

LES

ULTIMHEAT  
VIRTUAL MUSE

# ALLIAGES MÉTALLIQUES

LEURS EMPLOIS

DANS L'INDUSTRIE

MANUEL

A L'USAGE DE L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

Par **A. LEDEBUR**

PROFESSEUR DE MÉTALLURGIE A L'ÉCOLE DES MINES DE FREIBERG

Traduit de l'Allemand par **Th. SEELIGMANN**, Chimiste Industriel

TYPOGRAPHIE  
EDMOND MONNOYER



AU MANS (SARTHE)



LES

# ALLIAGES MÉTALLIQUES

LEURS EMPLOIS

DANS L'INDUSTRIE

MANUEL

A L'USAGE DE L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

Par **A. LEDEBUR**

PROFESSEUR DE MÉTALLURGIE A L'ÉCOLE DES MINES DE FRIEDRICH

Traduit de l'Allemand. par **Th. SEELIGMANN**, Chimiste Industriel

---

PARIS

**J. FRITSCH, ÉDITEUR**

30, RUE DU DRAGON, 30

1894

Tout droits réservés





## 2. Laiton, Tombac et alliages similaires

Tous les alliages de cette série sont à base de cuivre et de zinc. Déjà plusieurs fois nous avons eu l'occasion de signaler l'influence exercée par les proportions plus ou moins considérables du zinc sur les propriétés du cuivre. Le zinc rend le cuivre fusible et

les alliages de ces deux métaux ne présentent pas la tendance à la liquation du bronze proprement dit ; le zinc augmente aussi, dans des proportions bien plus élevées que l'étain, la solidité et la dureté de son alliage, et il diminue moins sa malléabilité. Il en résulte, que tandis que les bronzes à 6 0/0 d'étain perdent le pouvoir d'être ouvrés à la température ordinaire, les alliages même à 50 0/0 de zinc peuvent encore être travaillés à cette température, pourvu que l'ouvrier prenne quelques précautions et que la présence d'autres corps ne vienne pas entraver la malléabilité. Mais dès que l'alliage contient plus de 50 0/0 de zinc, il est absolument cassant.

Un grand nombre d'alliages de cuivre et de zinc sont moins aptes à être façonnés à la température du rouge que la plupart des bronzes. Quelques-uns seulement, d'un pourcentage déterminé et dont nous parlerons bientôt, se prêtent au travail à chaud, c'est-à-dire sont malléables. Aussi, le travail de cet alliage au marteau, à la presse, au laminoir, à la filière, se fait presque toujours à froid ; c'est là un immense avantage. Mais ce travail les rend durs et cassants, comme du reste la plupart des métaux, et il est souvent indispensable de les porter à nouveau au rouge pour leur rendre une partie de leur malléabilité et pouvoir ainsi continuer le travail.

Ces alliages possèdent encore sur le cuivre et sur



le bronze l'avantage d'être à meilleur marché. Le zinc est beaucoup moins élevé que celui du cuivre et de l'étain, et naturellement l'alliage aura une valeur vénale d'autant moins élevée que le zinc y prédominera.

Toutes ces circonstances réunies expliquent suffisamment les nombreuses applications reçues par les alliages du cuivre et du zinc et la raison de leur emploi beaucoup plus fréquent que celui du cuivre isolé ou du bronze. Par contre, ces alliages seraient impropres à un emploi où la solidité et la dureté sont des conditions essentielles ; en d'autres termes, ils ne sauraient être substitués au bronze dans les cas où ce métal a précisément été choisi à cause de ces propriétés.

L'alliage de ce genre le plus anciennement connu et utilisé est le *laiton*. L'étymologie de ce nom est assez incertaine ; l'interprétation la plus plausible est celle qui ferait dériver ce nom de l'adjectif latin *luteum*, coloré en jaune, et le laiton signifierait ainsi métal jaune.

Quoi qu'il en soit, le laiton était déjà connu des anciens, et surtout des Romains, qui l'employaient fréquemment quoiqu'ils ne connussent pas l'un des éléments de cet alliage, le zinc à l'état pur, et n'eussent pas soupçonné qu'ils se servaient d'un alliage et non d'un métal simple. Ils obtenaient le

laiton par la fusion du cuivre en présence de la calamine et du charbon, et le cuivre n'était pour eux qu'un simple adjuvant pour obtenir la couleur.

Ce procédé très primitif était encore employé exclusivement dans bien des contrées jusque vers la deuxième moitié de notre siècle, quoique déjà Swab eût observé dès 1742 qu'il était possible de fabriquer le laiton par la fusion directe du cuivre et du zinc et que ce procédé ait été introduit dans la pratique dès 1781 par Jacques Emerson. Des préjugés aussi peu fondés qu'invétérés s'opposèrent longtemps à la diffusion du nouveau procédé ; on prétendait que le laiton fabriqué suivant la recette ancienne était de qualité bien supérieure. On fondait au creuset un mélange de cuivre, de calamine (carbonate ou silicate de zinc) grillée (1) ou de blende (sulfure de zinc) et enfin du charbon, et on obtenait ainsi un mélange brut qu'on ne pouvait employer sans le soumettre à une refonte avec addition de la ferraille de laiton, parfois du cuivre, et finalement une nouvelle fraction de charbon.

Dans le procédé moderne de fabrication du laiton avec le cuivre et le zinc métallique, la fusion se fait

(1) Le grillage a pour but de décomposer le carbonate et le sulfure de zinc et de dégager le minerai du carbone et du soufre qui l'accompagnent. Dans le cas où le chimiste se servirait de silicate de zinc, une addition de chaux est nécessaire au moment de la fonte.



également au creuset. Le fourneau à reverberatoire à sole découverte donnerait des perles trop sensibles, le zinc s'y oxydant et s'y volatilissant par trop facilement. Le four à cuve usuel présenterait les mêmes inconvénients et même à un degré plus élevé. La fusion s'opère soit dans des fours à cuve spéciales chauffées directement avec le coke ou le charbon de bois, ou encore dans le fourneau à reverberatoire à briques réfractaires qui permet d'employer les combustibles bruts (1).

Le cuivre et le zinc sont mis en couches alternantes dans les creusets chauffés préalablement, on y ajoute souvent de la ferraille de laiton (2), puis on recouvre d'une couche de charbon en poudre. La fusion une fois commencée dure de deux à quatre heures suivant la capacité du creuset. Quelquefois le cuivre est d'abord fondu avec la ferraille, et le zinc préalablement dégourdi n'est ajouté qu'à la masse déjà fondue. S'il s'agit de couler des pièces de grande dimension, comme par exemple les plaques pour tôle de laiton, l'emploi simultané de plusieurs creusets est nécessaire. Dans ce cas, au milieu de ces creusets

(1) Pour l'aménagement de ces fours spéciaux pour la fabrication laiton, voir Chimie technique de Kurl-Stohmann. 3<sup>e</sup> éd. Vol. 4 p. 167.

