluide et bien homogène, on y verse une solution de 50 à 60 grammes d'azotate d'argent dans 30 centilitres d'eau, préparée d'avance. Il se forme du *bromure d'argent*, qui sera la matière sensible. Pour préparer les plaques, on peut opérer à la main, comme pour les précédentes; seulement l'émulsion doit être chaude, et il faut se placer à l'abri de toute lumière, ou s'éclairer seulement de lanternes à verres rouges. On laisse sécher les plaques à l'abri de la lumière, dans un courant d'air.

On opère aussi en grand par voie mécanique, mais toujours avec un éclairage approprié. Les plaques de verre, coupées d'avance, sont placées sur une toile sans fin, qui les entraîne horizontalement, et les fait passer sous un rouleau *coucheur*. Celui-ci est placé sous une cuvette ayant la même longueur, et qui reçoit l'émulsion d'un récipient chauffé par un bain-marie. De la cuvette, le liquide s'écoule par de petits trous sur le rouleau. Ce dernier, en tournant, le dépose sur les plaques et l'y étend. Le mouvement

de translation est assez lent pour que l'émulsion subisse un commencement de solidification. On place ensuite les plaques, pour achever leur dessiccation, dans un séchoir à air chaud, sur des rayons de bois, la couche sensible en dessous. L'air qui vient les sécher doit être exempt de poussière : on l'en débarrassse en le filtrant sur de l'ouate.

Les plaques au gélatino-bromure sont moins sensibles que si elles étaient préparées au chlorure; mais on augmente leur sensibilité en maintenant l'émulsion à la température d'ébullition pendant une demi-heure avant de la *coucher :* c'est ce qu'on appelle en effectuer la *maturation.* Elles sont moins transparentes, moins fines que celles au collodion ou à l'albumine. Elles peuvent se conserver plus ou moins longtemps suivant la nature de leur préparation; quand elles ont été impressionnées, elles peuvent attendre le révélateur pendant plusieurs semaines.

Plaques autres que les plaques en verre. — Les plaques en *celluloïd* se préparent comme les plaques en verre.

Les feuilles de papier préparées au gélatino-bromure doivent être rendues transparentes pour pouvoir tirer les positifs. Deux procédés sont employés à cet effet. Le premier consiste à n'utiliser le papier que comme support provisoire. Entre l'émulsion et le papier, on interpose un corps qui empêche la pellicule d'adhérer, ou une pellicule de caoutchouc liquide transparent. Quand le cliché est terminé, on enlève la pellicule qui porte l'image, et on la transporte ailleurs. Le deuxième procédé consiste à enduire d'huile de ricin le cliché sur ses deux faces, une fois qu'il est terminé, à l'aide d'un pinceau, et à le repasser au fer chaud. L'huile pénètre le papier et le rend transparent; on l'essuie alors, on le plonge dans un vernis léger à l'alcool, et on le fait sécher.

§ III

OBTENTION DU CLICHÉ

L'obtention du cliché, ou *phototype,* se fait en trois opérations successives : la *pose*, le *développement* et le *fixage*.

Pose. — La *pose* ou *exposition* est l'opération qui doit donner l'image sur la plaque sensible. Pour l'effectuer, on se sert d'une chambre noire spéciale (fig. 435). Les parois antérieure et postérieure sont seules en bois, les parois latérales S sont en toile soutenue par des cadres de fort carton; elles se plissent à la façon d'un accordéon ou d'un soufflet. La face postérieure est une face dé-

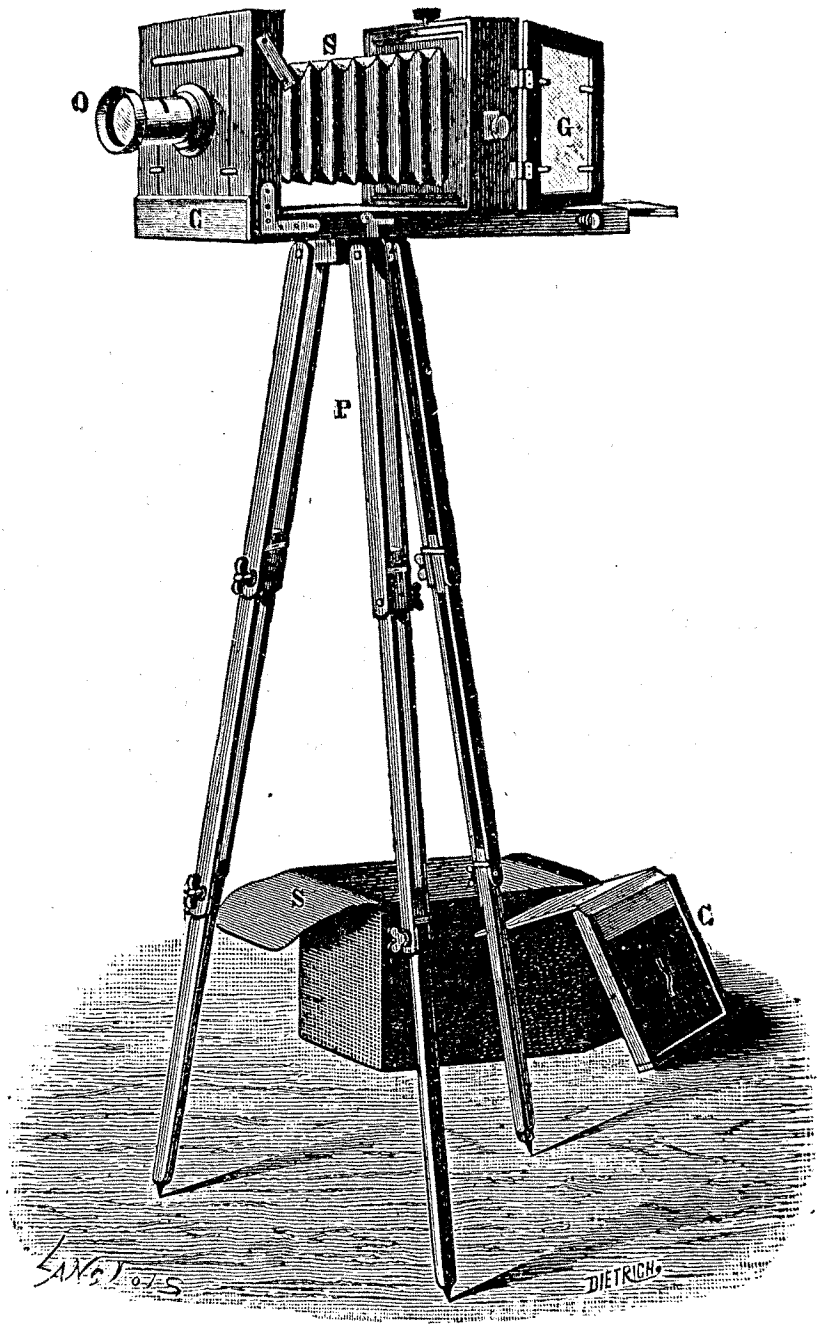


Fig. 435. — Chambre noire de voyage.

polie G sur laquelle vient se former l'image, et qu'on remplace au moment voulu par le châssis contenant la plaque à impressionner. La face antérieure C est percée de l'orifice qui doit recevoir la lentille O, ou plutôt l'*objectif* (fig. 436), assemblage de plusieurs lentilles choisies et disposées de telle sorte qu'elles neutralisent leurs aberrations réciproques, et enfermées dans un tube; dans certains appareils, ce dernier peut se mouvoir d'avant en arrière et réciproque-

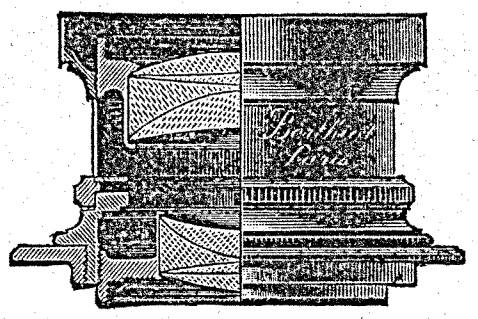


Fig. 436. — Vue et coupe partielle d'un objectif photographique.

