

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

Section de l'Ingénieur

MM.	MM.	MM.
Alain-Abadie.	Gassaud.	Margerie.
Alheilig.	Gautier (Armand).	Meyer (Ernest).
Armengaud jeune.	Gautier (Henri).	Michel-Lévy.
Arnaud.	Godard.	Minel (Pol).
Bassot (Colonel).	Gouilly.	Minet (Ad.).
Baume Pluvinel (de la).	Grouvelle (Jules).	Moëssard (Comm ^t).
Bérard (A.).	Guenez.	Moissan.
Bergeron (J.).	Guillaume (Ch.-Ed.).	Monnier.
Berthelot.	Guye (Ph.-A.).	Moreau (Aug.).
Bertin.	Guyou (Comm ^t).	Naudin (Laurent).
Billy (Ed. de).	Hatt.	Ouvrard.
Bloch (Fr.).	Hospitalier (E.).	Perrin.
Blondel.	Hubert (H.).	Perrotin.
Boire (Em.).	Hutin.	Picou (R.-V.).
Boucheron (II.).	Jacométy.	Poulet (J.).
Candlot.	Jean (Ferdinand).	Resal (J.).
Caspari.	Labouret (de).	Ricaud.
Charpy (G.).	Launay (de).	Rouché.
Clugnet.	Laurent (H.).	Sarrau.
Croneau.	Lavergne (Gérard).	Sauvage.
Damour.	Léauté (H.).	Schloësing fils (Th.).
Defforges (Comm ^t).	Le Chatelier (II.).	Schützenberger.
Delaforest.	Lecomte.	Seyrig (T.).
Dudebout.	Leloutre.	Sinigaglia.
Duquesnay.	Lenicque.	Sorel.
Durin.	Le Verrier.	Urbain.
Dwelshauvers-Dery.	Lindet (L.).	Vermand.
Etard.	Lippmann (G.).	Viaris (de).
Fourment.	Lumière (A. et L.).	Widmann.
Fribourg (Comm ^t).	Madamet (A.).	Witz (Aimé).
Frouin.	Magnier de la Source.	
Garnier.	Malher (P.).	

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE,

PUBLIÉE

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

Ce volume est une publication de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire; F. Lafargue, ancien élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général, 46, rue Joffroy (boulevard Malesherbes), Paris.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE.

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

ESSAIS
D'OR ET D'ARGENT

PAR

II. GAUTIER,

Professeur agrégé à l'École de Pharmacie
de Paris.

PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 55

G. MASSON, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

INTRODUCTION

Ce volume, comme son titre l'indique, a pour objet l'étude de la partie de l'analyse chimique relative à la détermination qualitative et quantitative des alliages que forment les métaux précieux, en particulier l'or et l'argent, avec un métal commun, le cuivre.

Pour aborder utilement cette étude, il est nécessaire de connaître les principales propriétés physiques et chimiques de ces métaux soit isolés soit alliés les uns aux autres. C'est pour cette raison que nous ferons précéder la description des méthodes analytiques d'un exposé sommaire des propriétés des quatre métaux (cuivre, argent, or, platine) que l'on rencontre presque exclusivement dans les alliages d'or et d'argent; nous y joindrons le plomb et le mercure, le premier parce qu'il joue un rôle important dans les essais

par coupellation, le second parce que, étant employé pour l'extraction des métaux précieux, ceux-ci peuvent en retenir de petites quantités lesquelles nécessitent alors des modifications dans les méthodes d'essais. Nous nous occuperons ensuite des principaux alliages des métaux précieux, au point de vue de leurs propriétés chimiques et de leur composition légale.

Puis, arrivant à la partie pratique des essais, nous commencerons par décrire les procédés dont l'essayeur dispose pour s'assurer de la pureté des réactifs qu'il emploie et ceux auxquels il devra recourir pour les amener à cet état s'il ne peut se les procurer purs dans le commerce. Après avoir dit quelques mots des appareils utilisés, nous décrirons avec détails les principales méthodes d'essais et nous terminerons en indiquant les procédés d'affinage des métaux précieux.

PARTIE THÉORIQUE

ET

GÉNÉRALITÉS LÉGALES

CHAPITRE PREMIER

MÉTAUX

PLOMB

1. — Le plomb se rencontre dans la nature surtout en combinaison avec le soufre. Ce sulfure de plomb est désigné par les minéralogistes sous le nom de *galène* ; c'est le minerai qui sert presque exclusivement à l'extraction de ce métal.

2. — **Propriétés physiques.** — Par l'ensemble de ses propriétés le plomb est un métal qui se distingue nettement des autres et, par suite, est facile à reconnaître. Il est d'un gris bleuâtre, très brillant quand sa surface vient d'être mise à nu

par un outil tranchant, mais il se ternit rapidement à l'air. C'est un métal très mou : on peut le ployer facilement, il est rayé par l'ongle et laisse une trace grise quand on le frotte sur le papier. Il n'a pas de sonorité.

La densité du plomb est assez considérable, elle est égale à 11,35 quand il est tout à fait pur mais peut s'élever jusqu'à 11,45 pour le plomb du commerce. Il fond à 327° et se volatilise d'une manière sensible à une température élevée surtout dans un courant de gaz inerte.

Le plomb est assez malléable ; il l'est plus que le zinc et le fer mais il est moins ductile que ces derniers en raison de sa faible ténacité.

Enfin, il est assez mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité.

3. — Propriétés chimiques. — La plupart des métalloïdes se combinent directement avec le plomb, mais il n'y a guère que l'action de l'oxygène qui nous intéresse ici.

Quand le plomb est exposé à froid à l'air il se ternit par suite d'une oxydation superficielle ; si l'on fait intervenir la chaleur, le métal, un peu au-dessus de sa température de fusion, se recouvre d'une pellicule irisée qui se transforme bientôt en une poudre jaunâtre d'oxyde de plomb : c'est le *massicot* ; en élevant davantage la tem-

pérature, l'oxyde formé subit la fusion, le bain métallique semble recouvert de gouttelettes huileuses qui se déplacent rapidement à sa surface et par refroidissement se prennent en lamelles cristallines dont la couleur varie du rouge au jaune. Cet oxyde fondu est désigné dans le commerce sous le nom de *litharge*. L'oxydation du plomb ou sa transformation en litharge dégage une très grande quantité de chaleur; ce fait nous permettra de nous rendre compte de certains phénomènes que l'on observe dans les essais par voie sèche.

Les acides chlorhydrique et sulfurique attaquent peu le plomb; l'acide azotique le transforme en azotate.

4. — Usages. — A l'état libre et en raison de sa mollesse il est surtout employé à la fabrication des tuyaux utilisés pour les conduites d'eau et de gaz. Il entre dans la composition d'un certain nombre d'alliages.

La soudure des plombiers est un alliage de 1^{re} d'étain et de 2^{de} de plomb; ce dernier, très mou par lui-même, possède la propriété d'augmenter la dureté de l'étain.

La poterie d'étain est fabriquée avec de l'étain allié toujours au moins à 1/10 de plomb.

Les caractères d'imprimerie sont formés avec un alliage de plomb et d'antimoine.

5. — Caractères analytiques des sels de plomb. — Les sels de plomb dont l'acide n'est pas coloré sont incolores.

Potasse et soude. — Précipité blanc d'hydrate de plomb, soluble dans un excès de réactif.

Acide sulfhydrique et sulfures alcalins. — Précipité noir. (En présence d'acide chlorhydrique le précipité peut être rougâtre.)

Acide chlorhydrique et chlorures solubles. — Précipité blanc de chlorure de plomb si la liqueur n'est pas trop étendue; ce précipité est soluble dans l'eau bouillante.

Acide sulfurique et sulfates solubles. — Précipité blanc de sulfate de plomb.

Iodure de potassium. — Précipité jaune soluble dans un grand excès de réactif.

L'étain, le fer, le zinc précipitent le plomb de ses dissolutions à l'état métallique.

CUIVRE

6. — Le cuivre libre se trouve en petites quantités dans certains endroits mais le plus souvent il est combiné au soufre et à l'arsenic (*cuivre gris*) et simultanément au sulfure de fer (*pyrites*)

cuivreuses) ; ce sont là les deux principaux minerais de cuivre.

7. — Propriétés physiques. — Le cuivre possède une belle couleur rouge caractéristique ; sa dureté est relativement faible, aussi est-il rayé par un grand nombre de corps. Frotté avec les doigts, surtout humides, il leur communique une odeur assez désagréable.

La densité du cuivre est un peu plus forte que celle de la plupart des métaux usuels (fer, étain, zinc). Après simple fusion elle est de 8,85 ; par le laminage elle peut atteindre 8,95. Il fond vers 1050° et, à une température élevée, émet des vapeurs qui communiquent à la flamme une belle couleur verte, mais le poids de métal ainsi volatilisé est toujours assez faible pour que dans les applications on puisse regarder le cuivre comme un métal fixe.

Le cuivre est très malléable et très ductile ; après le fer, c'est le plus tenace de tous les métaux.

Il est bon conducteur de la chaleur et de l'électricité d'où son emploi pour la fabrication d'appareils distillatoires, de fils conducteurs de l'électricité, etc..

Des quantités assez faibles de certains métal-

loïdes et métaux modifient notablement toutes ces propriétés physiques.

8. — Propriétés chimiques. — Comme le plomb, il s'unit directement à la plupart des métalloïdes.

A froid et dans l'oxygène sec il se conserve sans altération, mais dans l'air humide il se recouvre, au bout d'un temps en général assez long, d'un enduit vert d'hydrocarbonate basique désigné quelquefois sous le nom de *vert-de-gris* et qui constitue la *patine* des bronzes anciens. A une température un peu inférieure au rouge il prend une couleur rouge violacée due à la formation d'oxyde cuivreux qui, à une température plus élevée, se change en oxyde cuivrique avec une couleur noire.

Les acides chlorhydrique et sulfurique ne l'attaquent pas sensiblement à froid ; ce dernier à chaud se trouve réduit, il se dégage de l'acide sulfureux et il se forme du sulfate de cuivre.

L'acide azotique étendu réagit sur le métal à la température ordinaire, on obtient de l'azotate de cuivre et du bioxyde d'azote. En présence de l'oxygène atmosphérique les acides organiques le dissolvent rapidement.

9. — Usages. — Nous les avons signalés à propos de sa conductibilité pour la chaleur et l'élec-

tricité. Il entre en outre dans la composition d'un grand nombre d'alliages : *laiton* ou *cuivre jaune* (cuivre et zinc); *bronze* (cuivre et étain); *bronze d'aluminium* (cuivre et aluminium); *maillechort* (cuivre, zinc et nickel); *similar* (cuivre et zinc); *alliages monétaires* (cuivre et argent ; cuivre et or).

10. — Caractères analytiques des sels de cuivre. — Les sels de cuivre sont bleus ou verts.

Potasse et soude. — Précipité bleu d'hydrate de cuivre devenant noir quand on porte le liquide à l'ébullition.

Ammoniaque. — Précipité bleu très soluble dans un excès de réactif. La dissolution d'un beau bleu, plus foncée que le sel employé, porte le nom d'*eau céleste*.

Acide sulfhydrique et sulfures solubles. — Précipité noir insoluble dans un excès de réactif.

Ferrocyanure de potassium. — Précipité brun-marron, même en liqueur très étendue.

Le *fer* et le *zinc* précipitent le cuivre de ses dissolutions.

MERCURE

10. — Le mercure est un des métaux les plus anciennement connus et déjà dans l'antiquité on l'utilisait comme on le fait encore aujourd'hui pour l'extraction de l'or et pour la dorure du cuivre et de l'argent. On le rencontre dans la nature soit à l'état natif, soit à l'état de sulfure ou *cinabre*, d'où on l'extrait facilement.

11. — **Propriétés physiques.** — A la température ordinaire, le mercure est liquide et possède un bel éclat, d'où le nom de *vif argent* sous lequel il a été longtemps désigné. Il ne mouille pas les corps solides à moins qu'il ne soit susceptible de se combiner avec eux ; c'est à cette propriété qu'il faut attribuer la forme sphérique des gouttelettes de ce métal *pur* répandues sur un plan de verre ou de marbre. La présence de métaux étrangers, même en quantités très faibles, modifie cette propriété, les gouttelettes s'allongent, elles adhèrent au verre : on dit que le mercure fait la *queue*. Il dissout tous les métaux à l'exception du fer et du platine.

La densité du mercure à 0° est 13,60. Il se solidifie à — 39°,5 et entre en ébullition à 350°

en donnant une vapeur incolore ; à la température ordinaire, il émet déjà des vapeurs.

12. — Propriétés chimiques. — Le mercure est peu altérable à la température ambiante par l'oxygène de l'air ; à l'ébullition il se recouvre de particules rouges d'oxyde de mercure (précipité *per se*) qui se décompose à une température un peu supérieure à celle à laquelle il a pris naissance.

Les acides étendus n'ont pas d'action sur lui ; l'acide sulfurique concentré le change, sous l'action de la chaleur, en sulfate de mercure et il se dégage de l'acide sulfureux ; de même, l'acide azotique donne de l'azotate de mercure et du bioxyde d'azote.

13. — Usages. — Indépendamment de l'usage que l'on fait de ce métal pour la construction des baromètres et des thermomètres, on en consomme de grandes quantités pour l'extraction de l'or et de l'argent qu'il dissout en formant des alliages ou *amalgames* (1) ; l'amalgame d'or est aussi employé pour la dorure (dorure au mercure). En soumettant les amalgames à l'action de la chaleur le mercure se volatilise et le métal

(1) C'est le nom générique de tous les alliages contenant du mercure.

précieux, (or ou argent) est obtenu comme résidu. Ces métaux peuvent alors retenir une petite quantité de mercure et nous verrons que c'est là une circonstance qui peut fausser les résultats dans les essais d'argent.

14. — Caractères analytiques des sels de mercure. — Les sels de mercure forment deux séries distinctes : les sels au *minimum* ou sels *mercureux*, correspondant à l'oxyde Hg^2O et les sels au *maximum* ou sels *mercuriques*, correspondant à l'oxyde HgO .

SELS MERCUREUX

Potasse, soude, ammoniaque. — Précipité noir.

Acide sulfhydrique et sulfures solubles. — Précipité noir.

Acide chlorhydrique et chlorures solubles. — Précipité blanc, soluble dans l'eau de chlore et noircissant par l'ammoniaque.

SELS MERCURIQUES

Potasse et soude. — Précipité jaune.

Acide sulfhydrique. — Précipité d'abord blanc sale qui devient complètement noir dans un excès de réactif.

Acide chlorhydrique et chlorures solubles. — Pas de précipité.

Iodure de potassium. — Précipité rouge soluble dans un excès de réactif.

Une lame de *cuivre* plongée dans un sel mercurieux ou mercurique se recouvre bientôt d'un dépôt de mercure qui prend un beau poli par le frottement et disparaît sous l'action de la chaleur.

ARGENT

15. — On trouve dans le sol de l'argent non combiné ou natif, cependant la majeure partie de ce métal provient des *minerais noirs*, combinaison d'argent avec le soufre, l'arsenic et l'antimoine.

16. — **Propriétés physiques.** — C'est un métal d'un beau blanc tirant légèrement sur le jaune; celui qu'on obtient par précipitation d'un de ses sels (lame de cuivre dans le sulfate d'argent), se présente sous forme d'une poussière grisâtre sans éclat. A l'état de pureté il est susceptible de prendre un beau poli, à un degré moindre cependant, que s'il est allié avec le cuivre. Sa dureté est comprise entre celles de l'or et du cuivre.

La densité de l'argent fondu est égale à 10,51, elle augmente par l'écroutissage. Il fond à 934° et se volatilise au rouge vif en donnant une vapeur verte. Cette volatilisation devient très sensible dans un courant gazeux ou en présence d'un métal plus volatil comme le plomb ou le zinc ; c'est une propriété qu'il ne faut pas perdre de vue dans les essais d'argent.

Après l'or, c'est le plus malléable de tous les métaux : par le battage on peut obtenir des feuilles d'argent d'une épaisseur moindre que $\frac{3}{1000}$ de millimètre ; à cet état, le métal devient légèrement translucide et laisse passer une lumière violette complémentaire de la couleur jaune de l'argent vu par réflexion. Par sa ductilité, il occupe le même rang que pour la malléabilité. Enfin, par sa ténacité, il est intermédiaire entre le cuivre et l'or.

Il est très bon conducteur de la chaleur et de l'électricité.

