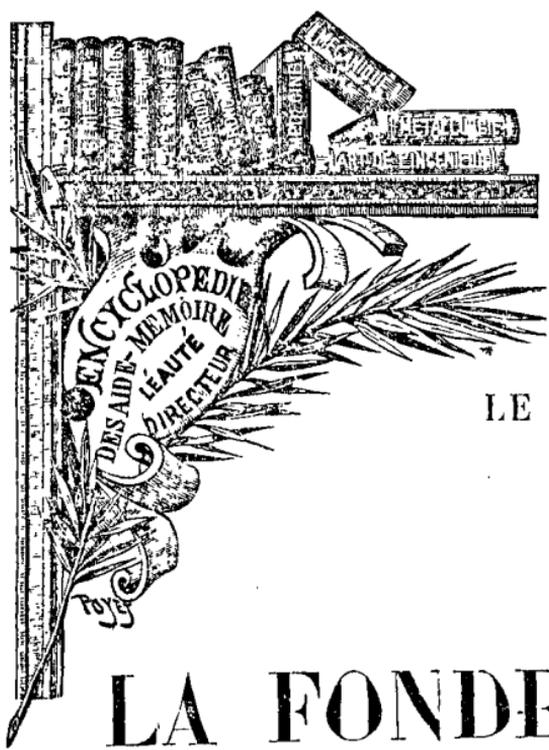


Section de l'Ingénieur



LE VERRIER

LA FONDERIE

GAUTHIER - VILLARS

MASSON ET C^{ie}

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

Section de l'Ingénieur *

MM.

Alain-Abadie.
Alheilig.
Ariès (Comm^t).
Armengaud jeune.
Arnaud.
Barillot.
Bassot (C^l).
Baume-Pluvinel (dela)
Bérard (A.).
Bergeron (J.).
Berthelot.
Bertin.
Bertrand (L.)
Biglia.
Billy (Ed. de).
Bloch (Fr.).
Blondel.
Boire (Em.).
Bordet.
Bornecque.
Boucheron (H.).
Bourlet.
Boursault (H.)
Boussac (A.)
Candlot.
Caspari.
Charpy (G.).
Clugnet.
Croneau.
Damour.
Dariès.
Deforges (Lt-Col.).
Delafond.
Drzewiecki.
Dudebout.
Dufour (A.).
Dumont (G.).
Duquesnay.
Durin.
Dwelshauvers-Dery.
Fabre (Ch.).
Fabry.
Foex.
Fourment.
Fribourg (C^l).
Frouin.
Gages (Cap.)
Garnier.

MM.

Gassaud.
Gastine.
Gautier (Henri.).
Godard.
Gossot (Comm^t).
Gouilly.
Grouvelle (Jules).
Guenez.
Guye (C. Eug.).
Guye (Ph.-A.).
Guillaume (Ch.-Ed.).
Guyou (Comm^t).
Haller (A.).
Hatt.
Hébert.
Hennebert (C^l).
Henriet.
Hérisson.
Hospitalier (E.).
Hubert (H.).
Hutin.
Jacométy.
Jacquet (Louis).
Jaubert.
Jean (Ferdinand).
Launay (de).
Laurent (H.).
Laurent (P.).
Laurent (Th.).
Lavergne (Gérard).
Léauté (H.).
Le Chatelier (H.).
Lecornu.
Lecomte.
Lefèvre (J.).
Leloutre.
Lenicque.
Le Verrier.
Lindet (L.).
Lippmann (G.).
Loppé.
Lumière (A.).
Lumière (L.).
Madamet (A.).
Magnier de la Source.
Marchena (de).
Margerie.
Meyer (Ernest).

MM.

Michel-Lévy.
Minel (P.).
Minet (Ad.).
Miron.
Moëssard (C^l).
Moissan.
Moissenet.
Monnier.
Moreau (Aug.).
Müller (Ph. T.).
Niewenglowski (G. H.).
Naudin (Laurent).
Ocagne (d').
Ouvrard.
Paloque.
Périsse (L.).
Perrin.
Perrotin.
Picou (R.-V.).
Poulet (J.).
Prud'homme.
Rateau.
Resal (J.).
Ricaud.
Rocques (X).
Rocques-Desvallées.
Rouché.
Sarrau.
Sartiaux (E.).
Sauvage.
Seguela.
Seyrig (T.).
Sidersky.
Simart.
Sinigaglia.
Sorel (E.).
Trillat.
Urbain.
Vallier (Comm^t).
Vermand.
Viaris (de).
Vigneron.
Vivet (L.).
Wallon (E.).
Widmann.
Witz (Aimé).

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

LE VERRIER — La Fonderie

1

CHAPITRE PREMIER

—

MÉTAUX EMPLOYÉS EN FONDERIE

FONTE

La fonte est un composé de fer avec du carbone (2,5 à 6 %); elle contient toujours en outre un peu de silicium (0,30 à 1,5 %), et des proportions variables, généralement faibles, d'autres corps comme le soufre, le phosphore, le manganèse. Elle est fusible à des températures comprises entre 1150 et 1250°.

Propriétés mécaniques. — C'est un métal cassant, non malléable, qui ne prend presque pas d'allongement avant de rompre, à l'essai de traction.

La résistance de la fonte ordinaire est de 10 à 12 kilogrammes par millimètre carré : elle peut monter exceptionnellement à 20 kilogrammes. Ce métal résiste bien mieux à la compression :

sa charge de rupture, dans ce cas, peut varier de 40 à 100 kilogrammes. Dans les constructions, on admet une charge pratique de 1 à 2 kilogrammes pour les pièces qui travaillent à la traction, de 6 à 8 pour celles qui travaillent à l'écrasement.

Les essais de réception se font le plus souvent à la traction et au choc. Des barreaux carrés de 4 centimètres de côté posés sur des couteaux distants de 16 centimètres, et soumis au choc d'un mouton de 12 kilogrammes, doivent supporter sans rompre une hauteur de chute de 35 à 40 centimètres d'après les cahiers des charges des chemins de fer. La fonte à canon doit supporter dans ces conditions cinq chocs successifs à des hauteurs graduées depuis 30 jusqu'à 54 centimètres. L'essai à la flexion est calculé pour correspondre à un travail à la rupture de 11 kg, d'après la formule : $R = \frac{2}{3} \frac{PL'}{C^3}$, dans le cas d'un barreau posé sur deux appuis et chargé au milieu (balance de Joëssel), $R = 6 \frac{PL'}{C^3}$ pour un barreau encastré chargé au bout (balance de Monge), (L, distance des points d'appuis ; L', distance du point d'appui au point de suspension de la charge dans la balance de Monge ; P, charge ; C, côté du barreau).

A Ruelle, on fait l'essai sur des barreaux de 5 centimètres sur 3 avec points d'appuis distants de 50 centimètres : on exige une charge de 3 700 kilogrammes avec une flèche minima de 4^{mm},5 pour la fonte à canon ; 3 500 ^{kg} et 6 millimètres de flèche pour la fonte supérieure.

Propriétés physiques.— La fonte solide surnage sur la fonte liquide ; on en a conclu qu'elle se dilate en se solidifiant, ce qui lui permettrait de mieux remplir les parties minces des moules. Cette interprétation est douteuse. D'après M. Keep, il y a trois expansions à diverses périodes du refroidissement, elles sont variables avec la composition chimique, le manganèse les atténue ou les fait disparaître. Le résultat général est un retrait qui diminue d'amplitude quand la fonte est riche en silicium : on compte 1,5 à 2 % pour les fontes traitées ou blanches, 1 % pour la fonte grise.

La densité varie de 6,90 (fontes grises) à 7,40 (fontes blanches). Elle diminue par la trempe, et peut reprendre sa valeur initiale par un recuit prolongé.

La chaleur totale de la fonte fondue est de 330 à 315° calories par kilogramme. La chaleur latente de fusion de 80 à 110. Les fontes grises

contiennent plus de chaleur que les blanches et restent plus longtemps liquides.

Classification des fontes. — On distingue au point de vue de l'aspect trois types principaux : les fontes *grise*, *truitée* et *blanche*.

La première est caractérisée par la présence du graphite : le *carbone* y est en partie cristallisé, en partie combiné à l'état de carbure. La cristallisation paraît due à l'action du silicium qui précipite le carbone. On appelle *fontes noires* les fontes très riches en graphite. Plus cet élément est abondant, plus le grain est gros.

Les fontes blanches sont moins siliceuses, et tout le carbone y est combiné. Leur cassure est blanche, d'un grain fin, parfois caverneuse, et cristalline quand il y a du manganèse. Ce métal semble empêcher la précipitation du graphite et s'il est en fortes proportions, la fonte reste blanche quoique très carburée.

Les fontes truitées sont des variétés intermédiaires, où des taches grises plus ou moins abondantes se détachent sur un fond blanc.

Les fontes grises sont plus fluides que les fontes blanches ; elles se refroidissent lentement et restent longtemps liquides. Cependant, la

fonte noire coule moins bien. Les fontes blanches deviennent rapidement visqueuses.

Les fontes employées en fonderie sont, en général, des fontes grises ou truitées : on les classe d'après le grain, par numéros qui vont en croissant à mesure que le grain devient plus serré et la fonte moins chargée en graphite :

N° 1. *Fonte noire graphiteuse à gros grains.*

N° 2. *Fonte noire avec mélange de gros grains et de grain serré.*

Ces fontes s'emploient exclusivement en mélanges pour refondre les bocages. Elles contiennent de 1 à 2 % de silicium, elles sont rendues limailleuses par le graphite qui se sépare pendant la coulée, et ne peuvent se mouler. Elles ne rendent qu'un son sourd sous le marteau.

N° 3. *Fonte grise à grain serré.* — S'emploie pour les moulages minces, pour ceux qui doivent être faciles à travailler ; elle est fluide et douce. On la mélange avec d'autres fontes pour les moulages plus durs. Elle n'est pas sonore.

N° 4. *Fonte à grain un peu plus clair, par fois mélangé de parties blanches et noires.*

— Commence à être sonore, donne des moulages un peu plus durs.

N° 5. *Fonte à grain cendré.* — Se travaille encore, mais trempe en pièces minces ; s'emploie

généralement en mélange avec d'autres plus grises, sauf pour les moulages résistants et les pièces à tremper.

· N° 6. *Fonte truitée grise* ; grain cendré avec points blancs.

· N° 7. *Fonte truitée blanché* ; grain clair avec points gris.

Ces derniers numéros ne peuvent guère s'employer seuls que pour des moulages spéciaux, d'exécution facile, et qui doivent avoir une grande dureté.

La composition chimique ne suffit pas pour classer une fonte, les températures obtenues au haut-fourneau, les conditions de fabrication et de coulée ont certainement une grande influence. Une fonte coulée froide et rapidement refroidie (dans un moule en métal, par exemple) blanchira toujours ; coulée chaude et lentement solidifiée, elle prendra un grain plus grossier et une teinte plus foncée.

Qualités nécessaires à la fonte de moulage. — Les fontes de moulage doivent avoir trois qualités principales ; la fluidité, qui leur permet de bien remplir tous les recoins du moule ; la ténacité, lorsqu'il s'agit de pièces de machine, la douceur, qui permet de les travailler à la lime, et de donner le fini aux produits.

Pour être fluide, la fonte doit être grise, c'est-à-dire faite en allure chaude. Elle ne doit cependant pas être trop noire. L'abondance du graphite rend les surfaces rugueuses : ce corps augmente la douceur, mais diminue la ténacité. Les meilleures fontes, pour les cas ordinaires, seront donc les fontes grises à grain serré, peu graphitiques; quand on recherche surtout la ténacité, on emploiera des fontes traitées : elles sont moins fluides mais plus résistantes et conviendront pour les pièces de machine de forme simple.

Influence des corps étrangers. — La présence du *silicium* est indispensable, car il n'y a pas de fonte grise sans lui. Il augmente beaucoup la douceur, et la fonte qui en est très chargée (plus de 3 %), peut arriver à se couper au couteau. Il sera donc avantageux pour les produits qui doivent se travailler et être bien finis. Mais il diminue la résistance : aussi, la fusion au réverbère qui élimine partiellement le silicium augmente toujours la ténacité, mais aux dépens de la fluidité. Dans les moulages pour constructions, il ne faudra pas plus de 1,50 % de silicium.

Le *phosphore* ou l'*arsenic* augmentent beaucoup la fluidité. Ils diminuent la ténacité et leur

proportion doit être restreinte à quelques millièmes, dans la fonte destinée aux moulages résistants. Dans les moulages ordinaires, une teneur de 1 % peut être avantageuse. Pour les fontes d'ornement, on va même plus loin. Ainsi, on emploie pour les bijoux en fonte, dits bijoux de Berlin, des fontes de Silésie, contenant jusqu'à 2 ou 3 % d'arsenic, avec lesquels on arrive à mouler de véritables dentelles. On obtient des fontes riches en arsenic, en traitant des minerais qui forment les chapeaux de fer de certains filons de pyrite. Pour cette même fabrication, on a employé des fontes à 4 ou 5 % de phosphore, qu'on obtenait, en ajoutant au haut-fourneau, une certaine quantité d'os au lieu de castine.

Le soufre blanchit la fonte, la durcit, et favorise la combinaison du carbone. D'après les essais de M. Keep, cet effet s'augmente par l'élimination du carbone et du silicium. Une dose de soufre neutralise l'effet d'une dose cinq à dix fois plus forte de silicium ; si on maintient la teneur en silicium à 2,5, 1 % de soufre ne rend pas la fonte dure, mais avec 1 % de silicium, 0,8 % de soufre rendent la fonte entièrement blanche. La résistance peut diminuer de 20 %, le retrait augmenter de 50 % avec des

teneurs en soufre un peu fortes. De faibles doses semblent augmenter plutôt la résistance. Une teneur de 0,10 paraît sans action sérieuse, et M. Keep pense que la fusion au cubilot ne peut guère en faire absorber davantage.

Le *manganèse* n'est pas utile pour les moules ordinaires; au-delà d'une certaine teneur (1 % environ), il devient nuisible parce qu'il blanchit la fonte en empêchant le graphite de se précipiter. Mais, justement à cause de cette propriété, il pourra rendre des services dans certaines fabrications spéciales; il permettra, en effet, d'obtenir des fontes blanches contenant une certaine proportion de silicium et qui auront encore une fluidité suffisante, à condition de les surchauffer; on brûlera jusqu'à 20 % de coke dans la fusion de ces fontes au cubilot.

Les fontes manganésées ne sont fusibles qu'à haute température; elles sont donc réfractaires et conviennent pour les pièces qui doivent résister au feu. Ajoutons que le manganèse favorise au haut-fourneau l'élimination du soufre; en proportions modérées, il permet d'obtenir des fontes plus pures et plus tenaces.

On ne dépasse pas, en général, 0,5 % de manganèse; on peut aller à 1 % pour certains moules résistants.

Certaines fontes contiennent du *cuivre* dont la proportion peut aller à 1 ou 2 $\%$. Elles prennent un beau poli, mais elles se moulent et se travaillent plus difficilement ; elles sont dures et cassantes.

On ajoute parfois l'*aluminium* en petite quantité dans la fonte, à la dose de quelques millièmes. Son influence n'est pas encore très bien connue. On admet, en général, qu'il agit comme le silicium pour précipiter le carbone, il pourrait donc servir à rendre plus grises les fontes blanches. Mais, d'autre part, dans les fontes grises, il rend le grain plus serré ; il semble déterminer la cristallisation du graphite en petites lamelles *très fines* également réparties dans toute la masse, il rend ainsi la fonte plus compacte, moins poreuse, et il augmente sa résistance.

D'après les essais de M. Keep, 0,25 $\%$ d'aluminium suffisent à rendre la fonte blanche un peu grise : à 0,50, l'effet est très prononcé ; il augmente jusqu'à 1 $\%$. L'aluminium produirait à ce point de vue à peu près le même effet que deux fois et demie son poids de silicium, mais il détermine un grain plus serré. Aussi, il donne moins de fluidité : il augmente celle de la fonte blanche, mais diminuerait plutôt celle de la

fonte grise. Il augmente le tassement, et les moulages doivent être bien nourris avec de fortes masselottes.

Si l'on veut obtenir un métal homogène, il suffit de mettre l'aluminium dans la poche de coulée et de remuer énergiquement, car l'aluminium, très léger, a une tendance à remonter à la surface du bain avant d'avoir réagi.

Quand le mélange n'a pas été suffisamment intime, en de certains points la cassure présente l'aspect d'un noyau blanc entouré de fonte grise ; ce noyau est dû au manque d'homogénéité du métal dans lequel l'aluminium se trouve concentré en certains points.

Fontes tenaces. — La fonte ordinaire de première fusion n'a qu'une résistance de 10 à 12 kilogrammes par millimètre carré. Avec des mélanges de minerais convenables, on obtient facilement des résistances de 15 kilogrammes en première fusion. Par des mélanges de fontes, en deuxième fusion, on peut arriver à 25 kilogrammes. C'est surtout en Allemagne que certaines fonderies (comme celles de Gruson) se sont fait une spécialité de ces fontes dures (*Hartguss*), qui, en général, trempent beaucoup en coquille.

Le refroidissement brusque fait perdre de la

résistance. La même fonte coulée en coquille, au lieu de l'être en sable étuvé, perdra 25 % de sa résistance à la traction, 35 % de sa résistance au choc. Les fontes résistantes doivent être coulées chaudes à cause du tassement : il faut que les gaz puissent se dégager. Le tassement mesuré par la quantité de métal qu'on ajoute à la masselotte peut atteindre 5 %. Il faut, pour en diminuer les effets, de grandes masselottes ; il peut y avoir 30 % de différence entre la résistance de la même pièce coulée debout ou horizontale.

Les fontes tenaces doivent contenir relativement peu de silicium ; le manganèse est avantageux, mais ne doit pas dépasser 1,5 %, car il provoque la cristallisation, elles ne doivent pas non plus être trop graphiteuses. Le phosphore est nuisible, le soufre l'est peut-être moins, on dit même qu'on l'a quelquefois recherché.

- D'après un essai de M. Dewey, une fonte très grise refondue plusieurs fois au cubilot est devenue truitée à la troisième fonte, à peu près impossible à limer et fragile à la cinquième, blanche à la septième, caverneuse à la huitième.

Au creuset, la fonte a commencé à se truire après la onzième refonte, à blanchir après la

quinzième. La résistance a augmenté jusqu'à la onzième.

En général, plus la fonte est claire, plus elle résiste. Ainsi, au fourneau de Muirkik, on a

Résistance	kilogrammes
N ^o 2	13 à 15
// 3	15 à 17
// 4	22 à 28
// 4 1/2	24

Ces fontes ont la composition suivante :

Graphite	2,5 à 3
Carbone	0,15 à 0,15
Silicium	0,7 à 0,9
Manganèse.	0,5 à 1,14
Soufre	0,2
Phosphore.	0,25 à 0,3

Le manganèse est peut-être la cause de ces bons résultats : sa teneur est irrégulière, mais les résistances le sont aussi.

L'auteur de la communication, M. Fred. Dewey, conclut que la cause encore inconnue doit être physique, peut-être une condition de coulée, spéciale et fortuite. La structure des fontes de Muirkik serait pareille à celle des

fontes à l'aluminium (avec graphite très menu).

M. Vathaire indique les types suivants, pour fonte tenace :

Types	Gr.	C	Si	Mn	S	Ph
N° 3	2	0,7	1	0,8	0,5	< 0,5
N° 4	1,8	0,8	0,8	0,7	0,5	
Traité	1,3	1,3	0,6	0,6	0,5	

Voici deux analyses de fonte grise à l'air froid et au bois, pour canons :

Composition	Fingspong	Composition	Fnagersta
Gr.	2,17	Gr.	2,8
C	1,75	C	0,5
Si	0,9	Si	0,7
Mn.	0,2	Mn.	1,1
S	0,12	S	//
Ph.	0,05	Ph.	0,18

Une fonte des usines de Wassaic ayant la composition suivante :

Gr.	2,31
C.	0,78
Si	1,31
S.	0,08
Ph	0,3
Mn	1,51

a donné la résistance remarquable de 28 kg.

Fonte fabriquée à l'air froid. — La fonte fabriquée à l'air froid avait jadis une réputation spéciale. Était-elle méritée? La question est complexe, car on manque de données entièrement comparables, où la température de l'air soit la seule variable. En général, à numéro égal, les fontes à l'air froid (surtout celles au bois), sont moins siliceuses et plus carburées qu'à l'air chaud. Cela peut être un avantage surtout pour les fontes qui doivent tremper. En Amérique, où l'on emploie beaucoup les roues fondues en coquille, on paraît avoir reconnu la supériorité des fontes au bois à l'air froid. Des expériences méthodiques conduites par Fairbairn, sur le choix d'un métal pour un pont sur la Tyne, ont donné une résistance moyenne supérieure pour les fontes à l'air froid, mais certaines fontes à l'air chaud figuraient dans les meilleurs échantillons. D'autre part, des essais se rapportant aux produits d'une même usine auraient accusé une certaine supériorité des fontes à air chaud. Ce dernier cas s'explique peut-être par la présence du manganèse qui se réduit mieux à l'air chaud. La deuxième fusion peut reculer la fonte d'un demi-numéro, et lui faire perdre quelques

millièmes de carbone. Au réverbère, il y a toujours perte de silicium et la ténacité augmente. Au cubilot, il peut y avoir gain de silicium, de carbone, s'il y a excès de combustible : il y a souvent gain de soufre.

D'après une expérience de M. Fairbairn, en refondant dix-sept fois la même fonte au cubilot le silicium a passé de 0,7 à 2,2, le carbone de 2,7 à 3,75, le soufre de 0,4 à 0,7. La résistance avait cependant augmenté jusqu'à la deuxième fusion. La densité a été en montant de 6,96 à 7,38.

Dans les circonstances ordinaires, où on marche avec le minimum de combustible, la fonte blanchit plutôt au cubilot, mais dans une faible mesure.

La résistance diminue un peu par le recuit.

Fontes trempées. — On dit que la fonte est trempée, quand on la coule dans des moules métalliques épais ; la surface blanchit et durcit, par suite du refroidissement brusque.

La fonte grise ne prend pas la trempe ; la fonte truitée la prend plus ou moins. Pour les pièces qu'on veut durcir sérieusement par le moulage en coquille, on emploiera des fontes truitée clair, ou presque blanches. Ici encore le

manganèse sera utile. Il augmente la dureté de la trempe. Lorsqu'il y en a beaucoup, la trempe devient exagérée, la surface se prend en aiguilles, en lamelles qui n'adhèrent pas au centre de la pièce. Avec des fontes peu manganésées, on obtiendra une trempe à grain serré, plus homogène.

Pour les projectiles en fonte trempée, qui doivent avoir une surface très dure, sans que le corps soit cassant, on réussit bien avec des fontes contenant environ 1 % de silicium, 3 % de carbone et $\frac{8}{1000}$ de manganèse.

On emploie, en Amérique, des outils en fonte trempée pour le travail des métaux; ils permettraient une vitesse de coupe plus grande de 30 % que les outils en acier, parce qu'ils s'adoucissent moins par l'échauffement. L'angle de coupe doit être plus obtus, et le corps plus gros; le corps est moulé en sable et le tranchant en coquille épaisse (deux fois l'épaisseur de la pièce).

On obtient cette fonte par un mélange de fer et de bocages de fonte.

Elle contiendrait :

Carbone	3,38
Manganèse	0,55
Phosphore	0,40 ?
Silicium	0,66

On fabrique depuis quelque temps, en Amérique, des roues de wagon en fonte trempée où il entre 2 % de nickel. On obtient ainsi une grande dureté.

ACIER.

L'acier contient une proportion de carbone de 0,15 % au minimum à 1 et même 1,5 %. Les aciers fondus contiennent, en outre, une dose de manganèse qui descend rarement au-dessous de 0,3 % pour les plus doux et qui peut monter à 0,8 et 1 %.

Les aciers de moulage sont, en général, des aciers demi-durs, les aciers très doux étant difficiles à mouler, et les aciers très durs étant réservés pour certains usages spéciaux comme les outils où il faut des aciers de première qualité. Il est rare que le carbone descende au-dessous de 2 à 3 millièmes ou qu'il dépasse 5 ou 6.

L'acier moulé a généralement moins de résistance que l'acier forgé. Elle varie de 45 à 65 kilogrammes par millimètre carré, avec un allongement de 12 à 15 % qui monte parfois au-delà de 20 % lorsque le recuit s'est fait très soigneusement.

Le *soufre* et le *phosphore* ont une influence très nuisible sur la résistance, et leur teneur ne doit pas atteindre, autant que possible, 1 millième. Le *manganèse* rend l'acier plus fluide, et dans les aciers moulés, pauvres en carbone, il y a, généralement, d'assez fortes teneurs en manganèse. Toutefois, au-delà d'environ 1 % le manganèse rend l'acier cassant. On peut considérer 1,20 comme une limite extrême.

La teneur en *silicium* ne dépasse pas, en général, 2 ou 3 millièmes, elle peut aller jusqu'à 5 sans inconvénient.

La difficulté principale, pour les aciers moulés, est de les obtenir sans soufflures. On y arrive plus aisément lorsque le métal est riche en manganèse. Pour l'acier fondu au creuset avec des aciers un peu durs, on évite les soufflures en laissant reposer le métal dans le creuset avant la coulée.

Toutefois, l'emploi de l'acier moulé a été restreint à des pièces de dimensions très petites, tant qu'on n'a pas su trouver les moyens chimiques d'éviter les soufflures dans la fabrication de l'acier au four Martin.

On a d'abord employé, dans ce but, les additions de silicium. Pour bien remplir ce rôle, le silicium doit être ajouté sous forme de silico-

spiegel en alliage avec le manganèse, parce que l'oxydation du silicium forme alors dans l'intérieur de la masse des silicates de manganèse fusibles qui s'éliminent plus facilement.

On ajoute, par exemple, à la charge d'un four Martin, environ 1 % de silico-spiegel qui renferme 10 % de silicium et de 15 à 20 % de manganèse.

Ce procédé ne réussit pas pour les aciers doux, leur moulage n'est devenu possible que par l'emploi de l'*aluminium*.

L'addition de l'aluminium en très petites quantités (quelques dix-millièmes) donne, au métal le plus doux, une grande fluidité, probablement parce qu'il agit comme réducteur énergique et qu'il élimine parfaitement l'oxyde de fer dissout dans le métal. Ce n'est que depuis qu'on emploie l'aluminium que le moulage de l'acier a pris une grande extension et est employé avec succès pour des pièces de dimensions considérables. Toutefois, ce n'est que pour les aciers doux que son usage peut être considéré comme indispensable. Dans les aciers riches en carbone, l'aluminium peut être nuisible en précipitant le carbone à l'état de graphite. Son action, à ce point de vue, n'est pas encore connue avec précision. L'aluminium s'ajoute, en

général, dans les poches de coulée et non dans le four. De quelque façon qu'il soit préparé, l'acier doit toujours être coulé très chaud, car il se solidifie très rapidement.

Les moulages d'acier reçoivent, en général, un recuit lent jusqu'au rouge cerise destiné surtout à détruire les tensions intérieures qui ont pu être déterminées par le refroidissement dans le moule.

Le retrait dans l'acier est plus grand que dans la fonte, il peut varier de 1,6 à 2 %.

L'acier au nickel (teneur de 1 à 3,5 %), se moule bien. Des pièces recuites et trempées à l'huile peuvent donner 70 kilogrammes de résistance, avec 45 de limite élastique, et 25 % d'allongement. Il est difficile à travailler et il se forme souvent à la surface des écailles dures. Le ferro-nickel (acier contenant de 15 à 30 % de nickel), se prête aussi bien au moulage, surtout pour les petites pièces qu'on peut couler en sable vert. Il est, comme le nickel pur, à peu près inoxydable à l'air humide : sa résistance peut dépasser 80 kilogrammes, avec un allongement de 30 à 40 %. La trempe ne le durcit pas, et exerce plutôt une action adoucissante.

L'acier *Hadfield*, qui contient 8 à 14 % de manganèse, s'emploie sous forme de moulages.

Il possède une dureté considérable qui n'augmente pas à la trempe et ne diminue pas au recuit. On ne peut le travailler qu'à la meule. On s'en sert pour faire des outils destinés au gros travail des métaux, ou des pièces résistant à l'usure, comme dans les appareils broyeurs.

ALLIAGES DU CUIVRE

Le cuivre pur n'est pas employé au moulage. Il est toujours un peu visqueux et se moulerait mal. Mais ses alliages ont reçu des applications nombreuses. On donne le nom de *bronzes* à des alliages de cuivre et d'étain où il entre presque toujours une certaine quantité d'autres métaux, surtout le zinc.

Bronzes. — Les alliages simples de *cuivre* et d'*étain* ont une résistance légèrement croissante avec la proportion de ce métal, mais en même temps l'allongement diminue : vers 18 à 19 % on a le maximum de résistance (32 kilogrammes), mais l'allongement est devenu presque nul. Au-delà de cette teneur, le métal est cassant ; à 22 %, la limite élastique devient à peu près égale à la charge de rupture (18 à 20 kilogrammes), celle-

ci décroît rapidement et, au-delà de 25 %, le métal perd toute ténacité. La cassure, à grain de plus en plus fin à mesure que l'étain augmente, devient conchoïdale et presque amorphe pour les alliages à plus de 20 %. La couleur pâlit.

Il est probable que l'alliage à 32 % représente une combinaison définie (Cu⁴Sn). Les bronzes résistants ne doivent pas contenir plus de 15 % d'étain et il est rare qu'on dépasse 10 ou 12 %.

L'alliage à 10 % fond vers 950° ; l'alliage à 20 % vers 825.

Les bronzes sont très sujets aux liquations : il se sépare des taches blanches d'alliages riches en étain. Ce phénomène est surtout sensible pour les bronzes préparés avec une seule fusion : il s'atténue à mesure qu'on refond plusieurs fois le métal.

La présence du zinc contribue à rendre l'alliage plus homogène et plus fluide : à teneur égale, il donne des métaux moins cassants. Aussi, la plupart des bronzes employés sont des alliages ternaires (pour lesquels on emploie parfois le nom de *kalchoïdes*). On peut admettre qu'en général ; on améliorera un bronze en remplaçant jusqu'à la moitié de l'étain par deux fois son

pois de zinc. Le maximum de résistance paraît correspondre à la composition Cu 56, Sn 2, Zn 42.

Résistance. — Voici, d'après M. Guillemin, les résultats d'essais faits sur des bronzes de compositions variées :

Compositions	Limite d'élasticité kil. par mm ²	Résistance à la rupture kil. par mm ²	Allongements %/10
Bronze ordinaire (89Cu,9Sn,2Zn + oxydé provenant de la refonte de vieux bronzes	12	17	6
Bronze ordinaire préparé au moyen de métaux neufs, non oxydés, (89Cu,9Sn,2Zn).	14	28	24
Bronze ordinaire affiné par le phosphore en léger excès (89Cu,9Sn,2Zn)	16	32	41
Bronze ordinaire affiné par l'aluminium en léger excès (89Cu,9Sn,2Zn)	15	31	43
Bronze ordinaire affiné par le silicium en léger excès (89Cu,9Sn,2Zn)	16	27	20

Variétés de bronzes. — Le type des bronzes mécaniques, résistants sans être cassants, est le bronze à canons (Cu 90, Sn 10). Les bronzes

pour organes de machine sont un peu plus riches en cuivre (92). Pour les médailles, où il faut surtout un métal malléable, on diminue la proportion d'étain qui varie de 10 à 5 : l'addition de 2 à 3 % de zinc donne une patine plus belle; le bronze des monnaies contient Sn 4, Zn 1.

Le bronze des statues, pour lequel on recherche surtout la fluidité et la perfection du moulage, est beaucoup plus variable, et le zinc y joue un rôle important. On peut recommander comme type : Cu 90, Zn 6, Sn 4. Les compositions employées varient entre les limites suivantes : Cu 82-92, Zn 5-10, Sn 5-1, Pb 0-3. Le plomb augmente la fluidité, mais aussi la tendance aux liquations. Cependant, les bronzes japonais contiennent parfois jusqu'à 12 % de plomb, ce qui leur donne une belle patine noire. Pour les moulages imitant l'or, ou destinés à être dorés et pour les bronzes de bijouterie, on peut employer des bronzes à 6 % d'étain et 3 % de zinc : ces teneurs peuvent monter à 12 d'étain et 6 de zinc.

Le bronze des cloches doit être sonore, élastique, bien homogène; on se rapproche le plus possible de l'alliage à 22 % d'étain. Le plomb

et le zinc facilitent la coulée, mais le premier est nuisible à la sonorité.