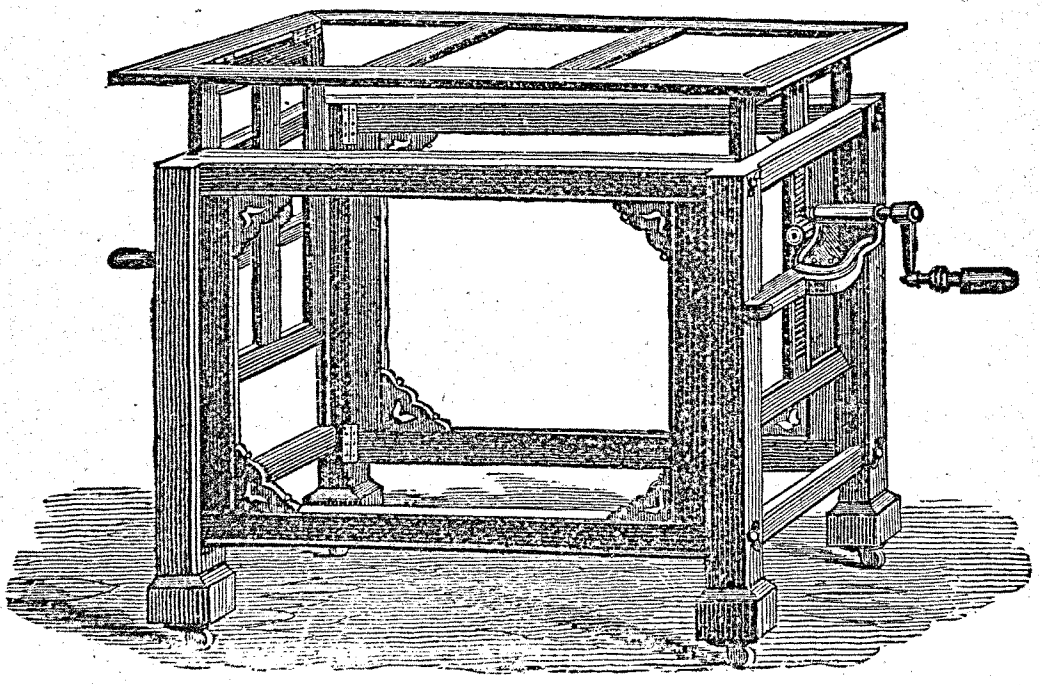


Fig. 437. — Table photographique.

ment, à l'aide d'une molette, afin de *mettre l'objectif au point*, c'est-à-dire en mesure de donner l'image exacte-

ment sur la paroi opposée. Son champ est souvent limité par un diaphragme, disque mobile percé en son centre, qui a pour but d'empêcher le passage des rayons sur les bords de la lentille, et d'éviter les excès d'éclairage. La chambre est portée par un trépied pliant P (fig. 435) quand il s'agit d'un appareil de voyage, ou par une table s'il s'agit d'un appareil d'atelier (fig. 437).

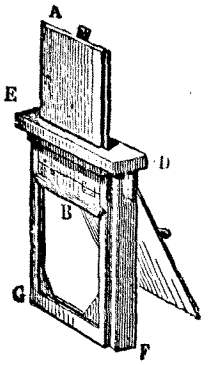


Fig. 438. — Châssis à plaque pour la pose.

L'opérateur place la chambre noire en face de l'objet à photographier. Se couvrant la tête d'un voile noir, il examine l'image que cet objet produit sur la plaque dépolie, et tire ou pousse la partie postérieure de la chambre, suivant qu'il est nécessaire pour mettre cette image au point, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elle soit bien nette : il achève la *mise au point* en tournant la molette de l'objectif, s'il y en a une. Il ferme ensuite le tube qui porte ce dernier, à l'aide d'un obturateur en forme de couvercle qu'on pose à la main : puis il enlève la plaque dépolie, et la remplace par le châssis E, D, F, G, (fig. 438) qui contient la plaque à impressionner; retirant alors une glissière AB qui la recouvrait, il la démasque, et enlève l'obturateur. A ce

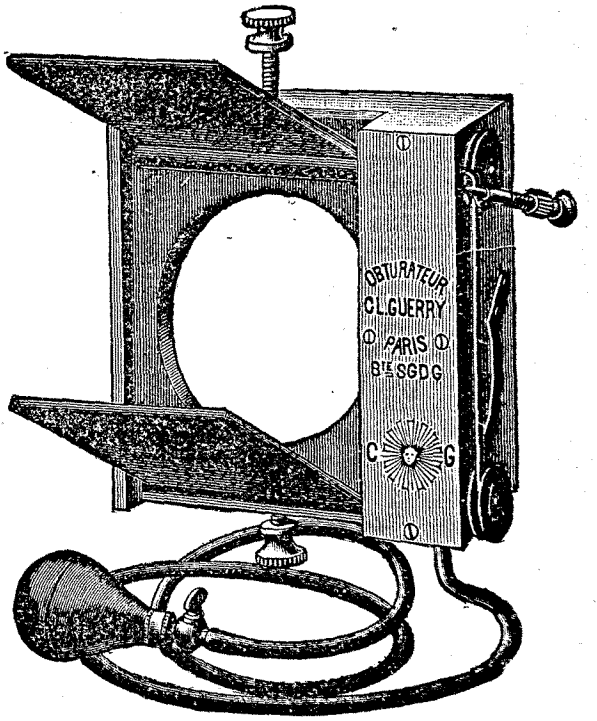


Fig. 439. — Obturateur à volets.

moment, la lumière effectue son œuvre. Au bout d'un temps variable, mais toujours très court, il remet l'obturateur en place; l'opération est terminée; il redescend la glissière, place dans un voile noir le châssis contenant la plaque impressionnée, et se dispose à procéder au développement.

Le *temps de pose* varie avec la nature de la matière sensible, avec la perfection de l'objectif et son foyer, avec le diamètre du diaphragme, avec l'éclairage de l'objet, avec la couleur de ce dernier, avec son éloignement, avec le mode de *développement*, avec l'effet à obtenir. La pratique seule peut apprendre à ne pas prolonger la pose outre mesure, et à la faire cependant suffisante. Avec des plaques recouvertes de matières très sensibles, telles que le gélatino-bromure, on peut faire des photographies *instantanées*, prendre, par exemple, un homme en marche; mais alors, il faut se servir d'un *obturateur mécanique*. Il y en a de plusieurs systèmes : les uns se ferment au moyen de volets qui se rabattent (fig. 439), d'autres au moyen de lames ou de rideaux qui tombent, s'élèvent, ou se croisent (fig. 440). On provoque ces mouvements de loin, au moyen d'une insufflation d'air par une poire en caoutchouc.

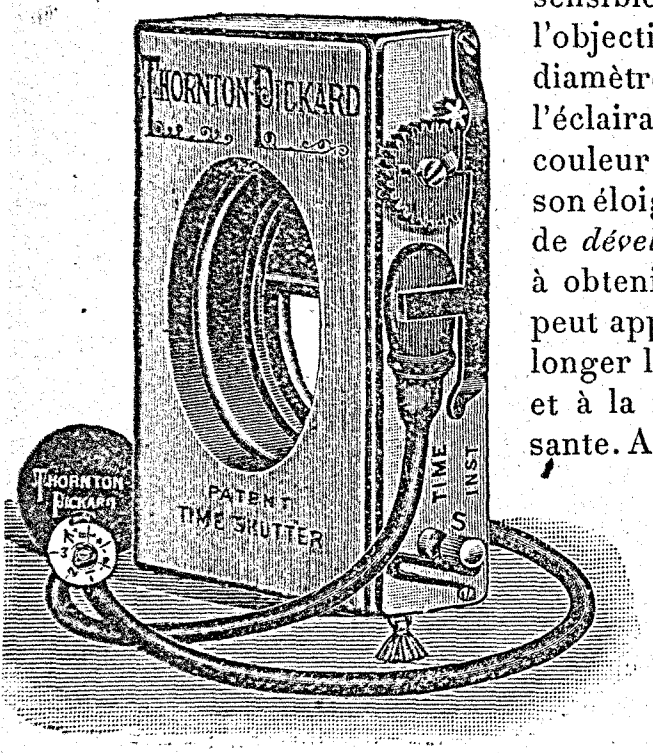


Fig. 440. — Obturateur à rideau.