17. — **Rochage.** — Lorsque l'argent a été amené à l'état liquide par fusion, il possède la curieuse propriété de dissoudre jusqu'à 22 fois son volume d'oxygène sans s'y combiner et de laisser dégager ce gaz en se solidifiant. Seulement, si le refroidissement du métal a lieu d'une manière brusque, il se forme à l'extérieur une

couche mince d'argent que l'oxygène emprisonné au-dessous va percer en donnant lieu souvent à des projections de métal et, en tout cas, à une sorte de *végétation* au-dessus de la masse solide : on dit que l'argent a *roché*. Le phénomène du rochage a été signalé et expliqué pour la première fois par Samuel Lucas, essayeur à la Monnaie de Londres et étudié ensuite par Gay-Lussac et Levol. Le rochage ne s'observe qu'avec de l'argent tout à fait pur, la présence de métaux étrangers, du cuivre en particulier, l'empêchent complètement. Ce sont là des faits très importants sur lesquels nous aurons à revenir quand nous nous occuperons des essais par voie sèche.

18. — Propriétés chimiques. — Tous les métalloïdes à l'exception de l'oxygène, dans les conditions ordinaires, et de l'azote, sont susceptibles de se combiner directement avec l'argent.

L'eau et l'acide sulfhydrique *pur et sec* sont sans action sur l'argent ; en présence de l'air humide, ce dernier noircit le métal en le transformant en sulfure. Si l'argent n'est recouvert que d'une couche très mince de ce sulfure, il prend une teinte grise particulière et est alors improprement désigné sous le nom d'*argent oxydé*.

L'acide chlorhydrique ne l'attaque qu'à la surface, car il se forme bientôt une couche de chlorure d'argent insoluble qui préserve le métal d'une action ultérieure de l'acide.

L'argent est attaqué à chaud par l'acide sulfurique concentré, c'est une réaction tout à fait semblable à celles que donnent, dans les mêmes conditions, le plomb et le cuivre, il se forme du sulfate d'argent et l'acide sulfureux se dégage. Cette réaction est utilisée pour la séparation du cuivre, de l'argent et de l'or, opération qui porte le nom d'*affinage* des métaux précieux.

L'acide azotique réagit sur l'argent qu'il transforme en azotate (préparation de l'azotate d'argent) avec dégagement de bioxyde d'azote.

Les alcalis, même fondus, sont sans action sur l'argent, de là l'emploi de vases de ce métal pour la fusion de ces substances.

19. — Usages. — L'argent est peu employé à l'état de pureté, parce que c'est un métal trop mou qui se déformerait et s'userait d'une manière très rapide par le frottement, mais, en l'alliant au cuivre, on lui communique une certaine dureté qui permet alors de l'utiliser à la fabrication des monnaies, des bijoux et des pièces d'orfèvrerie. Ces alliages de cuivre et d'ar-

gent sont les seuls importants et nous leur consacrerons plus loin un paragraphe spécial.

20. — Caractères analytiques des sels d'argent. — Quand l'acide qui les forme est incolore, les sels d'argent le sont aussi.

Potasse et soude. — Précipité brun d'oxyde d'argent.

Ammoniaque. — Précipité brun, très soluble dans un excès de réactif.

Acide sulfhydrique et sulfures solubles. — Précipité noir insoluble dans un excès de réactif.

Acide chlorhydrique et chlorures solubles. — Précipité blanc caillé très soluble dans l'ammoniaque, l'hyposulfite de soude et le cyanure de potassium.

Des lames de *fer* ou de *cuivre* précipitent l'argent de ses dissolutions sous forme de poussière grisâtre.

OR

21. — L'or se rencontre dans la nature presque toujours à l'état natif. Quelquefois il se présente en cristaux appartenant au système régulier, mais le plus souvent il affecte la forme de grains irréguliers pouvant atteindre une certaine grosseur et désignés alors sous le nom de *pépites*.

Cet or natif est rarement pur, il est allié à d'autres métaux tels que le cuivre, le fer, l'argent ; quand la proportion de ce dernier est comprise entre 16 et 36 pour 100 l'alliage natif est désigné sous le nom d'*electrum*. En raison de son existence à l'état natif avec son inaltérabilité et son éclat caractéristique, l'or a été considéré depuis les temps les plus reculés comme une matière précieuse et regardé comme le *Roi des métaux*.

22. — Propriétés physiques. — L'or pur est doué d'un bel éclat et possède une couleur jaune tirant un peu sur le rouge. C'est un métal assez mou : il l'est plus que l'argent.

La densité de l'or fondu est 19,26 et s'élève à 19,36 par le laminage. Il fond vers 1250° et présente alors une couleur verte. A une température excessivement élevée, il est susceptible d'émettre des vapeurs, mais toujours en quantités assez faibles pour qu'on puisse le considérer comme fixe aux plus hautes températures de nos fourneaux.

C'est le plus malléable et le plus ductile de tous les métaux. Il peut être transformé en feuilles n'ayant que $\frac{1}{12000}$ de millimètre d'épaisseur et qui sont assez translucides pour laisser passer une lumière verte complémentaire de la couleur rouge de l'or vu par réflexion. Ces trois

propriétés sont profondément modifiées par la présence de traces de substances étrangères.

L'or est bon conducteur de la chaleur et de l'électricité.

Ce métal est susceptible de se souder à lui-même, sans fusion préalable : ainsi l'or pulvérent et de couleur brune, obtenu par précipitation du chlorure aurique au moyen du sulfate ferreux ou de l'acide oxalique, prend l'éclat métallique sous l'action du brunissoir et se transforme en une masse cohérente sous une forte pression.

23. — Propriétés chimiques. — L'or est un des métaux les plus inaltérables : l'oxygène (même ozonisé), l'eau, les acides azotique, chlorhydrique, sulfurique, sont sans action sur lui à toute température.

Cependant le chlore et le brome s'unissent à lui à la température ambiante pour le transformer en chlorure ou bromure ; il en est de même de l'eau régale (mélange d'acides azotique et chlorhydrique) qui donne du chlorure aurique.

A chaud, le phosphore, l'arsenic, l'antimoine, l'azotate de potasse fondu, les alcalis au contact de l'air l'attaquent assez rapidement.

Enfin le mélange d'acides sulfurique et azotique concentrés le dissout à chaud, mais sans qu'il y ait formation d'un composé, car l'or se précipite

quand on ajoute au liquide une certaine quantité d'eau.

24. — Usages. — L'or pur, comme l'argent et pour les mêmes raisons, a peu d'emplois : on ne l'utilise guère à cet état, et alors sous forme pulvérulente, que pour la décoration de la porcelaine ou pour communiquer au verre une belle couleur rouge. Par l'addition à l'or d'une certaine quantité de cuivre on lui fait acquérir de la dureté : ce sont ces alliages que l'on emploie pour la bijouterie et l'orfèvrerie.

25. — Caractères analytiques des sels d'or. — Le chlorure aurique est à peu près le seul sel d'or auquel on puisse avoir affaire dans l'analyse. Il présente les propriétés suivantes :

La dissolution est jaune et tache la peau en brun violacé.

Potasse. — Précipité brun soluble dans un excès de réactif.

Ammoniaque. — Précipité jaune ⁽¹⁾ (*or fulminant.*)

Acide sulfhydrique. — Précipité noir, soluble dans le sulfhydrate d'ammoniaque.

Sulfate ferreux, acide arsénieux, acide oxa-

(1) Ce composé détone quand on le chauffe vers 140° et son maniement est assez dangereux.

lique. — Réduction de l'or à l'état métallique; la chaleur favorise la réaction.

PLATINE

26. — Le platine se trouve en grains ou en pépites comme l'or et dans les mêmes terrains que lui; ce platine natif est aussi allié à différents métaux tels que le fer ou à des métaux rares : palladium, iridium, etc., (métaux de la mine du platine).

27. — Propriétés physiques. — Le platine possède une assez belle couleur blanche, intermédiaire entre celles de l'argent et de l'étain. Il est aussi mou que l'or et l'argent.

La densité du platine est encore plus considérable que celle de l'or, elle est de 21,45 pour le métal fondu. Le platine est infusible aux plus hautes températures que nous puissions produire dans nos fourneaux, mais on le fond dans des creusets en chaux à l'aide du chalumeau à gaz oxygène et hydrogène; la température nécessaire pour cette fusion est évaluée à 1775° et le métal se volatilise alors d'une manière sensible.

Sa malléabilité et sa ductilité sont moindres que celles de l'or et de l'argent. Sa ténacité est

au contraire supérieure à la leur mais moindre cependant que celle du fer.

Ce métal, de même que l'or, peut se souder à lui-même sans qu'il y ait fusion de la masse : ainsi le platine, obtenu par calcination au rouge du chloroplatinate d'ammoniaque et désigné sous le nom de *mousse* ou d'*éponge de platine*, chauffé au rouge blanc puis martelé sur un tas d'acier prend l'éclat métallique : c'est un procédé qui a été longtemps suivi dans la fabrication des ustensiles en platine avant qu'on ait pu réaliser sa fusion.

28. — Propriétés chimiques. — Il se rapproche beaucoup de l'or par sa résistance à la plupart des réactifs chimiques. Il est inaltérable à toute température par l'air, l'eau et les différents acides isolés.

Il est attaqué par le phosphore, l'arsenic et s'allie très facilement avec un grand nombre de métaux (argent, plomb, zinc, étain).

L'eau régale le dissout et le transforme en chlorure de platine.

Ce métal qui, à l'état de pureté, résiste à l'action de l'acide azotique, devient partiellement attaquant par cet acide lorsqu'il a été allié à une certaine quantité d'argent : c'est une propriété dont il faut tenir compte dans l'analyse

des alliages qui renferment ces deux métaux.

Enfin, les alcalis au contact de l'air, de même que l'azotate de potasse, l'attaquent rapidement.

29. — Usages. — Le platine n'est guère employé à l'état de pureté parce qu'il est trop mou ; on lui donne de la dureté en l'alliant à 5 parties de cuivre pour 95 de métal. C'est cet alliage qui constitue le platine dur du commerce et qui est utilisé pour la bijouterie et la confection d'un grand nombre d'ustensiles de laboratoire.

30. — Caractères analytiques des sels de platine. — On a presque toujours affaire au chlorure platinique dont la dissolution est rouge jaunâtre.

Acide sulfhydrique. — Précipité brun soluble dans le sulfhydrate d'ammoniaque.

Chlorure de potassium et chlorhydrate d'ammoniaque. — Précipité jaune cristallin de chloroplatinate de potassium ou d'ammoniaque, se formant immédiatement dans les liqueurs concentrées, plus lentement dans celles qui sont étendues ; l'addition d'une petite quantité d'alcool en diminuant la solubilité du sel double favorise la formation du précipité.

CHAPITRE II

ALLIAGES MONÉTAIRES ET D'ORFÈVRERIE

ALLIAGES DE CUIVRE ET D'ARGENT

31. — Nous avons dit que l'argent pur est rarement utilisé à cet état parce qu'il est trop mou; depuis une époque relativement peu éloignée, on a eu l'idée de l'allier au cuivre pour lui donner de la dureté ⁽¹⁾.

La valeur de l'argent étant très grande par rapport à celle du cuivre, l'Etat a dû régler la composition des alliages de ces deux métaux utilisés pour la fabrication des monnaies,

⁽¹⁾ Cette addition de cuivre aux métaux précieux fut d'abord pratiquée dans le but frauduleux de substituer aux monnaies d'or ou d'argent purs des pièces de mêmes dimensions mais de moindre valeur. Quand la fraude fut connue, on s'aperçut que ces pièces résistaient beaucoup mieux à l'usure que celles en métal pur, et c'est de là que date l'emploi des alliages de cuivre et de métal précieux. Ces alliages présentent en outre l'avantage d'être plus fusibles que les métaux purs et se travaillent par suite plus facilement.

de la bijouterie et de l'orfèvrerie. Le *titre* de ces alliages, c'est-à-dire le rapport du poids de *fin* ou métal précieux pur au poids total de l'alliage, varie avec l'usage auquel il est destiné. Nous indiquerons les titres des alliages monétaires d'argent en même temps que ceux relatifs aux alliages d'or à propos du système monétaire français et nous ne nous occuperons maintenant que des titres d'alliages employés en bijouterie et en orfèvrerie.

32. — La loi (1) a fixé à 950 millièmes le titre des alliages d'argent destinés à la fabrication de la vaisselle et de l'argenterie. Cet alliage est plus riche en argent que l'alliage monétaire ; il en résulte qu'il est moins oxydable. Il présente d'ailleurs à peu près la même dureté que ce dernier. Les objets fabriqués avec cet alliage sont souvent dits *au premier titre*.

Pour la bijouterie, ou, comme l'on dit souvent, pour la *petite bijouterie*, la loi a créé un autre titre, celui de 800 millièmes : c'est le *second titre*. Cet alliage a beaucoup moins d'éclat que le précédent ; il est aussi bien plus facilement attaquant et les objets qui en sont formés peuvent présenter des taches de *vert-de-gris* (hydro-

(1) Loi de brumaire an VI, art. 4.

carbonate de cuivre). Pour ce motif, l'argent de premier titre doit être *exclusivement* employé pour la vaisselle ou l'argenterie.

Pour une raison que nous indiquerons un peu plus loin, il est très difficile, si ce n'est impossible, d'obtenir un alliage de cuivre et d'argent parfaitement homogène et d'une composition rigoureusement déterminée, de sorte que la loi a dû admettre une *tolérance* qui, pour les alliages à 950 et à 800 millièmes, est de 5 millièmes en moins. Les bijoutiers sont donc dans leur droit en vendant comme au premier titre des objets ne renfermant que 945 millièmes d'argent fin.

Les deux alliages précédents sont les seuls qui puissent être employés pour la fabrication des objets destinés à être vendus en France (1). Une loi récente (25 janvier 1884) autorise cependant l'emploi d'alliages à tous titres pour la bijouterie et l'orfèvrerie mais à la condition que les objets qui en seront formés soient exclusivement destinés à l'exportation.

Ces alliages à bas titre ont naturellement une

(1) La loi n'interdit pas l'emploi des alliages de titre quelconque supérieur à 800, mais un alliage à 850 millièmes étant regardé comme au second titre et ne pouvant être vendu que comme tel, il est bien évident que les fabricants n'ont pas intérêt à l'employer.)

couleur moins belle et ne prennent pas le même poli que ceux à 950 et même à 800 millièmes de sorte que les fabricants, pour en faciliter la vente, ont pris l'habitude de les *blanchir*. Cette opération du blanchiment consiste à chauffer d'abord l'objet au rouge sombre puis à le traiter par une solution étendue d'acide sulfurique additionné de quelques gouttes d'acide acétique : ce liquide dissout le cuivre à la surface sans attaquer d'une manière sensible l'argent qui reste avec sa belle couleur blanche. C'est là un fait qu'il faut connaître et qui empêche d'évaluer, même d'une manière très approximative, le titre d'un objet d'argent d'après sa couleur et son éclat.

33. — Liquation. — Quand on maintient un alliage à une température un peu inférieure à celle de sa fusion, il arrive souvent qu'il se sépare de la masse une combinaison métallique, en proportions définies, fusible à la température considérée : si le récipient est convenablement disposé, ce nouvel alliage s'écoule en abandonnant à la partie supérieure une carcasse métallique moins fusible ; dans le cas contraire, la forme extérieure de l'alliage se trouve conservée, mais il cesse d'être homogène et l'analyse montre qu'il ne possède plus la même composition dans toutes ses parties. Ce phénomène particulier a reçu le

nom de *liquation* ; il s'observe dans tous les alliages, d'une manière plus ou moins accentuée. Les alliages contenant de l'antimoine, de l'étain ou du bismuth sont ceux pour lesquels le phénomène est le plus marqué et il est aussi très sensible pour ceux de cuivre et d'argent.

Des expériences faites en 1824 au laboratoire des essais de France, il résulte que les matières à *bas* titre sont *moins* riches au centre des lingots qu'à la périphérie et que, au contraire, celles à titre *élevé* sont *plus* riches au centre qu'à l'extérieur.