Composition	a	b	c	d	e
Cu	78 — 80	78	80	55	64
Sn	22 — 20	20	11	35	25
Zn		2	6	10	8
Pb			2		
Fe					3

a) Métal pour cloches et tamtams de première qualité; b) *id.* deuxième qualité; c) métal à cloches anglais (inférieur); d) métal blanc pour grelots et timbres; e) métal chinois pour le même usage.

Ces métaux sont cassants à froid, on ne peut les travailler qu'au rouge (c'est ainsi que se forgent les tamtams). Ils s'adoucissent un peu par la trempe au rouge cerise.

Les métaux blancs contenant 30 à 35 % d'étain réalisent le maximum de dureté : ils sont à peu près impossibles à forger, mais prennent un beau poli, on les emploie pour miroirs (bronze des télescopes).

Raffinage du bronze. — Pour obtenir de bons moulages, tous les alliages à base de cuivre doivent être raffinés, c'est-à-dire désoxydés en

ajoutant, à la fin de la fusion, un corps réducteur, qui détruit l'oxyde de cuivre. Autrefois, on cherchait à obtenir ce résultat par le perchage (en agitant le bain avec des tiges de bois). Dans beaucoup de cas, le zinc, plus oxydable que le cuivre, joue ce rôle d'une façon suffisante ; mais souvent aussi on ajoute des doses très faibles (quelques millièmes) de réactifs spéciaux. On peut employer les métaux alcalins, le magnésium, l'aluminium ; ou certains métalloïdes, silicium, phosphore, arsenic. Ceux-ci s'emploient sous forme d'alliages riches, siliciures, phosphores de cuivre. Le phosphore est l'agent le plus couramment employé : le silicium est peut-être encore plus actif, et a été surtout utilisé pour les fils, afin d'obtenir du cuivre presque pur, de haute conductibilité, bien exempt d'oxydes.

Les *bronzes phosphoreux* ordinaires se préparent en ajoutant, après la fusion, du phosphore de cuivre (obtenu en fondant au creuset du cuivre avec du charbon de bois et du phosphate de cuivre) ou du phosphore d'étain, (obtenu par combinaison directe de l'étain fondu avec le phosphore).

Ils ne contiennent, en général, que quelques millièmes de phosphore.

Ils sont plus durs et plus résistants que les bronzes ordinaires.

Essais de M. Guillemin	Limite appa- rente d'élasticité kil. par mm ²	Résistance à la rupture kil. par mm ²	Allongements %/o
Bronze phosphoreux (périphérie de l'éprouvette) (89Cu,9Sn,2Zn + 0,13Ph) . .	17	28	19
Même bronze (centre de l'éprou- vette)	17	28	19
Bronze phosphoreux pour coussi- nets de voitures de wagons (83,5Cu,16Sn,0,5Ph) . . .	20	24	8
Bronze phosphoreux pour coussi- nets de machines (86,6Cu,14Sn,0,4Ph) . . .	19	22	12
Bronze phosphoreux coulé trop chaud (89Cu + 9Sn,2Zn,0,13Ph) .	12	18	7
Même bronze brûlé, refondu avec soin.	15	28	20
Bronze à canon légèrement phos- phoreux étiré à froid, en barres rondes de 20 ^{mm} de diamètre et recuit	12	40	77

Ces métaux s'attaquent moins facilement par l'eau de mer, sans doute à cause de leur structure plus compacte : au bout de six mois de séjour, on a constaté une perte de 3 % sur le cuivre, 1,1 % sur du bronze phosphoreux.

Quand la dose de phosphore devient considérable, on obtient des alliages spéciaux très durs et très fusibles; au-delà de 4 %, ils ne peuvent se limer.

L'arsenic produit à peu près les mêmes effets que le phosphore; le tombac, cuivre blanc avec lequel on fait des boutons et des instruments de physique, contient : Cu 97, Zn 2, As 1.

Le manganèse peut être employé aussi comme agent de raffinage, mais il donne, à ce point de vue, des produits moins réguliers, parce qu'il s'élimine moins complètement que le phosphore. En laissant dans le métal quelques centièmes de manganèse, on obtient des alliages tenaces et durs qui se forgent au rouge cerise, s'estampent et se travaillent bien à chaud. Le forgeage augmente beaucoup leur résistance.

Le bronze roma courant ne contient que quelques millièmes de manganèse; et souvent on y ajoute du phosphore et de l'aluminium. Les bronzes les plus durs contiennent jusqu'à 4 ou 5 % de manganèse.

Le manganèse est introduit dans les alliages sous forme de ferro-manganèse riche, qu'on fabrique au haut-fourneau à des teneurs allant jusqu'à 80 et même 85 %; ou de cupro-manganèse, qu'on peut faire en fondant au creuset

un mélange d'oxyde de manganèse et de charbon en présence du cuivre. Ces composés contiennent toujours des corps étrangers qui peuvent être nuisibles (silicium, carbone, fer). On fait depuis quelque temps, en Allemagne, du manganèse électrolytique pur, et des alliages de ce métal avec le zinc ou l'étain qui peuvent servir, avec avantage, pour la préparation des bronzes. Les bronzes manganésés doivent être fabriqués avec beaucoup de soin ; sans quoi on n'obtient pas un alliage homogène.

Le *bronze d'aluminium* est un alliage binaire : Cu 90-98 %, Al 10-2. Il présente une résistance croissante et un grain de plus en plus fin, quand la proportion d'aluminium augmente ; au-dessus de 11 %, il devient cassant. A partir de 7 % environ, ce métal est très dur, mais il se travaille bien à chaud. Sa couleur est d'un beau jaune d'or. Il s'altère peu à l'air.

La résistance augmente avec la teneur en aluminium jusqu'à 10 % ; elle peut atteindre 40 à 50 kilogrammes pour le métal coulé, 60 à 80 pour le métal travaillé et étiré. L'allongement, très variable, va de 10 à 30 % : il est relativement faible pour le métal coulé. La présence du silicium (qui se trouve toujours dans l'aluminium) augmente la résistance et diminue l'allon-

ESSAIS A LA TRACTION (D'APRÈS M. GUILLEMIN)

Compositions	Lipite apparente d'élasticité	Résistance à la rupture	Allongement total 0/0
Bronze manganèse tendre fondu au réverbère, coulé en sable à 1200°.	15kg	36kg	30
Même bronze coulé en sable à 1250°	14	34	35
Même bronze coulé en sable à 1300°	13	31	45
Même bronze coulé en sable à 1400°	9	24	13
Bronze-manganèse mixture (bronze Roma) fondu au creuset et coulé en sable à 1250°	17	37	25
Bronze-manganèse dur (bronze Roma) fondu au réverbère et coulé en sable à 1250°	20	39	18
Bronze-manganèse très dur (bronze Roma) fondu au réverbère et coulé en sable à 1250°	24	45	15
Bronze-manganèse mi-dur (bronze Roma) lumière à chaud et récent.	18	45	30
Bronze-manganèse mi-dur (bronze Roma) laminé à chaud, estampé et recuit	36	56	25
Bronze-manganèse ferreux, dur, de provenance anglaise, fondu au creuset et coulé en sable à 1250°.	19	36	10
Métal Delta très-dur, fondu au creuset et coulé en sable à 1250°.	18	31	3

gement. Entre 6 et 8 %, on a un peu moins de résistance, mais plus d'allongement.

Ces bronzes paraissent être ceux qui s'attaquent le moins dans l'eau de mer, et qui conservent le mieux leur résistance à une température élevée (300 à 400°).

Malgré toutes ses qualités, cet alliage est encore peu employé dans l'industrie. Il présente l'inconvénient d'être difficile à mouler. Le retrait et le retassement sont considérables, les liquations fréquentes. Le métal s'oxyde à chaud et doit être fondu dans des creusets de graphite couvert. Il est bon d'employer des bronzes à titre faible, et d'ajouter un peu d'aluminium à la fin. Il faut mouler en sable bien étuvé ou dans des coquilles de fonte chauffées, avec des jets nombreux et larges, des masselottes bien nourries.

Laitons. — On désigne spécialement sous le nom de laitons, des alliages binaires de cuivre et de zinc, pouvant contenir de petites quantités d'autres métaux et destinés, en général, à être travaillés (surtout à froid), tandis que les bronzes s'emploient plutôt comme moulages.

L'introduction du zinc dans le cuivre permet d'obtenir des moulages sains, et il augmente la résistance, sans diminuer la malléabilité aussi vite que le fait l'étain.

Les alliages contenant moins de 20 % de zinc ne sont pas beaucoup plus fusibles que le cuivre. A une teneur plus élevée le point de fusion s'abaisse graduellement entre 900 et 810°. L'alliage à 50 % (Cu Zn) paraît correspondre à un composé défini qui fondrait à 810°. Les liquations sont moins prononcées que pour les bronzes.

La résistance des laitons augmente avec la teneur en zinc et atteint son maximum vers 42 à 45 %, puis elle décroît rapidement et devient très faible au-dessus de 50.

L'allongement atteint son maximum (35 à 40 %) vers 38 %, puis décroît rapidement ; les laitons durs, à plus de 40 %, sont donc peu malléables ; mais ils se travaillent à chaud, tandis que les laitons ordinaires se travaillent à froid.

Certains laitons (*métal Müntz*), souvent alliés à un peu de fer ou de manganèse (*métal Delta*), donnent des résistances remarquables après travail à chaud, mais il sont difficiles à préparer et à obtenir bien homogènes.

Les laitons usuels ont une teneur en zinc comprise entre 30 et 39 %, d'autant plus forte qu'on veut plus de résistance, d'autant plus faible qu'on veut plus de malléabilité. Ainsi, pour le travail au marteau, on prendra plutôt des

alliages à 30 %; pour le travail à la filière, des alliages à 35 %, auxquels on peut ajouter un peu d'étain (moins de 1 %) et de plomb. Pour le travail au tour, où le métal doit être sec, on recommande l'addition de 2 à 2,5 % de plomb, 0,4 d'étain.

Pour obtenir les laitons avec toutes les qualités mécaniques dont ils sont susceptibles, il faut employer des matières premières très pures. On préfère souvent, pour cet usage, le cuivre électrolytique, et on commence même, en Allemagne, à produire sur une grande échelle du zinc affiné par l'électrolyse pour le laiton à cartouches.

Des laitons moins riches sont employés surtout comme ornement, à cause de leur belle couleur jaune (similor); la teneur en zinc y varie de 10 à 20 %. Le chrysocale, qui se lamine très bien et prend bien la dorure, contient : Cu 92, Zn 6, Sn 2. Ces laitons à basse teneur sont aussi désignés sous le nom de *tombac* et remplacent souvent le bronze pour les moulages d'ornement. Ils conviennent très bien quand l'objet doit être doré, mais laissés nus, ils ne prennent pas une aussi belle patine.

Une faible quantité d'*aluminium* donne au laiton un accroissement de résistance qui semble provenir principalement de l'action affinante de

l'aluminium, car 1 % d'aluminium ajouté à du laiton ordinaire est suffisant pour en augmenter la ténacité. A 3 % d'aluminium, l'alliage devient raide et au-dessus il devient cassant.

Voici quelques exemples d'essais mécaniques :

Nature des laitons	Limite élastique	Résistance	Allongement
Laiton ordinaire : 67Cu,33Zn (laminé et recuit).	9	31	62
Laiton à 2 % d'aluminium (moulé).	12	34	35
" laminé et recuit	14	40	35
" à 3 % d'aluminium	"	50	3

Écrouissage. — Les alliages du cuivre sont, en général, très sensibles à l'influence du travail mécanique : le laiton, particulièrement, se modifie beaucoup par l'écrouissage et le recuit. La résistance à l'état écroui, peut monter jusqu'à 60 kilogrammes, l'allongement devient alors à peu près nul. Un recuit prolongé ramène la résistance à 30 ou 35 kilogrammes, mais l'allongement peut alors s'élever à 60 %. L'effet du recuit est d'autant plus rapide que la température est plus élevée. Au-dessus de 80° environ, le métal se brûle et perd toutes ses qualités.

On améliore aussi la résistance du bronze par le travail. C'est ainsi qu'on étire à froid les flans des médailles pour les durcir. Les canons peuvent être mandrinés (procédé Uchatius).

Bronzes pour coussinets. — Les métaux pour coussinets doivent être durs, mais sans excès, car la dureté augmente la tendance à l'échauffement. Le frottement (au moins pour les bronzes) paraît dépendre à peu près exclusivement du mode de lubrification.

On emploie le plus souvent pour les pièces à frottement des alliages ternaires pouvant contenir 75 à 77 de cuivre, 11 d'étain, 8 à 11 de zinc; pour les pièces qui doivent être moins cassantes, des alliages plus riches en cuivre (85Cu, 8Sn, 3Zn); pour les coussinets devant résister au choc des bronzes phosphoreux (90 à 85 de cuivre, 10 à 15 d'étain, 0,5 de phosphore).

Des expériences intéressantes ont été faites en Pensylvanie sur les coussinets de voitures; elles mettent en évidence l'influence heureuse du plomb. On comparait deux coussinets en les montant sur le même essieu et en mesurant l'usure, l'un d'eux était en métal type. On avait choisi comme point de comparaison le phosphor-bronze (Cu 80, Sn 10, Pb 10, Ph 0,8) dont l'usure est assez constante. Le bronze ordinaire

sans plomb (Cu 82,6, Sn 12,5) s'est montré très inférieur, ainsi que l'arsenic-bronze ; il s'échauffe bien plus ; mais si on conserve le dosage en plomb, la substitution de l'arsenic au phosphore donne sensiblement les mêmes résultats. En forçant la teneur en plomb, on a obtenu moins d'usure et on s'est arrêté à l'un des alliages suivants :

Cuivre	77	47,7
Étain	8	4,4
Plomb	15	11,4
Phosphor-bronze	//	26,3

Leur usure serait de 10 à 15 % inférieure à celle du phosphor-bronze ordinaire. Les essais par torsion ont été adoptés comme le meilleur moyen de préjuger la qualité d'un alliage à ce point de vue.

ALLIAGES BLANCS

Compositions.—Les alliages blancs employés pour vaisselle, robinetterie, comptoirs, etc., sont à base d'étain qu'on rend plus dur et susceptible de poli en ajoutant un autre métal, surtout de l'antimoine. Le zinc diminue davantage la malléabilité : le plomb durcit moins et sa teneur est limitée à 15 % par les règlements sanitaires.

Voici les compositions de différents alliages blancs :

Métaux employés	A	B	C	D	E	F	G
Sn.	70-80	90	90	80	75	80	90-85
Sb.	10-8	10-15	7	20	15	//	//
Zn	//	?	//	//	//	//	15-0
Pb	10-0	//	//	//	//	20	0-15
Cu	//	?	2	//	//	//	//
Bi.	10-1	//	2	//	//	//	//

A, Quend métal, employé en Angleterre, imitant plus ou moins l'argent ;

B, Métal d'Alger pour planches à graver ;

C, Plate-pewter, malléable ;

D, Clefs de robinets,

E, boisseaux ;

F, Pewter ordinaire,

G, Poterie d'étain commune.

La teneur en étain varie de 85 à 90 %, celle du plomb de 15 à 10 %.

L'antimoine ne doit guère dépasser 10 % si la pièce doit être travaillée. Quand on ne craint pas la raideur, on peut remplacer dans les alliages vulgaires une partie de l'étain par du zinc, jusqu'à 15 %. On ne met pas alors d'antimoine.

On fond d'abord le zinc, puis l'étain, puis le plomb, sous un peu de borax ou de résine avec poussier de charbon.

Un peu de cuivre ou de bismuth donnent des métaux plus beaux et moins cassants.

Alliages d'antifricition. — Les alliages d'antifricition sont des métaux blancs, fusibles, qui peuvent se mouler facilement sur la monture même qu'ils doivent garnir; celle-ci est, en général, en fer ou en acier (excentriques, tiroirs, coussinets, etc.). Ces compositions sont, le plus souvent, à base d'étain ou de plomb, durcis par l'antimoine, quelquefois par le cuivre ou le zinc. On emploie des formules très variables.

Voici des compositions d'alliages d'antifricition employés dans le moulage des coussinets, etc., de chemins de fer :

Désignation des alliages	Étain	Plomb	Antimoine	Cuivre	Zinc
Chemins de fer prussiens	91	//	6	3	//
Chemins de fer bavarois	74	//	15	11	//
Chemins de fer de l'Est	90	//	8	2	//
n° 1.	10	79	20	//	//
n° 2.	//	65	25	10	//
n° 3.	12	80	8	//	//
n° 4.	83,3	//	11,10	5,5	//
Métal Magnolia	5,9	77,8	16,3	//	//
Métal Fentin	//	80	14,5	5,5	//
Métal Dalge	10	1	//	4	85

Les alliages à base d'étain (durcis par l'antimoine et le cuivre) sont peut-être les meilleurs pour les pièces qui doivent fonctionner à grande vitesse : mais ils sont coûteux, et on emploie de préférence, là où ils peuvent suffire, les alliages à base de plomb.

Caractères d'imprimerie. — Le type est 80 à 75 de Pb pour 20 à 25 de Sb.

Les alliages de Pb et d'antimoine sont bien fusibles, durs, sans être impossibles à travailler ; ils prennent de l'expansion en se solidifiant. On peut ajouter de l'étain pour les caractères fins (6 à 8 % au plus, sinon l'alliage tend à devenir cristallin), ou du bismuth (jusqu'à 15 %). Au contraire, l'antimoine peut descendre à 6 % dans les caractères de qualités inférieures.

L'étain remplace le plomb en grande partie, ou même en totalité pour les planches à graver.

Le cuivre et le fer donnent de la résistance mais ont l'inconvénient de l'oxydation, surtout le fer. Le zinc donne des alliages plus pâteux. En fortes proportions, il attaque les moules en fer et les matrices, et donne des lettres difficiles à apprêter au couteau.

CHAPITRE II

—

PROCÉDÉS DE FUSION

CUBILOT

L'appareil de fusion le plus économique est le cubilot (*fig. 1*, p. 48). Il présente l'inconvénient d'altérer la qualité du métal par le contact du charbon. Aussi l'emploie-t-on rarement pour la fusion des bronzes : il convient très bien aux moulages de fonte ordinaires, car la matière est alors de peu de valeur, le métal dur à fondre, et la question d'économie prime les autres.

Formes et dimensions. — Les anciens cubilots étaient cylindriques, avec des hauteurs assez faibles variant de 2 à 4 mètres. On donnait au creuset un diamètre de 0^m,80 pour fondre une tonne à l'heure, 1 mètre pour deux tonnes à l'heure, 1^m,20 pour trois tonnes.

Ces appareils brûlaient de 20 à 30 % de coke par tonne.

On ne conserve aujourd'hui la forme cylindrique que pour les faibles productions. Pour les grands cubilots, il vaut mieux rétrécir l'ouvrage et ne pas dépasser 80 à 90 centimètres, pour que la température y soit régulière. D'autre part, il faut augmenter le volume pour mieux utiliser la chaleur des gaz. Une des formes les plus employées maintenant, consiste à former l'ouvrage d'un cylindre étroit, surmonté par une cuve cylindrique plus large, ayant 1^m,20 à 1^m,30 de diamètre, quelquefois même 1^m,50 et jusqu'à 2 mètres.

Pour pouvoir emmagasiner plus de fonte, on élargit le creuset au-dessous de la région des tuyères. La hauteur totale est portée au moins à 3 ou 4 mètres (soit 3 mètres au-dessus des tuyères) et peut aller jusqu'à 5 ou 6 mètres.

On a employé aussi des cubilots à section elliptique. Parfois, on leur donne le profil d'un haut fourneau, avec ventre et gueulard rétréci. Il n'y a guère d'intérêt à réduire le diamètre du gueulard, car la répartition des charges ne présente pas de difficultés et n'a pas la même importance que dans le haut-fourneau. Quand on fond au cubilot par petites pièces, on est souvent

amené à modifier les mélanges : il ne faut pas que les charges soient trop fortes : on emploie donc de faibles diamètres. Il est rare qu'on dépasse le diamètre de 1^m,20 ou qu'on reste au-dessous de 0^m,50. Les grands appareils conviendront, au contraire, pour une production régulière et uniforme.

Dans ces grands cubilots, la température des gaz à la sortie peut descendre à 300° et la consommation de coke, à 10 ou 12 %₀. Si on fait abstraction du coke brûlé pour l'allumage, la consommation en marche est de 6 à 8 %₀. Par suite de la faible proportion de coke, l'acide carbonique peut échapper en partie à la décomposition : les gaz contiennent, au gueulard, au moins autant d'acide carbonique que d'oxyde de carbone. Dans les cubilots marchant au charbon de bois, il y a beaucoup plus d'oxyde de carbone produit. Aussi la consommation y monte à 40 ou 50 %₀ du poids de la fonte.

L'emploi de l'air chaud, essayé plusieurs fois, avec des températures de 200 à 400° n'est pas entré dans la pratique. Il ne présente pas ici le même intérêt que dans les hauts-fourneaux, parce que la proportion de combustible est faible.

Tuyères. — L'introduction du vent a donné

lieu à bien des variantes. Autrefois, il n'y avait que deux ou trois tuyères sur le même rang ; mais on disposait souvent plusieurs rangs

espacés à des intervalles verticaux de 30 centimètres environ. On se servait d'abord du rang inférieur, puis on le bouchait quand la fente montait jusque-là, et on ouvrait celui de dessus, et ainsi de suite. On pouvait ainsi emmagasiner plus de métal. Aujourd'hui, le creuset a plus de hauteur, et on souffle toujours au même niveau, avec un seul rang de tuyères, parfois avec deux, espacés de 60 centimètres environ. On a reconnu l'avantage de distribuer le vent sur toute la périphérie. Il y a quatre tuyères, quelquefois huit par rangée. Dans les cubilots désirés du type *Ireland* ou *Voisin* (fig. 1), le vent

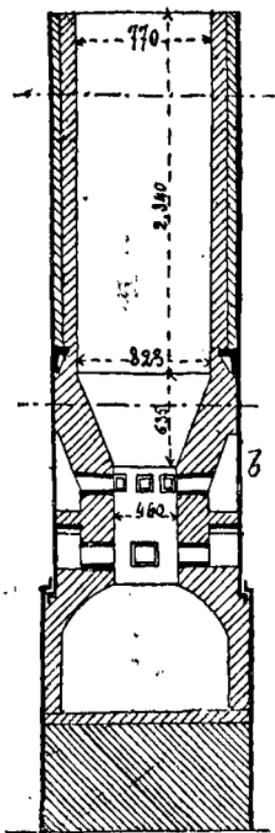


Fig. 1. — Cubilot.

fois huit par rangée. Dans les cubilots désirés du type *Ireland* ou *Voisin* (fig. 1), le vent

arrive dans une boîte en tôle qui fait le tour de l'ouvrage : il se chauffe donc un peu, tout en rafraîchissant les parois. Cette boîte communique avec le creuset par une série d'orifices qui remplacent les anciennes tuyères. Quand il y en a deux rangées, elle est divisée en deux compartiments par une cloison horizontale, de manière qu'on peut donner le vent à l'un ou à l'autre, ou aux deux ensemble.

En soufflant à deux étages, on espérait augmenter la production d'acide carbonique. L'excès d'air, arrivant par les tuyères supérieures, brûlerait l'oxyde de carbone produit au-dessous. Toutefois, les opinions diffèrent sur l'efficacité de cette disposition et, en pratique, dans beaucoup d'usines, l'une des rangées reste fermée.

En descendant à travers la cuve, les charges s'échauffent peu à peu : arrivée dans la zone des tuyères, la fonte entre en fusion. En passant sous le vent, elle s'oxyde légèrement. 4 à 5 % de fer peut brûler et se scorifier, soit aux dépens des cendres du coke, soit aux dépens de la silice produite par l'oxydation du silicium. Ce corps se brûle en proportions relatives beaucoup plus fortes que le fer. La teneur en silicium se réduit facilement d'une demi-unité pendant la

fusion. Cette réaction a pour effet de blanchir la fonte, elle est évidemment favorisée par la présence d'un double rang de tuyères. Cet affinage partiel est le plus souvent nuisible : parfois il peut être avantageux quand on cherche à avoir des fontes tenaces ; on pourra alors employer, avec succès, toutes les tuyères. Dans les cas ordinaires, la fonte doit rester grise ; pour l'empêcher de blanchir, il faudra forcer la proportion de coke. On comprend donc que, pour donner la même qualité, le cubilot à doubles tuyères puisse, dans la pratique, exiger plus de combustible.

Les cubilots s'élargissent par l'usure au-dessus de la région des tuyères. Alors, si la pression du vent reste la même, il passe plus d'air, et la production augmente : mais aussi la fonte se refroidit et il faut augmenter beaucoup la consommation du coke.

Cubilots sans tuyères. — Dans le *cubilot Krigar* (fig. 2), la chambre à vent communique avec le bas du creuset par de larges carneaux inclinés. Le vent arrive donc en nappe plongeante. Des tuyères inclinées oxydèrent la fonte dans un four ordinaire, mais ici, elle coule immédiatement dans un bassin extérieur et s'y trouve soustraite à l'action du vent : il n'agit que sur

le coke, qui s'étale en pyramide dans l'ouvrage

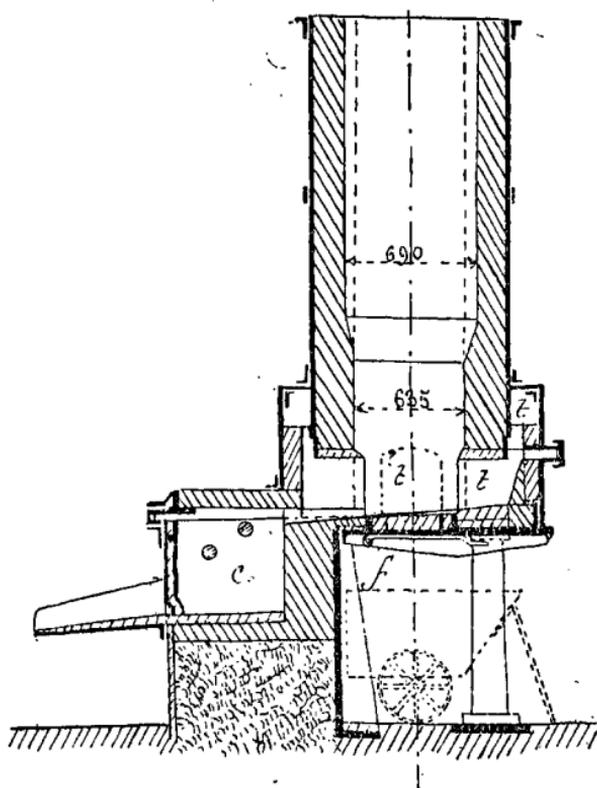
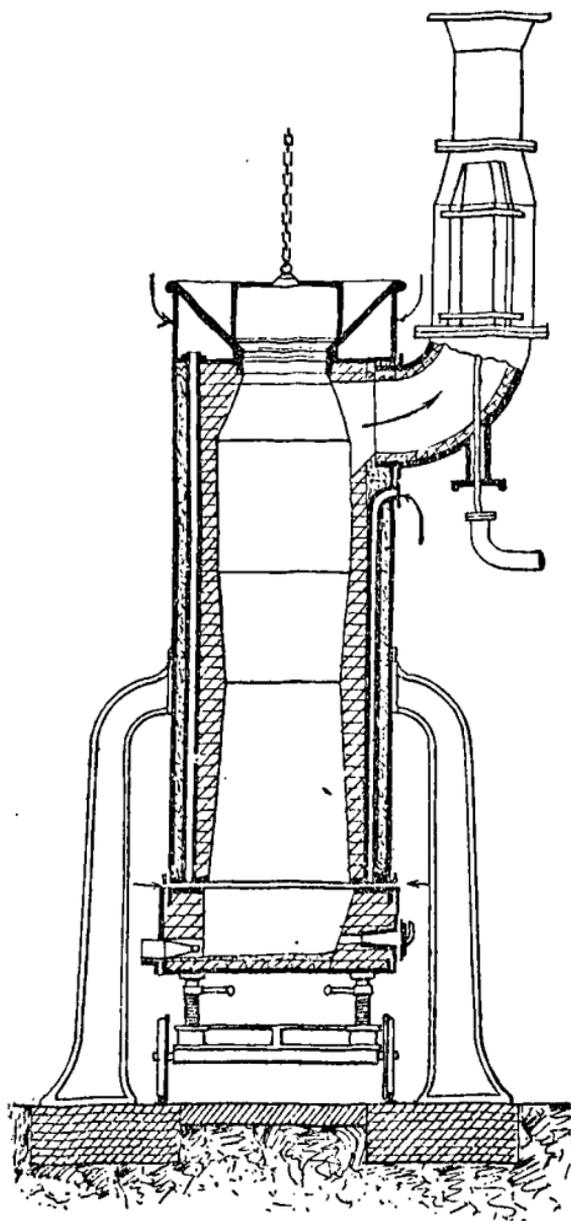


Fig. 2. — Cubilot Krigar.

élargi, et il achève de brûler les escarbilles empâtées dans la scorie.

Le cubilot *Herbertz* (fig. 3) n'a pas de tuyères : l'air y arrive par une fente continue, et au lieu d'être soufflé, il est aspiré par une trompe *Kær-*



ting : le gueulard est donc fermé, comme dans un haut-fourneau, et l'aspirateur¹ placé sur les tuyaux de prise de gaz. Le creuset est indépendant des étalages qui sont suspendus, il est entièrement mobile ; on peut le soulever avec des vérins, le serrer plus ou moins contre le bas des étalages et régler à volonté l'ouverture de la fente qui reste entre ces deux parties ; c'est cette fente qui donne accès à l'air.

L'afflux du vent sur tout le pourtour ne peut être que favorable à la régularité de la marche ; mais il vaut mieux conserver la soufflerie en faisant arriver l'air par une boîte circulaire fixée au bas des étalages. L'appel par aspiration offre l'inconvénient de ne pas bien faire pénétrer l'air jusqu'au centre de l'ouvrage.

Un même trou de coulée peut servir, dans les petits appareils, à soutirer d'abord la fonte, puis à sortir les laitiers quand le creuset est vide. Mais, les grands cubilots ont un orifice spécial placé à une certaine hauteur pour la coulée des laitiers. Il peut rester ouvert, comme dans les hauts-fourneaux à tuyère Lürmann. Il est bon de le placer du côté opposé à la coulée de la fonte, pour mieux débarrasser le devant du fourneau.

Dans le cubilot Krigar, la fonte se puise dans un avant-creuset couvert, assez vaste, séparé du

creuset par un canal de coulée, de sorte qu'elle est soustraite immédiatement à l'action du coke et à celle du vent. Cet appareil, qui donne de bons résultats dans quelques usines allemandes, ne s'est guère répandu. Il doit être conduit à marche rapide pour que le bassin ne se refroidisse pas. Ainsi, on y fond trois tonnes par heure, avec un diamètre de 80 centimètres.

Construction. — Les parois des cubilots sont construits en briques réfractaires, sur 11 centimètres d'épaisseur. On les fait aussi en pisé, ce qui facilite les réparations. La sole du creuset est en brasque siliceuse. La cuve était cerclée autrefois par des plaques de fonte, formant un prisme hexagonal ou octogonal. Aujourd'hui, on emploie surtout des revêtements cylindriques en tôle rivée. Il est bon, surtout quand les réparations sont fréquentes, de construire la cuve indépendante des étalages. Dans le cubilot Maillard, elle est portée sur des colonnes avec écrous, permettant de la relever au besoin. On peut aussi suspendre l'enveloppe de tôle à des poutrelles horizontales, placées à 3 mètres environ de hauteur.

Soufflerie. — La marche de la soufflerie doit être proportionnée à la rapidité de la fusion. Si

le vent est trop fort, on est obligé d'augmenter la proportion de combustible, parce que la fonte arrive aux tuyères trop vite et incomplètement fondue; si le vent est trop faible, la descente des charges est retardée inutilement et le déchet par oxydation augmente, la fonte blanchit; si l'ouvrage est un peu large, le centre devient froid lorsque le vent n'arrive pas avec une vitesse suffisante.

Les cubilots ordinaires, ayant 1 mètre à 1^m,20 de diamètre de cuve, peuvent fondre de trois à quatre tonnes de fonte par heure. Quand on augmente la section, ce nombre ne croît pas proportionnellement, parce que la distribution du courant gazeux devient trop inégale. Ainsi, avec de grands cubilots à 2 mètres de diamètre, on ne dépasse guère six à sept tonnes. Ce sont là des chiffres moyens: avec des bocages en menus morceaux, on pourra aller plus vite; les gros saumons, au contraire, fondront plus lentement; ainsi, un cubilot qui fondrait quatre tonnes de bocages, devrait restreindre sa production à 2, 5 s'il marchait seulement avec des saumons.