On peut opérer à la lumière artificielle, à la condition de choisir une source de lumière donnant une flamme riche en rayons chimiques. On se sert fréquemment, dans

les villes, de l'arc voltaïque ; dans la campagne, et partout où l'on ne peut disposer d'un courant électrique suffisant, on emploie la lumière du magnésium, obtenue à l'aide de lampes dites *lampes-éclair*, parce qu'elles produisent la flamme avec toute l'instantanéité désirable, si cela est nécessaire. Le modèle *Phébus* (fig. 441) se compose d'une boîte rectangulaire munie d'un réservoir supérieur qui n'est autre chose qu'une petite lampe à alcool. Au fond de la boîte, se trouve le magnésium en poudre. Si l'on insuffle brusquement de l'air dans cette boîte avec une poire de caoutchouc, la poudre est soulevée et vient brûler dans la flamme de l'alcool, produisant une lumière éblouissante.

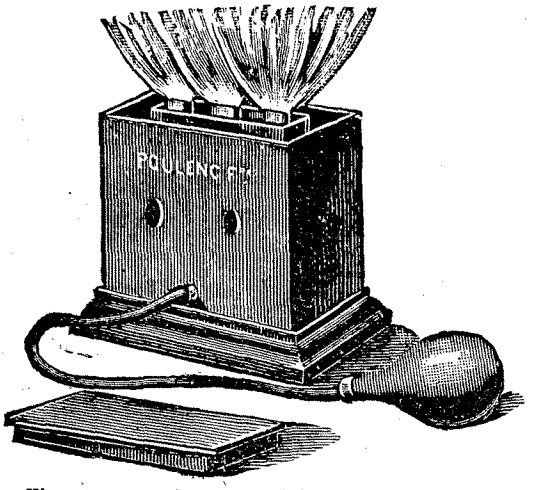


Fig. 441. — Lampe éclair au magnésium dite Phébus.

Développement. — La matière sensible est impressionnée, l'image est formée ; mais elle est invisible, car la deuxième réaction, qui doit mettre la première en évidence, n'a pas encore eu lieu. C'est là l'objet du *développement*. On emploie comme agent *révélateur* (ou *développateur*) diverses substances : l'*oxalate ferreux*, le *pyrogallol*, le *métol*, le *paramidophénol*, le *diamidophénol*, l'*iconogène*, l'*hydroquinone*, etc. Chacune de ces substances a ses avantages et ses inconvénients : c'est aux praticiens à choisir, suivant les cas. Leur mode d'emploi n'est pas tout à fait le même. Nous allons décrire le développement au moyen des deux premiers, qui sont très employés, et qui, n'exerçant qu'une action relativement lente, permettent de conduire l'opération avec soin, tout en donnant d'excellents résultats.

Pour *développer* l'image à l'*oxalate ferreux*, on prépare

deux solutions, que nous désignerons par A et B. La solution A est formée à raison de 300 grammes d'oxalate neutre de potassium par litre d'eau distillée. La solution B est formée à raison de 125 grammes de sulfate ferreux pur par litre d'eau, également distillée. On mélange une partie de la solution B à deux parties de la solution (1) A. On verse ce mélange dans une cuvette large et plate, en verre, en porcelaine, ou en toute autre substance inaltérable par les réactifs. On met la plaque dans la cuvette, la couche sensible en dessus, de manière à ce que le liquide la recouvre d'un seul coup. On imprime à la plaque un continuel mouvement d'oscillation. Bientôt les fonds noirs de l'image apparaissent, puis les détails; au bout de 4 à 5 minutes, le développement est terminé. Si la pose a été insuffisante, les détails n'apparaissent pas; on ajoute alors au liquide quelques gouttes d'hyposulfite de sodium à 1 % (*accélération*). Si, au contraire, la pose a été exagérée, l'image apparaît très vite et se voile; on ajoute alors quelques gouttes de bromure d'ammonium à 10 % (*ralentissement*). Après le développement, on lave à grande eau, de préférence sous un robinet.

Pour développer au *pyrogallol* (ou *acide pyrogallique*) on prépare deux solutions, A et B. La première est composée à raison de 35 grammes de carbonate de sodium ou de potassium, et de 10 grammes de sulfite de sodium anhydre pour 150 centilitres d'eau distillée. La deuxième est composée à raison de 12 grammes de pyrogallol, 25 grammes de sulfite de sodium anhydre, et 1 gramme d'acide citrique pour 150 centilitres d'eau distillée. On verse dans une cuvette une petite quantité de la solution A qu'on dilue dans 10 fois son contenu d'eau distillée, et l'on y trempe la glace pendant une minute. On y ajoute alors une certaine quantité de la solution B, dans la proportion des deux tiers de la solution A. Le développement commence. Si l'image apparaît trop lentement, on ajoute quelques gouttes de la solution A. Si, au contraire, elle apparaît trop vite, on verse dans le *bain* un peu de bromure de potassium à 10 %. Si l'on remarque que les tons man-

(1) Avoir soin de verser la solution de fer dans l'oxalate; sans cette précaution, il se formerait un précipité insoluble.

quent de vigueur, on ajoute quelques gouttes de la solution B. On lave ensuite à grande eau.

Le développement doit toujours se faire dans l'obscurité ou à la lumière rouge.

Fixage. — Voilà l'image définitivement obtenue. Mais on ne peut encore l'exposer à la lumière ordinaire, car celle-ci, continuant son action, impressionnerait tout le reste de la plaque. Il faut *fixer* cette image. Le *fixage* consiste à enlever de la plaque toutes les matières non impressionnées, ou incomplètement impressionnées. On utilise à cet effet la propriété que possède l'*hyposulfite de sodium* de dissoudre les *sels d'argent.*

On procède donc comme il suit. Si l'image a été développée à l'oxalate ferreux, on la plonge dans une cuvette plate, à demi remplie d'une solution à 12 % d'hyposulfite de sodium dans l'eau distillée. Et on l'y laisse assez longtemps, pour que le ton jaunâtre qu'a la plaque ait le temps de disparaître; cette couleur est due au bromure d'argent. On lave ensuite à grande eau, et on laisse séjourner les plaques dans de l'eau renouvelée pendant deux heures, en les disposant dans le sens vertical. On peut les porter ensuite à la lumière.

Si le développement a eu lieu au pyrogallol, on opère de même; mais, après le fixage, on plonge la plaque pendant dix minutes dans un bain d'alun ordinaire à 10 %. Cette dernière opération peut même être faite avant le fixage. Elle augmente la transparence de la plaque, et durcit la gélatine. On lave ensuite, comme précédemment.

Les plaques bien lavées sont séchées à l'air libre, mais il faut éviter de chauffer.

§ IV.

TIRAGE DES POSITIFS

La plaque présente, comme nous l'avons dit, une image *négative;* il faut la transformer en une image *positive*, et pour cela, obtenir avec son aide une autre épreuve photographique; on peut même, avec un seul *négatif* ou

phototype, obtenir un nombre indéfini de *positifs* ou *photocopies*, d'où le nom de *cliché* qu'on avait donné à l'*épreuve négative*, par analogie avec les clichés de gravure ou de typographie, qui servent à obtenir un grand nombre de reproductions.

On peut obtenir l'image positive sur le verre, le celluloïd, la porcelaine, le papier, etc. C'est le papier qui est employé le plus souvent; c'est des positifs sur papier que nous allons nous occuper. Plusieurs opérations sont nécessaires.