On doit à Levol une série de recherches sur la composition que présentent en différents points les alliages de cuivre et d'argent ; nous avons réuni dans le tableau ci-dessous quelques-uns des nombres cités dans son Mémoire :

Titre de l'alliage	Titre du centre	Titre de la périphérie	Différence extrême
631.92	619.00	634.00	15.00
672.90	671.80	673.75	1.95
773.15	783.18	770.15	15.03
873.00	881.78	872.50	9.28
901.00	907.31	898.43	8.88
947.00	950.00	946.50	3.50

D'après le même auteur, l'alliage à 718,32 millièmes d'argent fin qui correspond à la formule Ag^3Cu^2 est le seul qui puisse être considéré comme ne subissant pas la liquation ; la plus grande différence qui ait pu être observée entre le titre des parties centrales et extérieures a été de 0^{mm},52. Cet alliage homogène forme la limite entre ceux dont le titre décroît et ceux dont le titre croît du centre vers les bords.

Il résulte donc de ce qui précède qu'il est très difficile d'avoir le titre exact d'un alliage de cuivre et d'argent, c'est pour cette raison que la loi a fixé une tolérance pour le titre de ces matières.

ALLIAGES DE CUIVRE ET D'OR

34. -- Le plus souvent l'or comme l'argent, et pour les mêmes raisons, n'est employé qu'à l'état d'alliage avec le cuivre.

Le titre des alliages d'or utilisés dans la bijouterie et l'orfèvrerie a été fixé en même temps que celui des alliages d'argent par la loi du 19 brumaire an VI (9 novembre 1797) ; ils sont au nombre de trois :

920 millièmes ou premier titre ;

840 millièmes ou second titre ;

750 millièmes ou troisième titre.

Plus récemment, une loi du 25 janvier 1884 a créé un nouveau titre exclusivement réservé aux boîtes de montres destinées à l'exportation, c'est le titre de

583 millièmes ou quatrième titre.

La même loi autorise aussi la fabrication à tous titres des objets d'or destinés à l'exportation mais ceux-ci ne sont plus poinçonnés par l'Etat.

D'ailleurs, la création de ce quatrième titre et l'autorisation de fabrication à tous titres qui avaient été réclamées pendant de longues années n'ont pas donné les résultats qu'on aurait pu attendre, car depuis la promulgation de la loi de 1884, les montres à 583 millièmes et les objets à tous titres n'ont été fabriqués qu'en quantités tout à fait négligeables.

Les alliages de cuivre et d'or ont une couleur plus rouge que celle de l'or pur et qui l'est naturellement d'autant plus que l'alliage est plus riche en cuivre. L'alliage que l'on désigne sous le nom d'*or rouge* est formé de 750 parties d'or et de 250 de cuivre rosette.

Ces mêmes alliages se ternissent souvent à l'air par suite d'une oxydation superficielle du cuivre surtout quand ils sont à bas titre ; il est facile de leur rendre leur éclat en les plongeant pen-

dant quelques instants dans une eau acide ou ammoniacale qui dissout l'oxyde de cuivre. Les bijoutiers enlèvent souvent, aux alliages qu'ils emploient, cette propriété de se ternir en leur faisant subir une opération semblable à celle que nous avons décrite pour l'argent sous le nom de blanchiment ; pour l'or elle porte le nom de *mise en couleur*. On les plonge dans une dissolution de 2 parties d'azotate de potasse, 1 partie de sel marin et 1 partie d'alun, qui dissout le cuivre à la surface et laisse l'or avec sa couleur et son inaltérabilité caractéristiques.

SYSTÈME MONÉTAIRE FRANÇAIS

35. — Peu de temps après l'adoption du système métrique décimal, un décret du 16 vendémiaire an II (7 octobre 1793) établit que l'unité monétaire aurait un poids d'un centième de kilogramme, qu'elle s'appellerait *grave* et qu'elle serait représentée :

1° Par une pièce d'argent de 10 grammes au titre de 9 dixièmes de fin, appelée *républicaine* ;

2° Par une pièce d'or de 10 grammes au titre de 9 dixièmes de fin, appelée *franc d'or*.

Les unités créées par ce décret s'écartaient trop de celles alors en usage pour pouvoir être

adoptées d'une manière définitive et les dispositions de la loi de l'an II furent abrogées par une nouvelle loi, le 18 germinal an III (7 avril 1795). Celle-ci a constitué définitivement le système métrique décimal des poids et mesures, et établi comme seule unité monétaire le *franc*, divisible en dixièmes et en centièmes.

Deux lois du 28 thermidor an III (15 août 1795) ont complété la loi de germinal ; elles établissent :

Que l'unité monétaire unique est le *franc* ;

Que le titre des monnaies d'or et d'argent est de 9 dixièmes ;

Que la pièce de 1 franc en argent est de 5 grammes ⁽¹⁾, celle de 2 francs de 10 grammes et celle de 5 francs de 25 grammes ;

Que les pièces d'or sont du poids de 10 grammes, et portent, en outre, l'indication de ce poids, *sans aucune désignation de valeur*.

Les dispositions de cette loi furent immédia-

(1) Ce poids de l'unité monétaire qui est peu en harmonie avec notre système métrique a été choisi pour donner à ces pièces un poids aussi voisin que possible de celui de l'ancienne *livre*, unité en usage à cette époque, ce qui devait rendre la réforme plus facilement acceptable. En effet les écus de 6 livres frappés de 1789 à 1793 pesaient 29gr,50 et étaient au titre de 911 millièmes, ce qui donne pour la livre 4gr,977.

tement acceptées en ce qui concerne l'argent, mais il n'en fut pas de même pour les pièces d'or dont la valeur était indéterminée.

La question monétaire fut bientôt l'objet de nombreuses délibérations de la part du Conseil des Cinq-Cents et du Conseil des Anciens, mais n'aboutit pas. En l'an X, le premier consul la soumit au Conseil d'Etat et l'année suivante fut promulguée la loi qui est encore la base de notre système monétaire actuel.

La loi du 7 germinal an XI (28 mars 1803) établit que :

Cinq grammes d'argent, au titre de 9 dixièmes de fin, constituent l'unité monétaire, qui conserve le nom de *franc*.

Elle ordonne en outre la frappe :

1° De monnaies d'argent de $1/4$, $1/2$ et $3/4$ de franc, de 1, 2 et 5 francs ;

2° De pièces d'or de 20 et de 40 francs au titre de 9 dixièmes de fin et à la taille de 155 au kilogramme pour les premières et 77,5 pour les secondes, ce qui établit entre les monnaies d'argent et d'or à poids égal le rapport fixe

de valeur $\frac{1}{15,5}$ ⁽¹⁾

(1) C'était, à cette époque, le rapport des valeurs réelles des deux métaux.

Les pièces de 5 francs en argent et celles de 20 francs en or sont les seules qui soient encore frappées aujourd'hui dans les conditions de poids et de titre fixées par la loi de l'an XI. Les autres monnaies, à l'exception de la pièce de 40 francs en or, ont été retirées de la circulation par des lois récentes qui leur ont substitué de nouveaux types.

La loi du 25 mai 1864 a abaissé à 835 millièmes le titre des pièces d'argent de 20 et de 50 centimes et cette réforme fut étendue aux pièces de 1 franc et de 2 francs pour tous les pays de l'Union latine (1), par la convention monétaire du 23 décembre 1865.

36. — Enfin la convention du 6 novembre 1885 a fixé définitivement les bases du système monétaire français qui est en même temps celui des autres pays de l'Union. Nous reproduisons ici les parties du texte de cette convention qui intéressent plus particulièrement l'Essayeur (2).

(1) On désigne sous le nom d'*Union latine*, la conférence monétaire à laquelle ont pris part la Belgique, la France, l'Italie et la Suisse, qui a abouti à la convention du 23 décembre 1865 et à laquelle la Grèce a adhéré le 18 novembre 1868.

(2) Le texte complet de la convention se trouve à la page 330 de l'Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1888.

Convention monétaire du 6 novembre 1885

Art. 1^{er}. — La France, la Grèce, l'Italie et la Suisse (1) demeurent constituées à l'état d'Union pour ce qui regarde le titre, le poids, le diamètre et le cours de leurs espèces monnayées d'or et d'argent.

Art. 2. — Les types des monnaies d'or frappées à l'empreinte des Hautes Parties contractantes sont ceux des pièces de 100 francs, de 50 francs, de 20 francs, de 10 francs et de 5 francs, déterminées, quant au titre, au poids, à la tolérance et au diamètre, ainsi qu'il suit (2) :

(1) La Belgique a adhéré à la convention par un acte additionnel signé le 13 décembre 1885.

(2) Dans ce tableau, comme dans le suivant, la nature des pièces est exprimée en francs, le titre et la tolérance en millièmes, le poids droit en grammes, la tolérance de poids en grammes par kilogramme et le diamètre en millimètres. De plus, les tolérances sont admises tant en dehors qu'en dedans.

NATURE des pièces	TITRE		POIDS		DIAMÈTRE
	Titre droit	Tolérance	Poids droit	Tolérance	
100	900	1	32.25806	1	35
50	900	1	16.12903	1	28
20	900	1	6.45161	2	21
10	900	1	3.22580	2	19
5	900	1	1.61290	3	17

.....

Art. 3. — Le type des pièces d'argent de 5 francs frappées à l'empreinte des Hautes Parties contractantes est déterminé quant aux titre, poids, tolérance et diamètre ainsi qu'il suit ⁽¹⁾ :

.....

Art. 4. — Les Hautes Parties contractantes s'engagent à ne fabriquer des pièces d'argent de 2 francs, de 1 franc, de 50 centimes et de 20 centimes que dans les conditions de titre, de poids, de tolérance et de diamètre déterminées ci-après :

⁽¹⁾ Ces conditions ont été placées dans le tableau de l'article 4.

NATURE des pièces	TITRE		POIDS		DIAMÈTRE
	Titre droit	Tolérance	Poids droit	Tolérance	
5	900	2	25.00	3	37
2	835	3	10.00	5	27
1	835	3	5.00	5	23
0.50	835	3	2.50	7	18
0.20	835	3	1.00	10	16

.....

Art. 13. — La présente convention, exécutoire à partir du 1^{er} janvier 1886, restera en vigueur jusqu'au 1^{er} janvier 1891. Si, un an avant ce terme, elle n'a pas été dénoncée, elle sera prorogée de plein droit, d'année en année, par voie de tacite reconduction, et continuera d'être obligatoire pendant une année à partir du 1^{er} janvier qui suivra la dénonciation.

37. — Conversion des titres anciens en titres actuels. — En France, avant la loi de germinal an III, l'unité de poids pour les matières d'or et d'argent était le *marc* ; il se divisait en 8 *onces*, l'once en 8 *gros*, le gros en 3 *deniers* et le denier en 24 *grains*.

Les titres d'or étaient exprimés en *carats* ⁽¹⁾, unité qui se divisait en 32 parties ou 32^e de carat : 24 carats correspondaient à l'or pur ou à 1000 millièmes; il en résulte que le carat représentait $\frac{1000}{24}$ ou 42 millièmes environ.

Pour l'argent, les titres s'évaluaient en *deniers de fin* lesquels se divisaient en 24 *grains de fin*; 12 deniers correspondaient à 1000 millièmes, et par suite, le denier à $\frac{1000}{12}$ ou 83 millièmes environ.

Bien que l'article 2 de la loi du 19 brumaire porte que : « *La quantité de fin contenue dans chaque pièce s'exprimera en millièmes. Les anciennes dénominations de carats et de deniers, pour exprimer le degré de pureté des métaux précieux, n'auront plus lieu* », l'usage subsiste encore dans quelques départements de compter en carats et deniers, aussi nous donnons ci-contre un tableau qui permet de convertir immédiatement ces anciens titres en titres actuels.

(1) Cette unité n'a aucun rapport avec celle qui porte le même nom et qui est encore en usage dans le commerce du diamant.

CONVERSION des carats et 32 ^{mes} de carat en millièmes.						CONVERSION des deniers et grains en millièmes.					
32 ^{mes} de carat	Millièmes	Carats	Millièmes	Carats	Millièmes	Grains	Millièmes	Grains	Millièmes	Deniers	Millièmes
1	4	1	42	13	542	1	3	13	45	1	83
2	3	2	83	14	583	2	7	14	49	2	167
3	4	3	125	15	625	3	10	15	52	3	250
4	5	5	167	16	667	4	14	16	56	4	333
5	7	5	208	17	708	5	17	17	59	5	417
6	8	6	250	18	750	6	21	18	63	6	500
7	9	7	292	19	792	4	24	19	66	7	583
8	10	8	333	20	833	8	28	20	69	8	667
9	12	9	375	21	875	9	31	21	72	9	750
10	13	10	417	22	917	10	35	22	76	10	833
20	26	11	458	23	958	11	38	23	80	11	917
30	39	12	500	24	1000	12	42	24	83	12	1000

L'usage de cette table est excessivement simple : ainsi supposons que l'on veuille convertir en millièmes le titre d'un objet d'or à 22 carats $\frac{2}{32}$, nous aurons :

22 carats	917 millièmes
2 32 ^e de carat.	3 »
	<hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/>
	920 millièmes

c'est de l'or au premier titre ;
de même, un alliage d'argent à 9 deniers 14 grains donnera :

9 deniers	750 millièmes
14 grains	49 —
	<hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/>
	799 millièmes

c'est de l'argent au second titre.

ALLIAGES DIVERS DE CUIVRE, D'ARGENT ET D'OR

38. — Les alliages dont nous venons de parler sont le plus fréquemment employés, cependant les bijoutiers utilisent dans certains cas d'autres alliages qu'ils désignent sous des noms spéciaux et dont nous devons indiquer la composition.

Ce sont d'abord des alliages d'or et d'argent :

	Or	Argent
	—	—
Electrum.	800	200
Or vert	750	250
Or feuille morte.	700	300

Puis les alliages d'or, d'argent et de cuivre :

	Or	Argent	Cuivre
	—	—	—
Or anglais blanc	750	150	100
Or anglais jaune	750	125	125
Soudure pour objets d'or.	500	166	334
Doré	100	300	600
Or de Nuremberg.	55	55	890

Les alliages contenant de l'or et de l'argent et pour lesquels la teneur en argent est moindre que deux fois et demie celle en or sont souvent désignés sous le nom d'*or tenant argent*, c'est le cas du plus grand nombre des alliages ci-dessus ; ceux où la teneur en or est inférieur à deux fois et demie celle de l'argent portent le nom d'*argent tenant or* : le doré est de l'argent tenant or.

ALLIAGES EMPLOYÉS POUR LA FABRICATION
DES FAUSSES MONNAIES

39. — La falsification des pièces de métal employées comme monnaie est presque aussi ancienne que l'adoption de ces métaux pour base des échanges. Dès le commencement de notre ère, on fabriquait déjà des monnaies d'argent fourrées avec âme en fer. Cette industrie malhonnête s'est naturellement perfectionnée en même temps que la fabrication de nos monnaies, mais heureusement la fraude est encore facile à reconnaître.

Les monnaies d'argent sont généralement falsifiées au moyen de l'alliage qui sert à faire les couverts communs et qui est formé par de l'étain allié à de petites quantités d'antimoine et de plomb. Cet alliage a une densité moins forte que celle de l'argent et, si l'on cherche à lui donner même densité en augmentant la proportion de plomb, on obtient un métal qui manque complètement de sonorité.

L'alliage dont nous venons de parler est très fusible et les pièces sont obtenues par coulage dans des moules de plâtre. Ce procédé donne aux pièces obtenues un aspect grenu et un ton uni-

forme, les contours en sont arrondis et les lettres généralement peu distinctes, enfin elles sont grasses au toucher. La couleur de l'alliage est aussi différente de celle de l'argent, mais les faussaires ont aujourd'hui l'habitude de les argenter, de sorte que ce dernier indice fait le plus souvent défaut. En dehors de ces caractères qui permettent de distinguer à première vue une pièce fausse d'une pièce vraie, on peut aussi avoir recours à des procédés physiques ou chimiques pour mettre la fraude en évidence.

Ces pièces sont en général fusibles au-dessous du rouge. Traitées par l'acide azotique, les métaux autres que l'étain et l'antimoine entrent en dissolution, tandis que ces derniers sont transformés en une poudre blanche insoluble d'acides stannique ou antimonique. Les propriétés chimiques de la dissolution et du résidu permettront de déterminer la nature des métaux qui entrent dans l'alliage.