Les cubilots, offrant peu de résistance au passage des gaz, sont soufflés par des ventilateurs. Le volume d'air à fournir sera de 10 mètres

cubes par kilogramme de coke, soit : 600 à 800 en moyenne par tonne de fonte. La pression en hauteur de mercure peut être de 2 à 3 centimètres. Dans ces conditions, la section totale à donner aux buses sera de 30 à 20 centimètres carrés, par mètre cube à fournir par minute. On peut donc compter environ sur 30 centimètres carrés par tonne de fonte à l'heure. En pratique, dans les cubilots soufflés par quatre tuyères à chaque rangée, ce qui est le cas le plus général, le diamètre des buses est de 6 à 7 centimètres au moins et va parfois à 14 ou 15. On peut donc largement suffire à la production ordinaire (trois à six tonnes par heure), en soufflant par une seule rangée.

Conduite de l'opération. — Dans tous les cas, la fonte passée au cubilot doit être un peu plus noire que celle qu'on emploierait en première fusion. Souvent on marche avec des mélanges : pour utiliser des fontes ordinaires ou des bocages, on y ajoute de la fonte noire d'Écosse qui peut contenir 2 à 3 % de silicium. Il est plus économique maintenant d'y ajouter du ferro-silicium. Le ferro-silicium à 8 ou 10 % remplace, en effet, quatre ou cinq fois son poids de fonte d'Écosse.

La proportion de castine doit être de cinq fois

à peu près le poids des cendres du coke, soit 5 à 6 % de celui de la fonte, quand on a de bons combustibles. On a parfois essayé d'ajouter du minerai de fer pour diminuer le déchet, mais il a l'inconvénient de blanchir la fonte. Il vaut mieux augmenter la proportion de castine pour combattre la scorification du fer. Parfois on ajoute du spath fluor, pour rendre les laitiers plus fluides quand ils sont très calcaires.

Les laitiers basiques offrent l'avantage d'éliminer le soufre. Avec des laitiers extra-calcaires, contenant 10 à 15 % de silice seulement, le cubilot devient un appareil d'épuration. Il faut alors rendre ces laitiers fluides par des additions de spath fluor et faire le revêtement du four en dolomie.

Pour allumer un cubilot neuf, on commence par le sécher lentement avec un feu de bois, puis avec du coke chargé sur 1 mètre de hauteur environ, et recevant l'air par le trou de coulée. Quand il est sec, on achève de remplir avec du coke; on couvre le gueulard et on donne le vent qui se rabat par le trou de coulée: on marche ainsi jusqu'à ce que le creuset soit bien chaud; on place alors les premières charges de fonte au gueulard. Quand elles arrivent au voisinage des tuyères, on bouche le trou de

coulée; de manière à diriger tous les gaz vers le gueulard. Il ne faut pas le faire plus tôt pour ne pas faire monter trop la chaleur, ce qui arriverait si l'on soufflait comme d'ordinaire le fourneau rempli seulement de combustible.

Pour remettre en train après un arrêt, on remplit de coke sur lequel on place les premières charges, puis on allume, la porte de coulée restant ouverte; quand le feu est aux tuyères, on donne le vent, faiblement d'abord: on restreint peu à peu l'ouverture de coulée, par laquelle s'échappent les flammes et on la bouche quand la fonte y arrive.

Les cubilots ne marchent, en général, que pendant la journée et il faut 300 à 500 kilogrammes de coke pour chaque rallumage.

En marche régulière, le travail est conduit par un fondeur qui s'occupe surtout de la coulée, surveille la température aux tuyères, règle la soufflerie, etc. Il peut avoir deux ou trois aides: les chargeurs qui pèsent les charges et les introduisent par la porte ouvrant sur le gueulard à la base de la cheminée, sont au nombre de deux ou quatre suivant la production. La charge de coke reste invariable: on modifie la charge de fonte d'après son état; on l'augmente quand on traite des bocages en petits

fragments, on la diminue quand l'appareil se refroidit. Pour faire de la fonte plus grise, il faut diminuer la charge de fonte, mais augmenter, dans une certaine mesure, la rapidité de marche et la vitesse de la soufflerie.

Aux ouvriers déjà énumérés, il faut ajouter des brouetteurs, un casseur de fonte, un machiniste pour le ventilateur, soit une douzaine d'hommes pour un grand cubilot. Suivant l'importance des salaires, le prix de la main-d'œuvre est de 30 à 50 francs par poste, de 1 à 3 francs par tonne de fonte. Les frais d'entretien de 1 à 2 francs. Le déchet se monte à 8 ou 10 $\%$, car, outre l'oxydation, il faut compter les grenailles entraînées dans la scorie. Il est parfois plus fort, surtout quand on fond des boîtes.

Le *prix de la fusion* dépend essentiellement de la valeur de la fonte employée, car le déchet en est l'élément le plus important. Ainsi, avec de la fonte à 100 francs et du coke à 30 francs, on peut compter 10 francs pour le déchet, 3 francs pour le combustible et 5 francs de frais de fabrication. L'écart entre le prix de la fonte brute et celui de la fonte prise au cubilot est de 15 à 20 francs.

FUSION AU RÉVERBÈRE

La fusion au réverbère est beaucoup plus coûteuse : la chaleur est moins bien utilisée, l'atmosphère, toujours un peu oxydante, provoque un déchet plus fort par oxydation. En revanche, le métal est soustrait au contact nuisible des cendres et du soufre du coke. La fonte subit dans le réverbère un commencement d'affinage qui lui donne plus de ténacité. Ce procédé ne s'emploie pour les montages en fonte que dans les fabrications où l'on recherche la résistance, comme les canons, les cylindres de laminage. Le réverbère est aussi le four le plus employé pour la fusion des bronzes en quantités considérables, les petites pièces se fondant au creuset.

Fours à réverbère. — On peut distinguer deux types de fours.

1° Les fours à *sole plate* où le bain de fonte est peu épais (12 à 15 mètres au plus), et occupe toute l'étendue du laboratoire. La sole a une légère pente (10 %), dirigée vers la porte de coulée, qui est, d'ordinaire, sous le rampant. La voûte est assez haute (80 centimètres à l'autel), pour faciliter le chargement. La surface de la sole est de 2,5 à 3 fois celle de la

chauffe. La longueur ne doit pas dépasser 3 mètres, et il faut la réduire si on n'a pas de bonnes houilles à longue flamme, la largeur est de 1 mètre à 1^m,50.

2° Les fours à *bassin* comprennent deux parties : l'une près de l'autel, où la sole se creuse de manière à former bassin, l'autre inclinée, où la sole descend en pente assez forte du rampant jusqu'au bassin. On charge la fonte à l'extrémité, près du rampant et à mesure qu'elle fond, elle se rend dans le bassin près du pont, où elle achève de s'échauffer pour prendre la fluidité nécessaire. Le chauffage est donc progressif, et la chaleur mieux utilisée.

La fonte est chargée en saumons, entassés de manière à laisser passage à la flamme : on chauffe le plus rapidement possible. La grille est maintenue bien couverte, de manière à éviter un excès d'air : les portes sont fermées, et le registre de la cheminée un peu baissé pour empêcher les appels d'air. Les fours ordinaires ne contiennent pas plus de trois à quatre tonnes ; et on fond à peu près une tonne par heure. On a construit de grands fours pouvant fondre jusqu'à huit tonnes. Quand le bain est bien liquide, on fait écouler la fonte dans une poche où on écrème les scories.

Il reste, dans le four, un gâteau de fonte brûlée, transformée en fer, qu'on nomme *carcas*, dont le poids peut varier de ρ jusqu'à 10 % du poids de la charge.

Ce déchet, comme celui qui se produit par oxydation, varie avec la nature de la fonte et la manière dont l'opération est conduite. Il est plus grand pour les fontes blanches qui restent pâteuses, et aussi pour les fontes trop noires, très dures à fondre. C'est, en effet, à l'état solide ou pâteux que le métal s'oxyde ; une fois liquide, il est presque à l'abri de l'action des flammes, du moment qu'on ne le brasse pas. Il faut, autant que possible, hâter la fusion, et charger dans le four déjà chaud. Parfois, on recouvre la fonte de poussier de coke, pour empêcher l'oxydation.

Le *déchet total* varie de 8 à 15 %, il est rarement inférieur à 10. La consommation de houille peut être de 40 à 60 %. Elle peut s'élever jusqu'à 100 % quand la marche est discontinuée et qu'on charge dans le four froid. Un homme peut diriger deux fours. Avec les chargeurs et les manœuvres accessoires, la main-d'œuvre peut monter à 3 ou 5 francs par tonne ; les frais d'entretien et dépenses accessoires attendront à peu près le même chiffre. Ainsi, avec de la houille à 15 francs, les frais de fa-

brication atteindront, dans l'ensemble, 15 à 20 francs, auxquels il faudra ajouter 10 à 15 francs pour le déchet.

Pour améliorer les conditions de la fusion, on peut porter d'abord les saumons au rouge dans un petit four chauffé par les flammes perdues. On appliquera, avec succès, aux réverbères de fusion, les foyers soufflés qui permettent d'obtenir une atmosphère moins oxydante.

Il est encore plus avantageux, pour des installations destinées à un long service, d'adopter les fours à gaz. Dans un four Ponsard, la consommation de houille peut se réduire à 20 % ; on y fond environ 1 500 kilogrammes par heure. Dans le four Siemens on obtient les mêmes résultats et on peut porter la production à 1 800 kilogrammes. Mais ces appareils doivent marcher d'une manière continue.

FUSION EN CREUSETS

La fusion en creusets est la plus coûteuse, mais elle ne modifie nullement la qualité du métal, qui est chauffé tout à fait à l'abri de l'air. On ne fond ainsi la fonte que pour les petites pièces.

Les creusets sont faits en terre mélangée de graphite ; ils peuvent avoir 50 à 60 centimètres de hauteur, 15 à 20 de diamètre ; l'épaisseur des parois varie de 2 centimètres en haut à 4 centimètres en bas. On y charge 15 à 20 kilogrammes de fonte en petits fragments. On peut employer des creusets plus grands : leur manœuvre exige alors deux ouvriers. Au delà de 50 ou 60 kilogrammes, elle devient difficile.

Ces creusets sont chauffés au coke dans des fours à vent, ou à la houille dans des fours à réverbère à laboratoire très petit. L'opération peut durer deux ou trois heures quand on fond de la fonte ; une heure pour le bronze.

On brûle jusqu'à 250 ou 300 kilogrammes de coke pour 100 kilogrammes de fonte. Le combustible, dans ces conditions, ne donne que de l'oxyde de carbone, parce qu'il est entassé sur une grande hauteur. En chauffant les creusets dans des fours à réverbères à foyers soufflés, on brûle 250 kilogrammes de houille : la combustion y est plus complète, ce qui procure une certaine économie, bien que le chauffage soit moins direct. En les plaçant dans un four Siemens, la consommation se réduit à 180 kilogrammes. Pour la fusion du bronze, la consommation de coke est de 35 à 50 %.

Les creusets en plombagine sont plus coûteux que ceux en terre, mais bien plus durables. Ils sont aujourd'hui d'un usage très général. Un creuset en plombagine fait vingt à vingt-cinq fusions pour bronze, tandis qu'un creuset en terre en fait dix ou onze. La fusion au contact du charbon peut altérer certains cuivres ; elle a peu d'action sur les alliages. Il ne semble pas que les creusets en plombagine aient un effet nuisible, du moins on s'en sert dans des fonderies renommées pour la qualité de leurs produits. Cependant, quelques fondeurs préfèrent encore, à ce point de vue, les creusets en terre ; je crois qu'on les emploie souvent pour la fabrication du laiton à cartouches.

Un creuset ne fait guère que six à dix fusions (pour fonte de fer). Suivant la qualité, il peut coûter vingt centimes par kilogramme de contenance. Il y a donc de ce chef une dépense de vingt francs environ par tonne. La main-d'œuvre est également considérable : un ouvrier fondra 500 à 600 kilogrammes de bronze par jour et seulement 200 à 300 kilogrammes de fonte. Dans les fours à réverbère ou dans les Siemens, les creusets résistent mieux.

On diminuera toutes les dépenses en augmentant la capacité des creusets ; ainsi on peut em-

ployer, si l'importance de la production le permet, des creusets contenant 50 à 60 kilogrammes.

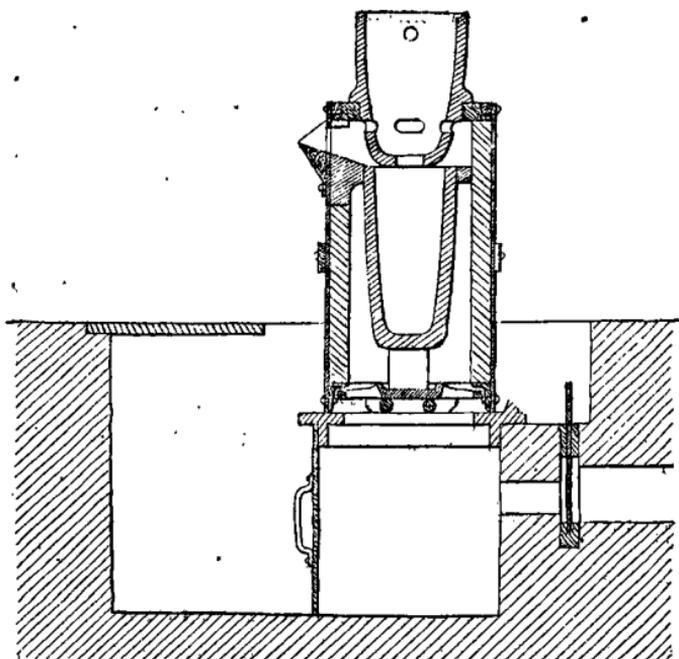


Fig. 4. — Four oscillant du système Piat

On ajoute le métal par petites charges, à mesure qu'il fond.

Dans les fours ordinaires, il faut enlever le creuset avec des pinces pour la coulée, puis le replacer. Il y a là une perte de temps, une cause de refroidissement et de détériorations.

Fours oscillants. — Ces inconvénients de la

fonte en creusets sont supprimés avec les *fours oscillants du système Piat* (fig. 4). Une enveloppe carrée en tôle pouvant osciller sur des tourillons extérieurs, et garnie à l'intérieur de terre réfractaire, porte la grille et contient le creuset qui y est calé et appuyé en haut sur une espèce de déversoir, ou bec de coulée. On coule en faisant basculer tout l'ensemble : le creuset n'est donc jamais déplacé.

Ce four s'emploie tout spécialement pour la fonte du cuivre et de ses alliages. On le surmonte alors d'une rehausse, sorte de pot en terre réfractaire qui remplace le couvercle et qui est percé d'orifices latéraux pour laisser passer la flamme venant du four. Le fond est aussi percé d'un orifice permettant aux matières de tomber dans le creuset. Le métal est placé dans la rehausse ; il se fond au contact des flammes et tombe dans le creuset où il se surchauffe. La fusion de 100 kilogrammes de bronze peut se faire en quinze minutes et la consommation n'excède pas 15 % de bon coke ; avec le cuivre, elle peut aller à 18 ou 20 % (25 % sans la rehausse).

On fait des fours dont la contenance varie de 25 à 500 kilogrammes, ceux de 100 à 150 sont les plus employés. Les fours de 25 kilogrammes peuvent être basculés à bras les autres doivent

être suspendus ou montés sur un bâti équilibré qu'on bascule avec un levier. Le vent est donné au-dessous de la grille par un ventilateur à 12 ou 18 centimètres de pression d'eau.

Pour mettre en train un four neuf, on le sèche, le creuset étant en place, par un feu de charbon de bois avec le tirage que produit la hauteur seule du four. Quand on a maintenu pendant un certain temps la température au rouge cerise faible, on peut donner le vent peu à peu, et augmenter la dose de coke jusqu'à ce qu'il fasse la totalité de la charge. On fera de même le rallumage d'un four sec, mais on pourra donner le vent presque tout de suite. Les creusets de plombagine bien séchés et étuvés peuvent être chargés dans le four chaud, lorsqu'on veut les remplacer. Les creusets en terre réfractaire demandent plus de ménagement, il faut les chauffer progressivement avec un tirage faible ; quand on les emploie dans le four Piat, on place le four avec le creuset sur un orifice communiquant avec une cheminée, on le remplit de coke, on ajoute au-dessus un peu de charbon de bois incandescent et on laisse le feu gagner peu à peu de haut en bas ; quand le four est bien rouge, on l'enlève pour le placer sur la conduite soufflante.

Les fours Piat ne donnent pas assez de température pour la fusion des métaux réfractaires, ce qui tient sans doute au refroidissement par les parois et au peu d'espace qui reste libre pour loger le coke ; il est probable qu'en élargissant le four et soufflant au besoin à plus haute pression, on arriverait aux mêmes températures que dans un four fixe.

Pour fondre la fonte et surtout la fonte blanche aciéreuse, M. Piat surmonte le four à creusets d'un petit cubilot mobile : ce cubilot, dont la hauteur est très faible, est monté en potence sur un support excentrique creux, dont la partie supérieure peut tourner ; le vent arrive par ce support dans une boîte circulaire. Le métal se fond dans le cubilot et tombe dans le creuset qui ne fait plus qu'entretenir sa chaleur, puis on fait tourner le cubilot de manière à dégager le four au moment de couler. On peut fondre 200 kilogrammes de fonte par heure avec une dépense de 30 à 40 % de coke. Ce système, moins encombrant qu'un cubilot ordinaire, pourra être avantageux en cas de marche tout à fait intermittente.

MARCHE EN PREMIÈRE FUSION

Les fonderies de première fusion sont celles qui prennent la fonte directement au haut-fourneau pour la verser encore liquide dans les moules. C'est, évidemment, le procédé le plus économique, mais il faut que le fourneau ait une allure bien régulière et que les fabrications dont on s'occupe s'accoutument toutes de la même qualité de fonte. Ce procédé ne convient donc pas à la plupart des fonderies ordinaires.

Moyens d'améliorer la fonte. — Quand la fonte est trop grise, on peut essayer de la blanchir par l'un des procédés suivants : 1° incliner les tuyères pour brûler le carbone ; 2° injecter par les tuyères du minerai en poudre ; 3° placer dans la poche de coulée une balle de plomb. Ce métal empêche la séparation du graphite. Si la fonte est trop blanche, il n'y a aucun moyen de la corriger. En général, les fonderies de ce genre ont aussi des cubilots, afin d'utiliser les fontes rebutées, en les refondant avec des mélanges convenables.

On pourrait utiliser, dans les fonderies, les mélangeurs employés maintenant dans plusieurs grandes aciéries.

Ce sont de grandes cornues basculant sur tourillons, où on peut emmagasiner la production d'un ou plusieurs hauts-fourneaux : la fonte y reste liquide pendant plus de vingt-quatre heures, grâce à l'importance de la masse, et les irrégularités de composition se trouvent atténuées par le mélange.

Fusion de l'acier. — Les aciers moulés en deuxième fusion sont toujours refondus au creuset. Ce n'est que dans les petits ateliers faisant des moulages de petite dimension que l'on opère ainsi. Le plus souvent, dans les forges, les moulages se font en première fusion avec de l'acier fabriqué au four Martin. Depuis quelque temps, on emploie, dans un certain nombre d'ateliers, de petits convertisseurs pour fabriquer directement, par le procédé Bessemer, des aciers de moulage. Les convertisseurs Bessemer ordinaires des grandes usines ont une production trop forte pour ce genre de fabrication. L'emploi de petits convertisseurs a été longtemps arrêté par la difficulté d'y obtenir une température suffisante. Cette difficulté a été levée de deux manières différentes :

a) Le *convertisseur Robert*, qui peut être employé pour des charges d'une tonne seulement,

a ses tuyères disposées sur les côtés de l'appareil, au lieu d'être dans le fond comme dans les cornues Bessemer. Cette disposition permet de souffler sous une épaisseur de métal assez faible, que l'on peut faire varier à volonté en inclinant plus ou moins le convertisseur. L'opération se conduit à peu près comme d'ordinaire. On peut quelquefois prolonger un peu plus le soufflage, de manière à remédier au défaut de chaleur en brûlant une certaine quantité de fer. Les scories se formant à la surface ont moins de tendance à se mélanger au métal. Une soufflerie donnant un mètre cube de vent par seconde à 25 centimètres de mercure suffit. Le métal obtenu est très chaud et reste longtemps liquide. On est arrivé à couler, de cette manière, des aciers extra-doux qui sont employés comme le fer à la fabrication des induits électriques.

b) Le *procédé Walbrand* peut s'appliquer à des charges encore plus faibles : jusqu'à 300 kilogrammes. On emploie un convertisseur ordinaire : vers la fin de l'opération, on ajoute du ferro-silicium dont la combustion réchauffe le bain.

Une fois le silicium brûlé, on fait les additions ordinaires de spiegel ou d'aluminium.

L'emploi des petits convertisseurs n'est, évi-

demment, pas économique comme moyen de production de l'acier ; ils ne sauraient lutter, à ce point de vue, avec les grandes installations Bessemer. Mais lorsqu'il s'agit de faire de petites pièces de formes variées, il devient impossible de travailler en première fusion ; et, dans ce cas, il y a avantage pour les fondeurs à faire leur acier, au lieu de l'acheter pour le refondre ; la deuxième fusion au creuset pouvant à elle seule coûter aussi cher que *l'affinage de la fonte au convertisseur*.

FABRICATION DES ALLIAGES

Alliages des métaux fusibles. — Les alliages de métaux fusibles sont, en général, préparés immédiatement avant le moulage.

Bronzes. — La fusion des bronzes et des alliages de cuivre se fait au réverbère ou au creuset.

On commence par fondre le cuivre, puis on ajoute des proportions variables de vieux bronzes ; à la fin de l'opération, le bain étant maintenu couvert avec du poussier de charbon, on y ajoute, le plongeant rapidement, l'étain, et, en dernier lieu, le zinc.

Le déchet en étain est rarement inférieur à 5 % à chaque refonte, et il peut monter facilement à 20-30 %, si l'opération n'est pas bien conduite. Le déchet en zinc n'est pas moins important.

Il est difficile d'obtenir un alliage parfaitement homogène, il y a avantage à introduire dans les charges la plus forte proportion de bronze déjà fabriquée. Lorsqu'on veut avoir des alliages d'une homogénéité parfaite, il convient parfois de les refondre deux fois, ou de faire les additions de métaux étrangers sous forme d'alliages riches préparés d'avance et grenillés. Les bronzes au manganèse sont fabriqués avec des alliages refondus trois fois.

ALLIAGES BLANCS

On fond le cuivre dans des creusets et, quand il est bien liquide, on y ajoute les fragments d'antimoine préalablement chauffés. En même temps, on fond à part le plomb et l'étain, puis on y verse l'alliage de cuivre et d'antimoine.

Quand il n'y a pas de cuivre, on ajoute l'antimoine en morceaux dans le plomb fondu. Les

bains sont recouverts de poussier de charbon de bois.

Les métaux doivent être bien secs. Il est utile d'employer l'étain en copeaux, car il contient assez souvent des poches d'eau qui peuvent provoquer des explosions.

Parfois, on fait d'abord un premier alliage riche en cuivre, on le coule en lingots, et on le refond avec un excès de plomb.

Le déchet, à la fusion, ne dépasse pas 2 %. La consommation de coke peut être de 15 % pour les alliages fusibles, 25 pour ceux qui contiennent du cuivre. Quand on coule en seconde fusion, la refonte des lingots exige environ 9 % de coke.

Pour la coulée de très petites pièces, la consommation peut monter à plus de 50 %. Un ouvrier coulera, par jour, 900 à 1 200 kilogrammes de lingots, 110 à 130 pièces pesant 4 ou 5 kilogrammes, 200 à 250 petites pièces pesant moins d'un kilogramme.

Les alliages de métaux très fusibles peuvent être fondus dans des chaudrons en fonte, chauffés à feu nu. Le bain est toujours maintenu couvert de poussier de charbon. L'antimoine, par suite de sa volatilité, se charge le dernier.

TEMPÉRATURE DE COULÉE

En général, les métaux, pour avoir leurs qualités de résistance, doivent être coulés à la température la plus basse à laquelle ils restent encore suffisamment liquides. Pour les métaux peu fusibles, on juge de la température d'après l'éclat du bain. Pour les métaux qui fondent au rouge sombre, l'aspect du bain, les colorations et les pellicules formées à la surface donnent parfois des indications utiles. On peut aussi tâter le bain avec une tige en bois; suivant qu'elle s'allume, se carbonise lentement ou fume, on peut avoir des points de repère sur la température du bain. Un procédé général consiste à brasser le bain avec une tige en fer; la bonne température de coulée sera peu supérieure à celle où le métal commence à s'attacher à la tige. Lorsqu'on doit couler des pièces d'ornement, il est important d'avoir un bain très liquide, on coulera alors à une température un peu plus élevée.

Pour les métaux qui sont sujets à tasser, il y a intérêt à couler le métal plus chaud afin qu'il reste liquide dans la masselotte assez longtemps pour se nourrir.

CHAPITRE III

PROCÉDÉS DE MOULAGE

Le moulage comprend : 1° la confection des moules ; 2° la coulée.

La première opération comporte l'emploi de procédés multiples et complexes.

Pour les classer et les étudier, on peut se placer à divers points de vue.

Nous examinerons successivement : 1° la nature des matières employées pour faire le moule et les procédés servant à façonner chacune d'elles ; 2° les différents moyens mis en œuvre pour construire les moules, moyens qui doivent varier suivant les formes plus ou moins compliquées qu'il s'agit de reproduire.

D'après les matières employées, on peut distinguer, parmi les procédés usuels, trois grandes catégories : le moulage en *sable*, le moulage en *terre* et le moulage en *coquille*, c'est-à-dire dans des moules métalliques.

MOULAGE EN SABLE

Propriétés des sables de fonderie. — On peut employer tout sable qui possède la propriété de devenir plastique à l'état humide, tout en conservant une certaine porosité. Les grains ne doivent pas décrépiter à la chaleur de la fonte et ils ne doivent pas contenir d'éléments volatils, tels que carbonates et matières organiques.

Le sable doit aussi être exempt de corps fusibles, ce qui fait qu'on ne peut pas employer le sable de mer, à moins de le laver pour le débarrasser du chlorure de sodium,

Le sable contient trois éléments : les gros grains, les grains fins et l'argile. Les grains trop fins (*farine*), ne contribuent pas à la solidité et diminuent la porosité. Les grains gros peuvent être de formes variées. Les grains anguleux ont plus d'adhésion (tout en restant poreux). Les gros grains peuvent éclater au feu et la proportion de farine augmente alors avec l'usage.

Les meilleurs sables sont les produits de dé-

composition sur place de grès à grain moyen, un peu argileux.

Les sables diluviens sont moins bons. On peut les améliorer par un lavage enlevant une partie de l'argile et du schlamm.

Pour les améliorer, on peut broyer les sables très gros et irréguliers, afin de les rendre homogènes (le défaut d'homogénéité provoque des retraités inégaux à la chaleur). On peut encore mélanger du sable frais et du sable calciné.

Sous le rapport du liant, on distingue les sables gras et les sables maigres. Les sables riches en alumine sont généralement gras. Les sables pauvres en éléments fins sont presque toujours maigres et ne peuvent pas s'employer seuls.

Le sable de rivière est généralement trop maigre. On maigrit un sable trop gras par la dessiccation ou une légère calcination, ou par une addition de vieux sable. On augmente le liant d'un sable maigre par un mélange de farine de seigle, de sirop, d'huile, de levure ou de mauvaise bière, etc. On peut aussi donner de la porosité au sable en le mélangeant avec du goudron.

Le sable peut être employé sous trois formes :
1° le *sable vert*, c'est-à-dire cru, à l'état naturel.

C'est évidemment le procédé le plus économique. Il y a, au moment de la coulée, un dégagement de vapeur d'eau qu'il faut faciliter; aussi, on doit épingle le sable tout autour du creux, y enfoncer des broches pour ménager de petits événements. Pour les grosses pièces, on ménagera autour du moule un réseau de canaux, et on placera au-dessous des tuyaux à claire-voie. Cependant, il ne faut pas employer le sable vert pour des moulages trop profonds; on risquerait d'avoir des explosions.

Le sable humide provoque à la surface de la fonte un refroidissement rapide, qui la trempe et la durcit toujours un peu.

2° Le *sable séché* s'emploie pour les grosses pièces dont la surface doit rester douce. Il ne doit pas être trop maigre pour ne pas perdre sa cohésion au séchage. Après avoir fait le moule en sable vert, on le sèche avec des gueuses de fonte rouges, ou avec un feu de charbon de bois. Les parois se détériorent toujours un peu. Parfois, on les enduit d'abord d'une mince couche d'argile.

3° Le *sable étuvé* ou *recuit*, convient pour les petites pièces qui doivent être bien finies, et dont la surface doit rester douce pour se bien travailler. On emploie alors des sables un peu

plus gras et le moule est séché à l'étuve, où on peut le chauffer si on veut jusqu'au rouge.

Dans tous les cas, on recouvre la surface des moules d'un enduit très mince de poussière de charbon, plus ou moins mélangé d'argile ou de fécule, délayés dans l'eau et étendus avec un pinceau. Cet enduit empêche les grains de sable de s'attacher à la fonte.

Pour les pièces très délicates, on noircit les surfaces en les exposant à la fumée, afin de ne pas les détériorer avec le pinceau. On peut encore saupoudrer les surfaces de talc.

Le sable recuit est généralement employé pour les bronzes et aussi pour les aciers.

MOULAGE EN TERRE

La terre de moulage est un mélange d'argile et de grains sableux, qui a plus de liant que le sable, mais qui doit, du reste, posséder les mêmes qualités. C'est, en somme, un sable plus gras, auquel on incorpore un peu plus d'eau et ce genre de moulage se différencie moins par la nature même de la matière que par la façon dont on l'emploie. Tandis que les moules en sable se font d'un bloc tassé et battu,

les moules en terre se bâtissent par couches successives qu'on applique sur le modèle ou qu'on dresse au gabarit. Les couches intérieures doivent être mélangées de matières organiques (paille, crottin, bouse de vache, etc.), pour leur donner de la porosité. La terre est toujours cuite à haute température; elle est préférable pour les grandes pièces et pour les parties où le moule doit offrir plus de solidité. On l'emploie notamment pour les noyaux destinés à réserver les vides, pour les profils fouillés présentant des parties minces où le sable ne se tiendrait pas.

Dans les moulages délicats, la terre peut s'employer sous forme de coulis, c'est-à-dire délayée dans beaucoup d'eau. On l'étend alors au pinceau, par couches successives très minces qui font prise lorsque l'eau s'évapore.

PRÉPARATION DES SABLES]

Quelques sables peuvent être employés sans autre préparation qu'un blutage. Mais, le plus souvent, il faut d'abord les broyer et les mélanger de manière à obtenir une matière bien homogène, à disséminer régulièrement l'argile, qui sans cela se mettrait en pelote, et les matières étrangères qui pourraient être nuisibles par leur concentration locale.

On passe le sable dans un broyeur à cylindres cannelés, avec une ou deux fois son poids de sable vieux. La proportion de ce dernier doit être d'autant plus faible que l'on veut avoir une matière plus plastique; ainsi on la réduit pour les grandes pièces difficiles à mouler, et pour les moules destinés à être cuits. Si on n'a pas de sable convenable, on peut faire, dans cet appareil, un mélange de diverses qualités; par exemple, ajouter de l'argile à un sable trop sec.

Le laminage se fait mieux quand le sable a été préalablement séché; avec le sable sec, on peut employer aussi des meules ou des broyeurs à boulet.

Le sable, ainsi broyé, est bluté sur des toiles (numéros 50, 60 et 70). Les fondeurs en fonte l'amaigrissent avec du poussier de charbon, dont la teneur varie de 8 à 10 %, et se réduit à 5 ou 6 pour le sable étuvé (un excès de charbon durcit la surface des pièces). Pour le moulage du bronze, on emploie le sable pur.

Les mélanges peuvent se faire dans le broyeur, ou à la pelle, en étendant des couches successives des diverses matières et en les retournant. On peut employer des malaxeurs mécaniques.

Enfin, on arrose les *sables préparés*, pour

leur restituer la quantité d'eau qui convient à la plasticité (environ 10 % en volume).