Préparation du papier sensible. — On prend du papier de chiffon fin, à grain serré, ne présentant aucun défaut. On fait flotter les feuilles sur un bain de *sel marin* à 4 °/₀; puis, quand il est sec, sur un bain d'*albumine*. Le papier ainsi salé et albuminé est livré au commerce. Quand on veut l'utiliser, il faut le sensibiliser. Pour cela, on le fait flotter sur un bain d'*azotate d'argent*, à 12 °/₀, la face albuminée étant en contact avec le liquide. Le chlorure de sodium se décompose et forme du chlorure d'argent qui se dissémine dans l'albumine. On laisse sécher à l'air, et *dans l'obscurité*. Le papier ainsi préparé est dit *albuminé* ou à l'*albumino-chlorure;* on en prépare aussi au *gélatino-bromure*, au *gélatino-citrate*, etc., avec une machine analogue à celle de la fig. 340.

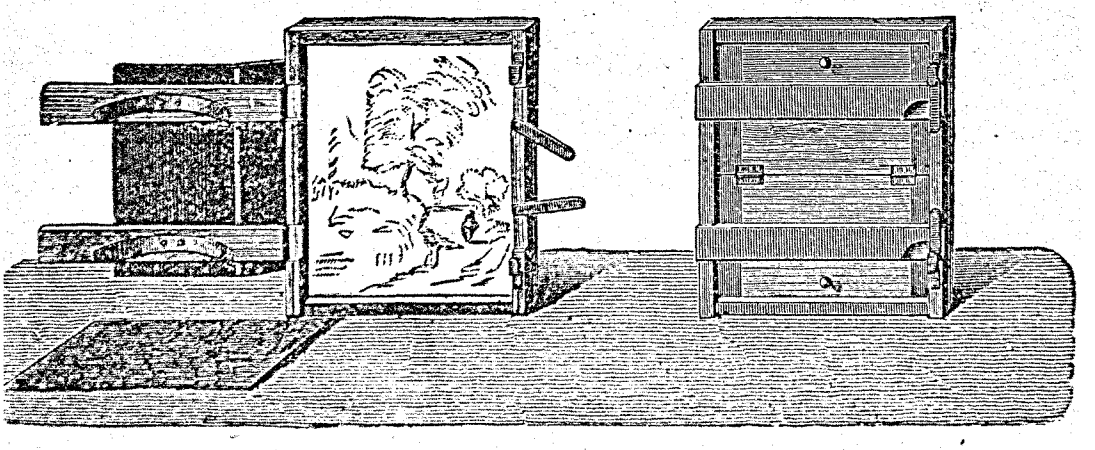


Fig. 442. — Châssis-presse.

Tirage. — Pour obtenir un positif, on place le cliché dans un *châssis-presse* (fig. 442). Cet appareil est une petite caisse plate, avec une glace comme fond,

et deux couvercles qui, lorsqu'ils sont rabattus, sont maintenus en place par des *valets*, ou ressorts. La face du cliché qui ne porte rien est en contact avec la glace de fond. On dispose les feuilles à impressionner par dessus, le côté sensible du côté du cliché. On recouvre de papier pour faire matelas, on rabat les couvercles, les valets, et l'on porte à la lumière, de préférence à la lumière diffuse, la glace en dessus.

La matière sensible du papier est impressionnée par les rayons lumineux qui passent au travers du cliché. Les parties sombres de celui-ci, étant un peu opaques, ne laissent passer qu'un peu de lumière; les parties claires la laissent passer entièrement, de sorte que, sur le papier, on obtient une image photographique inverse de celle du cliché, c'est-à-dire présentant des clairs, là où il y avait des sombres, et des sombres, là où il y avait des clairs; en un mot, des clairs et des sombres correspondant à ceux de l'objet photographié.

Lorsque l'action actinique est suffisante, ce dont on s'assure en enlevant un des couvercles et en soulevant légèrement un coin du papier, on emporte le châssis dans l'obscurité pour *fixer* l'image.

Auparavant, on fait un lavage à l'eau ordinaire, pour éliminer l'azotate d'argent qui est resté en excès. Le fixage est généralement précédé du *virage*.

Virage. — Le *virage* est une opération qui a pour but de rendre l'épreuve moins altérable et de lui donner un ton plus agréable ; on remplace l'argent par l'or. C'est lui qui est inaltérable, et qui donne à certaines photographies le ton pourpre qu'on y remarque. On prépare un bain composé d'un gramme de chlorure d'or et d'un litre d'eau, dans lequel on délaye 10 grammes de craie lévigée. On y plonge le papier, et on l'y remue légèrement, mais constamment. On lave ensuite.

Fixage. — Le fixage se fait comme celui des clichés, dans un bain d'hyposulfite de sodium, à 15 %. Une immersion d'un quart d'heure est nécessaire. Tout ce

qui restait de sels d'argent est dissous. On lave à grande eau, et l'on peut porter ensuite à la lumière.

Satinage. — Les épreuves obtenues sont coupées, collées sur carton, avec de la colle de farine bien liquide, puis *satinées*. Cette dernière façon leur est donnée au moyen d'un laminoir (fig. 443) formé de deux cylindres en acier poli et nickelé, dont l'un, le cylindre supérieur est creux. Ce dernier, qui est le *satineur*, est chauffé intérieurement, le plus souvent par une rampe amenant de la vapeur d'une essence contenue dans un réservoir annexe. En tournant le volant, on lamine les photographies collées que

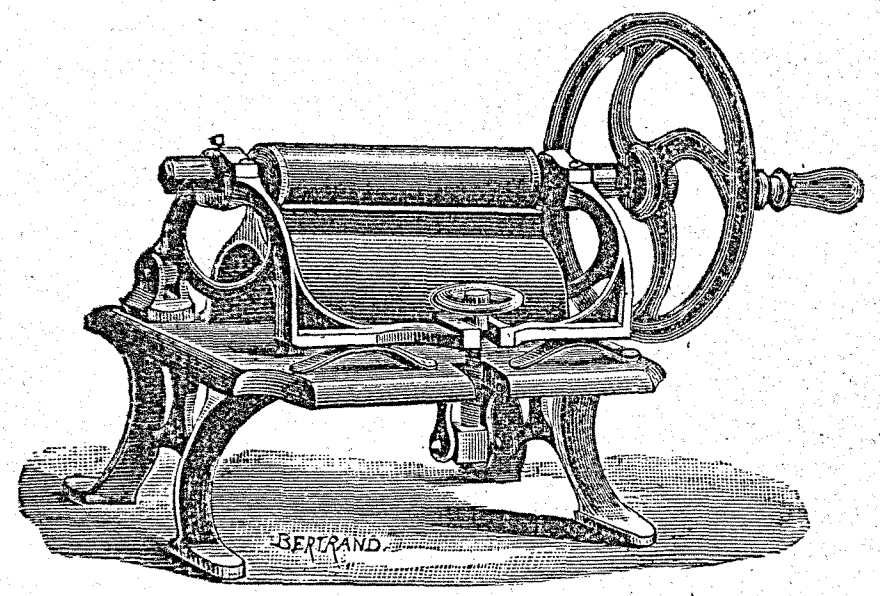


Fig. 443. — Presse à satiner les photographies.

l'on introduit entre les deux cylindres. Les photographies sont assez souvent *émaillées* par une couche de collodion ou de gélatine avant ou après avoir été satinées.

Remarques. — Il est rare que le cliché ne présente pas de défauts. Pour les corriger on embellit quelque peu les photographies, on fait la *retouche* avant le tirage des positifs. Le cliché est placé obliquement sur un pupitre à jour présentant un miroir en dessous. Le cliché est ainsi vu par transparence ; avec un crayon, ou de l'encre de Chine au pinceau, le photographe effectue des modifications de modelé qu'on appelle les *retouches* (fig. 444).

Le développement des papiers au gélatino-bromure se fait comme celui d'un cliché.

Au lieu de sensibiliser le papier avec un sel d'argent, on peut le sensibiliser à l'aide de *chloroplatinite de potassium*, additionné

d'*oxalate de fer*. Le sel de platine donnera aussi une image en se réduisant à la lumière. On développe dans un bain d'oxalate de potassium, porté à la température de 70 °/₀; puis on fixe à l'acide chlorhydrique étendu. On a ainsi *la photographie au platine*, qui donne des épreuves de couleur noire, ressemblant à des gravures.