Les faussaires plus exercés fabriquent les pièces *fouurrées*. Ces pièces sont formées d'une âme en un métal commun facilement fusible et dont les dimensions sont un peu plus petites que celles de la pièce vraie correspondante. Sur les deux faces de cette partie centrale on applique deux minces feuilles d'argent qui sont la repro-

duction l'une de l'effigie, l'autre du revers et peuvent être obtenues assez exactement par les procédés de la galvanoplastie ; les deux plaques sont soudées l'une à l'autre sur le côté de la pièce. Cette soudure est l'opération délicate et généralement mal faite, de sorte que le plus souvent on peut détacher les deux plaques au moyen d'une lame de couteau. Dans tous les cas, en tenant une telle pièce avec une pince dans la flamme d'un bec de gaz, le métal sous-jacent et la soudure fondent en abandonnant une carcasse métallique d'argent.

La falsification des monnaies d'or s'est développée plus lentement que celle des monnaies d'argent parce qu'il était difficile d'obtenir un alliage formé principalement de métaux communs, dont la densité est inférieure à 12, et ayant lui-même une densité voisine de 19,36 qui est celle de l'or.

La principale fraude a tout d'abord consisté à *laver* ces pièces avec une eau régale faible de façon à dissoudre quelques décigrammes d'or. Ces pièces lavées paraissent dépolies et grenues en un assez grand nombre de points.

Un peu plus tard, on a fabriqué des pièces d'or fourrées avec âme de platine sur laquelle on soudait les faces et le cordon d'une pièce vraie. Ces

pièces manquent complètement de sonorité et leurs poids est assez différent du poids légal ; d'ailleurs un traitement à chaud par l'acide nitrique dissout la soudure et sépare les lames d'or.

Cependant après un certain nombre de recherches on est parvenu à réaliser la falsification de la monnaie d'or ; les premiers échantillons de cette industrie nous sont venus d'Espagne.

L'alliage employé dans ce but est formé par du platine, dont la densité est 21,45, allié à 5 centièmes environ de cuivre ; il possède une densité variant de 17,2 à 17,6 c'est-à-dire très voisine de celle de l'or à 900 millièmes. La gravure est obtenue par le *contretiré* qui est pratiqué de la manière suivante : on prend un bloc d'acier recuit présentant une face bien plane, on le porte rouge, on y dépose une pièce d'or et on l'y frappe fortement de manière à obtenir en creux la reproduction de la gravure. Ce bloc d'acier est trempé et forme ainsi un coin très dur qui permettra, par une frappe énergique, de reproduire la gravure sur l'alliage dont nous venons de parler. La pièce, ainsi frappée sur ses deux faces, présente il est vrai une couleur grise, mais rien n'est plus facile que de lui donner la couleur de l'or en y déposant par électrolyse une couche très mince de ce métal.

Ces pièces sont moins sonores que les pièces vraies, puis en les regardant d'un peu près, il est facile de voir que les parties creuses comme les yeux, la bouche, les oreilles sont toujours imparfaites.

CHAPITRE III

GARANTIE ET CONTRÔLE DU TITRE DES ALLIAGES D'OR ET D'ARGENT

40. — Nous avons vu que le titre des alliages destinés à la fabrication de la bijouterie et de l'orfèvrerie avait été fixé par la loi de brumaire, mais il est presque impossible, même pour une personne exercée, de reconnaître le titre d'un objet à ses caractères extérieurs, aussi pour éviter que le public ne soit trompé en achetant à un titre inférieur des objets d'or ou d'argent, la loi a établi des *bureaux de garantie* où chaque objet, avant d'être mis en vente, est essayé par des

agents de l'Etat. A la suite de cet essai, le bureau insculpe en un point de la surface de l'objet un poinçon particulier et l'on dit alors que cet objet est *contrôlé*.

Nous ne croyons pas pouvoir mieux donner une idée du fonctionnement de ces bureaux qu'en reproduisant ici les principaux articles de la loi de brumaire.

LOI DE BRUMAIRE

.
ART. 6. — Les fabricants peuvent employer à leur gré l'un des titres mentionnés en l'article 4, respectivement pour les ouvrages d'or et d'argent ⁽¹⁾, quelle que soit la grosseur ou l'espèce des pièces fabriquées.

ART. 7. — La garantie du titre des ouvrages et matières d'or et d'argent est assurée par des poinçons ; ils sont appliqués sur chaque pièce, en suite d'un essai de la matière, et conformément aux règles établies ci-après.

ART. 8. — Il y a, pour marquer les ouvrages tant en or qu'en argent, trois espèces principales de poinçons, savoir :

Celui du fabricant ;

(1) Voir pages 29 et 33.

Celui du titre ⁽¹⁾;

Et celui du bureau de garantie ⁽²⁾.

Il y a, d'ailleurs, deux petits poinçons, l'un pour les menus ouvrages d'or, l'autre pour les menus ouvrages d'argent trop petits pour recevoir l'empreinte des trois espèces de poinçons précédentes.

Il y a de plus :

Un poinçon particulier pour les vieux ouvrages dits de hasard ;

Un autre pour les ouvrages venant de l'étranger ;

Une troisième sorte pour les ouvrages doublés ou plaqués d'or et d'argent ;

Une quatrième sorte, dite poinçon de recense, qui s'applique par l'autorité publique, lorsqu'il

(1) Ces poinçons de titre appartiennent à deux catégories :

Les poinçons de *titre* proprement dits qui s'appliquent pour les ouvrages d'or après l'essai de l'inquartation et sur ceux d'argent après l'essai à la coupelle ou par voie humide : ils garantissent *absolument* l'exactitude du titre qu'ils représentent.

Les poinçons de *garantie* ou de *petite garantie* destinés aux ouvrages creux ou de petites dimensions qu'on ne peut essayer qu'à la pierre de touche ; ils indiquent seulement un titre *voisin* du titre légal et compris dans les limites d'exactitude de l'essai à la pierre de touche.

(2) Ce poinçon constitue un signe particulier à chaque bureau et est souvent désigné sous le nom de *différent* ou de *déférent*.

s'agit d'empêcher l'effet de quelque infidélité relative aux titres et aux poinçons⁽¹⁾;

Enfin, un poinçon particulier pour marquer les lingots d'or ou d'argent affinés.

ART. 9. — Le poinçon du fabricant porte la lettre initiale de son nom, avec un symbole ; il peut être gravé par tel artiste qu'il lui plaît de choisir, en observant les formes et proportions établies par l'administration de monnaies.

ART. 10. — Les poinçons de titre ont pour empreinte un coq avec l'un des chiffres arabes 1, 2, 3, indicatif des premier, second et troisième titres, fixés dans la précédente section. Ces poinçons sont uniformes dans toute la République.

Chaque sorte de ces poinçons a d'ailleurs une forme particulière qui la différencie aisément à l'œil.

ART. 11. — Le poinçon de chaque bureau de garantie a un signe caractéristique particulier, qui est déterminé par l'administration des monnaies.

Ce signe est changé toutes les fois qu'il est nécessaire, pour prévenir les effets d'un vol ou d'une infidélité.

ART. 12. — Le petit poinçon destiné à marquer les menus ouvrages d'or, a pour empreinte une tête de coq ; celui pour les menus ouvrages d'argent porte un faisceau.

(1) La première recense fut ordonnée au moment de la promulgation de la loi de brumaire ; depuis cette époque il y en a eu trois autres, en 1809, 1816 et 1838.

ART. 13. — Le poinçon de vieux destiné uniquement à marquer les ouvrages dits de hasard, représente une hache.

Celui pour marquer les ouvrages venant de l'étranger contient les lettres ET.

ART. 14. — Le poinçon de chaque fabricant de doublé ou de plaqué, a une forme particulière déterminée par l'administration des monnaies. Le fabricant ajoute en outre, sur chacun de ses ouvrages, des chiffres indicatifs de la quantité d'or et d'argent qu'il contient.

ART. 15. — Le poinçon de recense est également déterminé par l'administration des monnaies, qui le différencie à raison des circonstances.

ART. 16. — Le poinçon destiné à marquer les lingots d'or ou d'argent affinés, est aussi déterminé par l'administration des monnaies ; il est uniforme dans toute la France.

ART. 17. — Tous les poinçons désignés dans les articles 10, 11, 12, 13, 15 et 16 sont fabriqués par le graveur des monnaies, sous la surveillance de l'administration des monnaies, qui les fait parvenir dans les divers bureaux de garantie, et en conserve les matrices.

Le poinçon destiné pour les lingots n'est déposé que dans les bureaux de garantie, dans l'arrondissement desquels il se trouve des affineurs, à la chambre de délivrance de la Monnaie de Paris, pour l'affinage national.

ART. 18. — Lorsqu'on ne fait point usage de ces poinçons, ils sont enfermés dans une caisse à trois serrures, et sous la garde des employés des bureaux de garantie, comme il sera dit ci-après.

ART. 19. — Les fabricants de faux poinçons et ceux qui en feraient usage, seront condamnés à dix années de fers, et leurs ouvrages confisqués.

ART. 20. — Les poinçons servant actuellement à constater les titres et l'acquit des droits de marque, seront biffés immédiatement après que les poinçons ordonnés par la présente loi seront en état d'être employés.

.
ART. 34. — Il y aura des bureaux de garantie établis pour faire essai et constater les titres des ouvrages d'or et d'argent, ainsi que des lingots de ces matières qui y seraient apportés, et pour percevoir, lors de la marque de ces ouvrages ou matières, les droits imposés par la loi.

ART. 35. — Ces bureaux seront placés dans les communes où ils seront le plus avantageux au commerce : le nombre en est fixé provisoirement à deux cents au plus pour toute la France (1). Le placement de ces bureaux et les lieux compris dans leur arrondissement seront déterminés par le Directoire exécutif, sur la demande motivée des

(1) Actuellement ces bureaux sont au nombre de 66 pour la France et l'Algérie.

administrations du département, et sur l'avis de celle des monnaies.

ART. 36. — Les bureaux de garantie seront composés de trois employés, savoir : un essayeur, un receveur et un contrôleur. Mais à Paris et dans les autres communes populeuses, le ministre des finances pourra autoriser un plus grand nombre d'employés à raison des besoins du commerce.

ART. 37. — L'administration des monnaies surveillera les bureaux de garantie relativement à la partie d'art, et au maintien de l'exactitude des titres des ouvrages d'or et d'argent mis dans le commerce.

ART. 38. — La régie de l'enregistrement surveillera les bureaux de garantie relativement aux dépenses et au recouvrement des droits à percevoir.

ART. 39. — L'essayeur de chaque bureau de garantie sera nommé par l'administration du département où ce bureau est placé ; mais il ne pourra en exercer les fonctions qu'après avoir obtenu de l'administration des monnaies un certificat de capacité, aux mêmes conditions prescrites par l'article 49 de la loi du 22 vendémiaire, sur l'organisation des monnaies.

— ART. 40. — La régie de l'enregistrement nommera le receveur de chaque bureau de garantie, ou en fera faire les fonctions par l'un des préposés, dans les communes où cette cumulation de fonctions ne serait nuisible ni à l'un ni à l'autre service.

ART. 41. — Les contrôleurs des bureaux de garantie seront nommés par le ministre des finances, sur la proposition de l'administration des monnaies.

ART. 42. — Les essayeurs n'auront d'autre rétribution que celle qui leur est allouée pour les frais de chaque essai d'or et d'argent, ainsi qu'il sera dit dans le titre suivant.

ART. 43. — Les traitements des receveurs et des contrôleurs seront gradués à raison de l'importance et de l'étendue de leurs fonctions. Ces traitements ne pourront excéder, savoir : 3,000 francs à Paris, 2,400 francs dans les communes au-dessus de cinquante mille âmes, et 1,800 francs dans les autres.

ART. 44. — L'essayeur se pourvoira, à ses frais, de tout ce qui est nécessaire à l'exercice de ses fonctions : l'administration des monnaies fournira au bureau les poinçons et la machine à estamper ; les frais de registres et autres seront réglés par la régie de l'enregistrement, sous l'approbation du ministre des finances ; l'administration du département procurera un local convenable au bureau qui devra être placé, autant que possible, dans celui de la municipalité du lieu.

ART. 45. — L'essayeur, le receveur et le contrôleur du bureau de garantie auront chacun une des clefs de la caisse dans laquelle seront renfermés les poinçons.

ART. 46. — Les employés des bureaux qui calqueraient les poinçons, ou qui en feraient usage sans observer les formalités prescrites par la loi, seront destitués, et condamnés à un an de détention.

ART. 47. — Aucun employé aux bureaux de garantie ne laissera prendre de calque, ni ne donnera de description, soit verbale, soit par écrit, des ouvrages qui seront apportés au bureau, sous peine de destitution.

ART. 48. — L'essayeur ne recevra les ouvrages d'or et d'argent qui lui seront présentés pour être essayés et titrés, que lorsqu'ils auront l'empreinte du poinçon du fabricant, et qu'ils seront assez avancés pour qu'en les finissant ils n'éprouvent aucune altération.

ART. 49. — Les ouvrages provenant de différentes fontes devront être envoyés au bureau de garantie dans des sacs séparés et l'essayeur en fera l'essai séparément.

ART. 50. — Il n'emploiera dans ses opérations que les agents chimiques et substances provenant du dépôt établi dans l'Hôtel des monnaies de Paris ; mais les frais de transport de ces substances et matières seront compris dans les frais d'administration du bureau (1).

(1) Aujourd'hui où les appareils et produits chimiques nécessaires aux essais se trouvent couramment dans le commerce, l'essayeur se les procure lui-même chez des fournisseurs de son choix.

ART. 51. — L'essai sera fait sur un mélange des matières prises sur chacune des pièces provenant de la même fonte. Ces matières seront grattées ou coupées, tant sur les corps des ouvrages que sur les accessoires, de manière que les formes et les ornements n'en soient pas détériorés.

ART. 52. — Lorsque les pièces auront une languette forgée ou fondue avec leur corps, c'est en partie sur cette languette, et en partie sur le corps de l'ouvrage que l'on fera la prise d'essai.

ART. 53. — Lorsque les ouvrages d'or et d'argent seront à l'un des titres respectivement fixés pour chaque espèce par l'article 4 de la présente loi, l'essayeur en inscrira la mention sur un registre destiné à cet effet, et qui sera coté et paraphé par l'administration départementale ; lesdits ouvrages seront ensuite donnés au receveur, avec un extrait du registre de l'essayeur, indiquant le titre trouvé.

ART. 54. — Le receveur pèsera les ouvrages qui lui seront ainsi transmis et percevra le droit de garantie qu'ils doivent conformément à la loi. Il fera ensuite mention sur son registre, qui sera coté et paraphé comme celui de l'essayeur, de la nature des ouvrages, de leur titre, de leur poids et de la somme qui lui aura été payée pour l'acquittement du droit, et remettra le tout au contrôleur.

ART. 55. — Le contrôleur aura un registre coté

et paraphé comme ceux de l'essayeur et du receveur ; il y transcrira l'extrait du registre accompagnant chaque pièce à marquer ; et, conjointement avec le receveur et l'essayeur, il tirera de la caisse à trois serrures, le poinçon du bureau et celui indicatif du titre, soit de l'or soit de l'argent, ou le poinçon dont les menus ouvrages doivent être revêtus, et les appliquera en présence du propriétaire.

ART. 56. — Les ouvrages d'or et d'argent qui, sans être au-dessous du plus bas des titres fixés par la loi, ne seraient pas précisément à l'un d'eux, seront marqués au titre légal immédiatement inférieur à celui trouvé par l'essai, ou seront rompus, si le propriétaire le préfère.

ART. 57. — Lorsque le titre d'un ouvrage d'or ou d'argent sera trouvé inférieur au plus bas des titres prescrits par la loi, il pourra être procédé à un second essai, mais seulement sur la demande du propriétaire.

Si le second essai est confirmatif du premier, le propriétaire paiera le double essai, et l'ouvrage lui sera remis, après avoir été rompu en sa présence.

Si le premier essai est infirmé par le second le propriétaire n'aura qu'un seul essai à payer.

ART. 58. — En cas de contestation sur le titre, il sera fait une prise d'essai sur l'ouvrage pour être envoyée sous les cachets du fabricant et de

l'essayeur, à l'administration des monnaies qui la fera essayer dans son laboratoire en présence de l'inspecteur des essais.

ART. 59. — Pendant ce temps, l'ouvrage sera laissé au bureau de garantie, sous les cachets de l'essayeur et du fabricant : et lorsque l'administration des monnaies aura fait connaître le résultat de son essai, l'ouvrage sera définitivement titré et marqué conformément à ce résultat.

ART. 60. — Si c'est l'essayeur qui se trouve avoir été en défaut les frais de transport et d'essai seront à sa charge ; au cas contraire, ils seront supportés par le propriétaire de l'objet.