MOULAGE EN CHASSIS. — CONFECTION DES MOULES

Les châssis sont des cadres en fer, dont les côtés sont reliés par des tringles formant une sorte de grillage, ou par des traverses d'une certaine hauteur; ces traverses peuvent elles-mêmes se rejoindre par des croisillons faits avec des espèces de crochets, qu'on nomme clous de mouleur. Ainsi, le fond du cadre forme une ossature, une carcasse métallique à laquelle le sable peut s'accrocher. On enduit ces barres d'argile; une fois bien battu, le sable y adhère, et constitue avec lui une masse solidaire, qu'on peut enlever et manier sans craindre aucun dégât.

Des clous de mouleurs, de hauteur variable, suspendus aux entretoises, permettent de soutenir et consolider le sable jusque près du modèle dont leur extrémité suit les contours.

Les châssis portent, sur leurs côtés, des oreillettes pour les soulever, des pattes avec des boulons clavetés pour les réunir. Il faut les

repérer avec le plus grand soin, afin de les superposer exactement quand on les rassemble pour constituer le moule.

Les châssis portent alternativement des pitons et des matrices qui s'emboîtent les uns dans les autres, quand on superpose deux châssis (*fig. 5*). On peut aussi placer, sur le côté des cadres, des glissières verticales où s'engagent des tenons en queue d'aronde fixés au cadre voisin.

Moulage à deux châssis. — Le moulage le plus usuel, quand il s'agit de pièces dont la forme n'est pas trop compliquée, est le moulage en deux châssis. Le moule est pratiqué par moitié dans chacun d'eux, ou (si la forme est de dépouille), tout entier dans l'un d'eux, qui prend le nom de *corps*; le second se pose alors seulement sur

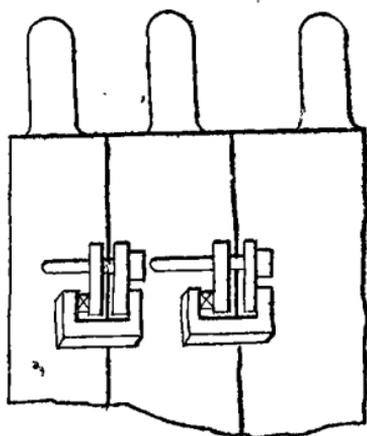


Fig. 5

Repérage des châssis avec des pitons et des cales.

la face supérieure de la pièce, et prend le nom de *chapeau*. On devra placer en haut, pour le moulage, la face qui réclame le moins de perfection, la fonte étant toujours plus saine au fond ; un banc de tour, par exemple, sera coulé renversé.

La préparation commence, en général, par le châssis inférieur, et comme le sable doit être battu sur le modèle, le battage se fait dans le châssis renversé. La mise en chantier consiste à installer ce châssis avec le modèle dedans, sur une surface plane qui servira à dresser le joint.

Si la pièce a sa face supérieure plate, ou si le modèle est divisé en deux parties par un plan correspondant au joint, le battage peut se faire sur la planche à mouler (surtout pour les petites pièces). On place, sur une planche bien dressée, le modèle entouré du châssis qui l'encadre (ou la moitié de modèle correspondant à la partie inférieure), et on recouvre de sable en achevant le remplissage avec du sable vieux. On bat le sable avec un fouloir en ayant bien soin de ne pas toucher le modèle ; on l'épingle pour assurer l'évacuation des gaz. Ceci terminé, on retourne le châssis, on dresse bien le joint, on le saupoudre de charbon ou de sable brûlé,

pour éviter l'adhérence. Puis on place au-dessus le second châssis (ou chapeau), après avoir superposé, s'il y a lieu, la seconde moitié du modèle; on serre les deux châssis, on règle les cales interposées entre les goujons pour maintenir les châssis à bonne distance; on place sur le modèle des mandrins destinés à réserver le jet de coulée et les évents; puis on verse du sable et on bat le châssis supérieur (*fig. 6*).

Il doit y avoir toujours au moins deux orifices réservés dans cette partie du moule; l'une sert à la coulée, l'autre à la sortie des gaz (évent). Suivant les dimensions des pièces, on multiplie les orifices. Parfois on leur donne une hauteur assez grande, pour que la colonne de métal qui s'y trouve exerce une certaine pression sur la masse fondue, et puisse la nourrir pendant le retrait; c'est ce que l'on nomme *masselotte*.

Quand le sable est tassé dans le second châssis, on évase un peu, avec un outil tranchant, les orifices des évents; puis on enlève le châssis supérieur. Le modèle reste dans le corps; on mouille un peu le sable autour pour lui donner plus de consistance; on ébranle le modèle par de très légères secousses en le frappant avec une

barre et on le retire. Il vaut mieux éviter l'ébranlage, ce qui est possible quand les formes sont

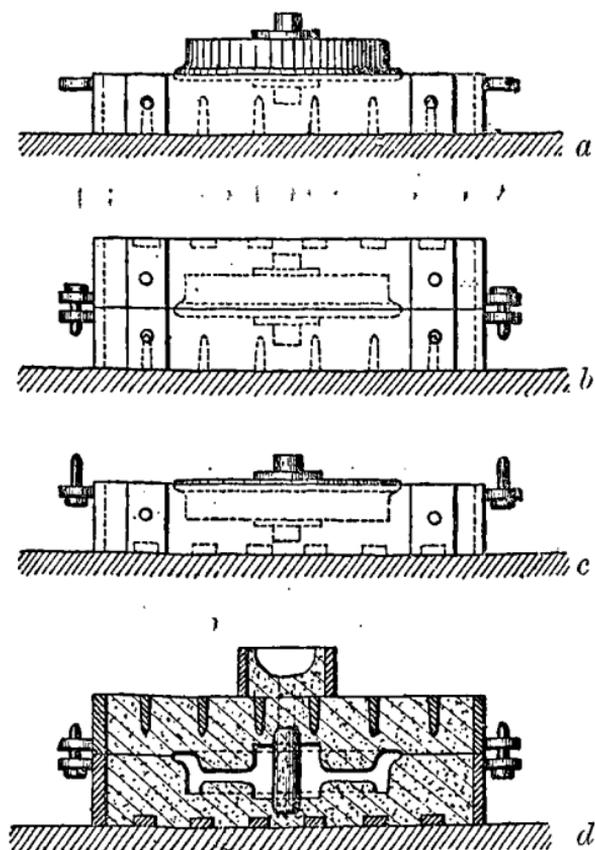


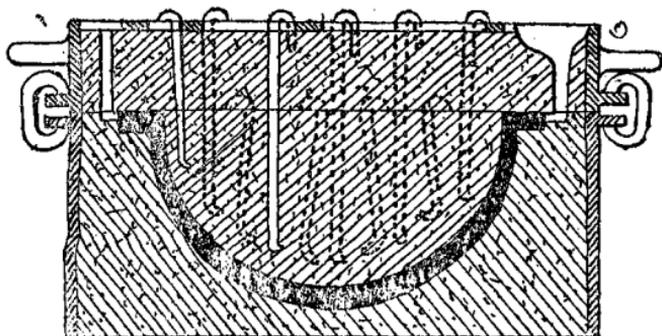
Fig. 6 — Moulage d'une roue de wagon.

bien de dépouille et que le serrage n'a pas été exagéré. On examine le moule pour réparer les

dégradations s'il y en a ; les faces planes peuvent être polies à la truelle ; puis on saupoudre de poussier de charbon et on badigeonne. Enfin on remonte les châssis en ayant soin de bien remettre les cales de serrage comme elles étaient.

Lorsque le modèle est en une seule pièce et présente des saillies des deux côtés, la planche est remplacée par une couche ou lit de sable comprimé et bien dressé dans lequel on enterre la partie du modèle extérieur au châssis. Le châssis supérieur rempli de sable, pourra servir

Fig. 7



de couche. La couche est saupoudrée de charbon ou de sable cuit.

En général, le joint entre les deux parties du moule correspondant aux deux châssis est plan ;

dans certains cas, il peut être courbe. Ainsi, le moulage d'un chaudron peut se faire (*fig. 7*) en deux châssis, l'intérieur étant formé par un bloc de sable suspendu par des clous de mouleur au châssis de dessus.

Moulage à un châssis. — Pour les grandes pièces, on fait quelquefois le moule du corps dans le sol de l'atelier. Après avoir creusé une fosse de dimensions convenables, on y place le modèle qu'on met bien de niveau sur des cales, et qu'on charge de poids pour l'empêcher de se soulever. On commence par tasser à la main du sable au-dessous et autour du modèle, et lorsqu'il est bien soutenu, on enlève les cales, on remplit la fosse de sable en tassant à la main, puis on achève de battre au fouloir. On épingle tout autour du modèle.

Sur le demi-moule ainsi préparé dans le sol, on battra le ou les châssis qui doivent servir de chapeau. Pour les repérer, on plante dans le sol des piquets s'engageant dans les oreilles. Les deux parties du moule ne pouvant plus être clavetées, il faut charger le chapeau de poids pour l'empêcher de se soulever.

Quand on charge directement le châssis, il peut s'affaisser ; il vaut mieux placer les poids

sur des barres transversales, s'appuyant sur des cales extérieures ; la charge repose alors sur une sorte de toit indépendant du châssis ; entre les deux, on place des cales qui empêchent le châssis de monter ; ces cales sont réglées avant de faire le battage. Quelquefois, pour plus de soli-

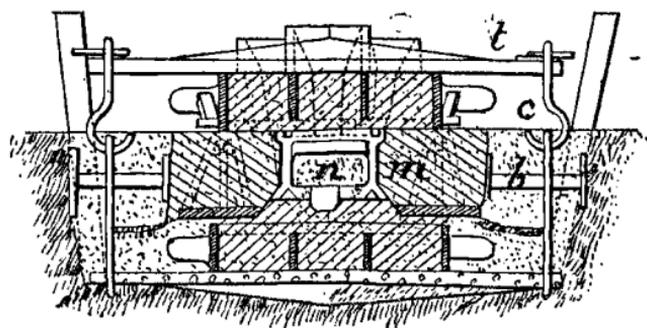


Fig. 8. — Moulage en fosse d'un banc de tour.

tc, armatures et crochets cerclant le chapeau avec les barres et les châssis du fond ;
m, pièce en sable suspendue formant les parois du moule, étançonnée par les tiges *b*.

dité, on place dans le sable de la couche des châssis de fond, ou des armatures lourdes, au-dessous desquelles on place des barres horizontales ; ces barres sont reliées par des crochets verticaux et des clavettes à d'autres barres placées au-dessus du chapeau, de manière à former un frettage complet. Ce procédé est préférable au précédent.

Moulage à découvert. — Lorsque la pièce est de forme simple et possède une face plane, on peut la mouler à découvert, en pratiquant le moule dans le sol.

Tel serait le cas pour une simple plaque de fonte. On bêche le sol, on y dresse, avec deux règles enterrées, une surface bien horizontale; puis, avec quatre règles, on dresse les parois d'une fosse rectangulaire, et on bat le sable autour de ces règles. On peut aussi se servir d'un modèle qu'on enfoncera dans le sable amolli, on battra jusqu'à ce que le sable soit tassé et la surface supérieure bien horizontale. Sur un des côtés de la fosse, on ménage un déversoir qui laissera couler l'excès de fonte et déterminera la hauteur de la pièce. On épingle le sol tout autour, puis on coule. La surface supérieure reste rugueuse.

Si le modèle n'est pas de dépouille, on le fera en plusieurs pièces rapportées, de manière qu'il puisse se démonter et s'enlever par fractions.

Le sable doit être épinglé avec soin pour assurer le dégagement des vapeurs. Pour les grandes pièces, on dispose, sous l'emplacement du modèle, un lit d'escarbille poreux avec tranchées formant canaux pour les gaz, et, à l'exté-

rieur, on enfonce dans le sable des mandrins obliques, pour réserver de larges évents qui communiquent avec cette couche poreuse.

Coulées et événements. — Dans les petits moulages, le trou de coulée et les événements sont pratiqués dans les chapeaux : pour les pièces de

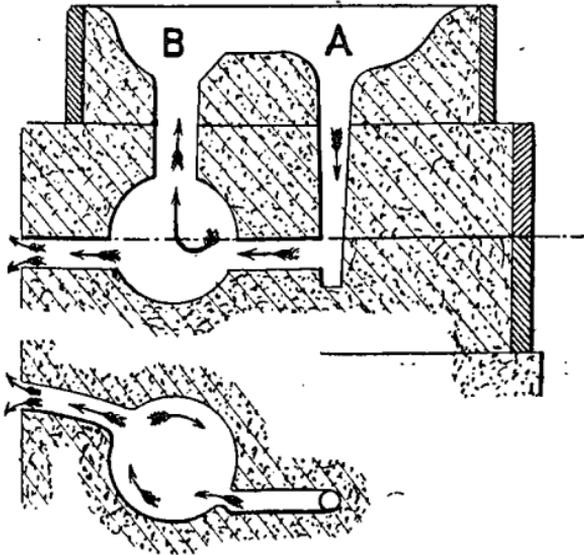


Fig. 9. — Chambre d'épuration pour la coulée.

grande hauteur, le métal arrive par en bas ou à plusieurs niveaux. On place dans les châssis des mandrins réservant un canal vertical à côté du moule ; on le fait communiquer avec celui-ci par des prises latérales ; on les réserve, avec des

mandrins qui peuvent se retirer à l'intérieur, ou, si la forme ne s'y prête pas, on fait, lorsque le sable est serré jusqu'à la hauteur d'une prise, un faux joint où l'on pratique une rigole, on la recouvre d'une plaque en terre et on continue à serrer.

Si le jet de coulée est trop près du moule, la paroi en sable, trop mince, pourrait s'effondrer ; il faut la consolider en y noyant des barres de fer cintrées. Si le jet tombe de haut, on place au-dessous une plaque en terre, encastrée dans le sable.

Pour épurer la fonte, on peut ménager entre le jet latéral et le moule une chambre sphérique, que le métal fondu traverse en tournant (*fig. 9*) : les crasses y restent ; la chambre doit être surmontée d'un évent, les issues d'entrée et de sortie ne doivent pas se faire face.

MOULAGE A PLUSIEURS CHASSIS

Quand une pièce ne peut se mouler entre deux châssis, soit parce qu'elle est trop haute, soit parce qu'elle présente des saillies qui empêcheraient le démoulage, on intercale entre les deux châssis extrêmes des cadres qu'on nomme

chapes. Ceux-ci n'ont pas d'armatures continues, car le modèle doit passer au milieu : on boulonne sur le côté des plaques de tôle verticales entourant le modèle et formant des armatures interrompues.

Lorsque le cadre n'a pour but que de rallonger le châssis, on peut s'en dispenser ; et suspendre avec des clous de mouleur, à l'armature supérieure, une masse de sable qui n'est pas encadrée ; on augmente ainsi la hauteur efficace du châssis.

Les deux châssis ne sont plus alors jointifs ; les boulons qui réunissent les pattes doivent être serrés de manière à assurer exactement la distance, ou mieux remplacés par des crochets entre lesquels on place des coins et des cales pour régler l'écartement (*fig. 7*).

On peut aussi suppléer à l'insuffisance de largeur d'un châssis en appliquant à l'extérieur une bande de sable, maintenue au moyen de crochets ou *cavaliers* (enduits de terre glaise) qui chevauchent sur la bordure. Pour mouler des pièces très étendues, comme un grand volant, on constitue la couverture avec plusieurs châssis juxtaposés, entre lesquels sont intercalées, de cette manière, des bandes de sable pour faire joint.

MOULAGES EN SABLE CUIT

La préparation des moules en sable étuvé ou séché, ne présente rien de particulier ; elle est seulement un peu plus délicate parce que la matière possède moins de plasticité et d'adhérence. On emploie, comme nous l'avons vu, un sable un peu plus gras ; on le serre un peu plus énergiquement. Il est très important d'éviter les inégalités de serrage (*fausses serres*), qui, après la cuisson, produisent des dartres sur les pièces. On tâte le moule pour s'assurer de l'uniformité du serrage, et on rapporte du sable dans les parties trop molles, après les avoir un peu mouillées. On y rive des clous de mouleurs pour assurer la liaison.

NOYAUX

La partie du moule faisant saillie au milieu de la fonte, comme les contre-bas d'une roue, se font en sable comme le reste ; on le consolide par des armatures en fonte ou en tôle noyée dans la masse, et on assure l'adhé-

ronce avec le corps du moule par des clous de mouleur. Mais quand le moulage comporte des vides intérieurs entourés de tous côtés par le

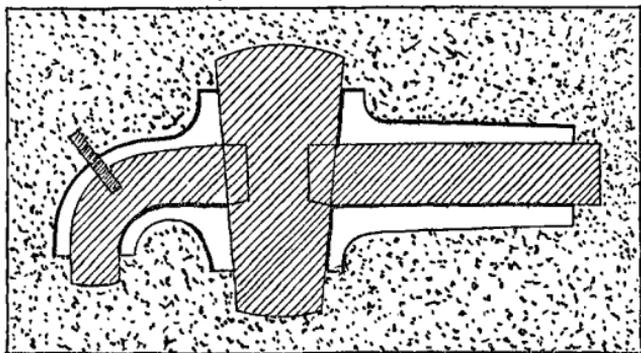


Fig. 10. — Moulage d'un robinet, avec trois noyaux assemblés.

métal, on les ménage avec des pièces de rapport qu'on nomme *noyaux* (fig. 10).

Le noyau se fait, en général, autour d'un axe ou, quand il a des dimensions suffisantes, autour d'une lanterne creuse. La partie utile du noyau se prolonge par des *portées* qui s'engagent dans des logements réservés dans les parois du moule et qui servent à soutenir le noyau.

Quand les noyaux ont des dimensions un peu grandes eu égard à celles de leurs portées, ils doivent être soutenus et repérés dans les moules. On les repère avec des *mouches* de terre, petits cylindres ayant juste l'épaisseur de la pièce, qui

le soutiennent dans la position qu'il doit occuper ; après l'avoir présenté et s'être assuré qu'il s'adapte exactement, on remplace ces mouches par des clous à deux têtes larges (en fer, ou en bronze suivant les cas), puis on remoule ces clous se dissolvent dans le métal fondu. On s'oppose de la même manière au soulèvement, lorsque le métal arrive en dessous du noyau, par des clous posés entre lui et le chapeau.

Quand la position du noyau est ainsi assurée par des cales, on peut placer, dans les portées, un cordon de terre molle qui se comprime au remoulage et assure l'étanchéité du moule.

Les noyaux peuvent se préparer de deux manières :

1° On peut les faire en sable battu dans des boîtes ; on emploie du sable gras mélangé de certaines matières qui lui donnent de la porosité. On place à l'intérieur de la boîte l'axe qui doit servir à soutenir le noyau, puis on bat le sable. Ce système est employé pour les noyaux à forme complexe ou pour ceux qu'on a souvent à répéter.

Dans certains cas, notamment dans les moulages d'art, la boîte à noyau peut être constituée par le modèle lui-même.

2° Quand les noyaux ont des formes simples

et de grandes dimensions, on les bâtit en terre autour d'une lanterne. Les couches intérieures sont mélangées de pailles hachées ou de matières organiques, on les applique sur une ossature métallique. On les recouvre de couches successives

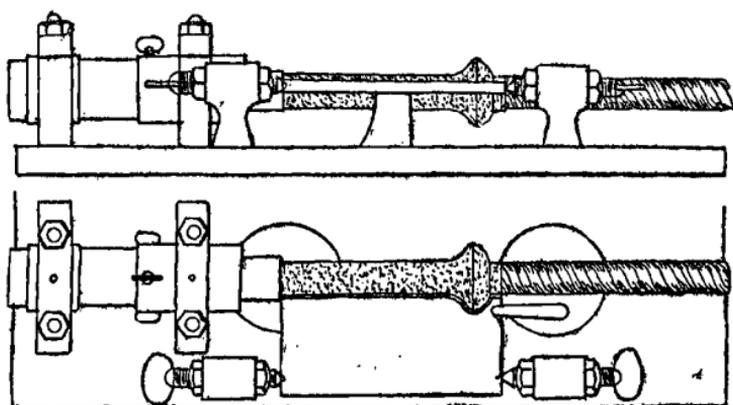


Fig. 11. — Troussage d'un noyau.

de plus en plus fine qu'on applique à la main et qu'on dresse avec un gabarit (fig. 11).

Les vides doivent être parfaitement garnis entre les portées et les noyaux, sans quoi la fonte pourrait s'y infiltrer et s'échapper par la lanterne. Le mieux est de faire le tube qui porte les noyaux assez long pour dépasser les parois du moule; on peut alors tasser à la main du sable dans les intervalles. Si le tube est trop court, et entièrement renfermé dans le moule,

On réservera en face des parties des orifices assez larges pour pouvoir y passer le bras et garnir les portées après le remoulage ; on ne remplira ces orifices qu'à la fin. Si la fonte se répandait dans la lanterne, on pourrait fermer les extrémités avec des tampons pour empêcher le moule de se vider, mais alors les gaz s'échapperaient difficilement et produiraient des soufflures.

Pour la coulée, les moules doivent être disposés de manière à ce que le métal ne dérange pas les noyaux. Ainsi les tuyaux coulés horizontalement ont souvent une épaisseur inégale, dès qu'ils sont un peu grands, il faut les couler inclinés, ou mieux verticalement en faisant arriver la fonte par en bas.

PROCÉDÉS DE MOULAGE SPÉCIAUX

On peut classer les procédés de moulage d'après les moyens employés pour déterminer la forme intérieure du moule, c'est ce que nous appellerons les divers genres de *modelages*. On peut distinguer à ce point de vue :

1° Le modelage avec un modèle solide, destiné à être conservé ;

2° L'emploi d'une fausse pièce, c'est-à-dire d'un

modèle provisoire destiné à disparaître, fait d'une matière que l'on peut désagréger ou détruire sur place pour vider le moule ;

3° Le moulage au gabarit ou au trousseau dans lequel on n'emploie pas de modèle. Ce procédé comporte souvent l'addition de pièces rapportées.

Ces procédés peuvent du reste se combiner ensemble.

Emploi d'un modèle. — L'emploi d'un modèle complet nécessite des procédés spéciaux pour mouler les saillies, les parties qui ne seraient pas de dépouilles. Ces procédés peuvent se rattacher à trois principes différents. 1° Le *fractionnement du modèle* par pièces démontables ; 2° le *fractionnement du moule* par pièces battues ou rapportées ; 3° le *fractionnement du modèle par tranches et du moule par cadres*.

Les deux premiers moyens sont d'un usage général, c'est-à-dire qu'ils peuvent servir aux cas les plus compliqués : le troisième ne s'applique qu'au cas où la pièce est assez régulière, par exemple lorsqu'elle est de révolution ou possède un axe de symétrie de manière que les sommets rentrants ou saillants du profil soient réunis dans des plans perpendiculaires à cet axe.

Le *fractionnement du modèle* s'applique surtout dans les moulages mécaniques. On inscrit dans le contour de la pièce à mouler un solide de forme plus simple, qui soit de dépouille, et qui formera le corps du modèle. Toutes les saillies extérieures à ce solide sont représentées par des *pièces démontables* venant s'ajuster autour du corps ; une fois le sable battu, le modèle peut s'enlever en laissant les saillies dans le sable ; ces dernières se retirent ensuite par l'intérieur. Les pièces de rapport sont fixées par des vis qu'on enlève à mesure que le sable battu les entoure et les consolide. Le moule peut alors toujours se faire en deux parties seulement.

Le second procédé, *fractionnement du moule*, s'emploie plutôt pour les moulages d'art dont le modèle est ordinairement d'une seule pièce. On peut mouler n'importe quelle forme avec un nombre suffisant de châssis qui s'enlèveront successivement dans un sens ou dans l'autre.

Moulage avec pièces battues. — Pour ne pas multiplier outre mesure le nombre des châssis, on emploie l'artifice des pièces battues. Ce sont des morceaux rapportés qui viennent compléter le moule, en s'adaptant à l'intérieur des châssis.

Je suppose qu'on ait circonscrit par la pensée, la pièce à faire, dans un solide assez simple pour



Fig. 12. → Moulage d'un médaillon avec pièces battues.

être de dépouille. Ce solide sera moulé avec deux ou plusieurs châssis. Ce premier moule laissera entre lui et le modèle un vide qu'on remplira

par un nombre suffisant de pièces mobiles, sortes de voussoirs jointifs faits en sable battu (*fig. 12*).

Ces voussoirs emboîtés les uns dans les autres peuvent se retirer de côté, quand on a enlevé le moule qui leur sert d'enveloppe. Ces pièces devront être déterminées de manière qu'à tout moment, on puisse enlever, soit une d'elles, soit un des châssis, soit le modèle : le démoulage se fera ainsi par portions successives. Toutes les surfaces de joint auront été badigeonnées pour éviter l'adhérence. On étuvera, puis on remettra les pièces en place l'une après l'autre dans les châssis, qui ne servent qu'à les assembler et prennent alors le nom de *chapes*. Les pièces battues doivent porter des tenons qui s'engagent dans le sable des châssis. On les fait avec du sable un peu gras, pour pouvoir les manier sans difficulté.

Pour réaliser ces opérations, on fait d'abord le châssis inférieur sur le modèle ; on enlève au couteau la portion de sable nécessaire pour avoir un creux qui soit de dépouille ; on y creuse des mortaises pour servir de repères. On enlève le modèle, on le replace après l'avoir nettoyé et on bat successivement les pièces de rapport entre lui et la chape. Sur cet ensemble, on rapporte le

châssis suivant, et on continue de même. On démoule dans l'ordre inverse, en enlevant d'abord la chape supérieure, puis les pièces battues qui sortent de côté, et ainsi de suite.

Certaines pièces peu volumineuses peuvent être battues directement sur le modèle et faire corps avec lui pendant le reste du mélange. On peut aussi, pour préparer les chapes, boucher les creux du modèle avec des pièces mobiles en plâtre ou en cire, qu'on enlève pour préparer les pièces battues. Enfin, les chapes peuvent être en plusieurs morceaux, ou tiroirs, qui se retirent par côté, qu'on assemble par clavetage et qu'on cercle solidement.

On combinera tous ces artifices suivant les formes à obtenir.

Quand les chapes ne servent que d'enveloppe, il est inutile de les faire en sable, on peut employer le plâtre qui se moule plus vite. Le moulage par assise, qui peut s'appliquer à n'importe quelles pièces, se pratique comme il suit : On entoure la base du modèle de segments en plâtre qui s'adaptent exactement les uns sur les autres et qui peuvent se retirer de côté ; ils sont réunis par un cadre en fer claveté. Entre ces segments et le modèle, on bat des pièces de rapport au sable. Au-dessus, on vient placer une seconde

assise de coquilles en plâtre et on bat de nouveau les pièces. Lorsqu'on a tout terminé, on démonte pour enlever le modèle, on sèche les pièces, on met en place le noyau et on remonte le moule autour de lui. Les statues se moulent le plus souvent couchées : on bat des pièces tout autour du modèle, puis on coule les chapes en plâtre autour de ces pièces.

Modèles divisés. — Le troisième procédé, consistant à fractionner à la fois le moule et le

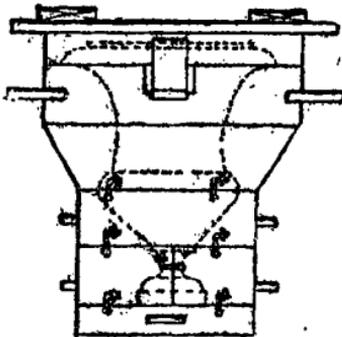


Fig. 13. — Moulage d'un vase.
(Les traits pleins représentent les séparations des châssis, les traits pointillés, les divisions du modèle).

modèle peut offrir une plus grande simplicité dans certains cas, pour des pièces ayant une forme symétrique. Ainsi un solide de révolution, quel que soit son profil, pourra se mouler debout si on divise le moule en châssis et le modèle en tran-

ches (fig. 13 et 14). Faisant passer un plan de division par chaque sommet du profil, et coupant le moule au droit des sommets convexes, le modèle au droit des sommets concaves, on pourra toujours retirer une pièce de l'un ou de l'autre.

Si la pièce n'était pas symétrique et présentait sur une face un creux opposé à une saillie, de l'autre côté le cadre correspondant devrait être coupé en parties qu'on pût retirer latéralement. Ces fragments de cadre se nomment *ti-roirs*. Ils sont formés de bordures à jour portant

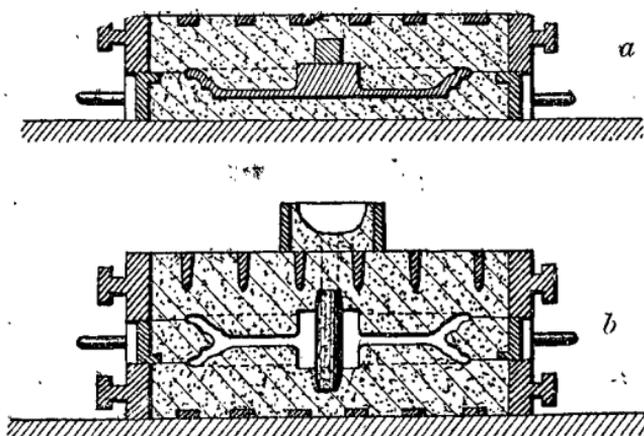


Fig. 14. — Moulage d'une poulie à gorge en trois châssis. — Le modèle est en deux moitiés pour pouvoir dépouiller la gorge. Les joints ne sont pas plans et suivent la surface de la poulie. — a, battage du châssis inférieur renversé ; b, moule monté.

des hérissons pour soutenir le sable. Les tiroirs jouent le même rôle que les pièces battues ; on peut dire que ce sont des pièces battues faisant corps avec leur enveloppe au lieu d'en être indépendantes.

Le moulage en pièces battues peut toujours être facilité par le fractionnement du modèle.

Ainsi, dans le moulage par assises, le modèle sera divisé en tranches horizontales qu'on enlèvera successivement au cours du démoulage.

Moulage avec fausses pièces. — L'emploi de fausses pièces ou de modèles destructibles peut être justifié par deux motifs bien différents : 1° Il permettra d'économiser la fabrication d'un modèle spécial, s'il s'agit d'objets uniques et volumineux (exemple : les cloches) ; 2° il simplifiera la construction du moule, dans le cas de formes complexes où il serait très difficile de réaliser les conditions de dépouille.

Les fausses pièces peuvent être : 1° en sable qu'on gratte ; 2° en plâtre qui se désagrège à la cuisson, et que l'on fait tomber par des secousses ; 3° en cire qui fond et s'écoule quand on étuve le moule.

Le premier cas suppose, en général, que l'on puisse dégager le modèle et, par suite, que le moule soit de dépouille. On opère ainsi pour les cloches, où la fausse pièce est battue sur le noyau (*fig. 15*) et séparée de lui par un enduit qui empêche l'adhérence ; le moule est battu par dessus, puis enlevé pour gratter la fausse pièce.

On peut rattacher à la même classe de pro-

cédés celui qu'on emploie d'ordinaire pour mouler les statues.

On construit d'abord sur le modèle un moule (bon creux) en pièces battues; on se sert de ce moule comme boîte pour battre le noyau en

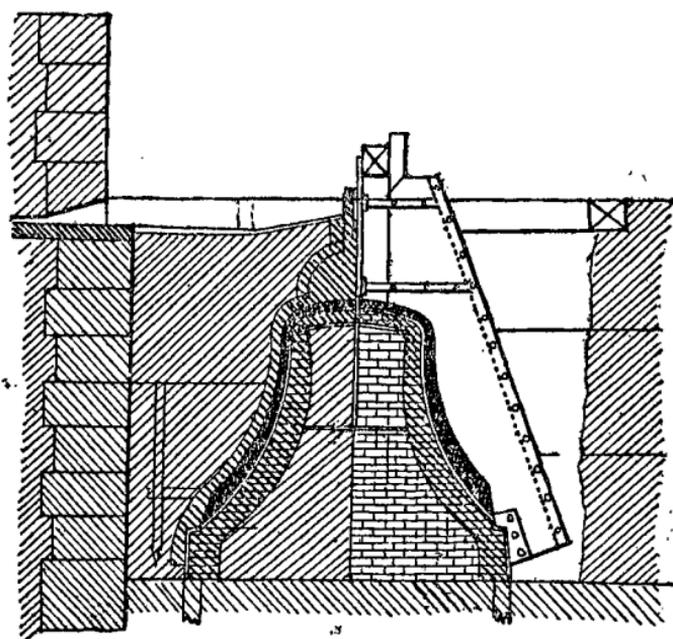


Fig. 15. — Moulage d'une cloche. Troussage de la fausse pièce : à gauche, moule avec la charge *p* braquée sur la fausse pièce.

sable, consolidé par une carcasse en fils de fer. Ce noyau reproduit donc exactement le modèle. On démonte le moule pour enlever le noyau; celui-ci est *tiré d'épaisseur*, c'est-à-dire qu'on

gratte la surface pour ménager le vide que doit occuper le métal fondu : on remonte alors le moule autour du noyau gratté, et tout est prêt pour la coulée.