(2) La limaille et la tournure de laiton sont toujours mélangées de parcelles de fer, elles ne trouvent donc leur emploi que pour la fabrication d'un laiton inférieur.

rangés circulairement dans le four, on place un creuset d'une capacité bien plus considérable que nous appellerons le collecteur : ce collecteur sera vide. Il est destiné à recevoir le contenu des autres creusets après la fusion. La fonte achevée, le collecteur est retiré pour être placé dans une niche spéciale à côté du fourneau et le produit de la fusion des autres creusets y est déversé, puis intimement brasse avec une spatule ou ringard en fer afin d'éviter les inégalités de composition qui se présenteraient inévitablement si chaque creuset était vidé isolément dans les moules. Finalement, le métal suffisamment refroidi (c'est-à-dire à un point sensiblement égal à son point de fusion), est basculé du creuset collecteur (commandé à cet effet par des tenailles spéciales) dans les moules.

Lorsqu'on fabrique directement des objets manufacturés, on se sert de moules bien secs faits de sable à mouler, à pâte bien grasse : pour les plaques destinées au laminoir on coule entre deux plaques de fer. Malgré l'emploi du creuset, malgré la couche de charbon protecteur, il n'est pas possible d'empêcher une certaine déperdition de zinc par volatilisation. Il est important d'en tenir compte afin que l'alliage une fois préparé contienne bien la quantité voulue de zinc. Cette perte est généralement de 2 à 3 0/0 du poids total de l'alliage à fondre, et de 5 à 8 0/0 de la proportion de zinc à incorporer au cuivre.



On appelle laiton généralement tous les alliages de cuivre et de zinc de coloration jaune franc. Cette coloration s'obtient bien nettement à partir de 19 0/0 de zinc et se maintient jusqu'à environ 50 0/0. Si la teneur en zinc dépasse cette limite la coloration passe brusquement au gris. De 19 à 50 0/0 de zinc, la coloration jaune ne claircit pas graduellement comme on pourrait le supposer : les modifications de nuance se produisent par soubresauts comme nous l'avons déjà expliqué.

Les rapports entre les proportions de zinc et de cuivre ne sont donc pas nettement déterminés pour la fabrication du laiton ; ils sont toujours réglés suivant les emplois auxquels le métal est destiné. Si pour des raisons d'économie on peut avoir intérêt à employer une quantité de zinc aussi grande que possible, il ne faut pas oublier qu'un excès de zinc affaiblit la ductilité à la température ordinaire, et que plus le laiton doit être malléable, moins il doit contenir de zinc.

La malléabilité du laiton serait considérablement diminué par la présence d'un corps autre que le cuivre et le zinc (plomb, étain, fer, bismuth). Aussi si le métal est destiné à être laminé ou étiré, c'est-à-dire à la fabrication d'objets dont la valeur dépend de la malléabilité, il faut choisir des sortes de cuivre et de zinc très pures et éviter toute addition de matières étrangères.

Le meilleur laiton fabriqué en Allemagne est le laiton destiné à la fabrication des instruments de musique. Il doit se prêter facilement à l'action du marteau et se réduire facilement en feuilles d'une très faible section. Il renferme généralement 19 à 21 0/0 de zinc pour 81 à 79 0/0 de cuivre. Une qualité un peu inférieure, mais encore bonne pour la plupart des usages habituels, contient 22 à 30 0/0 de zinc. Les moins chères destinées aux jouets et objets similaires accusent 30 à 40 0/0 de zinc.

Si le laiton mis en œuvre est susceptible de recevoir des brasures, sa teneur en zinc doit être d'autant plus faible que la brasure (1) sera moins fusible c'est-à-dire que la partie à braser devra offrir une résistance plus grande. Il en est de même pour le laiton destiné à la tréfilerie. Mais, comme il est difficile de trouver dans le commerce du cuivre et du zinc absolument purs, on trouvera toujours dans le laiton, de petites quantités de fer, de plomb, d'étain, etc. Dans les sortes ordinaires de laiton, la proportion de ces métaux accidentels peut même aller jusqu'à quelques centièmes.

(1) Comme composition du métal employé à braser on peut aussi se servir du laiton dont le point de fusion doit être toutefois constamment plus bas que celui du métal sur lequel la brasure devra se faire. Elle se prépare avec de la tournure de laiton fondue avec du zinc et on emploie d'autant moins de zinc que le métal à braser devra être plus résistant. (Métallurgie de Ledebuhr, p. 208.)



Le laiton chauffé au rouge n'est malléable qu'autant que sa teneur en zinc ne soit pas inférieure à 35 0/0, ni supérieure à 40 0/0.

Si donc pour un emploi spécial on voulait travailler le laiton à chaud (au rouge), il faudrait faire en sorte de maintenir la composition du métal dans les limites strictement définies, de 35 à 40 0/0 de zinc.

La présence de 3 0/0 de fer augmente la malléabilité du laiton au rouge.

La température à laquelle l'alliage a été fondu influe elle aussi sur sa malléabilité, et le procédé donné pour la préparation du laiton malléable ne repose probablement que sur cette particularité de surchauffer d'abord fortement une partie du laiton en préparation et d'ajouter à la masse fondue du laiton de composition identique, jusqu'à ce que la surface cesse de miroiter et de ne couler qu'à ce moment (1).

Le laiton destiné à la fabrication d'articles fondus (matériaux de constructions, organes spéciaux de machines, objets d'arts) est appelé *cuivre jaune*; les articles fabriqués avec cet alliage sont dénommés articles en fonte de cuivre jaune. Comme il n'est pas indispensable que le laiton spécial à ce genre d'industrie soit très malléable, il contient généralement une

(1) Bischoff. Le cuivre et ses alliages, p. 162.

proportion de zinc plus élevée que le laiton des feuilles pour laminage et des fils pour tréfileries. Sa teneur en zinc varie généralement 35 à 40 0/0. Mais à mesure que la quantité de zinc augmente, le retrait dans les moules augmente aussi, et il devient difficile de fabriquer des pièces bien homogènes et sans soufflures. Les pièces coulées en laiton d'une teneur considérable en zinc sont, en effet, fréquemment remplies de soufflures là où le métal est resté plus longtemps liquide, aurait-on même pris toutes les précautions habituelles pour les éviter. Il faut donc, pour produire un objet exempt de soufflures, n'employer que du laiton à proportion modérée de zinc.

Si les articles en laiton fondu doivent avoir une dureté et une résistance plus grandes que ne donnerait le laiton pur, on atteindrait ce but par l'addition d'un peu d'étain; en outre, l'addition de faibles quantités de plomb, comme cela a lieu pour le bronze, facilite le travail de l'alliage avec les outils tranchants. Par ces légères modifications on obtient donc des alliages intermédiaires, de transition, pour passer du laiton normal au bronze contenant soit du zinc, soit du plomb, bronze employé avantageusement pour la fabrication des objets artistiques. Nous en avons d'ailleurs parlé précédemment.