On peut encore employer, comme papier sensible, le papier à la *gélatine bichromatée*. La gélatine additionnée d'un bichromate alcalin jouit de la propriété de devenir insoluble dans l'eau, même chaude, lorsqu'elle a été impressionnée par la lumière; si donc une pellicule de cette gélatine reçoit l'action des rayons lumineux en certains points seulement, toutes les parties éclairées seront devenues insolubles, et en la lavant à l'eau chaude, tout le reste sera dissous; si cette pellicule est fixée sur du papier, et qu'au préalable on ait mélangé une matière colorante pulvérulente, ou *pigment*, à la gélatine, ce pigment restera là où il est resté de la gélatine, et constituera le dessin des parties insolées. On emploie habituellement comme pigment le noir de fumée, d'où le nom de *photographie au charbon* par lequel on désigne ce procédé. Il a l'avantage de donner des photographies inaltérables, puisque le noir est produit par du charbon, c'est-à-dire par une matière sur laquelle l'air, l'eau, la lumière n'ont aucune action. Pour préparer un *papier au charbon*, on fait dissoudre la gélatine dans l'eau, à raison de 50 grammes pour un litre; on clarifie avec du blanc d'œuf, et l'on filtre. Le noir de fumée est d'abord délayé dans un peu d'eau, puis versé dans la gélatine en agitant. Pour appliquer cette émulsion sur le papier, on le mouille d'abord, puis on l'étend sur une glace horizontale; on verse le liquide à la surface, et lorsqu'elle est suffisamment solidifiée, on porte la feuille dans un séchoir, à l'abri des poussières. Quand on veut sensibiliser, on trempe la feuille dans un bain de bichromate de potassium à 5 °/₀ maintenu à la température de 12°. Pour s'en servir, on tire un positif par contact comme d'ordinaire, et l'on développe à l'eau tiède. La lumière passant au travers des clairs du négatif a fortement impressionné la gélatine et l'a rendue insoluble; les parties sombres ont empêché les rayons d'en faire autant ailleurs, si bien qu'à l'endroit qui leur correspondait, la gélatine est restée partiellement soluble. Quand l'eau aura dissous

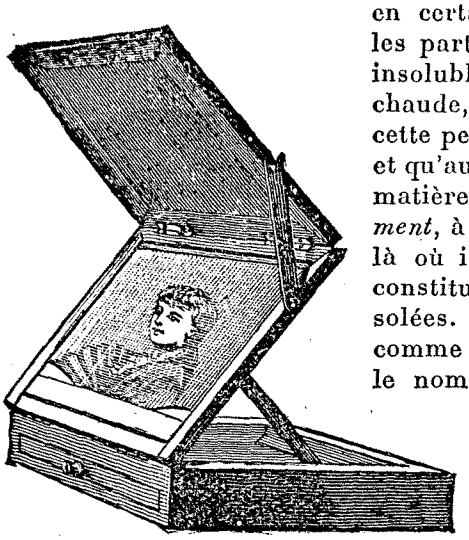


Fig. 444. — Pupitre à retouches.

la gélatine incomplètement impressionnée, il restera sur le papier soit beaucoup de gélatine, et par conséquent, beaucoup de noir aux ombres, soit peu de gélatine, partant peu de noir aux demi-teintes, soit enfin pas du tout de gélatine, et dans ce cas le blanc du papier apparaîtra dans les clairs. Les épreuves ainsi obtenues ressemblent à des lithographies très fines.

Les ateliers de photographie pour *portraits* sont aujourd'hui des plus répandus. Beaucoup d'amateurs s'adonnent au paysage. Dans les localités à sites et à monuments, la photographie des *vues* est en vogue. Dans l'industrie, la photographie est souvent employée pour la copie des plans, cartes (*photocalque*), effectuée en posant sur un châssis-presse l'original exécuté sur papier translucide, ou pour préparer les éléments nécessaires aux industries ci-après.

§ V

RADIOGRAPHIE

Outre les rayons ultra-violets dont nous avons parlé (voir ci-dessus § I[er]), il en est d'autres, également invisibles qui jouissent de propriétés remarquables, et notamment de celle d'impressionner les plaques photographiques. Ce sont les *rayons de Röntgen*, connus sous le nom de *rayons X*. Ils sont produits par l'effluve, c'est-à-dire la décharge diffuse de la bobine de Ruhmkorff au travers d'une ampoule de verre où un vide à peu près parfait (vide de Crookes) a été réalisé. Dans ces conditions, ce tube prend une teinte verdâtre, et émet les dits rayons pour lesquels le bois, les tissus organiques, et d'autres corps opaques deviennent diaphanes, tandis que d'autres, tels que les os, les métaux, etc., ne se laissent pas traverser par eux. Si donc, on place la main portant une bague sur un châssis renfermant une plaque sensible, comme pour faire un photocalque, et si on expose le tout aux rayons X, on obtient une photographie dont l'image est formée par une apparence vaporeuse sur laquelle se détachent avec vigueur en noir les os et la bague. Ce genre d'opération est la *radiographie*. La médecine et la chirurgie l'utilisent journellement.

Certains corps tels que l'*uranium*, l'*actinium*, le *thorium*, le *polonium*, le *radium* (ces deux derniers nouvellement isolés par M. Curie, chimiste français), jouissent comme les rayons X de la propriété d'agir sur les plaques impressionnables soit directement, soit à travers des corps opaques.

La série des corps radio-actifs tend à s'accroître ; parmi eux le *radium* occupe une place à part, en raison de la puissance de son pouvoir *radiant* et de la permanence de ce pouvoir. La photographie de l'avenir aura certainement beaucoup à compter avec les corps *radio-actifs*, dont les applications semblent appelées à devenir des plus intéressantes.

CHAPITRE IX

Tirages photomécaniques.

Avec les clichés photographiques, on peut, sans doute, obtenir un nombre indéfini d'épreuves positives. Mais ce genre de multiplication d'un dessin ne peut guère s'appliquer au livre, car il faudrait coller chaque reproduction à la place qui lui serait réservée, ce qui demanderait beaucoup de temps et augmenterait considérablement le prix d'un ouvrage. Même en dehors du livre, la multiplication dont nous parlons n'est pas toujours pratique, parce qu'elle est assez lente. Dans l'un comme dans l'autre cas, la reproduction d'un dessin par impression est bien autrement expéditive. Il faudrait donc pouvoir imprimer les *vues photographiques*. Telles qu'elles sont, il n'y faut pas songer ; mais on peut, par une voie détournée, arriver au même but. On les transforme en *gravures* ou en *lithographies*, et dès lors elles peuvent passer par la presse. C'est là l'objet de toute une grande industrie, qui, sous le nom général de *phototirages* ou *tirages photomécaniques*, exploite un nombre considérable de procédés aux noms variés : *héliogravure*, *phototypographie*, *similigravure*, *photolithographie*, *phototypie* ou *photocollographie*, etc., tous procédés tendant au même but, mais ne conduisant cependant pas tout à fait aux mêmes résultats. Nous ne pouvons songer à les décrire tous, ce qui nous entraînerait trop loin. Nous nous bornerons à donner quelques renseignements succincts sur les plus employés, surtout pour l'illustration du livre.

minutes, puis la plaque est lavée et débarrassée de toute la couche de mixture restée à sa surface. L'insolation ayant été de peu de durée, les noirs intenses seuls ont été gravés; les demi-teintes le sont incomplètement; les finesses n'ont été aucunement touchées. On recommence la manœuvre, en replaçant le cliché exactement à la même place que dans la première exposition, en insolant 2 minutes au soleil et 6 minutes à la lumière diffuse. Dans cette seconde opération, les noirs se renforcent, les demi-teintes s'accentuent, les finesses commencent à apparaître; on recommence ainsi l'insolation et la morsure, jusqu'à ce qu'on ait réalisé l'effet voulu, et on obtient finalement une dégradation de tons correspondant exactement à celles de la photographie elle-même.

Photogravure en relief (Phototypographie). — A l'inverse de la photogravure en creux, la *phototypographie* donne des planches présentant en relief les traits, hachures et pointillés du dessin à reproduire. En passant sur ces planches un rouleau imprégné d'encre, les reliefs seuls prendront cette encre et les creux resteront blancs. C'est ce qui a lieu en typographie.