Le plâtre ou la cire peuvent servir à faire le modèle complet lorsqu'on veut fabriquer un moule d'un seul bloc pour des pièces comportant des saillies un peu compliquées. Le plâtre sera d'un emploi plus rapide et plus économique, mais la cire assurera un moulage plus parfait.

Pour mouler une statue en cire perdue, on fait d'abord comme nous l'avons dit plus haut un creux, qui ne sert dans ce cas que de boîte à noyau, puis un noyau en sable. On gratte celui-ci en remplaçant l'épaisseur de sable enlevée par des plaques de cire. Le sculpteur retouche ce modèle en cire et on bat autour un moule en sable d'une seule pièce. L'ensemble est porté à l'étuve et la cire fond en laissant le vide voulu.

Pour les œuvres soignées, au lieu de battre en sable, il faut mieux mouler en terre : c'est-à-dire qu'on forme au moins la partie interne du moule avec du sable gras appliqué au pinceau sur la cire, par minces couches successives.

On peut employer le plâtre et la cire à faire seulement quelques pièces de rapport pour compléter un modèle en bois : ce sera le procédé le

plus commode pour mouler une pièce de forme générale simple sur laquelle sont appliqués des motifs d'ornementation, ou des saillies locales. Ainsi pour un canon, les tourillons sont réservés par des modèles en plâtre qu'on place sur un modèle conique en bois : celui-ci peut se retirer une fois le moule terminé, le plâtre reste engagé dans les cavités du moule, on le gratte et on le fait tomber après la cuisson ; s'il y a des motifs d'ornementation, on placera sur le modèle une plaque de cire les reproduisant.

Moulage au gabarit ou au trousseau.

— Pour l'emploi de ce procédé, on doit distinguer deux cas :

1^o Le moule est en sable ; le gabarit sert alors à creuser et enlever le sable préalablement tassé en bloc, de manière à ménager les vides et à dresser les surfaces.

2^o Le moule est en terre ; on emploie des couches de sable successivement plaquées que l'on dresse à l'extérieur à l'aide d'un gabarit.

C'est surtout dans le cas du moulage en terre, qu'on emploie depuis longtemps le gabarit. On l'étend de plus en plus aujourd'hui au moulage en sable pour toutes les pièces mécaniques ; on économise ainsi les frais de modèle.

Le modelage au trousseau s'applique aux pièces de formes simples, et surtout à celles qui sont limitées par des surfaces de révolution.

Si le diamètre à faire n'est pas trop considérable, on opère horizontalement (c'est ainsi qu'on fait les noyaux cylindriques); les couches d'argile successives sont appliquées sur une lanterne que l'on a montée sur un arbre porté par des pivots; on fait tourner l'arbre devant un gabarit fixe, qui rabote l'argile et lui donne une surface bien cylindrique (*fig. 16*). Si le noyau est un peu gros, la lanterne doit être entourée d'une tresse en paille facilitant le retrait; les couches intérieures sont mélangées de crottin.

Pour les grosses pièces, on opère verticalement, et c'est le gabarit qui est mobile (*fig. 16*). Ainsi, pour un cylindre, une cloche, une marmite, on installera dans la fosse de coulée un axe vertical sur lequel peut tourner le gabarit; puis on bâtit la carcasse du noyau en maçonnerie (on pourra employer des lanternes si les pièces sont destinées à être répétées un grand nombre de fois); sur cette carcasse montée entre l'axe et le gabarit qui pend à l'extérieur, on plaque des couches d'argile que l'on dresse. Avec un gabarit intérieur, on peut faire de la même ma-

nière le moule en bâtissant autour du gabarit; l'un des deux, le moule ou le noyau, est monté

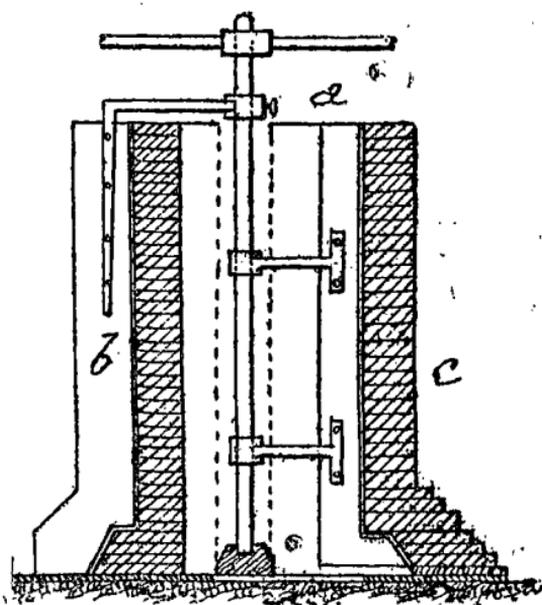


Fig. 16. — Moulage d'un cylindre.
A droite, trousseage du moule extérieur; à gauche, du noyau.

sur un anneau mobile pour l'enlever pendant la confection de l'autre partie.

C'est ainsi qu'on procédera pour un cylindre. Pour une pièce fermée par en haut, comme une cloche, on préférera, en général, employer l'artifice d'une fausse pièce; on dressera au gabarit, d'abord le noyau intérieur, puis une chape qui

s'applique sur celui-ci et reproduit exactement la pièce à couler ; sur cette chape, formant modèle provisoire, on battra du sable ou on appliquera de l'argile pour constituer le moule extérieur, reposant sur un anneau en fer ; puis on enlèvera ce moule et on grattera la chape. Il ne restera plus qu'à reposer le moule (*fig. 15*).

Pour mouler un volant, on creuse une fosse circulaire au centre de laquelle on cale une borne en fonte pour porter l'axe du trousseau ; on la remplit de sable pilé ; on fait tourner un gabarit donnant le profil du moyeu et de la

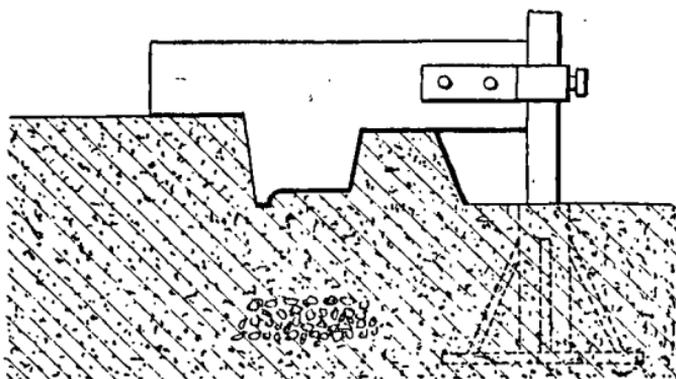


Fig. 17. — Troussage de la jante d'une roue.

jante raccordés par une surface plane, et on l'enfonce peu à peu jusqu'à ce qu'il affleure un témoin (*fig. 17*).

On trace alors une circonférence extérieure à la jante; on y marque les points de division correspondant aux bras, qu'on repère avec des traits et des piquets, et on marque, à l'aide d'une règle, l'axe des bras sur le sable.

On lisse les surfaces du demi-moule ainsi préparé, et on saupoudre le joint de sable brûlé. On met en place dessus les armatures d'entre-bras, et on pose le châssis supérieur, que l'on repère rigoureusement au moyen de piquets enfoncés dans le sable; on y bat le sable, qui englobe les armatures. Ce châssis retourné porte

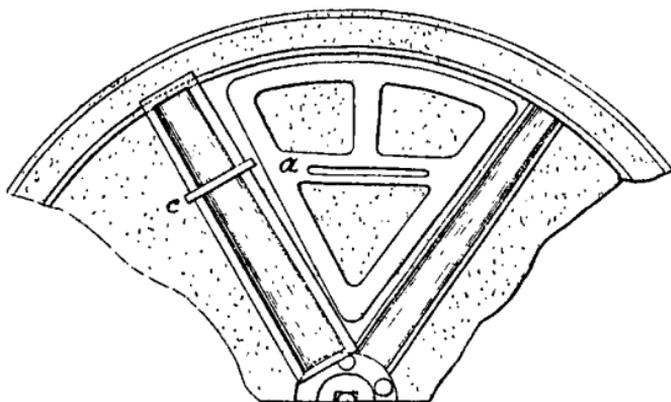


Fig. 18. — Moulage d'un volant.

a, armatures soutenant le sable entre les bras;
c, gabarrit coulissant sur deux règles pour trousser le moule des bras.

la reproduction du dessin tracé sur le sol, et le

demi-modèle en sable de la jante et du moyeu ; on enlève cet excédent de sable et on creuse au trousseau le demi-moule correspondant. Il ne reste plus qu'à faire le moule des bras ; pour cela, on creuse le sable avec un calibre représentant la demi-section transversale d'un bras, qu'on fait glisser sur deux règles réunies par des traverses, ces règles constituent un cadre en forme de trapèze, figurant le profil longitudinal

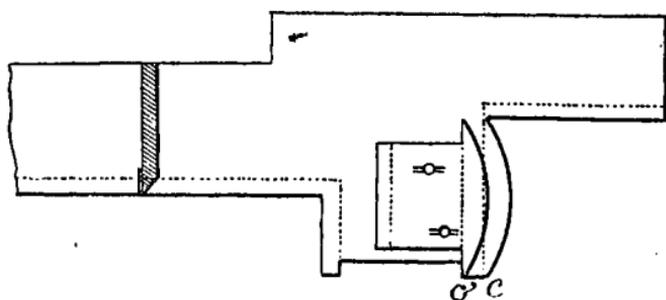


Fig. 19. — Gabarit avec deux coulisses *c*, rentrant en *c'* pour trousser des jantes à profil courbe.

du bras (fig. 18). On renmoule en remplaçant l'axe du trousseau par un noyau vertical en terre.

Les gabarits doivent être garnis de tôle et terminés en biseau pour couper le sable. Ils peuvent porter des pièces mobiles, coulissant en travers, lorsque le profil dans le plan de l'axe est courbe.

Ainsi la jaute de volant se fera d'abord avec des parois verticales, puisqu'il faut descendre peu à peu le gabarit. Si elle doit être bombée, on la terminera en faisant ressortir peu à peu une coulisse cintrée (*fig. 19*), qui était reculée pendant la première partie du travail et qui viendra creuser la paroi verticale de sable.

L'emploi des gabarits n'est pas limité aux surfaces de révolution. On peut l'étendre aux surfaces réglées. On fait alors glisser le gabarit sur des règles plates; ces règles portent des entailles aux points où l'objet comporte des détails spéciaux, nervures, pattes, etc., que l'on profile ensuite avec des fractions de modèle ou d'autres gabarits. Ce système peut s'appliquer à toutes les surfaces engendrées par une courbe (génératrice), se déplaçant soit sur des droites, soit sur d'autres courbes directrices.

On obtiendrait des pièces ovales, ou de n'importe quelle forme courbée, en faisant tourner un gabarit monté sur un bras à coulisse et le maintenant appuyé contre une came.

On peut trousser des surfaces hélicoïdales (hélices de navire), en montant l'axe creux du trousseau sur une vis; l'avancement du gabarit pour couper le sable pourra être obtenu soit dans le sens vertical, le bras qui le porte cou-

lissant sur l'axe, soit dans le sens horizontal si le gabarit coulisse sur le bras,

Le gabariage peut être parfois un moyen de mouler une pièce qui n'est pas de dépouille, toutes les fois qu'on peut la considérer comme engendrée par le déplacement d'une figure invariable, le long d'une directrice de forme simple,

Ainsi le moulage d'un tore pourra se faire par le procédé indiqué pour la couronne d'un volant, lors même que sa génératrice ne permettrait pas au gabarit de sortir par soulèvement; le gabarit pourra toujours parcourir tout le moule par un mouvement circulaire, et on le sortira de côté; pour cela, il faudra que la couche (partie inférieure du moule), soit divisé en deux châssis par un plan perpendiculaire à celui de la couronne, ou encore que l'on ait laissé en un point une coupure par où le gabarit pourra être soulevé. Cette coupure sera bouchée ensuite par une petite pièce de rapport. Le gabarit peut être remplacé par un segment de modèle, ou par un demi-modèle (dans le cas de deux châssis).

Le moule d'une vis peut se modeler avec un gabarit tournant à l'intérieur, et dont l'axe est monté sur un écrou. Ce gabarit décrira une hélice et la creusera dans le sable; il entrera et

sortira par les extrémités. Il est fixé sur un bras au moyen d'une coulisse permettant de l'écarter après chaque passage, jusqu'à ce qu'il soit au diamètre voulu, afin de creuser peu à peu le pas de vis.

Pour une hélice de navire, comportant une surface hélicoïdale limitée, le gabarit se retirera de côté perpendiculairement à l'axe, en le faisant coulisser sur le bras qui le porte.

Pour mouler une pièce à fond incliné, on moulera, sur la borne, un disque oblique sur lequel tournera le trousseau. Le gabarit dressera le sable suivant un plan parallèle au disque. Les bords verticaux seront troussés à la manière ordinaire.

Moulage d'une roue dentée. — On peut mouler une roue dentée avec un fragment de modèle, représentant un segment suspendu à une potence mobile. Supposons que ce modèle représente trois dents; après avoir battu une première fois le sable sur lui, on le soulèvera, on le fera tourner de l'espace de deux dents, et on le redescendra de manière à engager dans la dernière du moule la première du modèle qui sert de guide; on battra de nouveau et on continuera sur toute la circonférence. Le fragment

de modèle peut être remplacé par un calibre qu'on fera mouvoir de haut en bas, pour creuser le sable battu d'abord en forme de cylindre sur une hauteur égale à l'épaisseur de la couronne; le calibre devra alors se déplacer progressivement le long de la potence pour creuser le sable peu à peu jusqu'au diamètre voulu. Ce procédé sera peut-être moins rigoureux.

Un autre système, très exact, mais exigeant un outillage spécial, consiste à employer une sorte de machine à diviser.

Un bras portant le modèle ou le calibre d'une dent, est mobile autour d'un axe sur lequel est calée une grande roue dentée horizontale; celle-ci est commandée par une vis sans fin; on moule les dents une par une, en faisant avancer chaque fois le bras mobile de l'intervalle convenable; pour cela, il suffit de calculer d'avance le nombre de tours de manivelle à donner à la vis de commande. Si le pas de cette vis est égal à l'intervalle des dents de la grande roue, ce nombre (qui peut être fractionnaire), sera le quotient du nombre de dents de la grande roue par celui des dents de la roue à mouler.

Emploi de pièces de rapport. — Il existe encore un autre système de moulage pour les

roues dentées, qui est peut-être le plus rapide.

On fait d'abord le moule d'une couronne cylindrique au diamètre extérieur de la roue; puis on y place une série de noyaux identiques réservant les vides entre les dents; ces noyaux peuvent être battus en boîtes.

Pour déterminer leur place, on met à l'extérieur de la jante dans le sol une couche de plâtre, et on trace sur le cercle autant de raies transversales qu'il y a de dents.

Ce système présente l'avantage de pouvoir rectifier la pose si, au bout d'un quart ou d'un sixième de circonférence, on s'aperçoit qu'on ne tombe pas tout à fait juste; il suffit alors de rapprocher tous les noyaux ou de les desserrer pour rattraper l'écart.

Ce système peut s'appliquer à tout objet de forme générale simple, qui comporte seulement quelques parties plus fouillées.

Ainsi pour un poêle en fonte, orné d'une couronne sculptée, on dressera au trousseau le moule en sable représentant les cylindres sans ornement. Le gabarit portera une saillie à la hauteur de la couronne (*fig. 20*). On battra le sable jusqu'à cette hauteur; il présentera alors une corniche destinée à recevoir les pièces de rap-

port. On placera dans cette corniche des secteurs en argile qu'on aura modelés sur les reliefs

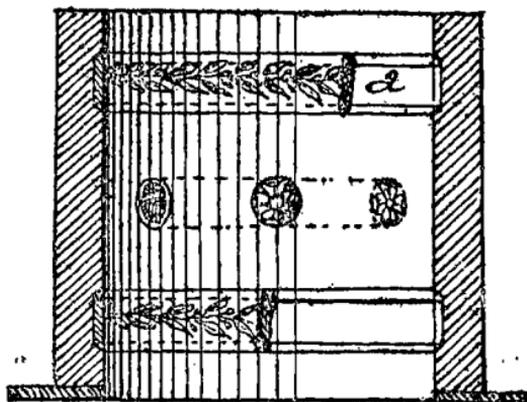


Fig. 20. — Moule d'un poulie avec couronnes en pièces de terre rapportées.

qu'on veut reproduire. Puis on achèvera de battre le sable au-dessus.

Troussage en plusieurs secteurs. — On demande souvent des poulies coupées en deux ou plusieurs morceaux; pour qu'elles soient bien ajustées, il est utile de les couler d'un seul jet. Certains fondeurs font la poulie d'une pièce et la coupent; il y a alors manque de matière, qu'on répare mal en ajoutant un fragment de tôle entre les deux secteurs.

Pour ces fabrications, M. Tesson monte l'axe du trousseau sur un excentrique calé sur la

borne; on trousse ainsi un demi-cercle ou un secteur, dont le centre ne coïncide pas avec celui de la borne; en décalant l'excentrique d'un angle convenable, on trace un second secteur; on obtient ainsi le moule d'une poulie en plusieurs secteurs qui ne se juxtaposent pas exactement, et se rattachent par des raccords laissant la place de la coupure.

PROCÉDÉS DE MOULAGE RAPIDES

Blocs de battage. — Pour les pièces souvent répétées, il y a avantage à remplacer le modèle par des *blocs de battage*, c'est-à-dire par des demi-modèles qui permettent de battre directement et isolément chacun des châssis, avec leurs évents et jets de coulées. On évite ainsi les retournements, et on peut préparer en même temps les deux châssis; le travail étant réduit au battage, devient beaucoup plus rapide. On peut faire ces blocs en plâtre; pour cela, après avoir mis le modèle sur couche, on place le châssis supérieur et on le remplit de plâtre; après la reprise, on retourne et on moule de même l'autre partie en plâtre; sur chacun de ces moules, on placera un châssis qu'on remplira à son tour de plâtre, on

aura ainsi un surmoulage de chacune des moitiés du modèle enterré dans la couche et garni des mandrins de coulée; ce surmoulage servira à battre le sable pour faire chaque moitié du moule. Les jets obliques ou évasés peuvent être réservés avec des goujons, qui viennent se loger dans des alvéoles ménagées sur le bloc de battage.

Le plâtre peut supporter plusieurs milliers d'opérations si le battage est fait avec soin; si l'on veut des blocs plus résistants, on fera le surmoulage en coulant dans les moules en plâtre un alliage fusible d'étain et de zinc.

Les châssis portant les deux blocs de battage, doivent naturellement être repérés avec soin entre eux, et servent à repérer chacun des châssis du moule.

Moulage mécanique. — Les machines à mouler peuvent être employées avec avantage quand on a un très grand nombre de pièces identiques à répéter. Elles font automatiquement sur un châssis quelconque une partie du travail du mouleur.

Les plus simples n'opèrent que le démoulage. Le modèle est fixé sur une plaque, avec laquelle il fait corps et qui sert à l'enlever.

Pour éviter l'arrachement du sable, on emploie trois moyens :

1° On retourne le châssis de manière à enlever le modèle par le haut.

2° Un procédé meilleur consiste à laisser le châssis tourné vers le haut, et à soutenir le sable par

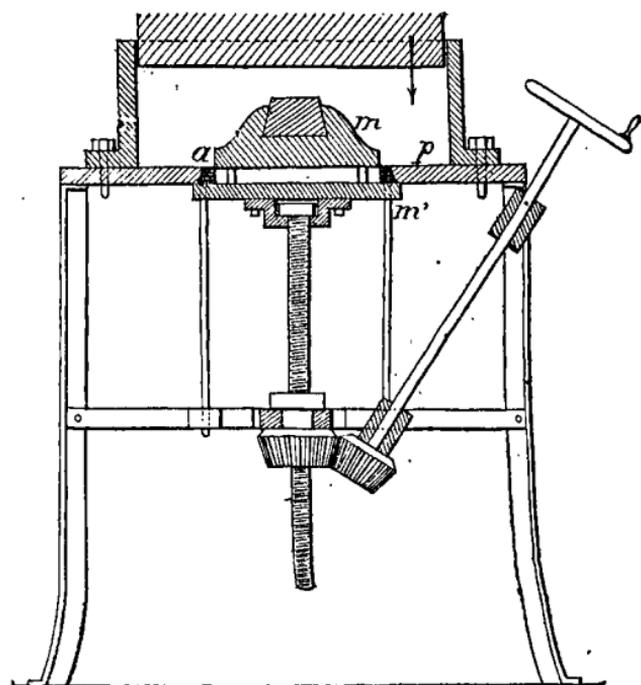


Fig. 21. — Machine à démouler. — *m*, modèle mobile fixé à la plaque *m'*; *p*, peigne complété par la garniture en alliage fusible *a*.

un peigne (fig. 21); le peigne est une plaque qui se place entre le châssis et la plaque de

modèle et qui épouse les formes de ce dernier ; pour éviter un ajustage pénible, le peigné entoure simplement le modèle et on coule entre deux un alliage fusible.

On enlève le modèle par le bas ; la machine peut agir en abaissant la plaque de modèle, ou en soulevant le châssis ; parfois on combine les deux mouvements.

3° Certaines machines donnent aux moules des secousses pour détruire l'adhérence ; ce système donne peut-être des moulages moins rigoureux.

Les machines complètes font aussi le foulage ; elles permettent d'exercer sur la masse de sable contenu dans le châssis une pression d'ensemble qui, si elle est bien réglée, produit des effets plus satisfaisants que les pressions locales données par le fouloir à main. Cette pression varie de 2^{kg},5 à 4 kilogrammes par centimètre carré. On la règle avec des contrepoids mobiles ou des ressorts en hélice, ou des soupapes de sûreté.

Le système de pression, le plus économique et le plus maniable, est la pression directe par la vapeur.

On fixe sur le châssis une boîte à sable où pénètre un piston ; le modèle peut être vers le bas ou vers le haut ; dans les deux cas, on peut faire

mouvoir soit le piston compresseur, soit la plaque portant le modèle.

On a donc le choix entre quatre dispositions. En plaçant le modèle en haut, on peut pratiquer le rappuyage au noir, qui donne de plus belles surfaces, c'est-à-dire qu'on applique une seconde fois sur le modèle le moule badi-geonné.

Quand la plaque à modèle est mobile, son retour produit le démoulage. Quand elle est fixe, c'est le mouvement de retour du piston qui entraîne le châssis.

Le point le plus délicat est de répartir la pression. Pour les pièces plates, il suffit de donner une certaine hauteur à la boîte à sable. Quand il y a de fortes saillies, on peut employer deux systèmes :

1° Égaliser la réduction de hauteur du sable en donnant au piston compresseur une forme inverse de celui du modèle (*fig. 22*).

MM. Sebold et Neff obtiennent cette contre-forme, en coulant de la gutta-percha sur le modèle. Ce procédé ne donne de bons résultats que si le sable a été d'abord réparti très également.

Dans la machine Harris Tabor, c'est le fond de la boîte à sable qui reçoit des hauteurs iné-

gales; il est formé de cubes de bois soutenus par des ressorts qu'on peut régler à la hauteur voulue (*fig. 22 C*).

2° Diviser le piston en plusieurs éléments petits, dont chacun reçoit la même pression superficielle; ces pistons élémentaires sont poussés par le grand piston par l'intermédiaire d'un sac

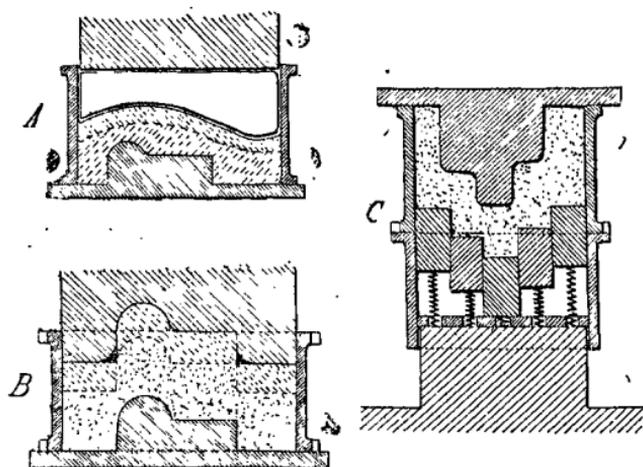


Fig. 22. — Procédés de moulage mécanique.

rempli d'air comprimé à une pression déterminée, ou de sable fin (*fig. 20 A*); on peut encore (système Rob. Moore), placer dans le piston une série de sacs à air comprimé qui pressent directement sur le sable et dont la pression est réglée par des soupapes de sûreté. Ces appareils permet-

tent de verser le sable nécessairement dans les boîtes sans se préoccuper de sa répartition.

Les châssis et les modèles doivent être très résistants; les installations accessoires doivent assurer l'alimentation rapide de la machine.

On estime que la main-d'œuvre de moulage peut être réduite au quart ou au cinquième par l'emploi de ces machines; il exige, une fois la machine bien réglée, des ouvriers moins habiles que le travail à la main.

Cependant, ces appareils complexes sont, jusqu'à présent, peu répandus en Europe. On emploie, au contraire, beaucoup les machines à démouler, avec serrage à la main.

MOULAGE EN COQUILLE

Fonte trempée. — Le moulage en coquille s'emploie dans les fonderies de fonte quand on veut faire des pièces dont la surface soit durcie et à grain terré, par exemple des cylindres de laminoirs.

Les moules sont en fonte, de manière que le refroidissement rapide solidifie presque instantanément une zone de 1 à 2 centimètres d'épaisseur et la trempe. Le moule d'un cylindre est

en deux pièces; on les recouvre à l'intérieur d'un badigeon argileux; on les sèche à l'étuve et souvent on les chauffe à 60 ou 80°.

On admettait autrefois que les coquilles devaient avoir une épaisseur égale au tiers du diamètre de la pièce; on leur donnait 25 à 35 centimètres.

On emploie de préférence aujourd'hui des coquilles plus légères, de 5 à 12 centimètres d'épaisseur, frettées par des cercles en fer; elles se dilatent plus uniformément et résistent mieux aux causes de rupture. Elles donnent encore une force de trempe suffisante.

On coule souvent les cylindres pleins; le retrait de la masse intérieure tend à déchirer la surface qui s'est solidifiée tout d'abord. Lors même que les fentes ne sont pas apparentes après le démoulage, il subsiste des tensions anormales qui peuvent amener l'éclatement spontané. Il vaut peut-être mieux les couler creux, avec une épaisseur de 15 à 20 centimètres. Le noyau n'offre rien de particulier.

Le bas et le haut des cylindres sont moulés en sable; la coquille est donc assujettie entre deux châssis. Aussitôt après la coulée, il faut arroser la coquille d'eau contenant de l'argile délayée, pour retarder son échauffement. En effet, la di-

latacion du moule tend à le séparer de la pellicule consolidée qui forme la surface du cylindre, qui, elle, se refroidit et se contracte. Si cette séparation avait lieu trop tôt, cette enveloppe se déchirerait sous la pression de la fonte encore liquide qui forme le cœur de la pièce.

Les trois éléments qui régleront le degré de la trempe seront :

1° Avant tout, la nature de la fonte.

2° L'épaisseur de la coquille, qui rend son échauffement plus ou moins rapide.

3° La température qu'on donne au moule avant la coulée.

Quand on veut une trempe très forte pour des projectiles très pleins, par exemple, on donnera à la coquille une épaisseur considérable allant à la moitié du diamètre de la pierre, parfois même égale à ce diamètre.

Au contraire, en employant des coquilles minces (1 centimètre d'épaisseur et même moins), on peut obtenir des moulages à grain très serré, qui ne sont pas sensiblement durcis.

On coule ainsi des cylindres, des arbres. La coquille mince est enterrée dans le sable, en châssis ou dans une fosse.

On peut introduire dans des moules ordinaires des pièces métalliques pour tremper et

durcir une partie de la surface. Ainsi, pour couler une enclume, le moule (qui est renversé), sera en sable, ou en coquille mince, le fond sera fait d'une plaque de fonte, pour durcir la surface. Un mortier se coulera de même renversé ; le haut de la chappe pourra être en fonte. Les roues en fonte se feront dans un moule en sable, avec un cercle de fer placé sur le pourtour, afin de durcir la jante.

Les cylindres de laminoir à cannelures, qui doivent être tournés, se coulent en sable. Souvent les cannelures finisseuses des petits fers sont trempées ; on les profile avec des bagues en fer encastrées dans le sable du moule. On pourrait du reste, aujourd'hui rectifier et retoucher ces cannelures trempées avec des machines à mouler.

Il ne faut pas oublier, dans l'étude des formes destinées au moulage en coquille, que le degré de trempe variera avec l'épaisseur de fonte en chaque point.

Si, par exemple, on coulait en fonte une roue à bras dont la jante doit être trempée, la surface se durcirait moins en face des bras que sur le reste du pourtour. L'usure serait donc inégale et, au bout d'un certain parcours, la jante ne serait plus circulaire. Les roues de ce genre

doivent être faites pleines, au lieu de bras, c'est un disque mince qui relie le moyeu à la jante.

Coulée sur métal. — On peut fabriquer par voie de moulage des objets dont certaines parties sont en fer. Ainsi, pour couler une roue à bras en fer, les bras seront placés d'avance dans le sable, pendant la confection du moule ; puis on coulera la jante d'abord, le moyeu ensuite ; la fonte englobera les extrémités des bras, de manière à former un tout solidaire. On emploie à Fourchambault ce procédé pour fretter de grands tuyaux de conduite ; les frettes en acier sont placées dans le moule avant la coulée. La fonte liquide peut se souder à la fonte rouge. Ainsi, pour réparer un cylindre dont la portée est brisée, on l'enterre dans le sable, on bâtit au-dessus un moule représentant la partie qui manque, avec une masselotte très élevée. La fonte arrive sur la cassure par un trou de coulée oblique, et on la fait couler jusqu'à ce que la surface ancienne soit bien rouge.

Moules métalliques. — En dehors des cas spéciaux dont nous venons de parler, les moules métalliques sont d'un emploi avantageux pour les pièces dont on doit faire un grand nombre

d'exemplaires. On peut s'en servir même pour les moulages de fonte tendre. Ils se composeront alors d'enveloppes en fonte, démontables, hérissées à l'intérieur d'aspérités qui servent à appliquer un revêtement en terre. Cet enduit doit être épais de quelques centimètres, pour ne pas tremper.

Le moulage en coquille est très usité pour toutes les petites pièces en bronze, ou en métaux fusibles. Il donne des surfaces plus nettes que le moulage en sable. C'est en coquille que l'on coule les lingots de cuivre, de laiton, etc., destinés au laminage.

Pour éviter l'adhérence, on frotte l'intérieur des coquilles d'huile, ou on les noircit par le flambage, ou on projette sur la surface de la coquille chauffée de l'eau de savon contenant en suspension une poudre d'ocre très fine.

Le moulage en coquille donne aux alliages un grain plus fin et augmente leur résistance. Cependant, dans certains cas, il peut être nuisible en les rendant cassant.

Pour couler des plaques, forme dans laquelle beaucoup de métaux sont livrés au commerce, on emploie des lingotières coupées en deux parties par un plan parallèle aux faces. Parfois on les rend mobiles autour d'un axe perpendiculaire

aux faces : on les incline au début de la coulée et on les relève peu à peu de manière à ne jamais faire tomber le jet de trop haut.

Le moulage en coquille comporte une variante très curieuse, c'est le *moulage au renversé*, qui sert pour la reproduction à bon marché des statuettes par les zincs d'art. Le zinc est versé dans une coquille qui peut basculer sur tourillons. Un instant après, on la retourne pour renverser dans la poche le métal encore liquide : la croûte qui s'est solidifiée sur les parois reste dans le moule, et donne une statuette creuse, obtenue sans noyau ; l'épaisseur est réglée par la rapidité du renversement. Ce procédé ne peut réussir qu'avec un métal très fusible ; on a essayé sans succès de l'appliquer à la fabrication des obus en fonte.

Les noyaux peuvent être en métal aussi à condition d'être démontables, comme on le voit dans la *fig. 23* représentant le moulage d'une cafetière.