Beaucoup de soi-disant bronzes employés dans les travaux d'art ne sont, par rapport à leur composi-

LAITON, TOMBAC ET ALLIAGES SIMILAIRES

tion (peu d'étain et beaucoup de zinc), que tables laitons légèrement stannifères. Exemples :



	Cuivre.	Zinc.	Étain.	Plomb.	Per.
Diane du Jardin royal à Munich.....	76,96	19,69	0,64	2,68	0,10
Statue de Jean Guillaume à Dusseldorf.	71,74	25,58	2,37	0,91	*

Les alliages de cuivre, zinc, étain et plomb pour fabrication de certains organes spéciaux pour machines peuvent être également considérés comme appartenant à ce groupe. Lorsque ces appareils n'exigent pas une résistance et une dureté considérables, le constructeur trouve avantage à économiser l'étain et à augmenter d'autant le zinc d'un prix bien inférieur. Mais en général, l'emploi de ces alliages trop riches en zinc n'est pas très judicieux pour ce genre d'articles qui exigent toujours un certain degré de résistance.

Aussi ce genre d'alliage est-il d'un emploi beaucoup moins fréquent que les alliages plus riches en étain et plus pauvres en zinc que nous avons décrits plus haut en parlant du bronze.

Sous la dénomination de *Tombac*, on désigne des alliages de cuivre et de zinc d'une teneur en zinc plus faible que le laiton (maximum 18 0/0 de zinc); ils ne possèdent pas pour cette raison la couleur jaune franc qui caractérise le laiton normal, mais varient du jaune d'or au rouge brun. Le Siam nous

envoyait déjà au xvii<sup>e</sup> siècle des objets ayant toutes les apparences de l'or et fabriqués avec ce genre d'alliage. Le mot *tombac* vient du mot malais *tambaya* (cuivre).

Lorsque ce genre d'alliages, composés essentiellement de cuivre et de zinc, est spécialement destiné aux usages de la fonderie industrielle, il prend le nom de *fonte rouge* par opposition à la fonte de cuivre jaune, plus riche en zinc.

Le tombac pur, c'est-à-dire exempt d'étain, de plomb et d'autres corps susceptibles de modifier sa malléabilité, se distingue par sa grande ductilité à la température ordinaire. Il possède cette qualité à un degré voisin de celui de cuivre, mais comme presque toutes les sortes de laiton, il se laisse peu travailler à de hautes températures. On l'emploie principalement dans la fabrication du simili-or, dont la couleur se rapproche sensiblement de celle de l'or vrai ; par sa grande malléabilité il fournit à l'industrie de l'estampage une matière précieuse. C'est aussi avec le tombac, dont la couleur se rapproche tant de l'or véritable, que se confectionnent les articles de luxe à bon marché, les boutons, le clinquant etc. ; mais le zinc ne doit pas être inférieur à 40 0/0, ni supérieur à 18 0/0.

Il est à peine nécessaire de faire remarquer que les objets en similor noircissent rapidement et qu'ils de-



mandent un entretien fréquent pour leur conservation. C'est dans ce but que l'industrie les recouvre d'une faible couche d'or réel, depuis que l'invention de la dorure galvanique nous en a fourni un moyen aussi simple que peu coûteux. Lorsque le travail que doit subir le tombac n'exige pas une grande malléabilité, on y ajoute souvent une quantité plus ou moins grande d'étain pour augmenter sa résistance et sa dureté. Parfois on y ajoute aussi un peu de plomb; on produit ainsi des alliages ayant beaucoup d'analogie avec les bronzes proprement dits.

Plusieurs des alliages cités précédemment comme bronzes peuvent être désignés aussi sous le nom de *fonte rouge*, et particulièrement les deux alliages pour cercles de pistons à vapeur qui contiennent 8,5 et 10 0/0 de zinc. Sous le rapport de leur composition, on pourrait aussi faire rentrer dans cette catégorie nombre d'alliages employés pour statues et autres objets coulés, dont la teneur en zinc est élevée sans cependant atteindre les proportions de la fonte de cuivre jaune. Exemples :

	Cuivre.	Zinc.	Etain.	Plomb.
Statue de Minerve à Paris...	83,00	14,00	2,00	1,00
Statue equestre de Louis XIV de Gor.....	82,40	10,30	3,10	3,10
Groupe de dompteurs de che- veaux à Berlin.....	84,50	15,30	0,10	0,10
Statue de Frédéric le Grand à Berlin.....	87,40	8,90	3,20	0,60

Comme on voit, il est difficile d'établir une ligne de démarcation rigoureuse entre la composition des bronzes d'art et celle du tombac ou fonte rouge.

Pour des raisons analogues à celles que nous avons déjà données lorsque nous parlions du bronze d'art, on a souvent donné aux alliages du groupe laiton ou tombac des dénominations de pure fantaisie. Tels : Le *Chrysonine*, le *métal des princes*, *laiton de Bristol*, *Oréide*, *pinchbeak*, dénominations employées pendant un temps plus ou moins long pour désigner certains objets d'ornements, cuillers, couverts etc., et qui en réalité ne sont fabriqués qu'avec de simples alliages de cuivre et de zinc, qu'ils soient ou non additionnés d'étain.

La dénomination encore usitée aujourd'hui de *Talmigold* (or de Talmi) ne désigne autre chose que du tombac doré : il en est de même du *cuivre poli* qui eut un succès extraordinaire, il y a une douzaine d'années et qui fut délaissé par la mode aussi rapidement qu'il avait été adopté : on en frappait à l'emporte-pièces toute espèce d'articles de fantaisie.

Sous des divers noms on recommandait particulièrement vers les années 1850 à 1860, un alliage de laiton contenant 60 0/0 de cuivre, le reste en zinc et parfois 1 à 2 0/0 de fer ou de plomb, pour doublage de navires ou autres usages semblables. Cet alliage était malléable au rouge.



A cette série appartient finalement le métal par les Anglais sous le nom de *Delta-metal* et recommandé spécialement pour la construction de parties spéciales de machines. Le *Delta-metal* est un laiton contenant un peu de fer et 40 à 43 0/0 de zinc; il est malléable au rouge, et plus solide que le laiton ordinaire, vu sa teneur en fer (sa résistance à la traction est donnée comme étant de 34 à 36 kg). A cet alliage, on ajoute un peu de cuivre phosphoreux ou mieux encore du cuivre manganoux afin d'éviter l'oxydation de certains de ses éléments pendant la fonte et conserver ainsi intégralement sa composition.