La différence fondamentale qui distingue l'héliogravure de la phototypographie, c'est que la première emploie, comme nous l'avons vu, des positifs, tandis que la seconde a recours à des négatifs. On comprend en effet que les noirs de l'objet donnant des parties transparentes sur le négatif, la lumière les traversera et ira ensuite insolubiliser la couche impressionnable de la planche; elles se traduiront donc après développement et morsure par des reliefs qui, à l'impression, donneront des noirs. Les blancs de l'objet donneront au contraire des blancs à l'impression.

La phototypographie comprend deux procédés distincts correspondant le premier à la reproduction d'images au trait ou au pointillé, la seconde à la reproduction d'images à teintes continues et dégradées, c'est-à-dire à modelés.

Dans le cas où le dessin est au trait, sans teintes ou ombres plates, la méthode employée est connue sous le nom de *gillotage*, du nom de son inventeur, M. Gillot père; cette méthode reçut de M. Gillot fils ses derniers perfectionnements.

On photographie au collodion humide l'image à reproduire (dessins à la plume, gravures, cartes, plans, dentelles, broderie, etc.), en la réduisant par l'objectif aux dimensions que doit avoir l'épreuve définitive. On a ainsi un négatif qui est renversé par rapport au modèle, car nous avons vu que l'objectif place à gauche ce qui est à droite, et réciproquement. On devra donc retourner l'épreuve; à cet effet, on commence par étaler sur le cliché une couche d'une solution de caoutchouc dans la benzine, puis une couche de collodion, qui servira de support à la pellicule lorsqu'on la transportera sur le métal. On prend une plaque de zinc bien planée et bien nettoyée, on la recouvre d'une couche

mince et régulière d'une solution à 4 0/0 de bitume de Judée dans la benzine; lorsqu'elle est sèche, on détache du verre la double pellicule de collodion sur caoutchouc, on l'applique sur la plaque de zinc, en l'appliquant directement; elle se trouve ainsi retournée d'elle-même; enfin on expose à la lumière pendant un temps variable. Quand on juge la pose suffisante, on développe à l'essence de térébenthine. On obtient ainsi un positif sur zinc dans lequel le bitume de Judée, rendu insoluble dans l'essence, reproduit l'image, et forme réserve sur toutes les parties qui doivent être en relief. Il n'y a plus qu'à mordre à l'acide nitrique pour ronger les parties qui à l'impression doivent rester blanches. La gravure se fait ici par morsures et encrages successifs, de manière à ménager des reliefs en talus. La morsure terminée, on nettoie la plaque et on fait au burin les retouches nécessaires; on la découpe enfin aux dimensions voulues, on en biseaute les bords; elle est prête pour l'impression. Les planches, étant en relief, peuvent être tirées en même temps qu'un texte et, par conséquent, servir à illustrer un livre.

Certains graveurs remplacent le zinc par le cuivre et le bitume par la gélatine bichromatée; dans ce cas la morsure se fait au perchlorure de fer.

La phototypographie des images à teintes fondues ou dégradées constitue l'industrie de la *similigravure* ou *autotypie*. La similigravure ne diffère de la phototypographie ordinaire ou gillotage que par la préparation du cliché. Ce dernier est obtenu par la photographie de l'objet à reproduire (photographies ordinaires, aquarelles, vases coloriés, tapis, etc.) au travers d'un *réseau* destiné à donner sur l'image un pointillé. Le réseau est un quadrillage (33 à 80 traits au centimètre carré), gravé ou photographié sur une glace de verre. Les réseaux sont désignés encore aujourd'hui sous le nom de *réseaux américains*, parce que l'Amérique a conservé pendant longtemps le monopole de leur fabrication. Leur emploi a été indiqué, pour la première fois, en France par M. Berchtold (1859).

Pendant l'exposition à la chambre noire, on dispose le réseau à une très petite distance en avant de la surface sensible; chacun de ses traits dévie les rayons lumineux qui devraient y passer, en les réfractant; de sorte que si l'épreuve a été faite dans de bonnes conditions, l'examen du cliché à la loupe montrera que les grands clairs sont reproduits par un pointillé très fin, les demi-teintes par une sorte de damier présentant des carrés noirs et blancs de même dimension, et les parties les plus foncées par un pointillé blanc sur fond noir, les points blancs étant d'autant plus petits que la teinte est plus noire, pour arriver jusqu'au noir absolu : chaque trait du réseau laisse en effet derrière lui une ligne non impressionnée sur la plaque sensible et, dans les clairs, les parties blanches empiètent

sur ces lignes, grâce à l'irradiation. Une telle épreuve peut être immédiatement reproduite en photogravure; la réticulation des réseaux permet à l'encre de s'attacher sur la planche au moment de l'impression, tout en rappelant sur l'image finale les demi-teintes et les dégradés du modèle[1].

Pour obtenir l'image sur zinc ou sur cuivre, on emploie souvent la mixture impressionnable suivante (procédé *émail*) : eau, albumine, fish glue (colle de poisson), bichromate d'ammoniaque, plus une faible quantité d'ammoniaque nécessaire pour jaunir la solution; on étend par les procédés ordinaires; on insole sous le négatif tramé et retourné; on développe à l'eau. Puis on introduit la plaque dans une solution de matière colorante, généralement du violet de méthyle, ce qui permet d'apprécier si l'image est au point voulu; on lave, on sèche; on cuit enfin l'image sur un bec Bunsen ou dans un four spécial jusqu'à ce qu'elle ait pris le ton brun chocolat; la plaque est prête pour la morsure qui se fait à l'acide azotique dans le cas du zinc, et au perchlorure de fer dans le cas du cuivre.

Photocollographie. — Ce procédé d'impression photoméca nique, désigné parfois improprement sous le nom de *phototypie*, tend à se répandre de plus en plus. Aussi croyons-nous devoir en dire quelques mots.

Sur une dalle de verre dépolie d'un côté, telle que les livre le commerce pour cet usage, on étend une solution de silicate de sodium dans de la bière ordinaire; après séchage, le verre est ainsi recouvert d'une couche préparatoire n'ayant d'ailleurs d'autre objet que d'assurer l'adhérence d'une couche sensible de gélatine bichromatée, qu'on étend avec soin sur la première, et qu'on laisse également sécher à l'étuve, à l'abri de la lumière blanche.

Le cliché du dessin à reproduire est retourné et placé en contact avec la dalle; le tout est placé dans un châssis-presse et exposé à la lumière. L'insolation terminée de ce côté, on pose la planche par sa surface gélatinée sur une étoffe noire et on insole le dos de la planche à travers la plaque de verre et le silicate de sodium. On lave à l'eau pendant cinq ou six heures jusqu'à ce que la teinte jaune du bichromate et presque toute la couleur *du bichromate réduit* par la lumière aient disparu. On laisse sécher. La planche est prête pour l'impression.

Pour imprimer, on place la planche sur un pied à vis et on la couvre, en la maintenant horizontale, d'une couche d'eau ordinaire pendant quelques minutes; on l'éponge, et tout en la maintenant

1. Les effets dus aux réseaux ont été expliqués par M. C. Féry, chef de travaux pratiques à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de Paris. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 1er avril 1895.)

rigoureusement horizontale sur le *pied à caler*, on la recouvre d'un bain de glycérine étendue de 50 0/0 d'eau environ. Ce bain est maintenu sur la dalle jusqu'à ce que les reliefs aient presque totalement disparu. La planche égouttée est tamponnée avec un chiffon jusqu'à ce qu'elle soit partout également humide. Puis elle est encrée au rouleau. L'encre ne prend que sur les parties insolées. Le tirage des épreuves se fait au moyen de *presses phototypiques* présentant une certaine analogie avec les presses lithographiques ordinaires.

Les maisons d'édition littéraires ou artistiques possédant des ateliers de phototirages, où tous les procédés ou seulement quelques-uns d'entre eux sont mis en pratique, deviennent tous les jours plus nombreuses. En France, Paris et Lyon sont les deux centres où se rencontrent les ateliers les plus importants.

CHAPITRE X

Photochromotypographie.