ART. 61. — Lorsqu'un ouvrage d'or, d'argent ou de vermeil, quoique marqué d'un poinçon indicatif de son titre, sera soupçonné de n'être pas au titre indiqué, le propriétaire pourra l'envoyer à l'administration des monnaies, qui le fera essayer avec les formalités prescrites pour l'essai des monnaies.

Si cet essai donne un titre plus bas, l'essayeur sera dénoncé aux tribunaux, et condamné pour la première fois à une amende de deux cents francs ; pour la seconde, à une amende de six cents francs, et la troisième fois il sera destitué.

ART. 62. — Le prix d'un essai d'or, de doré et d'or tenant argent, est fixé à trois francs, et celui d'argent à quatre-vingts centimes.

ART. 63. — Dans tous les cas, les cornets et

boutons d'essai seront remis au propriétaire de la pièce.

ART. 64. — L'essai des menus ouvrages d'or par la pierre de touche, sera payé neuf centimes par décagramme.

ART. 65. — Si l'essayeur soupçonne aucun des ouvrages d'or, de vermeil ou d'argent, d'être fourré de fer, de cuivre, ou de tout autre matière étrangère, il le fera couper en présence du propriétaire. Si la fraude est reconnue, l'ouvrage sera saisi et confisqué, et le délinquant sera dénoncé aux tribunaux, et condamné à une amende de vingt fois la valeur de l'objet.

Mais, dans le cas contraire, le dommage sera payé sur le champ au propriétaire, et passé en dépense comme frais d'administration.

ART. 66. — Les lingots d'or et d'argent non affinés qui seraient apportés à l'essayeur du bureau de garantie pour être essayés, le seront par lui, sans autres frais que ceux fixés par la loi pour les essais. Ces lingots, avant d'être rendus au propriétaire, seront marqués du poinçon de l'essayeur, qui, en outre, insculpera son nom, des chiffres indicatifs du vrai titre, et un numéro particulier.

L'essayeur fera mention de ces divers objets sur son registre ainsi que du poids des matières essayées.

ART. 67. — L'essayeur qui contreviendrait au précédent article, serait condamné à une amende

de cent francs pour la première fois, de deux cents francs pour la seconde, et la troisième fois il serait destitué.

Remarques : 1° En dehors du droit d'essai qui revient à l'essayeur, le trésor perçoit un *droit de garantie* qui, fixé d'abord par loi de brumaire à 20 fr. par hectogramme d'or et 1 fr. par hectogramme d'argent, s'est élevé aujourd'hui, par application des lois du 30 mars 1872 et du 30 décembre 1873 à 37 fr. 50 par hectogramme d'or (30 fr. en principal et 7 fr. 50 pour le double décime et demi) et à 2 fr. 00 par hectogramme d'argent (1 fr. 60 en principal et 0 fr. 40 de double décime et demi.)

2° Dans l'application des articles 62 et 64 de la loi, certains bureaux et en particulier celui de Paris ont subdivisé le droit d'essai et établi le tarif suivant en prenant des fractions inférieures au décagramme fixé par la loi :

TARIF DES DROITS D'ESSAIS D'OR DU BUREAU DE
PARIS

<i>Touchau</i> de	1 ^{er} à	8 ^{es} , 5 . .	1 centime.
— —	9 —	13 , 5 . .	10 centimes.
— —	14 —	18 , 5 . .	15 —
— —	19 —	24 . .	20 —

<i>Touchau</i> de	25 ^{gr}	à	30 ^{gr}	. . .	25 centimes.
—	—	31	—	35 . . .	30 —
—	—	36	—	41 . . .	35 —
—	—	42	—	46 . . .	40 —
—	—	47	—	52 . . .	45 —
—	—	53	—	57 . . .	50 —
—	—	58	—	63 . . .	55 —
—	—	64	—	68 . . .	60 —
—	—	69	—	74 . . .	65 —
—	—	75	—	80 . . .	70 —
—	—	81	—	85 . . .	75 —
—	—	86	—	91 . . .	80 —
—	—	92	—	96 . . .	85 —
—	—	97	—	100 . . .	90 —
—	—	101	—	108 . . .	95 —
—	—	109	—	113 . . .	100 —

9 francs le kilogramme.

Coupelle. — 3 francs par essai jusqu'à 120 gr.

Au-dessus de ce poids, on multiplie par 2 fr. 50 le nombre d'hectogrammes.

TARIF DES DROITS D'ESSAIS D'ARGENT DU BUREAU
DE PARIS.

Touchau. — 5 centimes par fraction de 25 gr. jusqu'à 400 gr; de 400 gr à 2.000 gr, 80 centimes; au-dessus de ce poids, 40 centimes par kilogramme.

Coupelle. — 80 centimes par essai jusqu'à

2 kilogrammes et, au-dessus, 40 centimes par kilogramme.

3° Les lingots d'or, de doré et d'argent, ne supportent *quel que soit leur poids* qu'un droit d'essai de 3 francs pour l'or et le doré ; de 80 centimes pour l'argent.

4° Pour insculper un poinçon sur un ouvrage, on place celui-ci sur une enclume désignée sous le nom de *bigorne*, on pose le poinçon sur la face opposée et on le frappe avec un marteau. La bigorne au lieu d'être en acier poli porte des gravures d'un fini et d'une délicatesse extrêmes ; de sorte que le poinçon s'insculpe d'un côté tandis que de l'autre la gravure de la bigorne pénètre également et forme ce que l'on appelle la *contre-marque*. Ces bigornes représentent une série d'insectes enlacés dont les dispositions sont si compliquées que l'imitation en est impossible.

5° Les poinçons désignés à l'article 8 ont subi depuis cette époque un certain nombre de modifications. Le tableau suivant, emprunté à l'ouvrage de M. Riche (1), Directeur des Essais à la Monnaie de Paris, contient ceux employés actuellement.

(1) RICHE. — *Monnaie, médailles et bijoux*. — Paris, 1889.

TABLEAU DES POINÇONS ACTUELS

DÉSIGNATION DES POINÇONS		TYPES	FORME des poinçons	CHIFFRE indiquant le titre et position de ce chiffre.	PLACE du signe distinctif des bureaux pour les départements.
Or	1 ^o Titre. Paris, Départements	Tête de médecin grec.	8 pans irréguliers. Ovale trouqué.	1 devant le front. 2 sous le menton. 3 vis-à-vis le nez.	Sous le menton. Derrière la nuque.
Or	2 ^o Titre. Paris	Tête d'aigle.	Découpée.	»	»
Or	3 ^o Titre. Départements	Tête de cheval.	Corne tronquée pour Paris.	»	Entre la corne et le front.
Poinçon remarque pour les chaînes d'or et la marque au poids	Paris, Départements	Tête de rhinocéros	8 pans irréguliers. Ovale trouqué.	1 devant le front. 2 sous le menton.	Devant le front.
Argent	1 ^{er} Titre. Paris, Départements	Tête de Minerve.	Découpée.	»	»
Argent	2 ^o Titre. Paris.	Tête de sanglier.	Ovale.	»	Entre les pattes.
Or et argent étrangers	Petite garantie. Paris, Départements	Crabe.	Découpée.	»	»
Le poinçon le charançon est spécial aux ouvrages provenant des pays avec lesquels les traités de commerce ont été conclus; il garantit le titre.	Paris, Départements	Charançon.	Rectangulaire.	»	»
Or et argent étrangers	Gros poinçon. Paris, Départements	Les lettres E T.	Le poinçon de Paris a une forme rectangulaire plus allongée que ceux des départements.		
Le poinçon E T est spécial aux ouvrages provenant des pays avec lesquels il n'existe pas de traité de commerce et aux ouvrages vendus dans les Monts-de-Piété et les Hôtels des ventes.	Gros poinçon. Paris, Départements				

Poinçon de retour Or et argent . . .	Paris, Départements . . .	Gros poinçon . . .	Tête de lièvre.	Enfermée dans un polygone de 8 côtés.	Sous les oreilles.
Le poinçon de retour créé par le décret du 24 décembre 1887 est spécial aux ouvrages de fabrication française réimportés.					
Ouvrages de fabrication française exportés . . .	Or . . .	1 ^{er} Titre	Paris, Départements . . .	Tête de Mercure.	Enfermée dans un périmètre déterminé par le listel.
	Or . . .	2 ^e Titre	Paris, Départements . . .	Tête de Mercure.	Enfermée dans un périmètre déterminé par le listel.
	Argent . . .	1 ^{er} Titre	Paris, Départements . . .	Tête de Mercure.	Enfermée dans un périmètre déterminé par le listel.
	Argent . . .	2 ^e Titre	Paris, Départements . . .	Tête de Mercure.	Enfermée dans un périmètre déterminé par le listel.
Horlogerie importée	Or et argent . . .	Paris et les bureaux spéciaux pour l'importation	Tête de Mercure	Ovale tronqué.	Sur le cou.
Horlogerie exportée	Or . . .	Paris et les bureaux spéciaux pour l'exportation	Chimère.	Découpée.	Entre l'aile et la croupe.
	Or . . .	Paris et les bureaux spéciaux pour l'exportation	Tête égyptienne.	Enfermée dans un périmètre déterminé par le listel.	Sur la joue.
Horlogerie exportée	Or . . .	Petite garantie	Tête égyptienne.	Enfermée dans un périmètre déterminé par le listel.	Sur la joue.
L'horlogerie au 4 ^e titre est spéciale pour l'exportation. Outre la tête égyptienne, elle porte un autre signe . . .					
				Elliptique.	Cette empreinte est apposée au centre du fond des boîtes de montres d'or

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE PREMIER

RÉACTIFS EMPLOYÉS DANS LES ESSAIS D'OR ET D'ARGENT

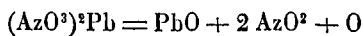
PLOMB

41. — Nous avons dit que le plomb se trouvait dans la nature à l'état de sulfure ou galène PbS ; c'est de ce minerai que l'on extrait le métal par des procédés que nous n'avons pas à indiquer ici. Le plomb, que ces méthodes fournissent au commerce et qui est désigné sous le nom de *plomb d'œuvre*, n'est jamais pur : il renferme de petites quantités de soufre, de fer, de cuivre, de zinc et d'argent. La présence de ce dernier métal peut causer des erreurs si l'on utilise un plomb argentifère pour les essais d'argent par coupellation ; il est nécessaire de n'employer à cet

usage que du plomb ne contenant plus d'argent et désigné sous le nom de *plomb pauvre*.

On trouve aujourd'hui dans le commerce du plomb pauvre ne renfermant pas plus de 0^{sr},0001 d'argent par gramme de métal, mais si l'on ne peut s'en procurer on le prépare de la manière suivante avec le plomb ordinaire :

42. — Le plomb est coupé en morceaux et introduit dans un ballon de verre ou une capsule de porcelaine avec de l'acide azotique ; on chauffe légèrement jusqu'à dissolution complète du métal en plaçant l'appareil sous une cheminée à bon tirage pour se préserver de l'action corrosive des vapeurs nitreuses ; dans ces conditions le plomb et les métaux qu'il renferme se transforment en azotates. On soumet le liquide à l'évaporation jusqu'à ce qu'il se produise à chaud un dépôt solide et, par refroidissement, l'azotate de plomb cristallise tandis que les autres azotates restent en dissolution ; une seconde cristallisation de cet azotate le donne tout à fait pur. Cet azotate pur est alors introduit dans un creuset et chauffé à la température du rouge : il se décompose en fournissant un résidu d'oxyde de plomb pur



Ce dernier, finement pulvérisé, et mélangé avec le dixième de son poids de charbon de sucre pulvérisé est chauffé au rouge dans un creuset; l'oxyde est réduit et le plomb pur mis en liberté.



ARGENT

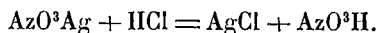
43. — L'argent pur nécessaire pour les essais d'or pourrait s'acheter dans le commerce, mais dans les laboratoires où l'on effectue ces essais, on a généralement des résidus d'essais contenant de l'argent et que l'on a intérêt à traiter pour en extraire ce métal.

Ces résidus d'argent sont de trois sortes :

- 1° Les boutons de retour et de coupellation ;
- 2° Le chlorure d'argent des essais par voie humide ;
- 3° L'azotate d'argent des essais d'or.

44. — **Boutons de retour.** — Quand l'essai à la coupelle a été bien conduit, le bouton de retour est formé par de l'argent pur ; dans le cas contraire, il contient du plomb et du cuivre et il est toujours plus sûr de les traiter comme s'ils renfermaient ces métaux.

Les boutons sont placés dans une capsule de porcelaine avec un poids égal d'acide azotique à 30 ou 32° B., puis on chauffe légèrement ; on obtient ainsi une dissolution d'azotate d'argent dans laquelle on verse de l'acide chlorhydrique pur étendu d'eau jusqu'à ce qu'il cesse de se former un précipité.



Ce précipité de chlorure d'argent est séparé du liquide par filtration et traité par l'une ou l'autre des deux méthodes que nous indiquerons un peu plus loin. (46 ou 47.)

Remarque. — L'acide chlorhydrique employé pour précipiter le chlorure d'argent doit être pur ou tout au moins ne pas contenir d'acide sulfurique, lequel précipiterait, à l'état de sulfate, le plomb des boutons de retour ; ce sulfate de plomb, dans le traitement ultérieur du chlorure d'argent, donnerait du plomb métallique qui s'allierait à l'argent.

45. — Chlorure d'argent. — Ce chlorure, provenant des essais d'argent par voie humide ou bien de la transformation des boutons de retour et de l'azotate d'argent, est imprégné d'une eau tenant en dissolution différentes substances et

généralement colorée en bleu par des sels de cuivre. Il faut d'abord le séparer de ce liquide : pour cela on abandonne le mélange dans des bocaux en verre, le chlorure d'argent très dense se rassemble à la partie inférieure et, au bout de quelques heures, le liquide qui le recouvre est tout à fait limpide. On décante ce liquide ou on le siphonne puis on le remplace par de l'eau ; on agite vivement le contenu du flacon, on laisse reposer et l'on recommence la même série d'opérations (décantation, addition d'eau, etc.) trois ou quatre fois en employant toujours une quantité d'eau égale à environ deux fois le volume du chlorure d'argent.

Le chlorure, ainsi débarrassé de toute substance étrangère, peut alors être traité par deux procédés différents pour en extraire l'argent : par voie sèche ou par voie humide.

46. — Voie sèche. — Le chlorure en suspension dans l'eau est séparé au moyen du filtre de la majeure partie du liquide qui le baigne et la masse égouttée est placée dans un vase de porcelaine où elle ne doit pas former une couche trop épaisse. Celle-ci est alors chauffée, soit au bain-marie, soit dans une étuve à 100 ou 120°, pour achever la dessiccation du chlorure.

Le chlorure sec est finement pulvérisé et mélangé aussi intimement que possible, dans les proportions suivantes avec de la craie et du charbon en poudres très fines.

Chlorure d'argent.	100 gr.
Craie	70 gr.
Charbon de bois	5 gr.

Ce mélange est divisé en fractions de 40 ou 50 grammes que l'on enveloppe dans des cornets de papier ; on chauffe un creuset de terre au rouge dans un fourneau à bon tirage et, à cette température, l'on y projette successivement les cornets contenant le mélange en attendant, pour en mettre un autre, que le boursoufflement dû au dégagement d'acide carbonique et d'oxyde de carbone ait cessé. Quand la matière remplit le creuset jusqu'à 4^{cm} environ du bord on n'ajoute plus de cornets et l'on élève progressivement la température jusqu'au rouge vif, puis, quand la masse est en fusion tranquille, à cette température, on sort le creuset du feu, on le frappe un peu sur le sol pour rassembler le métal à la partie inférieure et on le laisse refroidir. En le brisant avec un marteau, on trouve au fond un culot d'argent fondu surmonté d'une scorie vitreuse qui s'en sépare facilement.

Ce procédé, imaginé par Gay-Lussac, ne donne pas de l'argent absolument pur ; le métal retient toujours un peu de fer et d'aluminium provenant de la craie et des parois du creuset. Cet argent convient cependant très bien pour la préparation de l'azotate.

Marignac a modifié ce procédé en remplaçant la craie par le carbonate de sodium et en ajoutant une substance oxydante, l'azotate de potassium, qui empêche le fer et l'aluminium de prendre l'état métallique. Les proportions à employer sont les suivantes :

Chlorure d'argent	100 gr.
Carbonate de sodium sez . .	50 gr.
Azotate de potassium	25 gr.