Il est incontestable que l'addition du fer peut singulièrement augmenter la solidité du laiton; mais cette addition a donné lieu à des déceptions de toutes sortes: le fer ne s'alliait que difficilement et pas toujours uniformément avec les deux autres métaux. La préparation du *Delta-metal* obvie à ces inconvénients. On allie d'abord le fer et le zinc par la dissolution du fer dans le zinc fondu et chauffé au rouge. Ce premier alliage obtenu, (c'est-à-dire 8 1/2 0/0 de l'alliage complet) on le fond de nouveau avec le reste des matières de l'alliage proposé. Il est loisible d'y ajouter un peu de plomb, si cette addition peut aider à obtenir des qualités spéciales demandées.

## Analyses de Delta-métal :

	Cuivre	Zinc	Fer	Mang- nèse	Plomb	Phos- phore	Nickel
Delta-métal en fonte .....	55.94	41.61	0.87	0.81	0.72	0.01	traces
— forgé.....	55.80	40.07	1.58	0.96	1.00	0.01	—
— laminé.....	55.82	41.41	0.80	1.38	0.78	traces	0.06
— estampé à chaud .....	54.99	49.25	0.90	1.09	1.10	0.02	0.02
— sans désignation d'emploi	55.10	43.47	1.08	traces	0.87	0.01	—

Ainsi, la teneur en fer est en moyenne 1 0/0 ; celle en manganèse est à peu près de même importance dans les quatre premiers échantillons. Ce dernier métal répond non seulement au but spécial indiqué plus haut, mais comme le fer il augmente encore la résistance de l'alliage (voir bronze manganéux). La teneur en plomb, au moins dans les quatre premiers échantillons, est trop élevée pour qu'elle puisse être considérée comme purement accidentelle.

## 3. Alliages de Nickel-Cuivre.

Depuis 1824, époque à laquelle le nickel fut produit industriellement, ses alliages avec le cuivre ont été adoptés peu à peu par différents pays pour la fabrication de leur monnaie divisionnaire, dite monnaie de nickel. Le nickel non allié à d'autres métaux, est d'un travail difficile à cause de son point de fusion élevé et du grand dégagement de gaz qui a lieu à la coulée de ce métal ; et ce n'est que depuis 1880 que les hauts fourneaux peuvent produire ce métal en grand et de

## ALLIAGES DE NICKEL-CUIVRE

qualité appropriée pour sa mise en œuvre ultérieure. Son prix est d'ailleurs encore si élevé que si on voulait frapper de la monnaie divisionnaire (5 et 10 centimes) en nickel pur, on serait obligé de donner aux pièces un diamètre tel que l'usage en serait presque impossible (1).

Ainsi allie-t-on le nickel à une forte proportion de cuivre : par là on abaisse le point de fusion, on diminue le dégagement de gaz à la coulée et on obtient à un taux déterminé du billon de dimensions plus grandes et plus pratiques pour la circulation.

Bien que dans les monnaies la proportion du cuivre dépasse sensiblement celle du nickel, c'est bien de ce dernier que dépend la valeur monétaire réelle de l'alliage et la dénomination de monnaie de nickel est très rationnelle. Grâce au pouvoir colorant du nickel, ces monnaies possèdent, malgré la présence d'une forte proportion de cuivre, une coloration gris jaunâtre très tranchée, presque identique à celle du nickel et ne ressemblant en rien à celle du cuivre.

Les monnaies de nickel américaines, allemandes, belges et brésiliennes contiennent actuellement 25 0/0 de nickel contre 75 0/0 de cuivre. Celles des États-Unis frappées avant 1866 ne contenaient que 12 0/0 de nickel.

(1) Le prix du nickel est actuellement six fois celui du cuivre.



Les alliages de nickel-cuivre n'ont guères d'autres applications. Ils sont du reste très difficiles ; à travailler, même avec une teneur de cuivre élevée leur couleur est moins séduisante que celle du bronze, du laiton et du tombac, et leur prix est plus élevé. Ce sont là des raisons péremptoires pour exclure ces alliages de la fabrication des objets d'un usage courant.

#### 4. Matlehort, Argentan et similaires.

Les alliages de cette série contiennent comme éléments essentiels du nickel, du cuivre et du zinc et pourraient être considérés ainsi comme du laiton additionné de nickel ; le commerce leur donne les dénominations les plus variées. Déjà dès le siècle dernier on importait de Chine différents objets de métal blanc qu'on vendait, sous le nom de Packfong, à un prix très élevé. Les analyses qu'on en fit ultérieurement accusèrent la présence des trois métaux fondamentaux ci-dessus, et parfois un peu de fer (1). Cette dénomination de Packfong est encore employée de nos jours par certains fabricants européens. Mais comme le nickel n'est produit industriellement en Europe que depuis 1824,

(1) Engstroem a trouvé pour un vase chinois de Packfong les quantités suivantes : 15,2 % de nickel, 40,5 % de cuivre et 44,30 % de zinc. Fyfe pour un autre vase donne 30,8 % de nickel, 41 % de cuivre, 26,50 % de zinc et 2,70 % de Fer.



il ne fallait pas songer à une application en grand de ces alliages avant cette époque. Une circonstance qui a beaucoup contribué au perfectionnement de l'industrie du nickel, c'est le prix proposé en 1823 par la Société d'encouragement à l'industrie de Berlin pour la découverte d'un alliage ressemblant à l'argent et pouvant servir à la confection des cuillers, couverts, candélabres, etc., ne s'oxydant pas au contact des aliments ordinaires et d'un prix maximum de 1/6 du prix de l'argent au titre légal. Dès l'année suivante furent créés presque simultanément en Allemagne deux maisons pour fabrication spéciale de ce genre d'alliage, l'une par les frères Henninger à Berlin, l'autre par le D<sup>r</sup> Geisner à Schneeberg. Cette nouvelle branche d'industrie se développa presque simultanément en Autriche où existait déjà une fabrique de nickel dès 1824, ainsi qu'en France. Les négociants allemands donnèrent au nouvel alliage le nom de *Nouvel argent, argentan*, ceux d'Autriche le nom d'*Alpaka* et ceux de France *Maillechort*. Ce dernier mot provient du nom de leurs inventeurs (Maillet et Chorier). Cette dénomination fut également adoptée par certains industriels allemands (*melchior*.)

Lorsque la galvanoplastie se fut assez perfectionnée pour recevoir des applications industrielles, elle trouva dans le nouveau métal une matière qui se prêtait admirablement à ses applications ; sa grande

ressemblance avec l'argent le rendait d'autant plus précieux que son prix de revient était infiniment plus bas.

Ces objets en maillechort argenté reçurent à leur tour une nouvelle dénomination : en France le métal s'appela *Alphénide* (de Halphen, le premier industriel qui produisit ce métal).

L'Allemagne adopta ce nom concurremment avec celui d'*argent Chinois*.