La photographie directe des couleurs (méthode Lippmann) est possible; mais les procédés qu'on emploie sont jusqu'à ce jour inapplicables dans la pratique industrielle : ils sont trop compliqués; ils exigent une exposition trop longue; enfin ils ne donnent qu'un cliché. La reproduction des épreuves obtenues est impossible sur papier, et l'on ne peut même pas tirer des positifs sur verre. Ce n'est donc qu'une opération d'ordre scientifique.

Alors même qu'on trouverait le moyen d'obtenir des positifs coloriés sur papier, on serait toujours obligé, pour l'illustration des livres, de les coller sur les feuillets de l'ouvrage, inconvénient que nous avons déjà signalé à propos des photographies ordinaires. Ce ne serait donc pas encore le procédé idéal, et il faudrait en venir quand même à un phototirage; les couleurs des épreuves ne serviraient alors à rien.

Il existe cependant un moyen d'obtenir les couleurs vraies des objets par un phototirage, en partant de la photographie ordinaire : en voici le principe.

Toutes les couleurs possibles ne sont que des combinaisons des sept teintes principales qui composent la lumière blanche, et qu'on observe dans le spectre du soleil. On peut même ramener ces sept teintes à *trois couleurs* seulement, qui peuvent être considérées comme donnant les autres par leur mélange et constituant *à elles seules* la lumière blanche : ce sont le *violet*, le *vert*, et

l'*orangé*. Nous les appellerons *couleurs fondamentales*. En superposant du violet sur du vert et le mélange des deux sur de l'orangé, on obtient du *blanc*. Mais cela n'a lieu que si l'on emploie les couleurs à l'*état radiant*, c'est-à-dire telles qu'elles sont dans un rayon de soleil. Comme nous ne pouvons emmagasiner ces couleurs en rayons lumineux, nous sommes obligés de nous servir de *couleurs matérielles*, formées d'éléments plus ou moins terreux ou de teintures, appelés *pigments*. Dès lors, tout change, les trois couleurs fondamentales mélangées ne donnent plus de vrai blanc, et deux à deux ne donnent plus de couleurs franches du spectre. Cependant, si l'on prend, comme *couleurs matérielles*, les couleurs complémentaires des couleurs fondamentales, c'est-à-dire le *jaune*, le *rouge* et le *bleu*, on obtient sensiblement le même résultat que si l'on prenait les fondamentales à l'état radiant, à la seule différence près qu'en les superposant toutes les trois avec une égale intensité on obtiendra du noir, du au pigment, au lieu d'obtenir du blanc.

Supposons maintenant que, d'un objet colorié, nous prenions par la voie photographique ordinaire trois clichés : l'un impressionné seulement par les *rayons jaunes*, émanant de cet objet, le second impressionné seulement par les *rayons rouges* et le troisième impressionné de même exclusivement par les *rayons bleus*; si nous convertissons ces clichés en positifs et les positifs en planches de simili-gravure par la méthode ordinaire; si, pour les imprimer, nous encrons le premier avec de l'encre jaune, le second avec de l'encre rouge, le troisième avec de l'encre bleue, les trois encres étant, bien entendu, transparentes ; si enfin nous imprimons les trois planches l'une sur l'autre, en les repérant soigneusement pour bien superposer, nous obtiendrons une simili-gravure coloriée reproduisant à peu près exactement les couleurs du corps photographié, à la condition cependant, que les encres choisies aient une nuance aussi semblable que possible à la nuance des trois mêmes couleurs dans le spectre solaire.

Ce sont précisément là les opérations effectuées dans la photochromotypographie, improprement appelée *photochromogravure*. La *photochromographie* prépare les phototypes nécessaires. Les plaques sensibles sont préparées comme pour la simili-gravure. On prend trois photographies de l'objet, puisqu'il faut trois clichés. Chacune d'elles est prise au travers d'un *écran transparent coloré* et dont la couleur soit complémentaire de celle qu'il doit laisser agir. La première, celle qui doit être donnée par les rayons *jaunes*, est donc obtenue à travers un écran *violet;* la seconde, qui doit provenir des rayons *bleus*, est prise à travers un écran *orangé*, la troisième enfin, fournie par les rayons *rouges*, est prise à l'aide d'un écran *vert*. De plus, comme il s'agit de préparer des planches de simili-gravure, on photographie chaque fois au travers du *réseau* dont nous avons déjà parlé, de telle façon que les raies du

réseau fassent, pour chaque épreuve, un angle d'environ 30° avec celles de l'épreuve précédente. La gravure a lieu d'après les épreuves tramées.

Le reste des opérations est analogue à celles de la simili-gravure; on se sert souvent du procédé *émail*, dont la mixture constitue une réserve très solide. La morsure est obtenue au moyen du perchlorure de fer, qui, au bout d'un quart d'heure, a suffisamment attaqué le métal pour que les creux soient assez profonds. Comme chacune des trois plaques n'est impressionnée qu'en partie, il faut que le mordant ne prenne que sur la partie à graver qu'elle comporte, et respecte tout le reste. A cet effet, chacune des trois plaques, avant d'aller à la *morsure*, est recouverte par des *chromistes* d'un vernis résineux sur les surfaces occupées par les autres couleurs, ce qui constitue d'autres *réserves*. De plus, pour avoir un modelé aussi délicat que possible, la morsure doit s'opérer progressivement; par conséquent les plaques vont plusieurs fois aux *cuves à graver;* les chromistes recouvrent chaque fois du vernis protecteur une partie de la surface occupée par la couleur qu'il s'agit d'obtenir. Cette application de vernis se fait au pinceau et constitue un travail d'artiste très délicat.

Le tirage se fait sur les *machines en blanc*, à encrage cylindrique. Chaque plaque est encrée avec une encre de la couleur qu'elle doit donner. On tire dans l'ordre suivant : *jaune, rouge, bleu.* Le repérage doit être extrêmement rigoureux.

Après le tirage, les feuilles sont séchées à l'aide d'une friction au talc, opérée à l'aide d'un tampon d'étoffe ou de peau, puis satinées au laminoir. Cette opération de satinage est remplacée quelquefois pour les aquarelles par un granité produit par un laminoir spécial donnant au papier un grain qui aide à l'illusion, et fait croire à l'existence d'une véritable aquarelle sur papier de Hollande; de même, pour les reproductions de tableaux, on donne au papier un gaufrage toile qui imite parfaitement les aspects des toiles employées en peinture.

S'il s'agit d'illustrer un livre, les planches doivent être encastrées dans les formes d'impression.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

Pages

PRÉFACE..... V

PREMIÈRE PARTIE

Industries extractives.

CHAPITRE Ier. — *Nature, propriétés et usages des roches exploitées.*

Roches employées dans les constructions..... 2
Combustibles minéraux..... 9
Minerais de fer..... 13

CHAPITRE II. — *Carrières et Mines.*

Nature des gisements minéraux..... 14
Mode d'attaque des gisements..... 17
Abatage des roches..... 21
Extraction des matériaux..... 24

CHAPITRE III. — *Nature et propriété des matériaux extraits des roches précédentes.*

Matériaux extraits des pierres..... 30
Matériaux extraits des charbons..... 33
Matériaux extraits des minerais de fer..... 35

CHAPITRE IV. — *Extraction des matériaux précédents.*

Extraction de la chaux et du ciment..... 39
Extraction du plâtre..... 41
Extraction du coke, du charbon de cornue et du goudron.... 42
Fabrication des agglomérés..... 44
Fabrication de la fonte de fer..... 46
Fabrication du fer..... 52
Fabrication de l'acier..... 58

Pages

CHAPITRE V. — *Bois et leurs produits.*

Propriétés des principaux bois..... 64
Abatage et débit des bois..... 67
Conservation des bois..... 72
Nature, propriétés et préparation du charbon de bois..... 73
Nature, propriétés et préparation du noir de fumée..... 76
Nature, propriétés et préparation des résines..... 77
Nature, propriétés et extraction du liège..... 78

DEUXIÈME PARTIE

Industries préparatoires.

Première division. — Industries métallurgiques.