Le moule extérieur est composé de deux parties latérales et de deux disques entre lesquels elles s'enchâssent, le noyau de segments emboîté dans le disque supérieur et dans un support à vis. Au démoulage, une fois le disque enlevé, ces segments se retirent à l'inté-

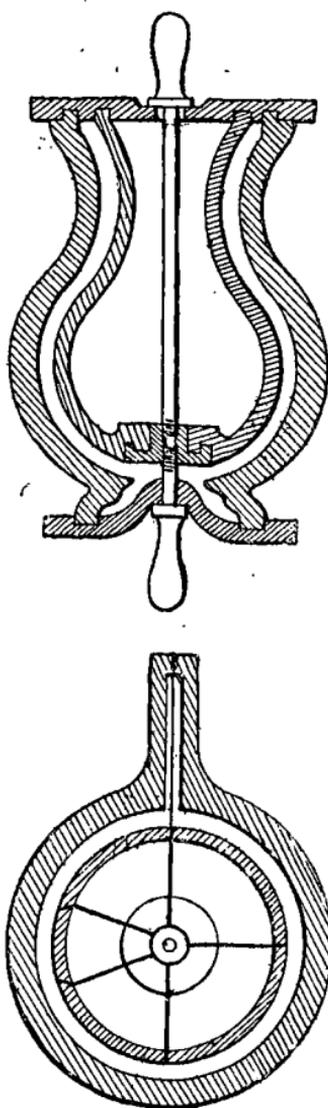


Fig. 23.

Moulage d'une cafetière en coquille.

rier en commençant par le plus petit.

Les coquilles pour ces fabrications diverses peuvent être en fonte pour les grosses pièces, en bronze ou en laiton pour celles qui demandent plus de fini. On peut toujours faire la coquille du même métal qui doit y être coulé, pourvu qu'elle ait une épaisseur relative assez grande pour ne pas trop s'échauffer, et qu'on prévienne l'adhérence par un conduit convenable. Les garnitures en alliages d'antifriction peuvent être coulées dans la pièce même qui doit les recevoir.

Moules en matières diverses. — Les métaux très fusibles, ou les petits objets en or et en argent peuvent se couler dans le plâtre. Le plomb, l'étain et leurs alliages peuvent se couler sur le bois, le carton, la toile, etc. Pour reproduire plusieurs exemplaires d'un cliché, on coule du plâtre sur la première composition ; on obtient ainsi un moule où on peut fondre d'une pièce d'autres clichés. Pour les journaux, on emploie un procédé plus rapide : on bat sur la composition un flan formé de feuilles de papier collées ensemble au cylindre, on étuve ; on peut alors retirer la plaque changée en carton durci et s'en servir comme de moule. Cette plaque cintrée, et placée dans un cadre en fonte constitué par deux quarts de cylindre concentriques, permet de mouler les clichés sous forme de rouleaux.

Les métaux fusibles sont souvent coulés en plaques longues, sur des tables à rebords. La surface de coulée peut être un lit de sable (pour les plaques épaisses), une dalle en pierre, ou une table recouverte d'une toile bien tendue (plaques minces). On y fait arriver le métal en nappe avec un entonnoir allongé placé sur un chariot qui roule tout le long de la table, et suivi d'un râble qui égalise l'épaisseur. On peut aussi couler sur une surface plane, en cylin-

drant la nappe avec un rouleau, comme on le fait pour les glaces.

RETRAIT

Dans le tracé des modèles, il faut tenir compte du retrait de la fonte qui est de 1 % pour la fonte grise et peut atteindre 2 % pour certaines fontes blanches et pour l'acier. Les formes doivent être calculées pour faciliter ce retrait, sans déchirures. Ainsi, pour une poulie à bras coulée d'un bloc, les bras doivent être courbes et s'élargir aux extrémités : un bras rectiligne se briserait à la jonction du noyau pendant le refroidissement. Il faut éviter les changements brusques d'épaisseur ; il en résulterait une rapidité de refroidissement très inégale en deux points voisins, et, par suite, des ruptures, ou des dépressions locales aux points où le métal reste plus longtemps liquide. On peut y parer dans une certaine mesure, lorsque l'on coule en sable, en découvrant rapidement les parties épaisses aussitôt solidifiées, tandis qu'on laisse les parties minces plus longtemps enterrées. On placera de préférence les jets de coulée au voisinage des parties minces.

Le retrait est très variable suivant les circons-

tances et peut très bien s'écarter de 20 ou 25 % en plus ou en moins des moyennes généralement admises. Il dépend de la température de coulée et de la vitesse de refroidissement. Les petits objets rapidement refroidis prennent moins de retrait ; les grosses pièces en prennent davantage.

Le retrait est moins sensible sur les parties inférieures des moules, et il y a avantage à couler les parties les plus minces tournées vers le bas.

Le retrait des alliages de cuivre est d'autant plus fort qu'ils contiennent plus de zinc et d'étain. Quand on refond des débris de provenance variée, on est plus exposé aux retraits inégaux.

Pour les métaux ordinaires de fonderie, on peut admettre les moyennes suivantes de retrait linéaire :

Fonte grise.	$\frac{1}{96}$
Zinc	$\frac{1}{86}$
Laiton	$\frac{1}{62}$
Bronze à canon	$\frac{1}{136}$
Étain	$\frac{1}{147}$
Plomb	$\frac{1}{92}$

Il faut tenir compte aussi du retrait du moule quand il est en terre éluvée ou de l'expansion

du modèle quand on travaille en sable vert avec des modèles en bois. Dans chaque cas particulier, l'expérience seule permettra de prévoir l'effet combiné de ces causes multiples.

CHAPITRE IV

INSTALLATIONS DES FONDERIES

Séchage et étuvage des moules. — Le séchage des moules se fait tantôt sur place, tantôt en étuves. Les étuves se composent de grandes chambres chauffées par des foyers latéraux où l'on brûle le plus souvent du coke. Des rails et des chariots, des grues sont disposés pour y amener les moules. Les grandes étuves ont des foyers placés au-dessous, près desquels on range les pièces qui doivent être cuites à haute température.

Le chauffage en étuve est surtout employé pour les petites pièces et les noyaux ; tandis que les grandes pièces sont souvent chauffées sur place. Dans certains cas, il est même impossible de faire autrement. On allume alors des feux de bois dans les fosses de coulées au milieu des

grands moules ; on peut aussi employer des feux de coke placés dans des corbeilles en fer. Les châssis sont parfois tenus avec des grues au-dessus des réchauds à coke ; ce procédé est dispendieux et détériore le matériel.

La consommation du combustible peut s'élever à 30 ou 50 % du poids de la pièce à faire. Elle n'est pas beaucoup plus faible en étuve, parce que la capacité totale de l'appareil est loin d'être utilisée tout le temps. Le séchage sur place a encore un autre inconvénient ; les cendres, les étincelles peuvent faire des piqûres sur la surface des moules.

On peut améliorer ce procédé en établissant près des moules des foyers mobiles à coke, entourés d'une hotte, et communiquant par des tuyaux munis de registres avec le fond des châssis : le moule sert alors de cheminée, il est directement traversé par l'air chaud : on peut le coiffer de tuyaux d'appel en tôle, s'il n'a pas assez de hauteur.

Quand on a beaucoup de pièces analogues à faire, par exemple dans des fonderies qui fabriquent spécialement des tuyaux, on construit dans une fosse profonde un foyer fixe, recouvert d'une plaque de fonte ; les gaz se rendent, par une série de tuyaux munis de registres, à des

bouches de sortie placées en différents points du sol, ou des fosses de coulée. On vient y placer tour à tour les moules qu'on veut sécher.

Ces systèmes présentent l'avantage de chauffer directement l'intérieur du moule. Aussi réalisent-ils, par rapport aux autres, une économie de combustible de 50 à 60 %.

Pour les moules bâtis en fosse, on peut coiffer la fosse d'une cloche avec cheminées d'appel, et la transformer ainsi en étuve qu'on chauffe avec des foyers mobiles ou fixes placés autour.

Les pièces composées de plusieurs couches de terre superposées, comme les noyaux de grand volume, doivent être étuvés plusieurs fois pendant leur fabrication, afin d'être séchés à cœur.

OUTILLAGE ACCESSOIRE

L'outillage de la fonderie comprend encore des poches de coulée en tôle ; suivant les dimensions, on les transporte à bras, ou elles sont placées sur des chariots.

Pour les grandes pièces, les coulées se font en fosse et des rails permettent d'y amener les poches venant des fours de fusion. On peut aussi les transporter en les suspendant à des grues ou

à des ponts roulants. Ces systèmes sont préférables pour les poids considérables, quoiqu'ils exigent de plus grands frais d'installation. On a appliqué aux grues, roulantes ou tournantes, des moteurs à vapeur établis dans les conditions les plus simples pour permettre de n'employer qu'un petit nombre d'hommes et en même temps pour rendre les manœuvres plus simples, plus rapides et plus correctes. Citons les *grues tournantes à deux pivots*, dans lesquelles le point capital est l'installation de la direction, c'est-à-dire de l'agencement devant transporter la charge depuis le centre jusqu'à l'extrémité de la grue. Il faut que cette disposition soit à l'abri de toute secousse, qu'elle soit assez précise et assez régulière pour permettre un remoulage exact sans briser les moules ou les noyaux. Il faut qu'elle soit assez solide et assez bien assurée pour qu'elle ne se brise pas en plein travail, enfin que sa manœuvre soit assez douce pour qu'elle n'exige pas l'emploi d'un trop grand nombre d'hommes.

Les *grues à simple pivot* peuvent servir dans les ateliers d'ébarbage, sur les quais et chantiers de chargement, alors qu'il n'est pas utile absolument de prendre et de porter les fardeaux en des points fixes déterminés, ainsi que cela doit avoir lieu pour la manœuvre des moules.

Les *grues roulantes à pont* dites *grues transversales*, sont les plus utiles et les plus employées aujourd'hui à l'intérieur des halles de moulage. Ces appareils marchent dans la direction suivant laquelle le fardeau doit être conduit et distribuent, à l'aide d'une chaîne sans fin conductrice, ce fardeau sur toute la longueur de leur portée.

On peut les manœuvrer à l'aide de treuils avec ou sans moteur à vapeur. Aujourd'hui, on emploie souvent des moteurs électriques.

Toiles sans fin. — Dans les fonderies Westinghouse où on fabrique un grand nombre de petites pièces pour les freins à air comprimé, les moules sont placés sur des plateaux accrochés d'un côté à une chaîne sans fin et reposent de l'autre sur des trucs à deux galets. Ils viennent passer devant une ligne de cubilots où on les garnit : la chaîne les entraîne ensuite dans l'atelier de démoulage. Puis les plateaux vides repassent devant des cases où les ouvriers préparent de nouveaux moules.

Pour démouler rapidement, on refroidit les moules par des ventilateurs : les sables tombent sur des planches à claire-voie et sont immédiatement repris pour être passés aux appareils à

préparer (cribles et malaxeurs). Un pulvérisateur leur donne le degré d'humidité voulue.

Appareils de levage pour châssis. —

Pour la manœuvre des châssis, dont le poids ne dépasse pas 1 500 à 2 000 kilogrammes, on emploie très utilement des appareils installés sur des longrines longitudinales, ou sur des chariots roulants transversaux, se mouvant sur les chemins en bois fixés aux murs ou aux colonnes des halles et munis de rails.

On emploie dans les noyauteries, ou pour petits travaux de moulages spéciaux dont les châssis n'exigent pas de grands déplacements, les *treuils appliqués*, fixés contre le mur ou sur un montant en bois et en fonte, avec chaîne allant se développer sur une poulie ou sur un palan fixés en un point quelconque de la charpente.

Poches de coulée. — Les poches ordinaires sont à bascule. Les grandes sont plutôt pourvues d'un trou de coulée inférieur, fermé avec un bouchon manœuvré par une tige en fer qui traverse la poche et est protégée par un revêtement en terre (quenouille).

Quand le métal est décanté d'une poche à bascule, un gamin tient une barre rectangulaire

contre le bec, pour séparer les scories qui flottent à la surface, afin de les empêcher de pénétrer dans le moule au détriment de la fonte. Ce moyen est insuffisant, et on a fait beaucoup de

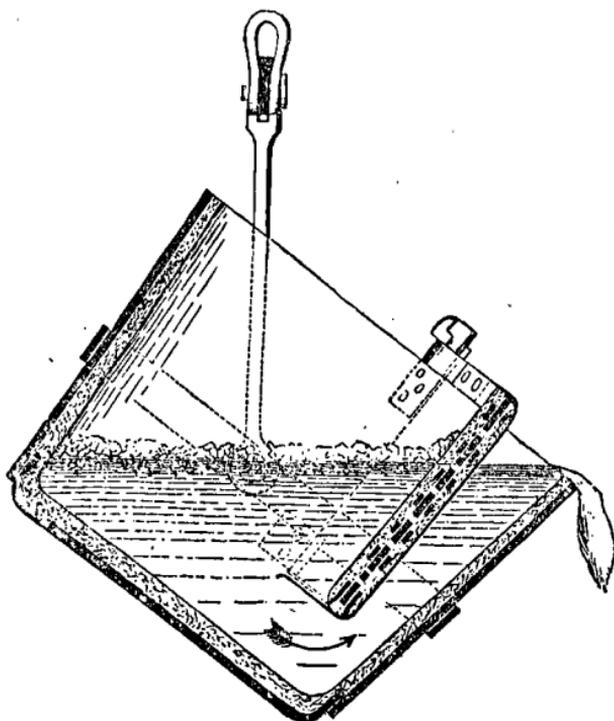


Fig. 24. — Procédé Goodwin et How.

tentatives pour y remédier. MM. Goodwin et How ont fait breveter une disposition dans laquelle le bec de coulée est séparé du corps de la poche (fig. 24). Celle-ci a la forme d'une poire s'étendant du côté du bec qui est séparé du corps par une

plaque mobile dépassant le bec de la poche et descendant à la distance voulue du fond. Elle est maintenue en position par un système de vis et de clavettes à la tête, et par des tringles au fond.

Procédé Van Riet. — Un autre procédé pour éviter l'introduction des crasses dans le moule a été imaginé par M. Van Riet (*fig. 25*). On interpose entre la poche de coulée et l'orifice du moule une « poche intermédiaire », constituée par trois compartiments cylindriques revêtus de matières réfractaires et communiquant un à un par des canaux suffisamment étroits pour que la vitesse d'écoulement de la fonte liquide aille en croissant de l'un à l'autre. D'autre part, la direction et la position de ces canaux fait que la fonte qui, dès le premier compartiment, prend un mouvement de giration, tourbillonne davantage dans le deuxième où elle tourne plusieurs fois sur elle-même avant de pénétrer dans le troisième compartiment qui se trouve au dessus du trou de coulée.

Ces mouvements de rotation et la force centrifuge qui agit avec des valeurs différentes sur la fonte et les scories produisent une séparation complète de ces derniers, sans laisser à l'oxyda-

tion le temps de se produire, de sorte que le

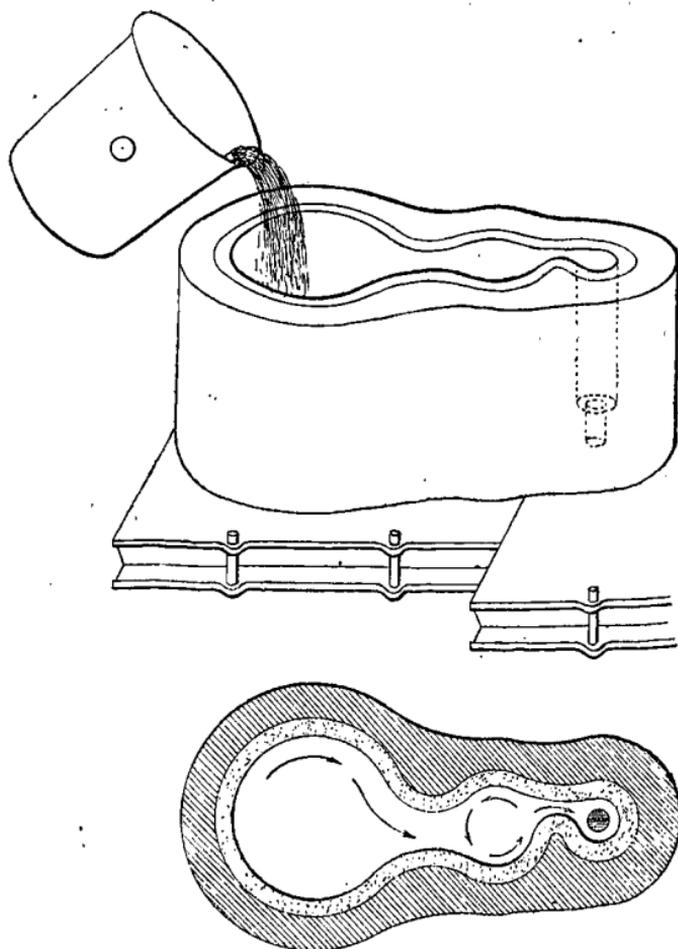


Fig. 25. — Procédé Van Riet.

moule reçoit du métal entièrement débarrassé d'impuretés.

Il se forme dans le compartiment du milieu une véritable éponge de scories autour de laquelle la masse en fusion est obligée de tourbillonner pour trouver son écoulement. Si, en effet, on fait l'examen de la poche intermédiaire de coulée, après une opération, on trouve dans le premier compartiment une mince couche de scories, dans le deuxième, une masse poreuse uniquement composée d'impuretés et dans le troisième, une petite couche de métal très fin.

Cet appareil est très simple ; il n'augmente pas les déchets de la coulée ; pour le revêtir d'une couche de matière réfractaire, il suffit de le plonger dans un mortier convenablement préparé.

EMPLOI DES RÉSIDUS

Les résidus de fonderie de toutes natures doivent être tamisés (après broyage s'il y a lieu), et les gros morceaux sont triés à la main pour recueillir les fragments métalliques qu'on refond avec les croûtes de moulage. Dans les fonderies de bronze, on refond aussi les scories avec les résidus au cubilot ; on y ajoute 25 %

de castine, 4 à 5 % de spath fluor, et 40 % de coke.

Il importe, dans ces fonderies, de réduire autant que possible le déchet : les résidus et les balayures doivent être triées avec soin, des matières fines, poussières ou terres broyées sont tamisées et lavées. On les divise, par exemple, en quatre catégories par des tamis aux dimensions de 12 millimètres, 2,5 et 0,8. Le refus est trié à la main ; les deux classes suivantes lavées au bac à piston ; le fin passe dans un bac conique à courant d'eau ascendant, avec ajustages à diverses hauteurs, où les sables se classent suivant leur richesse. Toutes les matières assez riches en métal sont refondues.

ESSAIS DES MOULAGES

L'essai mécanique des métaux moulés n'est guère pratiqué d'une manière courante que pour les aciers ; on s'en sert souvent pour les fontes, rarement pour les bronzes. Des épreuves de traction de flexion, ou de choc, peuvent être faites sur des barreaux coulés en même temps que la pièce, parfois dans le même châssis et attenant à la pièce dont on les

détache ensuite. Peut-être vaut-il mieux les prélever au bas des masselottes ou des jets de coulée comme on le fait pour les hélices en bronze. Il est encore préférable de les découper dans la pièce même, si le lot à recevoir est assez important pour justifier ce sacrifice.

Quelquefois on essaye au choc les pièces fabriquées; ainsi les chemins de fer soumettent à des épreuves de ce genre, les coussinets en fonte ou en acier, les roues en acier moulé.

Un point important serait de s'assurer que les moulages sont bien sains, sans soufflures ou cavités extérieures. On n'a le plus souvent à ce sujet que des renseignements incomplets, tirés de l'aspect de la surface, et des cassures des barreaux d'épreuve. Le seul essai péremptoire serait de mesurer la densité des pièces, ou de prendre leur poids si leurs dimensions sont suffisamment calibrées; cette dernière méthode est plus sûre, lorsqu'elle est possible; car en mesurant la densité, l'eau peut s'introduire dans les cavités et rendre l'essai illusoire. Certaines Compagnies de chemins de fer essayent ainsi les croisements de voie en acier moulé, auxquels on impose un minimum de densité de 7,55.

CASSAGE DES FONTES

Les fonderies ont souvent à casser de grosses pièces qui doivent être refondues comme bocages. On brise la miraille au mouton tant qu'elle n'est pas trop volumineuse, sinon on emploie la dynamite. On peut opérer d'une façon moins dangereuse en forant un trou qu'on remplit d'eau et qu'on ferme par un bouchon d'acier bien ajusté. On fait tomber le mouton sur la tête de ce bouchon, et la pression fait éclater la pièce.

Dans certaines fonderies américaines, le cassage de la fonte se fait dans un vase en maçonnerie de manière à éviter toute projection d'éclats dangereux (*fig. 26*). On emploie une sphère qu'on laisse tomber d'une hauteur de 7 mètres. Cette sphère est placée au bord de la fonte sur un plateau B que l'on peut tourner et incliner dans tous les sens. Après sa chute, une grue la remonte et vient la déposer de nouveau sur le plateau pour la remonter. On descend le cadre circulaire D qui est suspendu à la grue. Quand ce cadre est arrivé sous la sphère, on y introduit un coin au moyen d'une longue pince

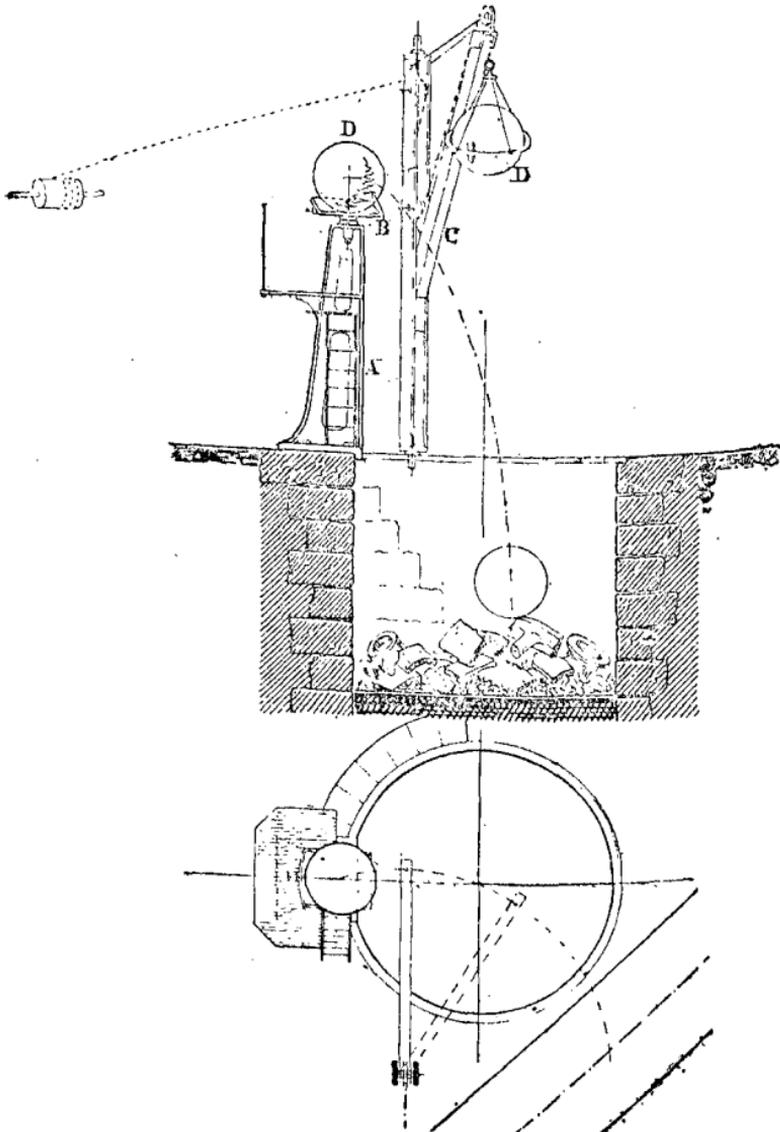


Fig. 26. — Casse-fonte américain.

et en le relevant il se coince et ramène la sphère. Le travail peut être fait avec deux ouvriers et est beaucoup plus rapide que quand on opère comme d'ordinaire sur le sol en soulevant la sphère avec des crochets et des treuils sur un échafaudage élevé.

APPENDICE

—

FONTE MALLÉABLE

Les petits objets en fonte moulée subissent souvent une préparation qui leur donne à peu près la résistance et la malléabilité du fer sans changer leur forme. Elle consiste à les chauffer au milieu d'oxyde de fer pulvérulent. Ce traitement adoucit la fonte, la rend moins cassante ; il élimine le carbone par une oxydation lente qui se propage peu à peu à travers la masse solide. Le carbone agit au rouge sur le sesquioxyde de fer, et se transforme en oxyde de carbone. Cette action ne peut se produire qu'au contact et, par suite, à la surface de la pièce : mais la surface devient poreuse par l'effet du

départ du carbone, et l'oxydation s'étend graduellement aux couches intérieures : elle ne peut pas pénétrer très loin, et à une profondeur de 4 à 5 millimètres, il est déjà difficile d'obtenir une décarburation complète. Il n'y a donc que les très petits objets qu'on puisse transformer en fer homogène, et quand l'épaisseur totale atteint 5 ou 6 centimètres, le centre reste en fonte non altérée.

Pour les objets destinés à ce traitement, on doit employer de la fonte pure, car il n'y a que le carbone qui soit éliminé de cette manière. On choisissait autrefois la fonte au bois d'Ulverstone, blanche ou légèrement truitée. Il faut exclure les fontes graphiteuses, car le graphite ne s'oxyde pas dans ces conditions. Le métal est donc peu fusible et doit être coulé à haute température, démoulé très vite pour prévenir les effets nuisibles du retrait. L'addition de quelques centièmes de cuivre peut faciliter le moulage et donner une plus belle apparence aux produits. Les pièces brutes sont fragiles et l'ébarbage doit se faire avec précaution.

La décarburation ou recuit se fait dans des creusets fermés en fonte. On dispose les pièces, par lits alternant avec des couches d'hématite

rouge broyée en grains. On emploie environ 70 % d'oxyde quand on veut une décarburation complète. On peut y mélanger de la chaux, de l'oxyde de zinc, des oxydes de manganèse ; ces derniers activent l'opération ; l'oxyde de zinc permet au ciment de conserver plus longtemps son efficacité, et de resservir à plusieurs opérations. Les poussières d'appareils à air chaud des hauts-fourneaux font un très bon ciment. Souvent on enveloppe les pièces de sable pour éviter l'adhérence de la surface.

Les creusets sont entassés dans des fours à banquettes. On mure et on lute le four ; il faut éviter tout accès d'air, qui aurait pour effet de brûler le métal. On chauffe de manière à atteindre le rouge vif au bout de 24 heures : cette température, qu'il ne faut pas dépasser, est maintenue pendant trois à cinq jours, suivant les dimensions des pièces et le degré de décarburation qu'on veut atteindre. Puis on laisse refroidir pendant 24 heures, avant de défourner.

Les pièces peuvent se brûler, et présenter à la surface une pellicule oxydée lorsque la température est trop forte ou le ciment trop actif, aussi faut-il mélanger l'oxyde de ciment ayant déjà servi. Il peut arriver aussi que les pièces se

courbent et se déforment sous la charge, si l'empilage dans les creusets n'a pas été fait avec soin.

Quelquefois on fait un double recuit. — Les objets sont nettoyés et polis en les faisant tourner dans des barils avec du sable, ou en les exposant à un jet de sable mis en suspension dans un courant d'air comprimé.

La fonte malléable a une densité un peu inférieure à celle du fer (7,25 en moyenne). Elle est, en effet, poreuse et un peu perméable aux liquides, à moins qu'on ne lui donne une épaisseur assez forte, auquel cas le centre n'est pas décarburé. Elle est de couleur assez claire, avec une cassure à grains fins et brillants, parfois soyeuse comme celle de l'acier doux ; le centre de la cassure conserve dans les pièces épaisses, l'aspect et la couleur grise de la fonte ordinaire. La séparation des zones décarburées y est bien tranchée. Pour une pièce homogène, la résistance à la rupture peut dépasser 30 kilogrammes par millimètre carré, c'est-à-dire qu'elle est à peu près celle du fer : mais l'allongement est plus faible, il dépasse rarement 10 % et descend parfois au dessous de 5.

Le prix de ce métal peut varier de 1 à 2 francs

le kilogramme suivant la difficulté des pièces. Son emploi peut être avantageux pour les petits objets dont les frais de forgeage grèveraient beaucoup la fabrication si on les faisait en fer.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

	Pages
<i>Métaux employés en fonderie</i>	5
Fonte	5
Propriétés mécaniques	5
Propriétés physiques	7
Classification des fontes	8
Qualités nécessaires à la fonte de moulage.	10
Influence des corps étrangers	11
Silicium	11
Phosphore.	11
Arsenic.	11
Soufre	12
Manganèse.	13
Cuivre	14
Aluminium	14
Fontes tenaces	15
Fonte fabriquée à l'air froid.	19
Fontes trempées	20
Acier	22
Acier au nickel.	25
Acier Hadfield	25
Alliages du cuivre	26
Bronzes	26

	Pages
Résistance.	28
Variétés	28
Raffinage	30
Laitons	36
Écrouissage	39
Bronzes pour coussinets	40
Alliages blancs	41
Compositions	41
Alliages d'antifriction	43
Caractères d'imprimerie	44

CHAPITRE II

<i>Procédés de fusion</i>	45
Fusion au cubilot	45
Formes et dimensions	45
Tuyères	47
Cubilot sans tuyères	50
Cubilot Krigar	50
Cubilot Herberthz	51
Construction.	54
Soufflerie.	54
Conduite de l'opération.	56
Prix de revient de la fusion au cubilot.	59
Fusion au reverbère.	60
Fours à reverbère.	60
Fusion en creusets	63
Fours oscillants	66
Marche en première fusion	70
Moyens d'améliorer la fonte	70
Fusion de l'acier	71

TABLE DES MATIÈRES

163

	Pages
Convertisseur Robert.	71
Procédé Walrand	72
Fabrication des alliages	73
Alliages des métaux fusibles.	73
Bronzes.	73
Alliages blancs.	74
Température de coulée.	76

CHAPITRE III

<i>Procédés de moulage</i>	78
Moulage en sable.	78
Propriétés des sables de fonderie	78
Sable vert.	79
Sable séché	80
Sable éluvé ou recuit.	80
Moulage en terre.	81
Préparation des sables.	82
Moulage en châssis. Confection des moules	84
Moulage à deux châssis.	85
Moulage à un châssis	90
Moulage à découvert.	92
Coulées et événements	93
Moulage à plusieurs châssis.	94
Moulage en sable cuit	96
Noyaux	96
Procédés de moulage spéciaux.	100
Emploi d'un modèle	101
Moulage avec pièces battues	102
Modèles divisés.	106
Moulage avec fausses pièces	108

	Pages
Moulage au gabarit ou au trousseau	111
Moulage d'une roue dentée	119
Emploi de pièces de rapport.	120
Troussage en plusieurs secteurs.	122
Procédés de moulage rapides	123
Blocs de battage	123
Moulage mécanique	124
Moulage en coquille.	129
Fonte trempée	129
Coulée sur métal	133
Moules métalliques	133
Moules en matières diverses	137
Retrait	138

CHAPITRE IV

<i>Installations des fonderies</i>	141
Séchage et étuvage des moules	141
Outillage accessoire.	143
Toiles sans fin	145
Appareils de levage pour châssis	146
Poches de coulée	146
Procédé Van Riet.	148
Emploi des résidus	150
Essais des moulages.	151
Cassage des fontes	152

APPENDICE

Fonte malléable	156
---------------------------	-----

ST-AMAND (CHER). IMPRIMERIE DESTENAY, BUSSIÈRE FRÈRES

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS
55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS.

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

ŒUVRES MATHÉMATIQUES
DE RIEMANN,

TRADUITES

Par **L. LAUGEL,**

Avec une préface de M. HERMITE et un discours de M. Félix KLEIN.

Un beau volume grand in-8, avec figures; 1898..... 14 fr.

TRAITÉ
D'ALGÈBRE SUPÉRIEURE

Par **Henri WEBER,**

Professeur de Mathématiques à l'Université de Strasbourg.

Traduit de l'allemand sur la deuxième édition

Par **J. GRIESS,**

Ancien Élève de l'École Normale Supérieure,
Professeur de Mathématiques au Lycée Charlemagne.

PRINCIPES. — RACINES DES ÉQUATIONS.
GRANDEURS ALGÈBRIQUES. — THÉORIE DE GALOIS.

Un beau volume grand in-8 de XII-764 pages; 1898..... 22 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LES MÉTHODES NOUVELLES DE LA MÉCANIQUE CÉLESTE,

Par **H. POINCARÉ**,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences,

TROIS BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Solutions périodiques. Non-existence des intégrales uniformes. Solutions asymptotiques 1892..... 12 fr.