Suivant les divers emplois spéciaux auxquels il est destiné et suivant le prix de vente des objets, la proportion des trois éléments de cet alliage varie considérablement. Le nickel donne à l'alliage sa couleur blanche en même temps qu'une plus grande résistance aux agents chimiques ; mais le prix en est aussi plus élevé. Plus l'alliage contient de nickel, plus il ressemble à l'argent, mais plus aussi l'alliage est cher et difficile à travailler ; à mesure que le nickel augmente, le point de fusion s'élève aussi ; la tendance à dégager des gaz à la coulée devient plus accentuée et le métal durcit considérablement. Selon l'emploi auquel ils sont destinés, les alliages de cette série doivent avoir un minimum de 12 0/0 de nickel et un maximum de 26 0/0.

Des trois métaux qui le composent, c'est le cuivre qui est le plus malléable. Si donc on veut obtenir un alliage dont les formes subissent une modification par



le laminage, l'estampage, etc., on a tout intérêt à augmenter la teneur en cuivre; mais il ne faut pas perdre de vue que cette augmentation est au détriment de la belle couleur blanche et que le métal devient plus jaune, et finalement brunâtre. La teneur en cuivre varie habituellement entre 50 à 60 0/0.

Le zinc est le moins cher des trois métaux : son addition a pour effet d'abaisser considérablement le point de fusion de l'alliage et de diminuer plus que le cuivre l'émission des gaz produits par le nickel au moment de la coulée. Il facilite ainsi l'opération de l'alliage et en diminue le prix de revient. Pour obtenir un alliage d'une grande fusibilité, il faut une quantité de zinc relativement considérable, mais on ne doit pas oublier que la malléabilité et la résistance aux agents chimiques en sont d'autant affaiblis. Généralement les proportions varient entre 20 et 40 0/0; dans les sortes les plus recherchées le zinc représente les 3/8 du poids du cuivre. Mais comme il y a toujours une perte de zinc par sa volatilisation pendant la fonte, il faut employer 3 1/2 parties de zinc pour 8 de cuivre.

Ci-contre quelques recettes d'alliages appropriés aux divers usages :

	60 p. cuivre	20 p. zinc	25 p. nickel
Maillechort blanc laminable, p. caillots et couverts.....	60	—	—
Maillechort jaunâtre.....	60	—	—
Maillechort très fusible, mais très cassant.....	60	—	—
Billon du Chili.....	70	—	—

Dans le commerce on trouve souvent des alliages d'une teneur de nickel bien inférieure aux doses ci-dessus. Cela provient de ce que le fabricant n'avait qu'un but : obtenir à plus bas prix, fût-ce au détriment de la solidité. Ce n'est plus à proprement parler qu'un laiton additionné d'un peu de nickel.

Pour que le maillechort soit de bonne qualité, il est essentiel que les matières employées soient très pures. Outre le cuivre dont la présence n'a pas grand inconvénient, le nickel du commerce contient souvent de l'arsenic qui donne de la friabilité à l'alliage, du fer dont la présence, quoique moins préjudiciable que celle de l'arsenic, n'en est pas moins un obstacle pour sa malléabilité.

La fusion s'effectue toujours au creuset, à une température élevée. Différents procédés sont préconisés pour la préparation du métal. Dans certaines fabriques on place au fond du creuset d'une capacité de 50 à 60 kg. une petite quantité de cuivre, on recouvre de zinc et de nickel, on continue l'opération dans le même ordre et on finit par une dernière couche de cuivre. Dans cette opération on ajoute la totalité du zinc mais à peu près la moitié seulement du cuivre et du nickel à employer. Les fragments métalliques doivent préalablement être réduits à la grosseur d'une noisette. La dernière couche de cuivre est recouverte d'une couche de poussière de charbon.



Le métal une fois en fusion, on brasse avec une tige de fer, puis peu à peu le reste du cuivre et du nickel sont additionnés au bain métallique jusqu'à dissolution complète. Avant de couler, on projette habituellement encore dans la masse en fusion un fragment de zinc dégourdi, opération qui rend l'alliage plus fluide et diminue les dégagements gazeux. Si le métal reste un temps relativement plus long à l'état fluide, l'alliage sera plus uniforme et plus ductile.

D'autres usines font d'abord fondre la totalité du cuivre et du nickel en y ajoutant les déchets de maillechort qu'elles peuvent avoir à leur disposition. Elles opèrent dans des creusets à couvercle, mais sans couche protectrice de charbon et ajoutent à la masse fondue le zinc préalablement dégourdi.

Les fabriques anglaises, pour obtenir un mélange plus homogène, fractionnent la fusion. Une première opération consiste à fondre ensemble la totalité du zinc et la moitié environ du cuivre, le métal fondu bien brassé est versé dans des moules très plats pour obtenir des plaques assez minces qui après refroidissement sont réduites en petits fragments. Une seconde opération consiste à allier le reste du cuivre avec la totalité du nickel. Les métaux étant fondus, on ajoute peu à peu les fragments de l'alliage cuivre-zinc précédemment préparé, en ayant soin de laisser la surface

du creuset constamment couverte de poussière de charbon, on chauffe et on brasse jusqu'à ce que l'alliage soit parfaitement homogène.

L'alliage fondu est coulé dans des moules en fonte très évasés de manière à fournir, soit des plaques assez minces ne donnant après laminage qu'une seule feuille de métal, soit des plaques assez fortes pour pouvoir être débitées à volonté par des lames de scie parallèles et actionnées par la vapeur ou une force hydraulique.

On préfère généralement cette seconde forme de plaques, car on a observé que les plaques épaisses sont moins sujettes à cristallisation et contiennent moins de soufflures (bulles gazeuses) que les plaques plus minces. La feuille antérieure comme la postérieure provenant de la plaque sciée sont généralement défectueuses : elles sont utilisées en ce cas dans la fonte suivante.

Les plaques fondues sont d'abord décapées, puis portées au laminoir qui les réduit à l'état de tôle de maillechort ; sous cette forme l'alliage est prêt à être utilisé pour la fabrication des objets.

Le maillechort est un peu plus dur et un peu moins malléable que le laiton de bonne qualité. Il se travaille à froid comme ce dernier, mais au cours du travail il faut le recuire plusieurs fois, de même, qu'en commençant l'opération, afin de lui restituer la malléabi-

lité qu'il perd très rapidement. Certains de ces sont aussi susceptibles d'être travaillés au sombre; mais à des températures trop élevées ils deviennent cassants et se brisent déjà sous l'action du marteau.

Le maillechort est plus résistant que le laiton et supporte, étiré à froid, une charge moyenne de 75k. par  $m/m^2$  (laiton 60k). Les fils recuits supportent 52k (le laiton 36k.)