CHAPITRE I^er^. — *Fonderie*..... 79
CHAPITRE II. — *Forgeage*..... 84

CHAPITRE III. — *Laminage et Tréfilage.*

Laminage, tôle..... 90
Tréfilage..... 92
Electro-chimie et émaillage des tôles..... 94

CHAPITRE IV. — *Clouterie.*

Clous forgés..... 96
Pointes..... 97
Clous de tôle..... 98
Clous de tapissier..... 99
CHAPITRE V. — *Fabrication des vis et boulons*..... 100

CHAPITRE VI. — *Chaudronnerie et ustensiles de ménage.*

Petite chaudronnerie..... 104
Grosse chaudronnerie..... 108
CHAPITRE VII. — *Serrurerie*..... 109

CHAPITRE VIII. — *Coutellerie.*

Fabrication des couteaux non fermants..... 115
Fabrication des couteaux fermants..... 117
Fabrication des armes blanches..... 118

Pages

CHAPITRE IX. — *Fabrication des armes à feu.*

Fabrication des canons..... 119
Fabrication des fusils..... 124

CHAPITRE X. — *Construction des machines en général.*

Machines-outils..... 134

Deuxième division. — Industries chimiques.

CHAPITRE Ier. — *Acides commerciaux.*

Acide sulfurique..... 147
Acide azotique..... 154
Acide chlorhydrique..... 156

CHAPITRE II. — *Soudes et potasses.*

Soudes du commerce..... 159
Potasses du commerce..... 161

CHAPITRE III. — *Sel marin.*

Extraction du sel gemme..... 165
Extraction du chlorure de sodium des sources..... 167
Extraction du sel de mer..... 168

CHAPITRE IV. — *Amidonnerie et féculerie.*

Extraction de l'amidon..... 171
Extraction de la fécule de pomme de terre..... 173

CHAPITRE V. — *Huilerie et savonnerie.*

Huiles et corps gras..... 176
Extraction des huiles végétales..... 179
Fabrication des savons..... 183

CHAPITRE VI. — *Tannerie et industries connexes.*

Tannerie proprement dite..... 188
Molletterie..... 190
Corroierie..... 191
Mégisserie et hongroyage..... 194
Chamoiserie..... 194
Maroquinerie..... 195
Parcheminerie..... 196
Pelleterie..... 197

TROISIÈME PARTIE

Industries de l'alimentation.

Pages

CHAPITRE Ier, — *Meunerie*..... 200

CHAPITRE II. — *Boulangerie*..... 208

CHAPITRE III. — *Pâtes alimentaires*..... 213

CHAPITRE IV. — *Fabrication du beurre*..... 215

CHAPITRE V. — *Fabrication des fromages*..... 219

CHAPITRE VI. — *Préparation des conserves alimentaires.*

Conservation par le froid..... 226
Conservation par la chaleur..... 227
Conservation par dessiccation..... 227
Conservation par les antiseptiques..... 228
Conservation par enrobage..... 233

CHAPITRE VII. — *Fabrication du sucre.*

Propriétés du sucre..... 234
Extraction du sucre de betterave..... 235

CHAPITRE VIII. — *Confiserie.*

Confitures et fruits confits..... 248
Bonbons..... 248
Dragées..... 252
Chocolaterie..... 254

CHAPITRE IX. — *Fabrication du vin.*

Nature et classification des vins..... 256
Détails de la fabrication..... 257

CHAPITRE X. — *Fabrication de la bière*..... 264

CHAPITRE XI. — *Fabrication du cidre*..... 270

CHAPITRE XII. — *Fabrication des alcools et eaux-de-vie.*

Nature, usages et fabrication des alcools..... 272
Extraction de l'eau-de-vie..... 274
Analogues de l'eau-de-vie..... 281
Préparation des esprits-de-vin..... 282
Alcools d'industrie..... 283
Liqueurs..... 286

CHAPITRE XIII. — *Fabrication du vinaigre*..... 288

QUATRIÈME PARTIE

Industries du vêtement et de la toilette.

Page

CHAPITRE Ier. — *Matières textiles.*

Soie 295
Laine 298
Lin 302
Chanvre 305
Coton 306
Autres textiles 307

CHAPITRE II. — *Filature.*

Filature de la soie 309
Filature de la laine 314
Filature du lin et du chanvre 322
Filature du coton 332
Conditionnement des textiles 340

CHAPITRE III. — *Tissage ordinaire.*

Armures 341
Opérations préliminaires 345
Tissage au métier à main (armures fondamentales) 352
Tissage mécanique 355
Tissage des armures façonnées 359
Autres façonnés 363
Rubannerie 367

CHAPITRE IV. — *Tissus principaux* 369

CHAPITRE V. — *Tissages spéciaux,*

Broderie 372
Tapisserie 373
Dentelle 376
Tricot 380
Corderie 383

CHAPITRE VI. — *Blanchiment* 385

CHAPITRE VII. — *Teinture.*

Généralités 392
Matières tinctoriales 394

Pages
Matières tinctoriales naturelles..... 396
Matières colorantes artificielles..... 398
Opérations de la teinture..... 400

CHAPITRE VIII. — *Impression sur étoffes*..... 407

CHAPITRE IX. — *Apprêts.*

Apprêts en général..... 413
Draperie..... 416

CHAPITRE X.. — *Chapellerie*..... 420
CHAPITRE XI. — *Cordonnerie* 429
CHAPITRE XII. — *Ganterie* 436

CHAPITRE XIII. — *Fabrication des épingles et aiguilles.*

Épingles..... 439
Aiguilles..... 445

CHAPITRE XIV. — *Fabrication des boutons*..... 448
CHAPITRE XV. — *Brosserie*..... 452

CHAPITRE XVI — *Fabrication des peignes.*

Préparation des matières premières. 456
Confection des peignes..... 458

CINQUIÈME PARTIE

Industries du logement et de l'ameublement.

CHAPITRE Ier. — *Construction des maisons*..... 462

CHAPITRE II. — *Charpenterie et menuiserie.*

Charpenterie..... 479
Menuiserie..... 484

CHAPITRE III. — *Décoration des maisons. Papiers peints.*

Décoration en général..... 489
Fabrication des papiers peints..... 492

Pages

CHAPITRE IV. — *Ébénisterie* 498

CHAPITRE V. — *Verrerie et cristallerie.*

Nature et propriétés du verre 504
Préparation du verre 507
Façonnage du verre 509
Décoration du verre 524
Verres spéciaux 526

CHAPITRE VI. — *Arts céramiques. Porcelaine. Grès cérames. Faïence. Poteries diverses.*

Porcelaine 529
Grès cérames 537
Faïence 539
Poteries communes et poteries mates 540

CHAPITRE VII. — *Chandelles et bougies.*

Chandelles 543
Bougies stéariques 544
Bougies spéciales 556

CHAPITRE VIII. — *Gaz d'éclairage.*

Gaz de houille 557
Gaz acétylène 566
Gaz d'éclairage divers 571

CHAPITRE IX. — *Éclairage électrique* 572

SIXIÈME PARTIE

Industries satisfaisant aux besoins intellectuels.

CHAPITRE Ier. — *Papèterie.*

Préparation de la pâte à papier 583
Fabrication du papier 590
Papiers divers. Carton 596

Pages

CHAPITRE II. — *Fabrication des plumes à écrire*... 598

CHAPITRE III. — *Fabrication des crayons*..... 605

CHAPITRE IV. — *Typographie.*

Composition..... 609
Tirage..... 614
Stéréotypie..... 624

CHAPITRE V. — *Reliure.*

Brochage..... 625
Reliure proprement dite..... 628

CHAPITRE VI. — *Gravure.*

Gravure en creux ou en taille-douce..... 635
Gravure en relief ou gravure typographique..... 639

CHAPITRE VII. — *Lithographie*..... 645

CHAPITRE VIII. — *Photographie.*

Principes..... 651
Préparation des plaques..... 655
Obtention du cliché..... 657
Tirage des positifs..... 664
Radiographie..... 669

CHAPITRE IX. — *Tirages photomécaniques*..... 670

CHAPITRE X. — *Photochromotypographie*..... 676

6-06

Imprimerie F. SCHMIDT Fils. — Paris-Montrouge.