TOME II : Méthodes de MM. Newcomb, Gylden, Lindstedt et Bohlin; 1894. 14 fr.

TOME III : Invariants intégraux. Stabilité. Solutions périodiques du deuxième genre. Solutions doublement asymptotiques.. 13 fr.

LEÇONS

SUR LA

THÉORIE DES MARÉES,

PROFESSÉES AU COLLÈGE DE FRANCE

Par **Maurice LÉVY**,

Membre de l'Institut, Inspecteur général des Ponts et Chaussées,
Professeur au Collège de France.

DEUX BEAUX VOLUMES IN-4, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I^{re} PARTIE : Théories élémentaires. Formules pratiques de la prévision des marées, avec figures; 1898..... 14 fr.

II^e PARTIE : Théorie de Laplace. Marées terrestres..... (*En préparation.*)

LEÇONS NOUVELLES

D'ANALYSE INFINITÉSIMALE

ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES.

Par **M. MÉRAY**,

Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

(Ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique.)

4 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I^{re} PARTIE : Principes généraux; 1894..... 13 fr.

II^e PARTIE : Étude monographique des principales fonctions d'une variable; 1895..... 14 fr.

III^e PARTIE : Questions analytiques classiques; 1897..... 6 fr.

IV^e PARTIE : Applications géométriques classiques; 1898..... 7 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES
SUR LA THÉORIE DES FORMES

ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES,

A L'USAGE DES CANDIDATS A L'AGRÉGATION DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Par **H. ANDOYER**,

Maitre de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris.

UN VOLUME IN-4 DE VI-184 PAGES, AUTOGRAPHIÉ; 1898.... 8 FR.

COURS DE PHYSIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX ÉCOLES SPÉCIALES

(conforme aux derniers programmes),

PAR

James CHAPPUIS,
Agrégé Docteur ès Sciences,
Professeur de Physique générale
à l'École Centrale
des Arts et Manufactures.

Alphonse BERGET,
Docteur ès Sciences,
Attaché au Laboratoire des recherches
physiques à la Sorbonne.

UN BEAU VOLUME, GRAND IN-8 (23^{cm} × 16^{cm}) DE IV-697 PAGES,
AVEC 463 FIGURES.

Broché..... 14 fr. | Relié cuir souple..... 17 fr.

DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

PAR COURANTS POLYPHASÉS,

Par **J. RODET**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Un volume in-8 de VIII-338 pages, avec figures; 1898..... 8 fr.

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AU CERTIFICAT D'ÉTUDES PHYSIQUES,
CHIMIQUES ET NATURELLES (P. C. N.).

Par **Ch. FABRY**,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille.

Un volume in-8, avec 205 figures; 1898..... 7 fr. 50 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COMPOSITIONS D'ANALYSE

CINÉMATIQUE, MÉCANIQUE ET ASTRONOMIE

données depuis 1869 à la Sorbonne pour la Licence ès Sciences mathématiques,

ÉNONCÉS ET SOLUTIONS,

Par **E. VILLIÉ**,

Ancien Ingénieur des Mines, Docteur ès Sciences,
Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

3 VOLUMES IN-8 AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I ^{re} PARTIE: Compositions données depuis 1869. In-8; 1885.....	8 fr.	50 c.
II ^e PARTIE: Compositions données depuis 1885. In-8; 1890.....	8 fr.	50 c.
III ^e PARTIE: Compositions données depuis 1889. In-8; 1898.....	8 fr.	

COURS DE GÉOMÉTRIE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

LEÇONS SUR LA THÉORIE GÉNÉRALE DES

SURFACES

ET LES

APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES DU CALCUL INFINITÉSIMAL

Par **G. DARBOUX**,

Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences.

4 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I ^{re} PARTIE: Généralités. Coordonnées curvilignes. Surfaces minima; 1887..	15 fr.
II ^e PARTIE: Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles. Des lignes tracées sur les surfaces; 1889.....	15 fr.
III ^e PARTIE: Lignes géodésiques et courbure géodésique.— Paramètres différentiels. — Déformation des surfaces; 1894.....	15 fr.
IV ^e PARTIE: Déformation infiniment petite et représentation sphérique; 1896.	15 fr.

LEÇONS SUR LES

SYSTÈMES ORTHOGONAUX

ET LES COORDONNÉES CURVILIGNES,

Par **G. DARBOUX**,

Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I: Volume de vi-338 pages; 1898.....	10 fr.
TOME II.....	(Sous presse.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFOUDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET)..... 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.
3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.

4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand *Traité* et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE

DES

FONCTIONS ELLIPTIQUES

PAR

Jules TANNERY,

Sous-Directeur des Études scientifiques
à l'École Normale supérieure,

Jules MOLK,

Professeur à l'Université
de Nancy.

QUATRE VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : Introduction. Calcul différentiel (I^{re} Partie); 1893..... 7 fr. 50 c.

TOME II : Calcul différentiel (II^e Partie); 1896..... 9 fr. »

TOME III : Calcul intégral (I^{re} Partie); 1898..... 8 fr. 50 c.

TOME IV : Calcul intégral (II^e Partie) et Applications..... (Sous presse.)

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par M. Eric GÉRARD,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore.

5^e ÉDITION, REFONDUE ET COMPLÉTÉE.

TOME I : Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques, avec 381 figures; 1897..... 12 fr.

TOME II : Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la télégraphie et à la téléphonie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage et à la métallurgie. Avec 378 figures; 1898..... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

THÉORIE

DES

FONCTIONS ALGÈBRIQUES

DE DEUX VARIABLES INDÉPENDANTES,

Émile PICARD,

Membre de l'Institut,
Professeur à l'Université de Paris.

PAR

Georges SIMART,

Capitaine de frégate,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I, grand in-8 de vi-246 pages; 1897..... 9 fr.
TOME II..... (En préparation.)

LEÇONS

SUR LA

THÉORIE DES FONCTIONS

EXPOSÉ DES ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE DES ENSEMBLES
AVEC DES APPLICATIONS A LA THÉORIE DES FONCTIONS;

Par Émile BOREL,

Maitre de Conférences à l'École Normale supérieure.

Un volume grand in-8; 1898..... 3 fr. 50 c

LA

PRACTIQUE DU TEINTURIER

PAR

JULES GARÇON,

Ingénieur-Chimiste, Licencié ès Sciences.

TROIS VOLUMES IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Les Méthodes et les essais de teinture. Le succès en teinture;
1894..... 3 fr. 50 c.
TOME II : Le Matériel de teinture. Avec 245 figures; 1894..... 10 fr.
TOME III : Les Recettes types et les procédés spéciaux de teinture; 1897.
9 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LE

LABORATOIRE D'ÉLECTRICITÉ.

NOTES ET FORMULES,

Par le Dr **J.-A. FLEMING**,
de l'*University College* de Londres.

Traduit de l'anglais sur la 2^e édition et augmenté d'un Appendice,

Par **J.-L. ROUTIN**,
Ancien Élève de l'École Polytechnique.

UN VOLUME IN-8, AVEC FIGURES; 1897.

BROCHÉ..... 6 FR. — CARTONNÉ..... 7 FR. 50 C.

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

COURS SUPÉRIEUR

DE MANIPULATIONS DE PHYSIQUE

PRÉPARATOIRE AUX CERTIFICATS D'ÉTUDES SUPÉRIEURES ET A LA LICENCE.

Par **M. Aimé WITZ**,
Docteur ès Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur aux Facultés catholiques de Lille.

2^e ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE. IN-8, AVEC 138 FIGURES; 1897. 10 FR.

PRINCIPES

DE LA

THÉORIE DES FONCTIONS ELLIPTIQUES ET APPLICATIONS,

PAR

P. APPELL,
Membre de l'Institut, Professeur
à l'Université de Paris.

E. LACOUR,
Maître de Conférences à l'Université
de Nancy.

UN BEAU VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1897..... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS

ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondées par M.-C. LECHALAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE MACHINES A VAPEUR
DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

ALHEILIG,

Ingénieur de la Marine,
Ex-Professeur à l'École d'application
du Génie maritime.

Camille ROCHE,

Industriel,
Ancien Ingénieur de la Marine.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

TOME I : Thermodynamique théorique et applications. La machine à vapeur et les métaux qui y sont employés. Puissance des machines, diagrammes indicateurs. Freins. Dynamomètres. Calcul et dispositions des organes d'une machine à vapeur. Régulation, épures de détente et de régulation. Théorie des mécanismes de distribution, détente et changement de marche. Condensation, alimentation. Pompes de service. — Volume de XI-604 pages, avec 412 figures; 1895..... 20 fr.

TOME II : Forces d'inertie. Moments moteurs. Volants régulateurs. Description et classification des machines. Machines marines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints et presse-étoupes. Montage des machines et essais des moteurs. Passation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction. Servo-moteurs. Tables numériques. — Volume de IV-560 pages, avec 281 figures; 1895..... 18 fr.

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

E. DEHARME,

Ingénieur principal du Service central
de la Compagnie du Midi.

A. PULIN,

Ingénieur, Inspecteur principal
de l'Atelier central des chemins de fer
du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). 15 fr.

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et Jules HENRIVAUX,
Ingénieurs.

Grand-in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.).... 20 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS.

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **M. C. BRICKA,**

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : Études. — Construction. — Voie et appareils de voie. — Volume de VIII-634 pages avec 326 figures; 1894..... 20 fr.

TOME II : Matériel roulant et Traction. — Exploitation technique. — Tarifs. — Dépenses de construction et d'exploitation. — Régime des concessions. — Chemins de fer de systèmes divers. — Volume de 709 pages, avec 177 figures; 1894..... 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I : Généralités sur la fonte, le fer et l'acier. — Résistance de ces matériaux. — Assemblages des éléments métalliques. — Chainages, linteaux et poitrails. — Planchers en fer. — Supports verticaux. Colonnes en fonte. Poteaux et piliers en fer. — Grand in-8 de 584 pages avec 479 figures; 1894..... 20 fr.

TOME II : Pans métalliques. — Combles. — Passerelles et petits ponts; — Escaliers en fer. — Serrurerie. (Ferments des charpentes et menuiseries. Paratonnerres. Clôtures métalliques. Menuiserie en fer. Serres et vérandas). — Grand in-8 de 626 pages avec 571 figures; 1894..... 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **M. AI. GOUILLY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.).... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS
TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

Directeur des teintures aux Manufac-
tures nationales
des Gobelins et de Beauvais.

F. DOMMER,

Professeur à l'École de Physique
et de Chimie industrielles
de la Ville de Paris.

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1893 (E. I.)..... 30 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par M. A. CRONEAU,

Ingénieur de la Marine,
Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.).

TOME I : Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de na-
vires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages
avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4° doubles, dont 2 en trois couleurs; 1894. 18 fr.

TOME II : Compartimentage. — Cuirassement. — Pavois et garde-corps. — Ouver-
tures pratiquées dans la coque, les ponts et les cloisons. — Pièces rapportées sur la
coque. — Ventilation. — Service d'eau. — Gouvernails. — Corrosion et salissure. —
Poids et résistance des coques. — Grand in-8 de 616 pages avec 359 fig.; 1894. 15 fr.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÈS
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par Ernest HENRY,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.). 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le con-
trôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique
(économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.

PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par E. BOURRY,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 755 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

RÉSUMÉ DU COURS

DE

MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Par M. HIRSCH,

Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

DEUXIÈME ÉDITION.

Un volume grand in-8 de 510 pages avec 314 fig. (E. T. P.)... 20 fr.

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par Henri DE LAPPARENT,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

GRAND IN-8 DE XII-533 PAGES, AVEC 111 FIGURES ET 28 CARTES DANS LE TEXTE; 1895 (E. I.)..... 12 fr.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par M. A. JOANNIS,

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 (E. I.).

TOME I : Généralités. Carbures. Alcools. Phénols. Éthers. Aldéhydes. Cétones. Quinones. Sucres. — Volume de 688 pages, avec figures; 1896..... 20 fr.

TOME II : Hydrates de carbone. Acides monobasiques à fonction simple. Acides polybasiques à fonction simple. Acides à fonctions mixtes. Alcalis organiques. Amides. Nitriles. Carbylamines. Composés azoïques et diazoïques. Composés organo-métalliques. Matières albuminoïdes. Fermentations. Conservation des matières alimentaires. Volume de 718 pages, avec figures; 1896..... 15 fr.

MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par H. LORENZ,

Ingénieur, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR.

PAR

P. PETIT,

Professeur à la Faculté des Sciences
de Nancy,
Directeur de l'École de Brasserie.

J. JAQUET,

Ingénieur civil,

Un volume de IX-186 pages, avec 131 figures; 1898..... 7 fr

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par M. Georges LECHALAS,
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. T. P.).

TOME I : Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principes d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages et occupations temporaires. — Volume de CXLVII-536 pages; 1889. 20 fr.

TOME II (I^{re} PARTIE) : Participation des tiers aux dépenses des travaux publics. Adjudications. Fournitures. Régie. Entreprises. Concessions. — Volume de VIII-399 pages; 1893. 10 fr.

II^e PARTIE : Principes généraux de police : Grande voirie. Simple police. Roulage. — Domaine public : Consistance et condition juridique. Délimitation. Redevances et perceptions diversos. Produits naturels. Concessions. Occupations temporaires. Grand in-8; 1898. 10 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par M. Maurice D'OCAGNE,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

UN VOLUME GRAND IN-8, DE XI-428 PAGES, AVEC 340 FIGURES; 1896
(E. T. P.). 12 FR.

BIBLIOTHÈQUE

PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fournier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

PETITS CLICHÉS ET GRANDES ÉPREUVES.

GUIDE PHOTOGRAPHIQUE DU TOURISTE CYCLISTE.

Par Jean BERNARD et L. TOUCHÉBEUF.

In-18 jésus; 1898. 2 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LES PAPIERS PHOTOGRAPHIQUES AU CHARBON,

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE.

(COURS PROFESSÉ A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE.)

Par R. COLSON, Capitaine du Génie, Répétiteur
à l'École Polytechnique.

Un volume grand in-8; 1898..... 2 fr. 75 c.

IMPRESSION DES ÉPREUVES SUR PAPIERS DIVERS

PAR NOIRCISSEMENT DIRECT,

PAR IMPRESSION LATENTE ET DÉVELOPPEMENT,

Par A. COURRÈGES.

In-18 jésus; 1898. 2 fr.

LA RETOUCHE DU CLICHÉ.

Retouche chimique, physique et artistique.

Par A. COURRÈGES.

In-18 jésus; 1898..... 1 fr. 50 c.

LA PRATIQUE DE LA PHOTOTYPOGRAVURE AMÉRICAINE.

Par M. Wilhelm CRONENBERG. — Traduit par M. C. FÉRY.

In-18, avec 66 figures et 13 planches; 1898..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.

Par M. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens... 32 fr.

Chaque volume se vend séparément..... 16 fr.

Un Supplément, mettant cet important Ouvrage au courant des derniers travaux, est en préparation.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par M. C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... 48 fr.

Chaque volume se vend séparément 14 fr..

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

2^e Supplément (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig.; 1897. 14 fr.

Les 6 volumes se vendent ensemble..... 72 fr.

LA PRATIQUE DES PROJECTIONS.

Étude méthodique des appareils. Les accessoires. Usages et applications diverses des projections. Conduite des séances;

Par M. H. FOURTIER.

2 vol. in-18 jésus.

TOME I. Les Appareils, avec 66 figures; 1892..... 2 fr. 75 c.

TOME II. Les Accessoires. La Séance de projections, avec 67 fig.; 1893. 2 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

**TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE INDUSTRIELLE,
THÉORIE ET PRATIQUE,**

Par Ch. FÉRY et A. BURAI.

In-18 jésus, avec 94 figures et 9 planches; 1896..... 5 fr.

LA PLATINOTYPIC. TRAITÉ PRATIQUE,

Par HORSLEY-HINTON,

Traduit par G. DEVANLAY.

In-18 jésus, avec figures et spécimens; 1898..... 1 fr. 50 c.

LE FORMULAIRE CLASSEUR DU PHOTO-CLUB DE PARIS.

Collection de formules sur fiches renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois Parties: *Phototypes, Photocopies et Photocalques, Notes et renseignements divers*, divisées chacune en plusieurs Sections;

Par MM. H. FOURTIER, BOURGEOIS et BUCQUET.

Première Série; 1892..... 4 fr.

Deuxième Série; 1894..... 3 fr. 50 c.

CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE A L'USAGE DES DÉBUTANTS.

Par M. R.-Ed. LIESEGANG.

Traduit de l'allemand et annoté par le Professeur J. MAUPEIRAL.

In-18 jésus, avec figures; 1898..... 3 fr. 50 c.

**LE DÉVELOPPEMENT DES PAPIERS PHOTOGRAPHIQUES
A NOIRCISSEMENT DIRECT.**

Par M. R.-Ed. LIESEGANG. — Traduit de l'allemand

par M. V. HASSREIDTER.

In-18 jésus; 1898..... 1 fr. 75 c.

LA PHOTOGRAPHIE INSTANTANÉE,

THÉORIE ET PRATIQUE,

Par M. Albert LONDE.

Directeur du Service photographique à l'Hospice de la Salpêtrière,
3^e édition, entièrement refondue. In-18 jésus, avec figures; 1897. 2 fr. 75 c.

TRAITÉ PRATIQUE DU DÉVELOPPEMENT.

ÉTUDE RAISONNÉE DES DIVERS RÉVÉLATEURS ET DE LEUR MODE
D'EMPLOI.

Par M. Albert LONDE.

3^e édition. In-18 jésus, avec figures; 1898..... 2 fr. 75 c.

**LE PROCÉDÉ A LA GOMME BICHROMATÉE
OU PHOTO-AQUATEINTE.**

Par MM. Alfred MASKELL et Robert DEMACHY.

Traduit de l'anglais par M. G. DEVANLAY.

In-18 jésus, avec figures; 1898..... 1 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

L'OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE.

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE.
(COURS PROFESSÉ A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE).

Par M. P. MOËSSARD.

Grand in-8, avec nombreuses figures; 1898..... 4 fr.

LES ÉLÉMENTS D'UNE PHOTOGRAPHIE ARTISTIQUE,

Par H.-P. ROBINSON.

Traduit de l'anglais par H. COLARD.

Grand in-8, avec 38 figures d'après des clichés de l'auteur et 1 planche; 1898.. 4 fr.

DE LA PROPRIÉTÉ ARTISTIQUE EN PHOTOGRAPHIE

SPÉCIALEMENT EN MATIÈRE DE PORTRAITS,

Par Édouard SAUVEL, Avocat au Conseil d'État et à la Cour de Cassation.

Un volume in-18 jésus; 1897..... 2 fr. 75 c.

**TRAITÉ PRATIQUE
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES.**

Par M. E. TRUTAT.

2 volumes in-18 jésus, avec 112 figures..... 5 fr.

On vend séparément :

I^o PARTIE : Obtention des petits clichés. 2^e édition..... (Sous presse.)

II^o PARTIE : Agrandissements. 2^e édition, avec 60 figures; 1897..... 2 fr. 75 c.

LES ÉPREUVES POSITIVES SUR PAPIERS ÉMULSIONNÉS.

Papiers chlorurés. Papiers bromurés. Fabrication. Tirage et développement.
Virages. Formules diverses.

Par M. E. TRUTAT.

Un volume in-18 jésus; 1896..... 2 fr.

LA PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES.

Manuel pratique des procédés de demi-teintes, sur zinc et sur cuivre;

Par M. Julius VERFASSER.

Traduit de l'anglais par M. E. COUSIN, Secrétaire-agent de la Société française de Photographie.

In-18 jésus, avec 56 figures et 3 planches; 1895..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS.

Sélection photographique des couleurs primaires. Son application à l'exécution de clichés et de tirages propres à la production d'images polychromes à trois couleurs;

Par M. Léon VIDAL,

Officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École nationale des Arts décoratifs.

In-18 jésus, avec 10 figures et 5 planches en couleurs; 1897..... 2 fr. 75

6429 B. — Paris, Imp. Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Gr.-Augustins.

MASSON & C^{ie}, Éditeurs
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, Paris
P. n° 114.

EXTRAIT DU CATALOGUE
(Août 1898)

CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD
BABINSKI, BALLEZ, P. BLOCQ, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE,
CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD,
L. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU,
NETTER, OËTTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT,
SOUQUES, THIBIERGE, THOINOT, FERNAND WIDAL.

Traité

VIENT DE PARAÎTRE

de Médecine

DEUXIÈME ÉDITION

Publiée sous la direction de MM.

BOUCHARD

Professeur de pathologie générale
à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur agrégé
à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

10 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte.

PRÉFACE

Le *Traité de Médecine* s'est distingué par un triple caractère : il a été le premier livre didactique où ait trouvé place la doctrine des maladies par trouble préalable de la nutrition ; il a été, chez nous, le premier traité de médecine interne qui ait donné à la doctrine de l'infection l'importance et l'ampleur qui lui appartiennent ; il a offert de la pathologie du système nerveux un tableau complet, écrit sous son inspiration, par les élèves du Maître qui avait le plus contribué aux progrès étonnants accomplis en un tiers de siècle dans cette branche de la science. Ce triple caractère a valu au livre son succès, que nous affirmerons notre éditeur. Ce succès, auquel MM. Masson ont certainement contribué par leurs soins et leurs sacrifices, a été invoqué comme argument en faveur de la publication d'une nouvelle édition.

Fallait-il un livre nouveau ? une édition nouvelle suffisait-elle ?

Quand la médecine s'engage dans des voies inexplorées, quand des doctrines nouvelles surgissent, on ne tarde pas à ressentir le besoin de condenser en un tableau d'ensemble les conceptions et les acquisitions nouvelles ; il faut aux élèves et aux praticiens un livre nouveau, inspiré de l'esprit nouveau, écrit par des hommes nouveaux. La première édition du *Traité de Médecine* avait répondu

à un tel besoin. Mais on n'adapte pas les vieux moules aux formes nouvelles. On ne rajeunit pas les livres vieilliss : *Habent sua fata.*

Quelque grand événement médical capable de changer notre orientation s'est produit pendant ces sept dernières années ? Je ne le crois pas. La doctrine qui était nouvelle subsiste ; ce qui est nouveau c'est qu'on ne la combat plus ; elle s'est confirmée et se consolide. Les idées poursuivent leur développement, quelques-unes débordantes rentrent dans les limites qui leur conviennent. Des médecins qui verront comme nous pourront exprimer autrement que nous, dans des livres différents, les idées médicales et les faits médicaux qui sont exposés dans le *Traité de Médecine*. Mais l'heure de sa disparition n'a pas sonné. Tel qu'il est, on le lit toujours, on réclame de nouveaux tirages. Nous résistons parce que nous voulions qu'il fût complet et corrigé. C'est ce que fait cette seconde édition.

Elle ne se présente plus avec le prestige d'un nom qui, à lui seul, était une garantie, mais la Rédaction repaît tout entière telle qu'elle était au premier jour, sans que ces sept années qui sont un grand espace dans la vie des livres et dans la vie des hommes aient réussi à l'entamer. Si la mort de Charcot a découvert notre œuvre, son esprit reste parmi nous et les élèves qu'il a formés compléteront la tâche qu'il avait approuvée. L'un d'eux, qui recevait plus particulièrement la confiance de sa pensée, avait, en accord avec lui, organisé la première édition. Son activité et son dévouement assurent la publication de la seconde édition. J'ai cru accomplir un acte de justice et j'ai agi selon mon cœur en priant M. Brissaud de prendre à côté de moi la place qu'occupait notre maître.

BOUGHARD.

CONDITIONS DE PUBLICATION

Les matières contenues dans la deuxième édition du TRAITÉ DE MÉDECINE seront augmentées d'un cinquième environ. Pour la commodité du lecteur cette édition formera dix volumes qui paraîtront successivement et à des intervalles rapprochés, de telle façon que l'ouvrage soit complet dans le courant de 1900.

Chaque volume sera vendu séparément.

Le prix de l'ouvrage est fixé dès à présent pour les souscripteurs jusqu'à la publication du Tome II à 150 fr.

En vente le 25 juillet 1898

TOME I^{er}

1 volume gr. in-8° de 845 pages, avec figures dans le texte. 16 fr.

Les Bactéries, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur à l'École de Pharmacie de Paris.

Pathologie générale infectieuse, par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur de laboratoire de médecine expérimentale (Hautes-Études), ancien vice-président de la Société de Biologie, médecin des Hôpitaux.

Troubles et maladies de la Nutrition, par PAUL LEGENDRE, médecin de l'hôpital Tenon.

Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux, par G.-H. ROGER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital de la Porte d'Aubervilliers.

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur de clinique chirurgicale
à la Faculté de médecine de Paris
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Secrétaire général
de la Société de Chirurgie
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, DELBET, DELENS, DEMOULIN, J.-L. FAURE, FORGUE
GÉRARD-MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER, KIRMISSON
LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT
PONCET, QUÉNU, RICARD, RIEFFEL, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

8 vol. gr. in-8 avec nombreuses figures dans le texte. En souscription. . . 150 fr.

TOME I. — 1 vol. grand in-8° avec 218 figures 18 fr.

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.

BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

QUÉNU. — Des tumeurs.

LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

TOME II. — 1 vol. grand in-8° avec 361 figures 18 fr.

LEJARS. — Nerfs.

MICHAUX. — Artères.

QUÉNU. — Maladies des veines.

RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.

PONCET. — Affections non traumatiques des os.

TOME III. — 1 vol. grand in-8° avec 285 figures 18 fr.

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.

QUÉNU. — Arthropathies, arthrites, corps étrangers articulaires.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.

GERARD-MARCHANT. — Crâne.

KIRMISSON. — Rachis.

S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

TOME IV. — 1 vol. grand in-8° avec 354 figures 18 fr.

DELENS. — L'œil et ses annexes.

GERARD-MARCHANT. — Nez, fosses

nasales, pharynx nasal et sinus.

HEYDENREICH. — Mâchoires.

TOME V. — 1 vol. grand in-8° avec 187 figures 20 fr.

BROCA. — Face et cou: Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.

HARTMANN. — Plancher buccal,

glandes salivaires, œsophage et pharynx.

WALTHER. — Maladies du cou.

PEYROT. — Poitrine.

PIERRE DELBET. — Mammelle.

TOME VI. — 1 vol. grand in-8° avec 218 figures. 20 fr.

MICHAUX. — Parois de l'abdomen.

BERGER. — Hernies.

JALAGUIER. — Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite.

HARTMANN. — Estomac.

FAURE et RIEFFEL. — Rectum et anus.

HARTMANN et GOSSET. — Anus contre nature. Fistules stercorales.

QUÉNU. — Mésentère. Rate. Pancréas.

SEGOND. — Foie.

Les tomes VII et VIII paraîtront successivement et à intervalles rapprochés.

Traité de Physiologie

PAR

J.-P. MORAT

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LYON

ET

Maurice DOYON

PROFESSEUR AGRÉGÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE LYON

*Ce Traité de Physiologie formera cinq volumes
dont voici le détail :*

- I. — **Fonctions élémentaires.** — Prologomènes. — Nutrition en général. — Physiologie des tissus en particulier (moins le système nerveux).
- II. — **Fonctions d'innervation et du milieu intérieur.** — Système nerveux. — Sang; lymphe; liquides interstitiels.
- III. — **Fonctions de nutrition.** — Circulation; calorification.
- IV. — **Fonctions de nutrition (suite).** — Digestion; respiration; excrétion.
- V. — **Fonctions de relation.** (Sens; Langage; expression; locomotion) **et fonctions de reproduction.** (A l'exception du développement embryologique).

Ces volumes ne seront pas publiés dans l'ordre ci-dessus, mais le seront dans celui de leur achèvement. Nous publions aujourd'hui sous le titre : « **Circulation; Calorification** » le tome qui portera, dans la tomaiison définitive, le n° III. Le tome « **Digestion; Absorption; Respiration; Excrétion** » (suite des fonctions de nutrition), qui correspondra au tome IV, est dès à présent sous presse.

Toutes les mesures sont prises pour que l'ensemble de la publication soit terminé dans le courant de l'année 1900. Chaque volume sera, pendant tout le cours de la publication, vendu séparément à des prix qui varieront selon l'étendue de chacun.

Toutefois, les éditeurs acceptent, dès à présent, **au prix à forfait de cinquante francs**, des souscriptions à l'ouvrage **complet**.

VIENT DE PARAÎTRE

FONCTIONS DE NUTRITION

CIRCULATION

Par M. DOYON

CALORIFICATION

Par J.-P. MORAT

1 vol. grand in-8° avec 173 fig. noires et en couleurs. 12 fr.

Traité des OUVRAGE COMPLET
Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHER

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
 Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

J. COMBY

Médecin
 de l'hôpital des Enfants-Malades.

A.-B. MARFAN

Agrégé,
 Médecin des hôpitaux.

5 vol. grand in-8° avec figures dans le texte. . 90 fr.

DIVISIONS DE L'OUVRAGE

TOME I. — 1 vol. in-8° de xvi-816 pages avec fig. dans le texte. 18 fr.
 Physiologie et hygiène de l'enfance. — Considérations thérapeutiques sur les maladies de l'enfance. — Maladies infectieuses.

TOME II. — 1 vol. in-8° de 818 pages avec fig. dans le texte. 18 fr.
 Maladies générales de la nutrition. — Maladies du tube digestif.

TOME III. — 1 vol. de 950 pages avec figures dans le texte. 20 fr.
 Abdomen et annexes. — Appareil circulatoire. — Nez, larynx et annexes.

TOME IV. — 1 vol. de 880 pages avec figures dans le texte. 18 fr.
 Maladies des bronches, du poumon, des plèvres, du médiastin. — Maladies du système nerveux.

TOME V. — 1 vol. de 890 pages avec figures dans le texte. 18 fr.
 Organes des sens. — Maladies de la peau. — Maladies du fœtus et du nouveau-né. — Maladies chirurgicales des os, articulations, etc. —
 Table alphabétique des matières des 5 volumes.

CHAQUE VOLUME EST VENDU SÉPARÉMENT

Traité de Thérapeutique Chirurgicale

PAR

Émile FORGUE

Professeur de clinique chirurgicale
 à la Faculté de médecine de Montpellier,
 membre correspondant
 de la Société de Chirurgie
 Chirurgien en chef de l'hôpital St-Éloi,
 Médecin-major hors cadre.

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté
 de médecine de Paris,
 Chirurgien de l'hôpital Laënnec,
 Secrétaire général
 de la Société de Chirurgie,
 Membre de l'Académie de médecine.

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

AVEC 472 FIGURES DANS LE TEXTE

2 volumes grand in-8° de 2116 pages 34 fr.

VIENT DE PARAÎTRE

LES DÉFENSES NATURELLES DE L'ORGANISME

LEÇONS PROFESSÉES AU COLLÈGE DE FRANCE

Par **A. CHARRIN**

Professeur remplaçant au Collège de France
Directeur du Laboratoire de médecine expérimentale (Hautes-Études)
Ancien Vico-président de la Société de biologie, Médecin des hôpitaux

1 volume in-8°. 6 fr.

Le sujet de ces leçons répond bien aux caractères de l'enseignement du Collège de France, qui demande des notions nouvelles, à l'ordre du jour, dont s'occupe le professeur, surtout au point de vue expérimental.

M. Charrin montre que le passage de l'état de santé à l'état de maladie se réalise souvent d'une façon insensible, et cela, soit parce que l'économie est pour ainsi dire en contact avec une série de causes morbides, soit aussi parce que le mal n'est fréquemment que l'exagération d'une fonction, que l'insuffisance de l'activité normale, qu'une dérogation aux processus physiologiques.

Dans ces conditions, l'auteur prend une série d'exemples destinés à établir comment l'organisme se tient en équilibre au milieu de ces agents de maladie.

Ces leçons laissent volontairement à l'écart l'immunité, les états bactéricides, antitoxiques, la phagocytose, défenses souvent en partie artificielles; elles montrent l'économie pourvue d'une série de défenses naturelles aussi nombreuses que variées; ces défenses, pour une part, sont éparses, mais elles sont également groupées soit en dehors de l'organisme, soit au niveau des portes d'entrée, soit dans les profondeurs, dans les milieux clos; elles agissent tantôt isolément, tantôt synergiquement. De leur intégrité résulte l'état physiologique, qui, le jour où ces protections fléchissent, fait place à l'état pathologique.

Ces leçons, accompagnées d'exemples, de preuves, d'expériences, forment pour ainsi dire la synthèse de la physiologie pathologique générale.