Si le maillechort a besoin d'être brasé, et si la solidité de la brasure doit être exceptionnellement résistante, on emploie un métal fait de maillechort avec un excès de zinc (par exemple 4 de zinc contre 5 de maillechort) Plus le point de fusion du métal à braser est élevé, plus faible doit être l'addition de zinc, et plus solide sera la brasure.

Le maillechort normal composé de cuivre, nickel et zinc n'est pas très fusible, même si la teneur en zinc est assez élevée; d'un autre côté il perd en résistance et en dureté lorsque la proportion de zinc est trop forte.

On a donc pensé à ajouter à l'alliage, lorsqu'il est destiné à servir pour fabriquer des objets fondus, des métaux adjuvants destinés à augmenter la fusibilité sans nuire aux autres propriétés de la matière; ces alliages corrigés ainsi et qui n'étaient autre chose que du maillechort, ont été décorés des noms les plus



pompeux. Comme corps adjuvants, les plus usuels sont l'étain (1), le plomb, parfois le cadmium dont le prix élevé nous paraît cependant constituer un grand inconvénient, l'antimoine, de petites quantités d'argent et enfin tout récemment le cuivre phosphoreux ou manganéux.

Ainsi, un métal introduit dans le commerce par une maison anglaise, sous le titre ronflant d'*Argusïde*, de couleur blanche, très fusible, se composait d'après Imptner de

Cuivre	Nickel	Zinc	Plomb	Etain	Fer
55.78	13.41	23.20	3.54	4.03	traces

L'alliage dit *Argent de Paris*

Cuivre	Nickel	Zinc	Cadmium
69.90	19.80	5.08	4.70

L'alliage dit *Argent du Pérou; (l'Alpaka de Chine)* :

Cuivre	Zinc	Nickel	Argent	Fer
65.24	19.52	1300	2.05	0.12

(1) Autrefois déjà on avait essayé de préparer des alliages avec le cuivre, le nickel, le zinc et l'étain; mais par suite du haut prix de l'étain, ces alliages reviennent cher; ils sont aussi plus difficiles à travailler à froid que le maillechort. Ainsi, on avait recommandé pour coussinets un alliage de 50 0/0 cuivre, 25 0/0 étain, 25 0/0 nickel; pour d'autres articles destinés à être fondus, un alliage de 30 0/0 cuivre, 17 étain, 10 de nickel.

(Bischoff. Le Cuivre p. 372.)

MAILLECHORT, ARGENTAN ET SIMILAIRES

Comme maillechort très fusible, V. Schmid  
breveter un mélange de :

52 à 50 0/0 de cuivre.

16 à 15 0/0 de nickel

5 à 10 " Zinc

3 à 5 " Cuivre phosphoreux à 15 0/0 de phosphore.

1 à 5 " Manganèse.

Pour terminer cette série, citons les essais faits à l'effet de remplacer en tout ou en partie dans le maillechort le nickel par le manganèse et de former ainsi un genre d'alliage qui pourrait s'intituler *Maillechort manganéux*.

Déjà à l'époque où la fabrication du maillechort n'était qu'à l'état de naissance, on composait des alliages de ce genre en fondant au creuset du manganèse brut avec du cuivre en grenaille et du charbon. On obtenait ainsi du cuivre manganéux qui était fondu de nouveau avec du zinc. Ce genre d'alliages a été utilisé même jusqu'à présent pour faire concurrence au maillechort, mais l'emploi ne s'en est pas généralisé.

Comme le manganèse possède un pouvoir colorant assez intense, il peut former avec le cuivre et le zinc des alliages blancs aussi bien que le nickel ; mais pour obtenir la même intensité de ton, il faut une proportion de manganèse plus forte que de nickel. Des cuillers mises dans le commerce en 1826 par



la maison Zernecke, à Berlin, contenaient 57, p. 0/0 de cuivre, 19,1 de manganèse, 23,2 de zinc; mais le manganèse exempt de fer est coûteux et le prix d'un alliage de cette espèce absolument exempt de fer, est pour le moins aussi élevé que celui du maillechort à base de nickel. Mais depuis que la fonderie est arrivée à produire un alliage de fer et de manganèse renfermant jusqu'à 80 0/0, de ce dernier métal, l'industrie a cherché à tirer parti de ce fait pour produire un maillechort manganéux. C'est ainsi que certaines publications industrielles périodiques prétendaient en 1876 qu'un alliage de 40 0/0 de ferro-manganèse à 80 0/0 et 15 parties de zinc remplaçaient fort bien le maillechort.

Cette tentative n'a pas eu selon nous le succès qu'on attendait et n'a nullement fait diminuer l'emploi du maillechort à base de nickel. L'alliage au manganèse est probablement plus difficile à travailler et plus cassant; il est en outre moins résistant aux agents chimiques. Or, cette résistance du maillechort est une de ses qualités les plus appréciées.

### 5. Alliages d'or.

L'or est très malléable, mais il ne possède qu'une faible dureté et n'oppose par conséquent qu'une ré-