Le mélange, finement pulvérisé, est introduit comme précédemment dans des cornets de papier et l'opération se conduit de même, seulement la réaction donnant naissance à un dégagement gazeux plus abondant, doit être surveillée de très près.

47. — Voie humide. — Le chlorure d'argent est introduit dans une capsule de porcelaine avec une partie de l'eau qui le baigne, on l'acidule au moyen d'acide sulfurique et l'on plonge dans la masse quelques lames de zinc exempt de

métaux étrangers. Le chlorure d'argent est réduit et le métal conserve l'état pulvérulent, avec une couleur assez foncée; au bout de un ou deux jours la réduction est généralement complète. Il est d'ailleurs facile de s'assurer s'il ne reste plus de chlorure d'argent dans la masse : on prend un peu du produit pulvérulent auquel on ajoute de l'ammoniaque qui dissoudra le chlorure d'argent dans le cas où il y en aurait encore, on filtre et l'on ajoute au liquide clair assez d'acide azotique pour que la liqueur rougisse un papier bleu de tournesol : l'ammoniaque est transformée en azotate d'ammoniaque qui ne dissout pas le chlorure d'argent, de sorte que celui-ci se précipitera et l'on sera ainsi averti que la réduction n'est pas terminée.

L'argent en poudre, obtenu par ce procédé, peut retenir de petites quantités de zinc dont il est facile de le débarrasser : après avoir enlevé les lames de zinc et les plus gros fragments qui auraient pu s'en détacher, on introduit la poudre dans un flacon avec de l'acide sulfurique étendu, le zinc se transforme en sulfate avec dégagement d'hydrogène et l'argent reste inattaqué dans ces conditions ; quand tout dégagement gazeux a cessé, on lave le précipité par décantation, puis on le jette sur un filtre et on le sèche.

Si l'on ne veut pas conserver le métal à l'état pulvérulent, on l'introduit dans un creuset avec un peu de borax et on le chauffe au rouge vif pour en obtenir la fusion. Après refroidissement l'on trouve au fond du creuset un culot d'argent très pur.

48. — Azotate d'argent. — L'azotate d'argent provenant des essais d'or n'est pas pur, il renferme de petites quantités d'autres azotates, un excès d'acide azotique et des traces d'or pulvérulent qui y est tenu en suspension.

On commence par neutraliser ce liquide en introduisant dans le vase de verre qui le contient des fragments de marbre (carbonate de calcium): l'acide azotique libre se transforme en azotate de calcium et l'acide carbonique se dégage; on agite de temps en temps le liquide du flacon et quand, au bout de quelques jours, tout dégagement gazeux a cessé, on le verse sur un filtre pour séparer les matières pulvérulentes insolubles; le liquide clair est alors transformé en chlorure d'argent comme nous l'avons indiqué pour les boutons de retour (44). Dans le cas où l'on éprouverait quelque difficulté à saisir le moment où l'acide chlorhydrique étendu cesse de donner un précipité, on filtrerait 5 ou 6^{es} du liquide

tenant le chlorure d'argent en suspension et l'on s'assurerait que l'acide ne donne plus de précipité dans la liqueur claire ; s'il y avait précipité, il faudrait continuer l'addition d'acide chlorhydrique dans toute la masse. Ce chlorure sera traité comme il vient d'être dit (46 ou 47).

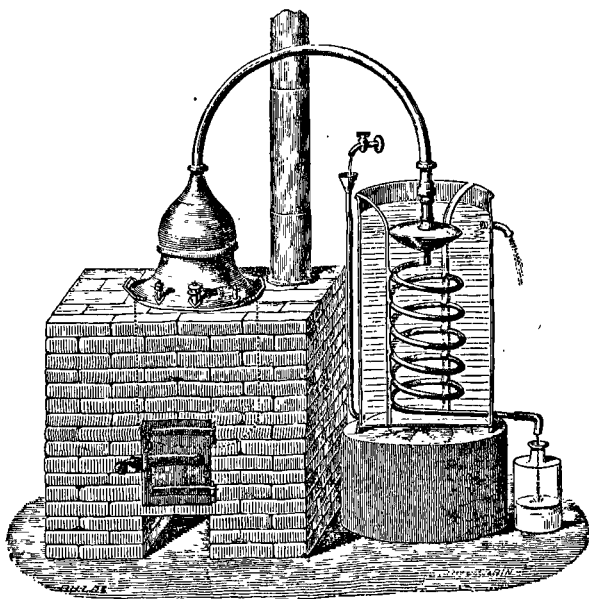
EAU DISTILLÉE

49. — L'eau de source ou de rivière renferme toujours en dissolution un certain nombre de matières salines (sulfates, chlorures, carbonates), qu'elle a empruntées au sol avec lequel elle a été en contact et qui gênent dans les réactions analytiques. Celle qu'on utilise pour les essais doit être absolument pure ; on l'obtient à cet état par la distillation.

On emploie dans ce but un appareil désigné sous le nom d'*alambic* (*fig. 1*) qui se compose d'une chaudière en cuivre munie d'un couvercle ou *chapiteau* à la partie supérieure duquel est soudé un tube de métal venant se raccorder à un *serpentin* en étain ; ce dernier est constamment refroidi par un courant d'eau froide. La chaudière ou *cucurbite* de même que le chapiteau et le tube qu'il porte sont étamés à l'intérieur.

On fait arriver l'eau à purifier dans la chaudière, on adapte le chapiteau et l'on chauffe au

Fig. 1.

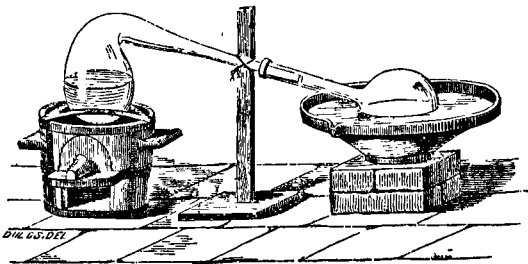


moyen d'un fourneau en maçonnerie. L'eau se transforme en vapeurs qui viennent se condenser dans le serpentin à l'extrémité duquel on la recueille dans des vases bien nettoyés. On doit laisser perdre les premières portions et arrêter la

distillation quand il reste dans la chaudière le quart de l'eau qu'on y a introduite ; de plus l'opération doit être menée assez lentement pour qu'il n'y ait pas de matières solides entraînées par la vapeur.

Si l'on n'avait pas d'alambic à sa disposition, on pourrait préparer de petites quantités d'eau distillée au moyen d'un appareil distillatoire en verre (*fig. 2.*)

Fig. 2.



50. — *Essai.* — L'eau distillée doit être incolore et n'avoir ni odeur, ni saveur ; elle ne doit pas laisser de résidu quand on l'évapore sur une lame de platine. Le chlorure de baryum et l'azotate d'argent n'y formeront pas de précipités (absence de sulfates et chlorures) ; l'oxalate d'ammoniaque ne donnera pas de trouble (ab-

sence de la chaux); enfin le sulfhydrate d'ammoniaque ne donnera ni précipité, ni coloration (absence du cuivre, du plomb, de l'étain.)

ACIDE CHLORHYDRIQUE

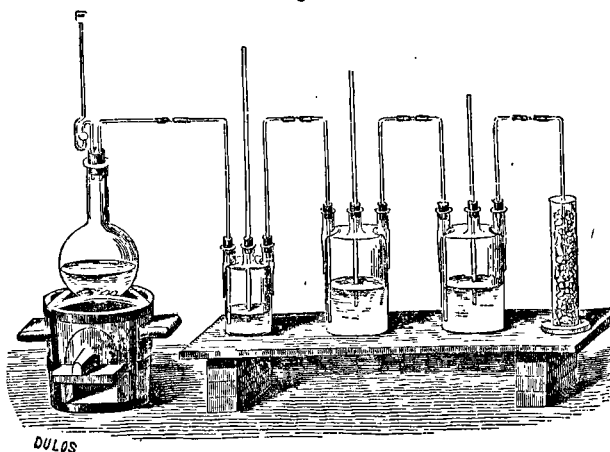
51. — L'acide chlorhydrique se prépare en faisant réagir, sous l'influence de la chaleur, l'acide sulfurique sur le sel marin ou chlorure de sodium



Cette réaction s'effectue en grand dans l'industrie; elle fournit de l'acide chlorhydrique gazeux que l'on fait rendre dans des récipients pleins d'eau où il se dissout abondamment. Telle qu'elle sort de ces récipients la dissolution d'acide chlorhydrique, connue sous le nom d'*esprit de sel*, constitue un liquide coloré en jaune par des sels de fer ou des matières organiques et qui répand à l'air d'épaisses fumées. Cet acide commercial contient un certain nombre d'impuretés (acide sulfurique, acide sulfureux, chlorure d'arsenic), qui empêchent de l'employer pour l'analyse. Les fabricants de produits chimiques purifient l'acide commercial et l'on trouve chez eux de l'acide chlorhydrique pur, mais cette opération ne peut

guère être effectuée pratiquement dans de petits laboratoires et il serait préférable, si l'on ne pouvait trouver cet acide pur, d'en préparer avec de l'acide sulfurique *pur* et du chlorure de sodium *pur*.

Fig. 3.



On introduit le chlorure de sodium avec un excès d'acide sulfurique concentré dans un ballon un peu grand, pour éviter que les boursoufflements n'entraînent la masse dans les tubes abducteurs. Le col du ballon est fermé au moyen d'un bouchon traversé par un tube amenant le gaz dans une série de flacons de Woolf (*fig. 3*)

et contenant de l'eau ; les tubes abducteurs ne doivent guère plonger que de 5^{mm} dans le liquide pour éviter les absorptions ; l'acide du premier flacon peut renfermer un peu d'acide sulfurique entraîné par le gaz : on ne devra pas l'utiliser. La réaction s'effectue en grande partie à froid : quand le dégagement se ralentit on l'active en chauffant légèrement.

52. — *Essai.* — L'acide chlorhydrique pur doit être incolore et se vaporiser sans résidu. Après une addition de cinq ou six fois son volume d'eau distillée il ne doit pas précipiter par le chlorure de baryum (absence d'acide sulfurique.)

ACIDE AZOTIQUE

53. — Il est aussi connu dans le commerce sous les noms d'*acide nitrique* ou d'*eau forte*. C'est encore un produit industriel obtenu au moyen de l'azotate de sodium et de l'acide sulfurique.



Cette formule correspond à la formation d'acide monohydraté ou acide fumant qui n'a pas de grands usages ; aussi dans l'industrie ne prend-

on pas l'acide sulfurique à son maximum de concentration et l'on obtient alors un acide moins concentré dont la densité est 1,38 environ. Il peut contenir comme impuretés un peu d'acide sulfurique et d'acide chlorhydrique.

Pour le purifier on y ajoute les $\frac{2}{3}$ de son poids d'eau, puis des dissolutions d'azotate d'argent et d'azotate de baryum jusqu'à cessation de précipités on laisse reposer et l'on décante le liquide clair dans une cornue en verre dont le col s'engage dans celui d'un ballon à long col soigneusement refroidi. On distille en arrêtant l'opération quand il reste dans la cornue le $\frac{1}{10}$ environ du liquide qui a été introduit.

Cet acide azotique pur se trouve, en général, dans le commerce.

54. — Essai. — Il doit être incolore et se volatiliser sans résidu. Après avoir été étendu d'eau il ne doit précipiter ni par l'azotate de baryte (absence de l'acide sulfurique) ni par l'azotate d'argent (absence de l'acide chlorhydrique).

EAU RÉGALE

55. — L'acide chlorhydrique, et l'acide azotique, pris isolément, sont sans action sur l'or (23), mais par leur mélange on obtient un liquide

qui dégage lentement du chlore et dissout l'or en le transformant en chlorure. C'est à cette propriété que le mélange doit son nom, car l'or était autrefois regardé comme le roi des métaux.

ACIDE SULFURIQUE

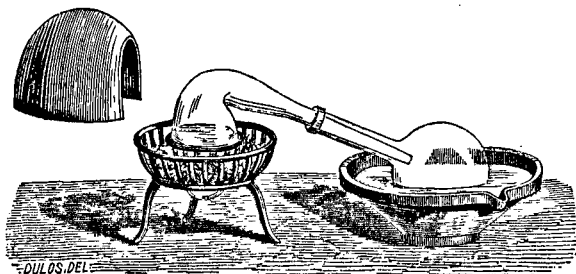
56. — L'acide sulfurique, ou huile de vitriol ne se prépare qu'industriellement par oxydation de l'acide sulfureux au moyen des composés oxygénés de l'azote.

Les principales impuretés du produit commercial sont des produits nitreux, du sulfate de plomb et de l'acide arsénieux. On peut le purifier en le chauffant d'abord dans une capsule de porcelaine avec 3 ou 4 millièmes de son poids de sulfate d'ammoniaque jusqu'à ce qu'il se forme d'abondantes fumées blanches; on se débarrasse ainsi des produits nitreux qui sont transformés en azote et vapeur d'eau. On ajoute ensuite du bioxyde de manganèse en fragments (7 ou 8 millièmes) et l'on chauffe à l'ébullition pour changer l'acide arsénieux en acide arsénique. Après refroidissement on décante le liquide clair dans une cornue de verre qui communique avec un ballon, qu'il est inutile de refroidir; on distille en laissant perdre les premières portions et en arrêtant l'opé-

ration quand il reste encore dans la cornue le quart de son contenu.

La distillation de l'acide sulfurique est très difficile à conduire parce qu'elle donne lieu à de violents soubresauts qui peuvent amener la rupture de la cornue ; on la rend plus régulière en introduisant dans le liquide des fils de platine et en ne chauffant la cornue que latéralement (*fig. 4.*)

Fig. 4.



57. — *Essai.* — L'acide sulfurique pur est incolore. En le versant dans de l'eau distillée, il ne doit pas se former de précipité (absence de sulfate de plomb) la dissolution de sulfate ferreux ne doit pas se colorer en brun à son contact (absence de composés nitreux).

CHLORURE DE SODIUM

58. — Le chlorure de sodium est abondamment répandu dans la nature; c'est lui qui communique en grande partie à l'eau de mer sa saveur caractéristique et le produit que l'on en extrait est connu sous le nom de *sel marin*. On le rencontre aussi à l'état solide : à cet état, il constitue le *sel gemme*. Ce produit est plus pur que le sel marin et par suite est employé de préférence pour les essais d'argent ; on aura seulement soin de le choisir aussi blanc que possible.

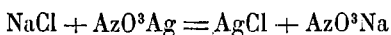
Avec le sel marin on peut facilement obtenir du chlorure de sodium pur : il suffit d'en faire une dissolution saturée, de la filtrer¹ et d'y faire passer un courant d'acide chlorhydrique gazeux jusqu'à saturation. Dans ces conditions le chlorure de sodium moins soluble dans l'acide chlorhydrique que dans l'eau pure se dépose en petit cristaux ; on les place dans un entonnoir pour les laver avec de l'acide chlorhydrique, puis on laisse égoutter et enfin on chasse l'acide en chauffant les cristaux dans une capsule de porcelaine.

59. — *Essai*. — La dissolution aqueuse nè

doit pas rougir le papier bleu de tournesol ce qui indiquerait que, dans la purification précédente, l'acide chlorhydrique n'a pas été totalement chassé; elle ne doit se troubler ni par le chlorure de baryum (sulfates) ni par l'oxalate d'ammoniaque (sels de chaux.)

60. — Liqueur normale de chlorure de sodium. — On désigne sous ce nom une dissolution aqueuse de chlorure de sodium faite dans des proportions telles que 100^{cc} de cette liqueur soient susceptibles de transformer *exactement* en chlorure 1^{er} d'argent préalablement dissous dans l'acide azotique.

La formule de réaction du chlorure de sodium sur l'azotate d'argent :



nous montre, en remontant aux poids moléculaires, que 1 molécule de chlorure de sodium ou 58^{sr},5 (23+35,5) transforme en chlorure d'argent 1 molécule d'azotate d'argent ou 170^{sr} (14+48+108) correspondant à 1 atome ou 108^{sr} d'argent; on en déduit donc immédiatement que le poids x de chlorure de sodium correspondant à 1^{er} d'argent sera :

$$x = \frac{58,5}{108} = 0^{\text{sr}},541$$

C'est là le poids de chlorure de sodium qui devra être contenu dans 100^{cc} et par suite 1 litre de liqueur normale salée renfermera 5^{sr},41 de chlorure de sodium.