VIENT DE PARAÎTRE

CODE PRATIQUE

Des Honoraires Médicaux

OUVRAGE INDISPENSABLE

**Aux Médecins, Chirurgiens, Sages-femmes, Dentistes, Pharmaciens,
Etudiants, Magistrats, Avocats, Huissiers, etc.**

Par le **D^r Ch. FLOQUET**

Licencié en droit, médecin en chef du Palais de Justice et du Tribunal de Commerce, membre de la Société de Médecine légale de France.

Préface de M. le Professeur BROUARDEL

Doyen de la Faculté de médecine de Paris.

2 volumes in-18 jésus de 746 pages 10 fr.

La question si délicate et si controversée des Honoraires médicaux n'a jusqu'à ce jour fait l'objet d'aucun traité spécial et complet. C'est pour combler cette lacune que l'auteur, familier avec les études de droit et avec la pratique médicale, a écrit ce livre dont le caractère pratique n'échappera pas au lecteur.

L'ouvrage, mis au courant de la doctrine et de la jurisprudence des Cours et Tribunaux, s'adresse tout aussi bien à la magistrature et au barreau qu'au monde médical. « C'est, comme le dit si bien M. le professeur Brouardel, l'éminent doyen de la Faculté de Paris, l'exposé fidèle des difficultés auxquelles se heurte le praticien lorsqu'il se trouve en présence de clients ou de sociétés qui refusent de reconnaître le prix d'un service rendu. »

L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL

D^r CRITZMAN, directeur,**Suite de Monographies cliniques**

SUR LES QUESTIONS NOUVELLES

en Médecine, en Chirurgie et en Biologie

La science médicale réalise journallement des progrès incessants; les questions et découvertes vieillissent pour ainsi dire au moment même de leur éclosion. Les traités de médecine et de chirurgie, quelque rapides que soient leurs différentes éditions, auront toujours grand'peine à se tenir au courant.

C'est pour obvier à ce grave inconvénient, auquel les journaux, malgré la diversité de leurs matières, ne sauraient remédier, que nous avons fondé, avec le concours des savants et des praticiens les plus autorisés, un recueil de Monographies dont le titre général, *l'Œuvre médico-chirurgical*, nous paraît bien indiquer le but et la portée.

Nous publions, aussi souvent qu'il est nécessaire, des fascicules de 30 à 40 pages dont chacun résume et met au point une question médicale à l'ordre du jour, et cela de telle sorte qu'aucune ne puisse être omise au moment opportun.

Nous tenant essentiellement sur le terrain pratique, nous essayerons de donner à chaque problème une formule complète. La valeur et l'importance des questions seront examinées d'une manière critique, de façon à constituer un chapitre entier, digne de figurer dans le meilleur traité médico-chirurgical. Cette nouvelle publication pourrait être intitulée aussi : *Complément à tous les Traités de Pathologie, de Clinique et de Thérapeutique.*

CONDITIONS DE LA PUBLICATION

Chaque monographie est vendue séparément 1 fr. 25

Il est accepté des abonnements pour une série de 10 Monographies au prix à forfait et payable d'avance de 10 francs pour la France et 12 francs pour l'étranger (port compris).

MONOGRAPHIES PUBLIÉES

- N^o 1. **L'Appendicite**, par le D^r FÉLIX LEGUEU, chirurgien des hôpitaux de Paris.
- N^o 2. **Le Traitement du mal de Pott**, par le D^r A. CHIPAULT, de Paris.
- N^o 3. **Le Lavage du Sang**, par le D^r LEJARS, professeur agrégé, chirurgien des hôpitaux, membre de la Société de chirurgie.
- N^o 4. **L'Hérédité normale et pathologique**, par le D^r CH. DEBIERRE, professeur d'anatomie à l'Université de Lille.
- N^o 5. **L'Alcoolisme**, par le D^r JAQUET, privat-docent à l'Université de Bâle.
- N^o 6. **Physiologie et pathologie des sécrétions gastriques**, par le D^r A. VERHAEGEN, assistant à la Clinique médicale de Louvain.
- N^o 7. **L'Eczéma**, par le D^r LEREDDE, chef de laboratoire, assistant de consultation à l'hôpital Saint-Louis.
- N^o 8. **La Fièvre jaune**, par le D^r SANARELLI, directeur de l'Institut d'hygiène expérimentale de Montévidéo.
- N^o 9. **La Tuberculose du rein**, par le D^r TURRIEN, professeur agrégé, chirurgien de l'hôpital de la Pitié.
- N^o 10. **L'Opothérapie. Traitement de certaines maladies par des extraits d'organes animaux**, par A. GILBERT, professeur agrégé, chef du laboratoire de thérapeutique à la Faculté de médecine de Paris, et P. CARNOT, docteur ès sciences, ancien interne des hôpitaux de Paris.

Traité d'Anatomie Humaine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

Paul POIRIERPROFESSEUR AGRÉGÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS
CHEF DES TRAVAUX ANATOMIQUES, CHIRURGIEN DES HOPITAUX

PAR MM.

A. CHARPYPROFESSEUR D'ANATOMIE
A LA FACULTÉ DE
TOULOUSE**A. NICOLAS**PROFESSEUR D'ANATOMIE
A LA FACULTÉ DE
NANCY**A. PRENANT**PROFESSEUR D'HISTOLOGIE
A LA FACULTÉ DE
NANCY**P. POIRIER**PROFESSEUR AGRÉGÉ
CHEF DES TRAVAUX ANATOMIQUES
CHIRURGIEN DES HOPITAUX**P. JACQUES**PROFESSEUR AGRÉGÉ
A LA FACULTÉ DE NANCY
CHEF DES TRAVAUX ANATOMIQUESÉTAT DE LA PUBLICATION AU 1^{er} AOUT 1898**TOME PREMIER**Embryologie; Ostéologie; Arthrologie. Un volume grand in-8°
avec 621 figures 20 fr.**TOME DEUXIÈME**

- 1^{er} Fascicule : Myologie. Un volume grand in-8° avec 312 figures. 12 fr.
 2^e Fascicule : Angéiologie (*Cœur et Artères*). Un volume grand
 in-8° avec 145 figures. 8 fr.
 3^e Fascicule : Angéiologie (*Capillaires, Veines*). Un volume grand
 in-8° avec 75 figures 6 fr.

TOME TROISIÈME1^{er} et 2^e Fascicules : Système nerveux. Deux volumes grand
in-8° avec 407 figures 22 fr.**TOME QUATRIÈME**

- 1^{er} Fascicule : Tube digestif. Un volume grand in-8°, avec
 138 figures. 12 fr.
 2^e Fascicule : Appareil respiratoire; *Larynx, trachée, poumons,*
plèvres, thyroïde, thymus. Un volume grand in-8°, avec
 121 figures. 6 fr.

IL RESTE A PUBLIER :

Un fascicule du tome II (*Lymphatiques*);
 Un fascicule du tome III (*Nerfs périphériques. Organes des sens*);
 Un fascicule du tome IV (*Organes génito-urinaires*).

Ces fascicules seront publiés successivement dans le plus bref délai possible.

Les maladies microbiennes des Animaux, par Ed. NOCARD, professeur à l'École d'Alfort, membre de l'Académie de médecine, et E. LECLAINCHE, professeur à l'École vétérinaire de Toulouse. *Deuxième édition, entièrement refondue.* 1 fort volume grand in-8° 16 fr.

Traité des maladies chirurgicales d'origine congénitale, par le Dr E. KIRMISSON, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien de l'Hôpital Trousseau, membre de la Société de Chirurgie. 1 volume grand in-8° avec 311 figures dans le texte et 2 planches en couleurs. 15 fr.

Recherches anatomiques et cliniques sur le glaucome et les néoplasmes intra-oculaires, par Ph. PANAS, professeur de clinique ophtalmologique à la Faculté de médecine, chirurgien de l'Hôtel-Dieu, membre de l'Académie de médecine, et le Dr ROCHON-DUVIGNEAUD, ancien chef de clinique de la Faculté. 1 volume in-8° avec 41 figures dans le texte 7 fr.

Traité d'Ophthalmoscopie, par Étienne ROLLET, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien des hôpitaux de Lyon. 1 volume in-8° avec 50 photographies en couleurs et 75 figures dans le texte, cartonné toile, tranches rouges. 9 fr.

Cliniques chirurgicales de l'Hôtel-Dieu, par Simon DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, chirurgien de l'Hôtel-Dieu, recueillies et publiées par les Drs Maurice CAZIN, chef de clinique chirurgicale à l'Hôtel-Dieu, et S. CLADO, chef des travaux gynécologiques. *Deuxième série.* 1 volume grand in-8° avec figures 8 fr.

Consultations médicales sur quelques maladies fréquentes. *Quatrième édition, revue et considérablement augmentée*, suivie de quelques principes de Déontologie médicale et précédée de quelques règles pour l'examen des malades, par le Dr J. GRASSET, professeur de clinique médicale à l'Université de Montpellier, correspondant de l'Académie de médecine. 1 volume in-16, reliure souple, peau pleine. 4 fr. 50

Le Bandage herniaire : Autrefois-Aujourd'hui, par Léon et Jules RAINAL. 1 fort volume très grand in-8°, avec 324 gravures intercalées dans le texte. 10 fr.

Bibliothèque

d'Hygiène thérapeutique

DIRIGÉE PAR

Le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu,
Inspecteur général des Services sanitaires.

Chaque ouvrage forme un volume in-16, cartonné toile, tranches rouges
et est vendu séparément : 4 fr.

Chacun des volumes de cette collection n'est consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils sont d'un maniement commode. D'un autre côté, en accordant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il a été facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.

L'hygiène thérapeutique s'appuie directement sur la pathogénie ; elle doit en être la conclusion logique et naturelle. La genèse des maladies sera donc étudiée tout d'abord. On se préoccupera moins d'être absolument complet que d'être clair. On ne cherchera pas à tracer un historique savant, à faire preuve de brillante érudition, à encombrer le texte de citations bibliographiques. On s'efforcera de n'exposer que les données importantes de pathogénie et d'hygiène thérapeutique et à les mettre en lumière.

VOLUMES PARUS

- L'Hygiène du Goutteux**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.
- L'Hygiène de l'Obèse**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.
- L'Hygiène des Asthmatiques**, par E. BRISSAUD, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.
- L'Hygiène du Syphilitique**, par H. BOURGES, préparateur au laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine.
- Hygiène et thérapeutique thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.
- Les Cures thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des Hôpitaux de Paris.
- L'Hygiène du Neurasthénique**, par le professeur PROUST et G. BALLEZ, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris.
- L'Hygiène des Albuminuriques**, par le D^r SPRINGER, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de laboratoire de la Faculté de médecine à la Clinique médicale de l'hôpital de la Charité.
- L'Hygiène du Tuberculeux**, par le D^r CHUQUET, ancien interne des hôpitaux de Paris, avec une introduction du D^r DAREMBERG, membre correspondant de l'Académie de médecine.

VOLUMES EN PRÉPARATION

- Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche**, par le D^r CRUET.
- L'Hygiène du Diabétique**, par A. PROUST et A. MATHIEU, médecins des hôpitaux de Paris.
- L'Hygiène des Dyspeptiques**, par le D^r LINOSSIER.
- Hygiène thérapeutique des maladies de la peau**, par le D^r BROCCO.
- L'Hygiène du Cardiaque**, par le D^r VAQUEZ, médecin des hôpitaux de Paris.

Traité des Matières colorantes

ORGANIQUES ET ARTIFICIELLES

de leur préparation industrielle et de leurs applications

Par **Léon LEFÈVRE**

Ingénieur (E. I. R.), Préparateur de chimie à l'École Polytechnique.

Préface de **E. GRIMAUX**, membre de l'Institut.

2 volumes grand in-8° comprenant ensemble 1650 pages, reliés toile anglaise, avec 31 gravures dans le texte et 261 échantillons.

Prix des deux volumes : 90 francs.

Le *Traité des matières colorantes* s'adresse à la fois au monde scientifique par l'étude des travaux réalisés dans cette branche si compliquée de la chimie, et au public industriel par l'exposé des méthodes rationnelles d'emploi des colorants nouveaux. L'auteur a réuni dans des tableaux qui permettent de trouver facilement une couleur quelconque, toutes les couleurs indiquées dans les mémoires et dans les brevets. La partie technique contient, avec l'indication des brevets, les procédés employés pour la fabrication des couleurs, la description et la figure des appareils, ainsi que la description des procédés rationnels d'application des couleurs les plus récentes. Cette partie importante de l'ouvrage est illustrée par un grand nombre d'échantillons teints ou imprimés, *fabriqués spécialement pour l'ouvrage*.

Chimie des Matières colorantes

PAR

A. SEYEWETZ

Chef des travaux
à l'École de chimie industrielle de Lyon

P. SISLEY

Chimiste-Coloriste

1 volume grand in-8° de 822 pages. 30 fr.

Les auteurs, dans cette importante publication, se sont proposé de réunir sous la forme la plus rationnelle et la plus condensée tous les éléments pouvant contribuer à l'enseignement de la *chimie des matières colorantes*, qui a pris aujourd'hui une extension si considérable. Cet ouvrage est, par le plan sur lequel il est conçu, d'une utilité incontestable non seulement aux chimistes se destinant soit à la fabrication des matières colorantes, soit à la teinture, mais à tous ceux qui sont désireux de se tenir au courant de ces remarquables industries.

MASSON ET C^{ie}, Libraires de l'Académie de Médecine

EXPÉDITIONS SCIENTIFIQUES

DU

“ TRAVAILLEUR ” et du “ TALISMAN ”

Pendant les années 1880, 1881, 1882 et 1883

Ouvrage publié sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique

SOUS LA DIRECTION DE

M. A. MILNE-EDWARDS

MEMBRE DE L'INSTITUT, PRÉSIDENT DE LA COMMISSION DES DRAGAGES SOUS-MARINS
DIRECTEUR DU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

VIENT DE PARAÎTRE

MOLLUSQUES TESTACÉS

PAR

ARNOULD LOCARD

TOME I. — 1 fort vol. gr. in-4° avec 24 planches hors texte. 50 fr.

TOME II. — 1 vol. gr. in-4° avec nombreuses planches hors texte.

(*Sous presse*).

VOLUMES PRÉCÉDEMMENT PARUS :

Poissons, par L. VAILLANT, professeur-administrateur au Muséum d'Histoire Naturelle, membre de la commission des dragages sous-marins. 1 fort volume in-4° avec 28 planches hors texte . . . 50 fr.

Brachiopodes, par P. FISCHER, membre de la commission des dragages sous-marins, et D.-P. OEHLERT, membre de la Société géologique de France. 1 vol. in-4° avec 8 planches hors texte. . . 20 fr.

Échinodermes, par Edmond PERRIER, professeur-administrateur au Muséum d'Histoire Naturelle, membre de l'Institut. 1 fort vol. in-4°, avec 25 planches hors texte. 50 fr.

VIENT DE PARAÎTRE

L'Anatomie comparée des Animaux

BASÉE SUR L'EMBRYOLOGIE

PAR

LOUIS ROULE

LAURÉAT DE L'INSTITUT (Grand Prix des Sciences Physiques),
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE
(Facultés des Sciences).

Deux volumes grand in-8° de xxvi-1970 pages
avec 1202 figures dans le texte 48 fr.

Ce traité d'*Anatomie comparée* ne se borne pas à contenir un exposé des faits acquis à la science actuelle. Ce dernier n'est, pour l'auteur, qu'un moyen d'analyse, destiné à lui permettre la réalisation d'une synthèse, et à montrer, d'après une stricte méthode scientifique, l'enchaînement des êtres. Tout en constituant la part principale, et de beaucoup la plus considérable, il n'existe pas seul.

« Ce livre est, à la fois, un traité élémentaire d'anatomie appuyée sur l'embryologie, et un exposé succinct de philosophie zoologique. La manière dont les faits, mis en leur lieu naturel, se groupent et se complètent, donne par elle seule, avec une évidence toujours plus nette, le sentiment d'une lente évolution, subie incessamment par la matière vivante, et des voies qu'elle a suivies. La méthode scientifique part des faits pour arriver à concevoir les causes. . . . »

Ce traité ne s'adresse pas seulement aux étudiants désireux d'avoir un guide en anatomie. Il est de portée plus haute. Par sa méthode de rigoureuse logique, par son esprit de synthèse, il mérite d'intéresser les personnes qui, de près ou de loin, s'attachent aux sciences biologiques, soit pour elles-mêmes, soit pour leurs applications, soit pour leurs conséquences philosophiques.

L'ouvrage comprend deux volumes, et compte 1970 pages. Il est divisé en seize chapitres, dont chacun renferme l'étude anatomique d'un embranchement déterminé. Les chapitres varient, dans leur étendue, suivant l'importance des embranchements ; certains se réduisent à quelques pages ; d'autres, celui des *Vertébrés* par exemple, en mesurent près de six cents, et constituent autant de traités spéciaux. Les figures, nouvelles pour la plupart, sont nombreuses, et fort soignées ; rien n'a été omis pour les rendre des plus artistiques, sans ôter à leur valeur scientifique ni à leur simplicité.

VIENT DE PARAÎTRE

Les Colonies animales et la formation des organismes

Par Edmond PERRIER

Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle.

DEUXIÈME ÉDITION

1 vol. gr. in-8° avec 2 planches hors texte et 158 figures. 18 fr.

Dans cette deuxième édition d'un livre bien connu non seulement des naturalistes mais aussi des philosophes et des sociologistes, l'auteur n'a eu à modifier en rien ni le fond de sa doctrine, ni les arguments principaux sur lesquels il s'appuyait. Certains chapitres ont été plus ou moins profondément remaniés de manière à enregistrer quelques points de vue nouveaux ou à éliminer quelques objections; tel est le chapitre relatif aux *Formes originelles des vers annelés et des animaux articulés*; tel est aussi le chapitre sur l'*Individualité*, auquel la sanction du temps écoulé permettait de donner des conclusions plus fermes et plus rigoureusement scientifiques.

La préface de la première édition était uniquement consacrée à présenter au public l'idée mère du livre qui, neuve alors, n'a plus, aujourd'hui, besoin d'être présentée; M. Perrier a pensé qu'il convenait plutôt d'en montrer la fécondité; il a résumé dans une préface de 32 pages toute la théorie de la formation et de l'évolution des organismes, et mis en relief la part qu'ont prise à cette évolution les diverses forces qui agissent encore autour de nous.

Traité de Zoologie

PAR

Edmond PERRIER

Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle

VIENT DE PARAÎTRE

FASCICULE IV

VERS ET MOLLUSQUES

1 vol. gr. in-8 de 792 pages, avec 566 figures. 16 fr.

ONT DÉJÀ PARU :

FASCICULE I : **Zoologie générale.** 412 pages, 458 figures. . . 12 fr.

FASCICULE II : **Protozoaires et Phytozoaires.** 452 p., 243 fig. 10 fr.

FASCICULE III : **Arthropodes.** 480 pages, 278 figures. 8 fr.

Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol.
in-8° de 1344 pages, avec 980 figures 30 fr.

VIENT DE PARAÎTRE

Éléments de Botanique

Par Ph. Van TIEGHEM

Membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

2 volumes in-16 comprenant ensemble 1170 pages et
580 figures intercalées dans le texte, cartonnés toile. . . . 12 fr

L'auteur a fait tous ses efforts pour mettre cette nouvelle édition au courant de tous les progrès accomplis en botanique depuis l'année 1893, date de l'achèvement de la deuxième édition. Ces progrès ont intéressé d'une part la morphologie et la physiologie des plantes, c'est-à-dire la botanique générale, traitée dans le premier volume, de l'autre l'histoire des familles végétales, c'est-à-dire la botanique spéciale, qui fait l'objet du second volume. De là, dans le premier volume, toute une série de modifications et d'additions, portant notamment sur la structure de la racine, de la tige et de la feuille, sur la formation de l'œuf, etc., qui l'ont augmenté d'environ cinquante pages avec les figures correspondantes. De là, surtout dans le second volume, un remaniement complet de la classification des phanérogames, où une place a dû être faite au groupe nouveau des inséminées avec ses cinq ordres et ses trente-neuf familles, remaniement qui a nécessité une addition de cent pages, avec les figures correspondantes. C'est, en somme, une augmentation de cent cinquante pages qui, jointe à de nombreuses corrections et modifications de détail, fait de cette édition un ouvrage véritablement nouveau.

VIENT DE PARAÎTRE

PRÉCIS

DE

BOTANIQUE MÉDICALE

Par L. TRABUT

PROFESSEUR D'HISTOIRE NATURELLE MÉDICALE A L'ÉCOLE
DE PLEIN EXERCICE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

DEUXIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFOUNDUE

1 volume in-8° de 740 pages avec 954 figures dans le texte. . . . 8 fr.

L'étude des végétaux, faite en vue d'en retirer des données applicables à la médecine, constitue la botanique médicale, science bien ancienne, née avec la médecine des temps primitifs et qui est depuis longtemps et reste la principale source où puise la thérapeutique; d'un autre côté, par la bactériologie, elle devient la base de la pathogénie.

Dans ce petit volume, l'auteur s'est efforcé de condenser les notions de botanique médicale indispensables au médecin comme au pharmacien. Éliminant toutes les obscurités et les longueurs, il a cherché à accumuler dans ces quelques pages des renseignements précis et pratiques. Il est bien difficile de séparer la botanique médicale de la matière médicale; aussi l'auteur n'a-t-il pas hésité à citer les principales drogues d'un usage courant, après avoir donné les caractères des plantes qui les fournissent. Un grand nombre de figures (954) accompagnent et facilitent les descriptions en permettant d'analyser les caractères des plantes et de vérifier les détails de leur organisation.

VIENT DE PARAÎTRE

DEUXIÈME ÉDITION

Entièrement refondue

des

Leçons de Géographie Physique

PAR

A. DE LAPPARENT

Membre de l'Institut,
 Professeur à l'École libre des Hautes-Études,
 Ancien président de la Commission centrale de la Société de Géographie.

1 volume grand in-8° de XVI-720 pages avec 168 figures dans le texte
 et une planche en couleurs. 12 fr.

Il y a juste deux ans, nous présentions au public savant les *Leçons de Géographie physique* de M. de Lapparent. Ce court intervalle a suffi pour épuiser la première édition. Et cependant, il s'agissait d'un ouvrage qui ne répondait à aucun programme d'examens, où l'auteur cherchait à changer les traditions accoutumées de l'enseignement géographique et à introduire dans ce domaine la science géologique, si peu répandue de nos jours et si maltraitée dans les programmes universitaires.

Le succès obtenu par cette tentative suffit à montrer combien elle était opportune. et l'entrée récente de l'auteur à l'Académie des Sciences n'est pas pour en diminuer la signification. On a compris enfin qu'à l'étude de la surface du globe il fallait une base rationnelle, et que cette base devait être la connaissance des conditions de la genèse des formes terrestres.

Un livre aussi bien accueilli aurait pu essayer de reparaitre sans modifications. L'auteur ne l'a pas voulu et, fidèle à une habitude dont ses précédents ouvrages ont fourni mainte preuve, il a refondu son œuvre en y introduisant toutes les améliorations dont il lui avait été possible, en deux ans, de réunir les éléments. Le texte s'est enrichi de 128 pages, soit par le dédoublement des chapitres consacrés à la France et à l'Amérique, soit par l'addition de deux leçons nouvelles, l'une sur les océans, l'autre sur l'intéressante question de la classification des montagnes. Le nombre des dessins, jugé avec raison insuffisant dans la première édition, a été porté de 116 à 163. Enfin, tout l'ouvrage a subi une révision minutieuse à l'aide des documents les plus sûrs et les plus récents.

On remarquera d'ailleurs que ces importantes modifications n'ont entraîné aucun accroissement pour le prix de l'ouvrage, que nous avons tenu à maintenir sans changement.

Nous nous plaisons à espérer que cette seconde édition rencontrera la même fortune que la première et qu'elle sera goûtée même des géographes de l'ancienne école. On rendra du moins cette justice à l'auteur que, s'il plaide chaleureusement la cause de l'élément scientifique pur, il le fait sous une forme que les lettrés eux-mêmes ne désavoueraient pas.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 13318.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 250 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

- PICOU. — Distribution de l'électricité. (2 vol.).
- A. GOUILLY. — Air comprimé ou raréfié. — Géométrie descriptive (3 vol.).
- DWELSHAUVERS-DERY. — Machine à vapeur. — I. Etude expérimentale calorimétrique. — II. Etude expérimentale dynamique.
- A. MADANET. — Tiroirs et distributeurs de la vapeur. — Débite variable de la vapeur. — Epures de régulation.
- M. DE LA SOURCE. — Analyse des vins.
- ALHEILIG. — I. Travail des bois. — II. Corderie. — III. Construction et résistance des machines à vapeur.
- AIMÉ WITZ. — I. Thermodynamique. — II. Les moteurs thermiques.
- LINDET. — La bière.
- TH. SCHLESING fils. — Chimie agricole.
- SAUVAGE. — Moteurs à vapeur.
- LE CHATELIER. — Le grisou.
- DUDEBOUT. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.
- CRONEAU. — I. Canon, torpilles et cuirasse. — II. Construction du navire.
- H. GAUTIER. — Essais d'or et d'argent.
- LECOMTE. — Les textiles végétaux.
- DE LAUNAY. — I. Les gîtes métallifères. — II. Production métallifère.
- BERTIN. — Etat de la marine de guerre.
- FERDINAND JEAN. — L'industrie des peaux et des cuirs.
- BERTHLOT. — Calorimétrie chimique.
- DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.
- GUILLAUME. — Unités et étalons.
- WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.
- MINEL (P.). — Electricité industrielle. (2 vol.). — Electricité appliquée à la marine. — Régularisation des moteurs des machines électriques.
- HÉBERT. — Boissons falsifiées.
- NAUDIN. — Fabrication des vernis.
- SINIGAGLIA. — Accidents de chaudières.
- GUENZ. — Décoration de la porcelaine au feu de moufle.
- VERMAND. — Moteurs à gaz et à pétrole.
- MEYER (Ernest). — L'utilité publique et la propriété privée.
- WALLON. — Objectifs photographiques.
- BLOCH. — Eau sous pression.

Section du Biologiste

- FAISANS. — Maladies des organes respiratoires.
- MAGNAN et SÉRIEUX. — I. Le délire chronique. — II. La paralysie générale.
- AUVARD. — I. Séméiologie génitale. — II. Menstruation et fécondation.
- G. WEISS. — Electro-physiologie.
- BAZY. — Maladies des voies urinaires. (2 vol.).
- TROUSSEAU. — Hygiène de l'œil.
- PERÉ. — Epilepsie.
- LAVERAN. — Paludisme.
- POLIN et LABIT. — Aliments suspects.
- BERGONIÉ. — Physique du physiologiste et de l'étudiant en médecine.
- MIGNIN. — I. Les acariens parasites. — II. La faune des cadavres.
- DEMELIN. — Anatomie obstétricale.
- CUENOT. — I. Les moyens de défense dans la série animale. — II. L'influence du milieu sur les animaux.
- A. OLIVIER. — L'accouchement normal.
- BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.
- CHARRIN. — I. Les poisons de l'urine. — II. Poisons du tube digestif. — III. Poisons des tissus.
- ROGER. — Physiologie normale et pathologique du foie.
- BROCC et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie (5 vol.).
- HANOT. — De l'endocardite aiguë.
- WRILL-MANTOU. — Guide du médecin d'assurances sur la vie.
- LANGLOIS. — Le lait.
- DE BRUN. — Maladies des pays chauds. (2 vol.).
- BROCA. — Tumeurs blanches des membres chez l'enfant.
- DE CAZAL et CATRIN. — Médecine légale militaire.
- LAPERSONNE (DE). — Maladies des paupères et des membranes externes de l'œil.
- KÖHLER. — Applications de la photographie aux sciences naturelles.
- BRAUREGARD. — Le microscope.
- LESAGE. — Le choléra.
- LANNELONGUE. — La tuberculose chirurgicale.
- CORNEVIN. — Production du lait.
- J. CHATIN. — Anatomie comparée (4 v.).

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

DE MARCHENA. — Machines frigorifiques (2 vol.).
 PRUD'HOMME. — Teinture et impression.
 SOREL. — I. La rectification de l'alcool. — II. La distillation.
 DE BILLY. — Fabrication de la fonte.
 HENNEBERT (C^h). — I. La fortification. — II. Les torpilles sèches. — III. Bouches à feu — IV. Attaque des places. — V. Travaux de campagne. — VI. Communications militaires.
 CASPARI. — Chronomètres de marine.
 LOUIS JACQUET. — La fabrication des eaux-de-vie.
 DUDEBOUT et CRONEAU. — Appareils accessoires des chaudières à vapeur.
 C. BOURLET. — Bicycles et bicyclettes.
 H. LÉAUTÉ et A. BERARD. — Transmissions par câbles métalliques.
 DE LA BACME PLUVINEL. — La théorie des procédés photographiques.
 HATT. — Les marées.
 H. LAURENT. — I. Théorie des jeux de hasard. — II. Assurances sur la vie. — III Opérations financières.
 C^h VALLIER. — Balistique (2 vol.). — Projectiles. Fusées. Cuirasses (2 vol.)
 LELOUTRE. — Le fonctionnement des machines à vapeur.
 DARIÉS. — Cubature des terrasses.
 SIDERSKY. — I Polarisation et saccharimétrie. — II. Constantes physiques.
 NIEWENGLOWSKI. — Applications scientifiques de la photographie.
 ROCOURS (X.). — Alcools et eaux-de-vie.
 MOESSARD. — Topographie.
 BOURSALUT. — Calcul du temps de pose.
 SEGUELA. — Les tramways.
 LEFEVRE (J.). — I. La Spectroscopie. — II. La Spectrométrie. — III. L'éclairage électrique. — IV. Éclairage aux gaz, aux huiles, aux acides gras.
 BARILLOT (E.). — Distillation des bois.
 MOISSAN et OUVRARD. — Le nickel.
 URBAIN. — Les succédanés du chiffon en papeterie.
 LOPPÉ. — I. Accumulateurs électriques. — II. Transformateurs de tension.
 ARIÉS. — I. Chaleur et énergie. — II. Thermodynamique.
 FABRY. — Piles électriques.
 HENRIET. — Les gaz de l'atmosphère.
 DUMONT. — Electromoteurs.
 MINET (A.). — I. L'Electro-metallurgie. — II. Les fours électriques. — III. L'électro-chimie.
 DUFOUR. — Tracé d'un chemin de fer.
 MIRON (F.). — Les huiles minérales.
 BORNÉQUE. — Armement portatif.

Section du Biologiste

CASTEX. — Hygiène de la voix.
 MERKLEN. — Maladies du cœur.
 G ROCHÉ. — Les grandes pêches maritimes modernes de la France.
 OLLIER. — I. Résections sous-périostées. — II. Résections des grandes articulations.
 LETULLE. — Pus et suppuration.
 CRITZMAN. — Le cancer.
 ARMAND GAUTHIER. — La chimie de la cellule vivante.
 SÉGLAS. — Le délire des négations.
 STANISLAS MEUNIER. — Les météorites.
 GREHANT. — Les gaz du sang.
 NOCARD. — Les tuberculoses animales et la tuberculose humaine.
 MOUSSOUS. — Maladies congénitales du cœur.
 BERTHAULT. — Les prairies (2 vol.).
 TROUSSART. — Parasites des habitations humaines.
 LAMY. — Syphilis des centres nerveux.
 RECLUS. — La cocaïne en chirurgie.
 THOULET. — Océanographie pratique.
 HOUDAILLE. — Météorologie agricole.
 VICTOR MEUNIER. — Sélection et perfectionnement animal.
 HÉNOQUE. — Spectroscopie biol.
 GALIPPE et BARRE. — Le pain (2 v.).
 LE DANTEC. — I. La matière vivante. — II. La Bactéridie charbonneuse. — III. La Forme spécifique.
 L'HOTE. — Analyse des engrais.
 LARBALETRIER. — Les tourteaux. — Résidus industriels employés comme engrais (2 vol.).
 LE DANTEC et BERARD. — Les sporozoaires.
 DEMMLER. — Soins aux malades.
 DALLEMAGNE. — Etudes sur la criminalité (3 vol.).
 BRAULT. — Des artérites (2 vol.).
 RAVAZ. — Reconstitution du vignoble.
 EHLERS. — L'Ergotisme.
 BONNIER. — L'Oreille (5 vol.).
 DESMOULINS. — Conservation des produits et denrées agricoles.
 LOVERDO. — Le ver à soie.
 DUBREUILH et BEILLE. — Les parasites animaux de la peau humaine.
 KAYSER. — Les levures.
 COLLET. — Troubles auditifs des maladies nerveuses.
 LOUTRÉ. — Essences forestières.
 MONOD. — L'Appendicite.
 DALLEMAGNE. — La Volonté (3 vol.).
 DELOBELLE et COZETTE. La Vaccine.