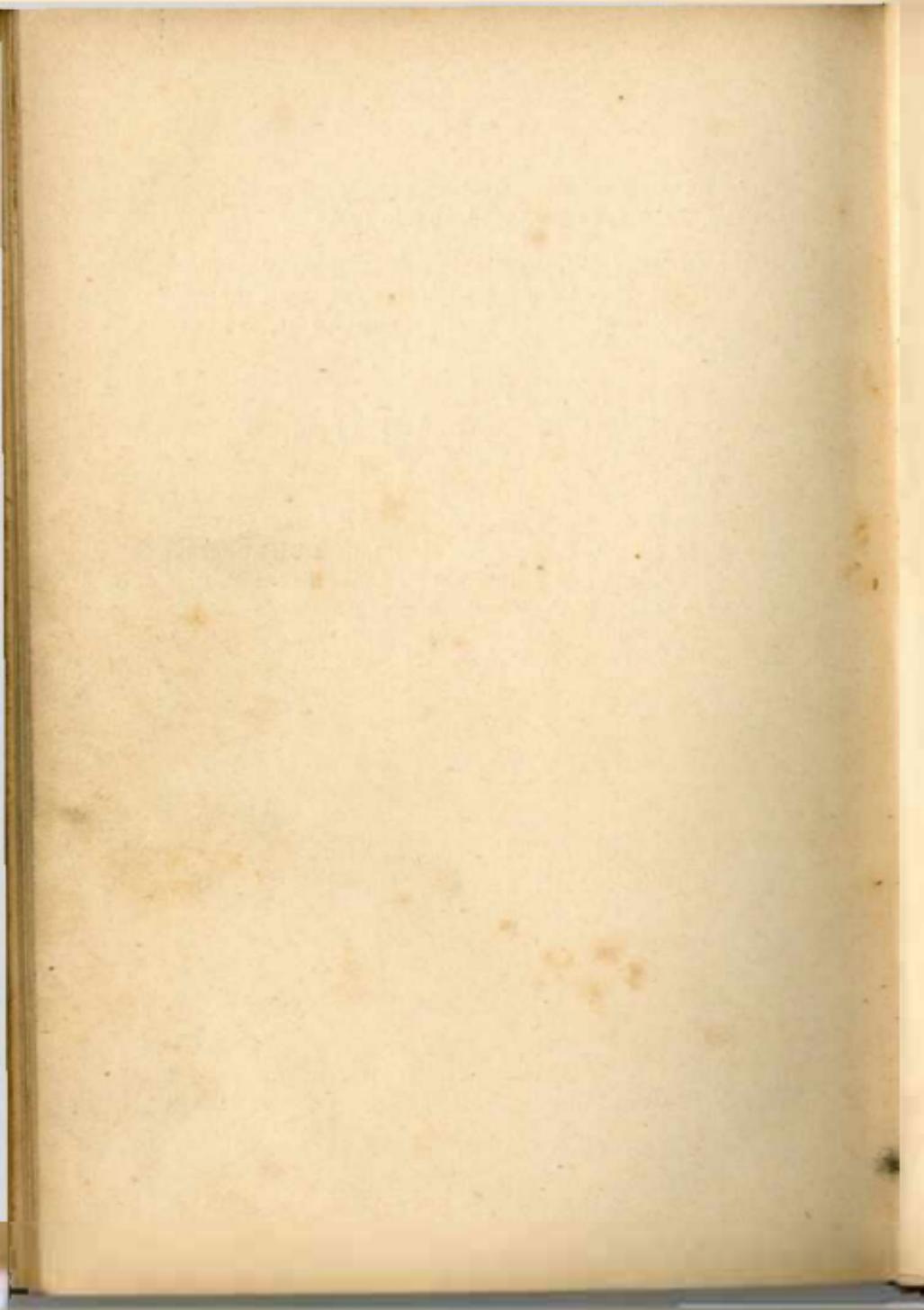
## ALLIAGES D'OR



sistance très faible aux influences mécaniques. son emploi à l'état de métal isolé est-il très rare. Pour augmenter sa durété, on l'allie à un autre métal; mais, si, comme c'est à peu près toujours le cas, ce nouveau métal a une valeur inférieure, il est naturel que l'alliage lui aussi perde de sa valeur intrinsèque. Ce fait a été souvent mis à profit par des industriels peu scrupuleux pour augmenter la teneur du métal adjuvant dans la préparation de l'alliage. Parfois aussi l'addition a pour but de modifier la couleur de l'or et de lui donner pour la fabrication des objets artistiques une coloration rouge orangé, ou jaune clair ou jaune verdâtre.

Le métal combiné le plus souvent avec l'or est le cuivre. Ce métal s'allie facilement en toute proportion avec l'or sans qu'il y ait liquation; il augmente sa durété et sa solidité à un degré considérable sans lui faire perdre sensiblement de sa malléabilité.

Toutes les monnaies d'or contemporaines sont des alliages d'or et de cuivre. La majeure partie, comme celles frappées en France, en Allemagne, aux États-Unis d'Amérique, renferment 90 parties d'or et 10 de cuivre; les souverains anglais contiennent  $1/12^e$  de cuivre pour  $11/12^e$  d'or: elles sont donc plus riches en or que les pièces des pays précédents. Les pièces d'or les plus riches en métal précieux sont les vieilles pièces autrichiennes et les ducats hongrois qui ont une



## TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

---

	Pages.
Acier chromé.....	163
Acier tungstène.....	27, 154, 162
Acier nikelé.....	154
Alpaka.....	123
Alphénide.....	124
Aluminium. — Son aptitude à l'alliage.....	
Aluminium (Alliages de l') 172, 178, 182, 183, 186, 189, 191, 195 203, 204, 202, 209	
Aluminium durci (Alliages d').....	204
Alliages cristallisés.....	52
Amalgames.....	163
Antimoine (Alliages d').....	152, 200
Argent. — Son aptitude à s'allier.....	1
Argent (Alliages d').....	138
Argent.....	138
Argenterie de table.....	139
Asherry (Métal d).....	153

### B

Babbit (Métal pour coussinets).....	152
Bismuth. — Son influence sur la malléabilité des métaux...	31
Blindages (Métal pour).....	191

	Pages.
Bronze d'aluminium. — Sa ténacité. — Sa préparation. —	
Ses propriétés .....	103, 127
Bronzes coulés (Composition métallique par la fabrication des)	172
Bronze-Cuivre-Aluminium .....	194
Bronze de silicium .....	174, 176
Bronze .....	60
— <b>Vient</b> .....	62
Liquation .....	64
Bronze chinois .....	85
Bronze japonais .....	85
Bronze pour statues .....	79
Bronze pour cloches .....	71, 124, 117
Bronze pour miroirs et réflecteurs .....	73
Exemples .....	77
Bronze d'art .....	74
Analyses de bronzes d'art .....	81, 82
Bronze des monnaies .....	87
Bronze pour machines .....	89
Exemples .....	97-98
Bronze phosphoreux .....	9
Exemples .....	96
Bronze manganésière .....	97
Bronze siliceux .....	101
Exemples .....	102
Bronze d'acier .....	102
Bronze de cobalt .....	108
Bronze nickelé .....	184
Brûleurs à gaz ou à pétrole (Métal pour) .....	204
Bulles gazeuses dans les métaux .....	20

## C

Caractères d'imprimerie (Métal pour) .....	157
Cadmium. — Son aptitude à s'allier .....	9
Cadmium et étain (Alliages de) .....	202
Canons (Métal pour) .....	119

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

217

Pages. **ULTIMHEAT**  
**VIRTUAL MUSEUM**

Chrysolite.....	100
Clivage (Alliages non magnétiques de).....	100
Coulée des métaux.....	166
Conductibilité des alliages.....	42
Couleur des alliages.....	48
Cristallisation.....	52
Cuivre. — Son aptitude à s'allier.....	8
Cuivre (Alliages de). — Leur malléabilité.....	30
Cuivre jaune.....	113
Cuivre phosphoré.....	160
Cuivre-Argent. — Liqutation.....	15
Résistance.....	24
Dureté.....	27
Malléabilité.....	31
Cuivre-Antimoine.....	186
Cuivre-Zinc. — Solidité.....	22
Dureté.....	27
Conductibilité.....	43
Couleur.....	50
Préparation et emploi.....	105
Cuivre-Étain. — Liqutation.....	14
Résistance.....	21
Dureté.....	26
Couleur.....	50
Cuivre-Platine.....	143
Cuivre-Plomb. — Liqutation.....	13
Cuivre poli.....	118
D	
Delta-Métal. — Sa résistance.....	24
Propriétés et composition.....	119
Densité des alliages.....	45
E	
Élasticité (Limite d') des alliages.....	25
Electrum.....	136