Il semble maintenant que la préparation de cette dissolution soit une opération des plus simples : il suffira de peser exactement 5^{sr},41 de sel et de le dissoudre dans la quantité d'eau distillée nécessaire pour faire 1 litre à la température ambiante. Il n'en est rien cependant, parce qu'il faudrait avoir du chlorure de sodium parfaitement pur et sec : or, s'il est facile de préparer, comme nous l'avons indiqué, du chlorure de sodium débarrassé de toute substance étrangère solide, il est presque impossible d'en séparer complètement l'eau d'interposition sans que cette dernière ne lui fasse subir une décomposition partielle. La difficulté pourrait être tournée si le chlorure de sodium solide était parfaitement homogène : on déterminerait, au moyen de l'azotate d'argent, la proportion de chlorure de sodium anhydre contenu dans l'échantillon et on en déduirait la quantité à prendre pour avoir le poids voulu de chlorure pur anhydre, mais il n'y a pas homogénéité dans la masse et pour cette raison on est obligé d'avoir recours au procédé suivant, qui donne un produit homogène ne

contenant que du chlorure de sodium et de l'eau.

On pulvérise du sel blanc et, dans un flacon, contenant quelques litres d'eau distillée, l'on introduit une quantité suffisante de ce chlorure pour en produire la saturation ; on agite de temps en temps ce flacon. Au bout de quatre ou cinq jours la dissolution est terminée ; si l'on a bien opéré, il doit rester du sel solide au fond du liquide. On filtre et l'on conserve cette dissolution dans des flacons bien bouchés pour que l'eau ne puisse s'évaporer et que la concentration reste constante.

Il faut maintenant déterminer la concentration de cette liqueur ; pour cela on tare sur une balance une capsule de porcelaine dans laquelle on introduit un poids P de la solution saturée puis on l'évapore à siccité sur un bain de sable peu chauffé (120° environ), pour éviter les projections ; on laisse refroidir et, en reportant sur la balance, l'on détermine le poids du résidu solide ; on reporte la capsule sur le bain de sable dont la température peut être légèrement plus élevée, on l'y laisse une vingtaine de minutes, on pèse de nouveau et l'on recommence la même série d'opérations jusqu'à ce que deux pesées consécutives donnent le même poids p pour le

résidu solide. Chaque gramme de la dissolution saturée renferme alors un poids $\frac{p}{P}$ de chlorure de sodium *sensiblement* pur et sec. Supposons par exemple

$$P = 84^{\text{gr}},50 \qquad p = 22^{\text{gr}},31$$

on aura :

$$\frac{p}{P} = 0^{\text{gr}},264$$

Au moyen de cette solution de concentration connue, nous allons préparer une dissolution contenant *sensiblement* la quantité correspondant à la liqueur normale ; un raisonnement très simple permet d'y arriver.

Soit à préparer 50 litres de liqueur normale salée : d'après sa définition ces 50 litres devront contenir

$$50 \times 5,41 = 270^{\text{gr}},5$$

de chlorure de sodium ; or $0^{\text{gr}},264$ sont contenus dans 1^{gr} de la solution saturée, 1^{gr} se trouvera dans $\frac{1}{0,264}$ et pour avoir $270^{\text{gr}},5$ il faudra prendre :

$$\frac{270,5}{0,264} = 1024^{\text{gr}},6$$

de la dissolution saturée.

On place sur le plateau d'une bonne balance

un flacon de verre d'une contenance de 1,5 à 2 litres et à côté de ce flacon des poids égaux à 1024^{gr},6 puis on en fait la tare dans l'autre plateau; on enlève le poids de 1024^{gr},6 et l'on verse dans le flacon de la dissolution saturée jusqu'à rétablir à nouveau l'équilibre.

Ces 1024^{gr},6 de solution sont versés dans le récipient où la liqueur normale doit être conservée (¹), on remplit à moitié le flacon d'eau distil-

(¹) En général, dans les laboratoires d'essais, la liqueur normale est conservée dans un grand récipient cylindrique en cuivre de 50 à 100 litres de capacité. Le fond supérieur de cet appareil présente une ouverture assez large pour permettre le remplissage de l'appareil; celle-ci peut-être fermée au moyen d'un bouchon à vis traversé par un tube qui vient s'ouvrir à quelques centimètres au-dessus du fond. C'est par ce tube que l'air rentre dans l'appareil sans pouvoir en sortir, en sorte que le liquide ne peut s'évaporer. On est averti du moment où le liquide tire à sa fin par le bruit que fait l'air en pénétrant dans le récipient, bruit qui cesse dès que l'orifice du tube n'est plus immergé.

Le cuivre s'altérant assez rapidement au contact de la dissolution de chlorure de sodium et de l'oxygène de l'air, il est nécessaire d'enduire intérieurement le cylindre d'une substance inattaquable dans ces conditions. Un mélange de 3 parties de mastic de fontainier et de 1 partie de cire jaune convient parfaitement; on l'introduit chaud dans le cylindre que l'on fait tourner jusqu'à complet refroidissement.

lée, on agite et l'on verse ce liquide dans le récipient ; on rince ainsi 3 ou 4 fois ce flacon à l'eau distillée en faisant passer l'eau de lavage dans le récipient afin de ne rien perdre de la solution saturée ; enfin on achève de remplir ce récipient jusqu'au trait de repère avec de l'eau distillée et l'on brasse soigneusement tout le liquide.

Le récipient étant en communication par l'intermédiaire de tubes avec une pipette spéciale que nous décrirons plus tard (87), on lave ces tubes et la pipette avec le liquide qui vient d'être préparé : il suffit pour cela d'ouvrir le robinet et de laisser écouler une certaine quantité de liquide que l'on recueille et introduit de nouveau dans le récipient.

Il s'agit maintenant de vérifier si cette liqueur salée possède exactement le titre voulu et, dans le cas contraire, de l'amener à ce titre.

Pour cela on pèse 1^{gr} d'argent *pur* et on l'introduit avec une dizaine de centimètres cubes d'acide azotique à 32° B. dans un flacon de 250^{cc} bouché à l'émeri ; on chauffe au bain-marie pour dissoudre le métal et après refroidissement on y verse 100^{cc} (mesurés avec la pipette) de la liqueur qui vient d'être préparée : le chlorure d'argent se précipite et, si la liqueur est exacte, il ne doit plus rester ni chlore ni argent dans le li-

quide surnageant. Si les 100^{cc} employés contiennent plus de chlorure de sodium qu'il n'en faut pour précipiter le gramme d'argent pur, on dit que la liqueur est *forte*, dans le cas contraire; elle est *faible*.

Pour savoir auquel des deux cas on a affaire, on ferme le flacon avec son bouchon et on l'agite vivement pendant quelques minutes; cette agitation permet ensuite au chlorure de se rassembler rapidement au fond du flacon et d'obtenir au-dessus de ce dépôt un liquide limpide.

Au moyen d'une pipette on verse alors dans le flacon 1^{cc}. de liqueur décime salée⁽¹⁾; deux cas peuvent se présenter: ou il y a précipité, ou il n'y en a pas; dans le premier, la liqueur était faible, dans le second, elle est forte ou exacte.

La liqueur est faible. — On agite le contenu du flacon pour rassembler le nouveau précipité, on verse un nouveau centimètre cube de liqueur décime salée, on rassemble le précipité s'il y en a encore un et l'on continue de même jusqu'à ce

(1) On indiquera un peu plus loin la préparation de cette liqueur, mais si l'on n'en avait pas on pourrait se contenter, pour cet essai, de prendre 100^{cc} de la liqueur que l'on essaye et d'y ajouter de l'eau de manière à faire 1 litre.

que 1^{cc} ne donne plus rien (1). Supposons que l'on en ait ajouté 11 avant d'obtenir ce résultat : comme chaque centimètre cube de liqueur décime correspond à 1^{mg} d'argent, les 100^{cc} de liqueur à essayer n'avaient précipité que $1000 - 11 = 989$ milligrammes d'argent et l'on se trouve amené à ajouter dans le récipient un poids de solution saturée renfermant la quantité de chlorure de sodium correspondant à 11 milligrammes d'argent : ce poids y sera évidemment donné par la proportion :

$$\frac{y}{1024,6} = \frac{11}{989}$$

d'où

$$y = 11,4$$

On pèsera soigneusement dans un petit flacon ces 11^{gr},4 de solution saturée et on les versera dans le récipient puis on rincera deux ou trois fois ce flacon avec la liqueur du récipient et l'on brassera le tout.

Si l'on n'avait ajouté que du chlorure de sodium non dissous et si l'on n'avait pas déjà sous-

(1) Si l'on a l'habitude de ces opérations on peut, suivant l'abondance du premier précipité, ajouter 4 ou 5^{cc} de liqueur décime en une seule fois et n'opérer par 1^{cc} que quand on approche du point final.

trait 100^{cc} de liquide au récipient, la liqueur serait maintenant exacte, mais il n'en est pas ainsi, aussi faut-il procéder à un nouvel essai.

On opérera comme précédemment et l'on trouvera, par exemple, la liqueur trop faible de 2 millièmes la quantité x de solution saturée qu'il faut ajouter à nouveau sera donnée de même par la proportion :

$$\frac{x}{1024,6 + 11,4} = \frac{2}{998}$$

d'où

$$x = 2,1$$

On ajoute cette nouvelle quantité et la liqueur essayée de même ne fournit de précipité qu'au premier centimètre cube de liqueur décime, le second ne donne rien. La liqueur est jugée suffisamment exacte.

La liqueur est forte. — On le reconnaît de la manière suivante : le premier centimètre cube de liqueur décime salée ne produit pas de précipité dans la dissolution azotique de 1^{er} d'argent pur, on ajoute 1^{cc} de liqueur décime d'argent qui transforme exactement en chlorure ce premier centimètre cube et l'on agite pour rassembler le précipité. Si, après éclaircissement, un nouveau centimètre cube de liqueur décime d'argent ne

donnait rien, la liqueur serait exacte, s'il donne un précipité la liqueur est forte.

On opère alors avec la liqueur décime d'argent comme on l'a fait dans le cas précédent avec la liqueur décime salée et l'on compte le nombre de centimètres cubes qui donnent un précipité (non compris bien entendu celui qui a été employé pour neutraliser le premier centimètre cube de liqueur salée). Supposons qu'on en ait ajouté 3 ; cela veut dire que les 100^{es} de liqueur à essayer précipitent 1003 milligrammes d'argent, il faut donc retirer du chlorure de sodium ou, ce qui pratiquement revient au même, ajouter de l'eau au liquide.

En nous reportant à la préparation de la liqueur nous voyons que les 270^{sr},5 de chlorure employé correspondent à 1003^{ms} d'argent, donc le poids de chlorure qui équivaut à 3^{ms} est

$$\frac{3 \times 270,5}{1003} = 0,8$$

cest le poids qu'il faut enlever pour amener les 50 litres à n'en plus contenir que 270,5 — 0,8 = 269^{sr},7. Au lieu de cela nous ajouterons de l'eau pour faire avec ces 0^{sr},8 une dissolution de même concentration que celle de 269^{sr},7 dans 50 litres.

Cette quantité d'eau, exprimée en litres est évidemment égale à

$$\frac{0,8 \times 50}{269,7} = \frac{3 \times 270,5 \times 50}{1003 \times 269,7}$$

c'est la valeur exacte qu'il suffirait de calculer, mais si nous remarquons que les deux nombres 270,5 et 269,7 ne diffèrent pas sensiblement on peut prendre, avec une approximation bien suffisante, la valeur plus simple :

$$\frac{3 \times 50}{1003} = 0^{\text{lit}},149$$

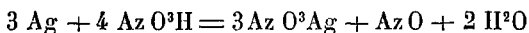
On versera donc dans le récipient 150^{gr} d'eau et l'on brassera pour avoir un liquide homogène.

61. — Liqueur décime de chlorure de sodium. — C'est une dissolution de sel dont chaque centimètre cube précipite exactement 1^{ms} d'argent. D'après ce que nous avons dit de la liqueur normale salée la préparation de celle-ci sera très simple ; on prendra 100^{cc} de liqueur normale que l'on introduira dans une fiole jaugée de 1 litre, puis l'on achèvera de remplir jusqu'au trait d'affleurement avec de l'eau distillée.

AZOTATE D'ARGENT

62. — L'azotate d'argent est un beau sel blanc qui cristallise sous forme de lamelles transparentes et qui est très soluble dans l'eau.

On le prépare en faisant réagir l'acide azotique sur l'argent.



L'opération s'effectue dans une capsule de porcelaine ; on y introduit des lames d'argent pur de 1^{mm} d'épaisseur environ, coupées en petits fragments et un poids égal d'acide azotique pur à 32° B. ; on place la capsule sur un petit fourneau, permettant de la chauffer légèrement, et le tout sous une hotte d'un assez bon tirage pour empêcher les vapeurs nitreuses de se répandre dans le laboratoire.

Quand le métal a entièrement disparu, on élève un peu la température pour évaporer le liquide jusqu'à ce qu'il se forme à sa surface une pellicule solide ; on laisse refroidir et au bout de 18 à 24 heures on trouve des cristaux au fond du récipient. On décante le liquide qui sera soumis à une nouvelle évaporation et les cristaux sont introduits dans un entonnoir où l'on les lave

avec une petite quantité d'eau distillée destinée à entraîner la petite quantité d'acide dont ils sont encore imprégnés; les cristaux sont conservés dans un flacon bien propre.

Si l'on n'avait pas d'argent pur, on pourrait, pour cette préparation, utiliser l'alliage monétaire d'argent. On le dissout dans l'acide azotique comme s'il s'agissait d'argent pur, on obtient ainsi une liqueur bleue qui est une dissolution d'azotate d'argent et d'azotate de cuivre. Ce liquide est évaporé à sec, puis on élève lentement la température de la capsule jusqu'à ce que le résidu solide soit devenu complètement noir; dans ces conditions, l'azotate de cuivre moins stable que l'azotate d'argent se décompose en oxyde noir de cuivre et composés nitreux volatils tandis que l'azotate d'argent reste intact si l'on n'a pas chauffé trop fort. On reconnaîtra que la décomposition de l'azotate de cuivre a été complète en prenant une petite quantité de ce résidu noir le traitant par l'eau et filtrant: le liquide clair doit être incolore et ne pas se colorer en bleu par l'addition d'ammoniaque. Quand on est arrivé à ce point, on traite le tout par l'eau, on filtre et l'on achève comme on l'a indiqué plus haut dans la préparation au moyen de l'argent pur.

63. — Liqueur décime d'azotate d'argent.

— C'est une dissolution d'azotate d'argent en proportions telles que chaque centimètre cube contienne exactement 1^{mg} d'argent; il résulte de cette définition et de celle de la liqueur décime salée que deux volumes égaux de ces deux liqueurs donnent par leur mélange un liquide qui, après séparation du précipité de chlorure d'argent, ne renferme plus ni chlore ni argent.

Pour préparer cette liqueur on pèse 1^{gr} d'argent chimiquement pur et on le dissout dans 5 à 6^{cc} d'acide azotique pur à 32° B., puis on ajoute de l'eau distillée de façon à faire 1 litre de dissolution que l'on conserve dans un flacon bouché à l'émeri et que l'on met à l'abri des poussières et de la lumière.

ACIDE OXALIQUE

64. — L'acide oxalique se prépare industriellement par la réaction des alcalis sur la cellulose mais ce produit n'est pas assez pur pour qu'on puisse l'employer tel quel dans l'analyse.

On purifie ce produit commercial par cristallisation : on le pulvérise, on en fait une solution saturée dans l'eau tiède, on filtre à cette température et l'on fait refroidir rapidement afin d'éviter la formation de gros cristaux. Ces cristaux sont

égouttés dans un entonnoir puis étendus sur du papier buvard pour les dessécher ; il faut avoir soin de les recouvrir d'une autre feuille de ce même papier qui les préservera de la poussière.

Essai. — On reconnaît la pureté du produit à ce qu'il donne dans l'eau une dissolution limpide et à ce que, chauffé sur une lame de platine, il disparaît totalement sans laisser de résidu solide incombustible (carbonates de potassium ou de calcium).

CHAPITRE II

APPAREILS ET OUTILS EMPLOYÉS POUR LES ESSAIS D'OR ET D'ARGENT

65. — Balance. — La balance est un instrument trop connu pour que nous ayons besoin de la décrire ici ; quant à la théorie de cet instrument, le lecteur la trouvera dans tous les traités de physique ou de mécanique.