	Pages.
Étain (L'). — Son aptitude à s'allier.....	8
Étain (Alliages d').....	139
Étain-Zinc. — Liquation.....	13
Étain-Fer.....	194
Élamage des glaces.....	164

## F

Fer (Le). — Son aptitude à s'allier.....	8
Fer (Alliages du).....	161, 167, 187
Fer chromé.....	166
Fer tungsténé.....	166
Fer-Zinc.....	199
Ferro-Aluminium.....	185
Ferro-Bronze.....	192
Fourneau à cuve.....	54
Fourneau à réverbère.....	54
Fonte blanche.....	149
Fonte rouge.....	110, 116
Fonte jaune.....	108
Fusibilité des alliages.....	33

## G

Gong-gong.....	75
----------------	----

## I

Iridium.....	170
Iridium (Alliages d').....	145
Iridium-Platine.....	138

## L

Laiton (Liquation).....	14, 105
Laiton de Bristol.....	118
Liquation.....	19

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES



M

	Pages.
Maillechort.....	122
Analyses.....	125
Maillechort très fusible.....	131
Maillechort manganeux.....	131
Malléabilité des alliages.....	28
Mastic dentaire.....	165
Mercure (Alliages de).....	163
Métal blanc.....	149
Métal des princes.....	118
Métal anglais.....	153
Analyses.....	154
Magnolia (voir Métal antifriction).	
Malléabilité des alliages.....	28
Manganèse (Alliages de).....	167, 178
Mercure. — Son aptitude à s'allier.....	10
Mercure (Alliages de).....	163
Métal anglais.....	153
Métal Pierrot pour coussinets.....	156
Métal pour pivots (voir Coussinets).	
Métal des princes.....	118
Métal antifriction.....	168
Métal pour réflecteurs.....	76
Métal pour caractères d'imprimerie.....	157
Métaux pour coussinets.....	91, 113, 125, 145, 150, 152
Miroir magique.....	76
Monnaies d'argent.....	138
Monnaies de bronze.....	116

N

Nickel-Cuivre (Alliages de).....	120, 180, 204
Nickel (Monnaies de).....	124
Nickel-Étain.....	181
Nickel-Cuivre.....	210
Nickel-Cuivre-Zinc.....	198, 206, 207
Nickel-Fer.....	210

## O

	Pages.
Or (L'). — Son aptitude à l'alliage.....	8
Or (Alliages d').....	132
Or (Monnaies d').....	134
Or et Argent (Alliages d). — Liqutation.....	13
Or, Argent, Cuivre (Alliages d).....	23
Résistance.....	23
Or-Cuivre (Alliages d'). — Liqutation.....	13
Résistance.....	23
Dureté.....	27, 28
Malléabilité.....	32
Or et Palladium (Alliages d').....	135
Or-Platine.....	146
Oréide.....	118
Oxydabilité des métaux.....	56

## P

Packfong.....	122
Palladium (Alliages de).....	145
Pérou (Argent du).....	130
Pinchbeck.....	118
Platine. — Son aptitude à s'allier.....	9
Platine (Alliages de).....	143
Pour l'horlogerie.....	144
Platine-Argent.....	146
Platine-Argent aluminium.....	201
Platine-Etain.....	169
Plomb. — Son aptitude à s'allier.....	9
Plomb (Alliages de).....	133
Plomb arsenical.....	157
Plomb doux.....	155
Plomb durci.....	155
Exemples.....	156

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES



	Pages
Plomb-Etain. — Lignation.....	13
Dureté.....	28
Température de fusion.....	35
Son emploi.....	155
Plombéine.....	188
Potin.....	149
Préparation des alliages.....	18
Projectiles (Métal pour).....	191

R

Recuite.....	166
Résistance des alliages.....	19
Rhodum (Alliages de).....	170
Rose (Métal de).....	36
Ruthénium (Alliages de).....	170

Schakado.....	137
Schihovski.....	142
Silveroïde.....	169
Soudure (Métal pour).....	188
Soudure du Maillechort.....	139
Soudures de l'argent.....	142
Statues (Bronze pour). voir Bronze artistique.	

T

Talmigold.....	118
Tam-tams.....	75
Titane. — Silicium. — Aluminium.....	170
Température de fusion des alliages.....	34
Ténacité des alliages.....	28
Titre légal de l'or.....	135
Titre légal de l'argent.....	130
Tombac.....	115
Tungstène.....	162

## W

	Pages
Wond (Métal de) .....	38

## Z

Zinc (Le). — Son aptitude à s'allier .....	8
Zinc (Alliages de). — Exemples .....	157
Zinc pour coussinets (Alliages de). — Exemples .....	160
Zinc-Argent .....	199
Zinc-Antimoine-Plomb .....	191

---

Librairie générale scientifique et industrielle

**II. DESFORGES**

PARIS — 41, Quai des Grands-Augustins — PARIS

Excellentes conditions (livre postal contre Mandat  
ou remboursement sur Paris).

**PETITE ENCYCLOPÉDIE  
D'ÉLECTRICITÉ PRATIQUE**

PRÉPARÉE SOUS LA DIRECTION DE  
**M. G.-H. NIEWENGLOWSKI**

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris

Tout le monde peut aujourd'hui mettre à profit les multiples et merveilleuses applications de l'électricité. La petite *Encyclopédie pratique d'Électricité* que nous publions, se compose de six tomes illustrés d'un grand nombre de figures explicatives. L'amateur électricien y apprendra à construire la plupart des appareils, à entretenir les installations électriques; il y trouvera toutes les instructions pratiques nécessaires pour installer chez lui la lumière électrique, des sonneries, le téléphone, des allumeurs, pour faire de la galvanoplastie, de la dorure, argenture et mille expériences amusantes et instructives.

Prix de chaque volume broché : 1 fr. 50

LISTE DES VOLUMES :

- I. — **G. GEIGER** et **G. NAUDET**. — Générateurs d'électricité; piles, accumulateurs, dynamo; construction, entretien, usages. (Paris)
- II. — **G. GEIGER**. — Éclairage électrique domestique par piles, accumulateurs, dynamo. (Paris)
- III. — **G. GEIGER**. — Sonneries, téléphones, allumeurs; Éclairage électrique intermittent. (Paris)
- IV. — **G. GEIGER**. — Galvanisation et galvanoplastie; cuivrage, dorure, argenture, nickelage, platinage, etc. (Paris)
- V. — Expériences diverses; Machine électrostatique; Bobine de Ruhmkorff. (Paris)
- VI. — Formules et Recettes d'électricité. (Paris)

ELTIMHEAT  
VIRTUAL MUSEUM

— La Maison publie de la CA. Alogues de Livres d'occasion ! sur les Sciences en général ;  
sur la Photo, rajable ; 3 sur la Agriculture (prix de son faire la demande).