Pour les essais d'or et d'argent on emploie une balance, dite *balance d'essais*, avec laquelle on ne peut pas peser plus de deux grammes et dont

le fléau est assez court pour permettre des pesées rapides. Dans chacun des plateaux se trouve une petite capsule plate, en argent ou en platine, qui recevra d'un côté le poids marqué, de l'autre le corps à peser. Ces deux capsules, de même que les poids marqués, ne doivent jamais être prises à la main, on les déplace au moyen d'une pince d'acier à ressort, dite *bruxelle* ou *brucelle*, dont les deux bras se terminent par une pointe mousse et s'appliquent exactement l'un sur l'autre.

Toute la balance est enfermée dans une cage vitrée qu'on n'ouvre que pour y introduire la substance à peser et qui doit être fermée pendant la pesée. Un bouton porté par le pied de l'instrument permet d'abaisser la fourchette qui, dans les conditions ordinaires, maintient le fléau et son couteau à une petite distance du plan sur lequel ce dernier doit reposer pendant la pesée.

C'est *seulement* pendant cette opération que la fourchette doit être abaissée ; quand on ne se sert pas de la balance ou bien quand on a à toucher aux plateaux la fourchette doit *toujours* être relevée.

On reconnaît que la balance est juste aux deux conditions suivantes :

1° Les plateaux étant vides l'aiguille fixée per-

pendiculairement au fléau s'arrête, quand la fourchette est abaissée, devant le zéro de la division en face laquelle elle se meut.

2° On place dans l'un des plateaux un fragment de métal et l'on met dans l'autre des poids marqués jusqu'à amener l'aiguille au zéro ; on permute les poids et le métal ; l'aiguille doit revenir au zéro.

66. — Poids. — On n'emploie pour les essais d'argent que le gramme et ses divisions ; ces poids sont en platine. Pour les essais d'or, les poids sont aussi en platine, seulement comme la prise d'essai est de 0^{gr},500, on a l'habitude, pour éviter tout calcul et obtenir immédiatement le titre, d'inscrire sur ces poids une valeur double de leur valeur réelle : ainsi les poids de 500^{mg} et de 10^{mg} seront marqués 1,000 et 20.

Pour effectuer une pesée le plus rapidement possible, il est *absolument indispensable* d'essayer successivement tous les poids de la boîte en commençant par le plus fort.

67. — Fourneau de coupelle. — C'est le fourneau que l'on emploie pour faire les essais d'or et d'argent par voie sèche. Comme les fourneaux à réverbère employés en chimie, il est en terre réfractaire et cerclé avec des bandes de tôle ;

vers le milieu de sa hauteur se trouve une ouverture, ayant la forme d'un demi-cercle limité par un diamètre horizontal, et qui livre passage à la partie importante de ce fourneau, *le moufle* dans lequel les coupelles seront soumises à l'action de la chaleur. Le moufle (*fig. 5*) est un cylindre

Fig. 5.



d'argile réfractaire dont la section est semblable à celle de l'ouverture dont nous venons de parler, il est fermé à la partie postérieure, ouvert à la partie antérieure. Ce cylindre repose sur des talons fixés aux deux parois opposées du fourneau et peut être fermé au moyen d'une porte mobile que l'on pose sur un large rebord placé au niveau de l'ouverture ; ce rebord est en même temps utilisé pour recevoir les coupelles avant l'essai et les y laisser refroidir lorsqu'il est terminé.

La porte de chargement du combustible est souvent disposée au-dessus de l'ouverture du moufle, mais il est bien préférable de la faire placer sur la partie postérieure du fourneau on

évite ainsi de laisser tomber du charbon sur la tablette où se trouvent les coupelles.

On emploie comme combustible pour ces fourneaux le coke ou le charbon de cornue, mais depuis un certain nombre d'années on construit aussi des fourneaux de coupelle chauffés au gaz par le système Perrot : leur maniement est très simple et la température s'y maintient facilement constante ; seulement ils consomment d'énormes quantités de gaz.

68. — Coupelles. — Ce sont des capsules à parois épaisses ayant environ 3^{cm} de diamètre et 2^{cm} de hauteur ; elles sont fabriquées avec de la cendre d'os et présentent une assez grande porosité.

On obtient la cendre d'os en chauffant les os au rouge dans un courant d'air, la matière organique brûle et, quand la combustion est complète, il reste une cendre blanche principalement formée de phosphate et de carbonate de calcium, La cendre est pulvérisée et tamisée puis on l'agglomère avec un peu d'eau légèrement alcaline de façon à former une pâte qui ne mouille pas la main. Au moyen d'un moule métallique en trois pièces on donne à cette pâte la forme des coupelles, puis celles-ci séparées de leur moule

sont séchées d'abord à l'air libre et, finalement, à une température peu élevée.

Lorsque les coupelles sont de bonne qualité elles sont d'un blanc mat, lisses au toucher et laissent sur les doigts une tache blanche; elles ne doivent pas se fendiller lorsqu'on les porte au rouge.

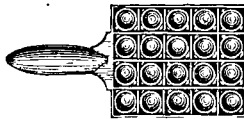
69. — Machine à forer. — C'est une espèce de vilbrequin qui sert à transpercer les lingots non homogènes et à obtenir ainsi les prises d'essai.

70. — Pincés. — Celles dont on a besoin dans les essais sont : les *pincés à charbon*; les *pincés à coupelles* qui ressemblent beaucoup à nos pincettes ordinaires, elles doivent être légères et portent, pour protéger la main de l'action de la chaleur, un écran aux deux tiers de leur longueur à partir des extrémités libres; les *pincés à matras* qui sont en bois; les *tenailles à mâchoires* qui forment de grosses pincés d'acier servant à écraser les boutons d'essai pour en séparer la cendre provenant de la coupelle; enfin les *pincés bruxelles*, de même forme que celles qui servent à prendre les poids de la balance, mais un peu plus fortes sont utilisées pour séparer les boutons d'essais de la coupelle.

71. — **Ecran.** — Pour surveiller les coupelles dans le moufle il est bon d'employer un écran de bois ou de carton dont la partie centrale est formée par un verre rouge ou jaune.

72. — **Casiers.** — Quand on a à faire simultanément un grand nombre d'essais il est très important de pouvoir reconnaître sûrement la coupelle qui appartient à chacun d'eux ; comme on ne peut pas inscrire sur chacune un numéro, on les dispose sur un casier en laiton (*fig. 6*).

Fig. 6.



formé de 3 rangées de 4 cases chacune et chaque coupelle ne doit être séparée de sa case que pour l'introduire dans le moufle, encore a-t-on le soin, si l'on en porte plusieurs à la fois, de les y ranger toujours dans un ordre déterminé.

73. — **Vases gradués.** — Les volumes des différents liquides employés dans les essais sont mesurés dans des vases gradués : ceux-ci peuvent

porter un trait de jauge unique correspondant à une capacité déterminée (pipettes et ballons jaugés) ou bien une série de divisions permettant d'apprécier le volume du liquide sorti de ce vase (éprouvettes et burettes divisées). Ces derniers ont généralement la forme d'un cylindre de façon qu'à des longueurs égales comptées sur la génératrice correspondent des volumes égaux.

74. — Flacons. — Les essais d'argent par voie humide s'effectuent dans des flacons de verre d'une capacité de 250^{cc}, bouchés à l'émeri et à épaulement arrondi. Comme on a le plus souvent plusieurs essais à faire simultanément il est nécessaire que ces flacons soient numérotés et que le numéro soit répété sur le bouchon ; c'est le seul moyen d'avoir des flacons bien fermés car un bouchon de verre ne ferme exactement que le flacon pour lequel il a été fait.

75. — Matras d'essayeur. — Ce sont des ballons de verre à long col qui, au lieu d'avoir une forme sphérique, présentent celle d'un cylindre terminé par deux demi-sphères ; le haut du col ne porte pas de bourrelet et doit avoir été fondu à la lampe. On les emploie dans les essais d'or.

76. — Tas d'acier et marteaux. — Pour les essais d'or il faut avoir ces deux outils parfaitement polis et dressés ; ils servent à aplatir les boutons avant de les passer au laminoir.

CHAPITRE III

ESSAIS APPROXIMATIFS D'OR ET D'ARGENT

77. — Il arrive souvent que l'on a besoin de connaître d'une manière approximative seulement le titre d'un bijou d'or ou d'argent pour savoir s'il est au-dessus de l'un des titres légaux ou bien, dans le cas de l'or, pour calculer le poids d'argent fin qui doit être allié au *bouton de retour* pour l'inquartation. On peut alors déterminer ce titre soit par la méthode du touchau soit par la méthode hydrostatique qui toutes deux sont assez rapides et présentent l'avantage de ne pas détériorer l'objet à examiner.

ESSAI AU TOUCHAU

78. — Ce procédé est connu depuis des temps très reculés ; il repose sur l'emploi d'une pierre noire et dure que l'on nomme *pierre de touche* et sur la comparaison des traits de dimensions aussi voisines que possible qu'y forment le métal à essayer et des alliages de titre connu ou *touchaux*.

La pierre de touche est un silicate de fer et d'aluminium, contenant de petites quantités de chaux, de magnésie et de charbon ; elle est inattaquable par les acides. Elle doit être aussi noire que possible et assez dure pour n'être rayée par aucun alliage d'or, d'argent et de cuivre. Elle doit enfin être assez rugueuse pour qu'en frottant à sa surface le métal à essayer, celui-ci y laisse une trace bien fournie et que le frottement d'un linge ne puisse enlever. Quand elles ont servi un certain temps, on les nettoie en les frottant avec une pierre ponce.

Le touchau a la forme d'une lame de 2 millimètres d'épaisseur sur 5 à 6 de largeur, soudée à l'extrémité d'une lame de laiton qui permet de le tenir solidement à la main ; les touchaux de différents titres sont réunis par une goupille fixée à l'extrémité libre de la lame de laiton. Ces

touchaux se préparent en fondant au moufle des proportions de cuivre et de métal précieux correspondant aux différents titres. Il est même très important, dans le cas de l'or, d'avoir des jeux de touchaux de même couleur que le métal à essayer, par exemple une série correspondant à l'or rouge, une autre à l'or jaune, une troisième à l'or vert.

79. — Essai d'or. — Nous avons dit que la méthode repose sur la comparaison des traits obtenus sur la pierre de touche d'une part avec le métal à essayer, de l'autre avec des touchaux de titres connus, mais la seule inspection de ces traces est insuffisante, au moins si les titres ne sont pas très différents, et l'on ne peut tirer une conclusion que de la manière dont elles se comportent vis-à-vis d'une liqueur acide susceptible de dissoudre le cuivre en laissant l'or inattaqué.

Pendant longtemps on s'est adressé à l'acide azotique, mais cet acide n'enlève tout le cuivre d'un alliage d'or et de cuivre qu'à la condition que l'alliage ne soit pas trop riche en métal précieux, ce qui n'est pas le cas des objets de bijouterie. Vauquelin a proposé, pour remédier à cet inconvénient, l'emploi d'une eau régale faible aux doses suivantes :

Acide azotique à 37° B. (D=1,340). . .	98 parties
Acide chlorhydrique à 21° B.(D=1,173). . .	2 parties
Eau distillée	25 parties

Cette eau régale est celle qui convient pour les bijoux à 750 millièmes ; si le titre est inférieur il faut diminuer de quelques gouttes la proportion d'acide chlorhydrique et l'augmenter au contraire si le titre est supérieur. Cet acide doit être conservé à l'abri de la lumière, dans un flacon bouché à l'émeri.

Pour essayer un bijou on commence par en gratter légèrement la surface en un point au moyen d'une lime douce ; de cette manière si l'objet avait subi la mise en couleur, on n'est pas exposé à lui attribuer un titre trop élevé. La surface ainsi obtenue est frottée vivement sur la pierre de touche de façon à produire un trait compact de 2 centimètres de longueur sur 2 ou 3 millimètres de largeur environ, puis on trace avec un touchau à 750 millièmes, *de même couleur*, deux traits semblables disposés, parallèlement et de part et d'autre du premier. On mouille ensuite ces trois touches avec une baguette de verre trempée dans l'acide et l'on observe les changements de teinte qui se produisent. L'éclat des traces métalliques se ternit peu à peu puis leur couleur devient de plus en plus foncée et cela

d'autant plus rapidement que l'alliage est à un titre plus bas. On a ainsi une première indication permettant de reconnaître si le titre du bijou est inférieur, égal ou supérieur à 750 millièmes, et l'on est amené à faire une nouvelle comparaison avec un autre touchau. Si l'on n'avait pas observé une différence sensible entre la manière dont se comporte les deux touches, on les essuierait légèrement avec un tampon de linge blanc et l'on recommencerait l'action de l'acide ; il arrive souvent que l'on peut ainsi apprécier une différence qui avait échappé à la première opération. Enfin pour vérifier l'homogénéité d'un bijou il est bon de faire ce même essai pour plusieurs points de l'objet.

Cet essai au touchau exige une grande habitude ; entre les mains d'un opérateur exercé il peut donner une approximation de 8 à 9 millièmes à la condition que l'on ne dépasse guère le titre de 750 millièmes ; pour les premier et deuxième titres légaux, la sensibilité décroît assez rapidement.

80. — Essai d'argent. — La pierre de touche n'est guère employée pour les alliages d'argent que dans le but de distinguer l'argent au 1^{er} titre (950^{mm}) de l'argent au 2^e titre (800^{mm}) ; le li-

quide qu'on utilise alors est une dissolution saturée de sulfate d'argent que l'argent pur n'attaque pas et que le cuivre décompose en mettant en liberté de l'argent métallique très divisé de couleur brune.

L'objet à essayer préalablement limé à sa surface comme pour l'or et pour la même raison est frotté sur la pierre de touche puis la trace mouillée avec la solution de sulfate d'argent. Dans ces conditions, l'argent au premier titre ne se ternit que lentement, tandis que l'argent au second titre noircit rapidement. On pourrait à la rigueur juger du titre d'après la rapidité du changement de teinte, mais même entre des mains exercées ce procédé ne donnerait qu'une approximation bien inférieure à celle obtenue pour l'or.

ESSAI HYDROSTATIQUE

81. — La densité d'un alliage varie avec les proportions des métaux qui le composent et, si ces alliages pouvaient être assimilés à de simples mélanges, leur densité serait facile à calculer en fonction de celles des métaux constituants; inversement, au moins pour les alliages binaires, la connaissance de la densité permettrait d'en

déduire la composition centésimale. Ce problème très simple a été, comme l'on sait, résolu pour la première fois par Archimède à l'occasion de l'examen d'une couronne d'or allié à de l'argent.

Mais la formation des alliages, dans lesquels les métaux sont partiellement combinés, est accompagnée soit d'une contraction, soit d'une dilatation qui modifient la valeur de la densité calculée de telle sorte que l'on ne peut arriver à déduire avec quelque approximation le titre de la densité qu'à la condition d'avoir préalablement déterminé par des expériences directes les densités correspondant à des alliages de titres connus. Les tableaux suivants pourront être utilisés dans ce but :

Densités des alliages d'or et de cuivre d'après M. Roberts.

TITRE	DENSITÉ	TITRE	DENSITÉ
1.000	19,320	932	17,791
968	18,850	922	17,568
958	18,356	900	17,165
948	18,117	880	16,806
938	17,934	861	16,483

*Densités des alliages d'argent et de cuivre
d'après M. Karmarsch.*

TITRE	DENSITÉ	TITRE	DENSITÉ
993	10,479	583	9,772
925	10,360	552	9,657
900	10,293	500	9,637
868	10,257	438	9,532
833	10,215	333	9,384
750	10,083	222	9,200

Au moyen de ces tables on peut calculer le titre d'un alliage de densité intermédiaire à celles qui sont contenues en admettant que dans chacun de ces intervalles la variation de titre est proportionnelle à la variation de densité. D'ailleurs afin d'éviter ce calcul pour les alliages d'argent M. Karmarsch a déduit de ses expériences la formule empirique suivante :

$$t = \frac{d - 8,833}{0,00165}$$

dans laquelle t représente le titre cherché et d la densité trouvée par l'une des méthodes qui sont décrites dans tous les traités de physique.

En tout cas, ces résultats ne présentent une certaine approximation que pour les alliages frappés ou laminés⁽¹⁾, et aussi à la condition que ces alliages soient *exclusivement* composés d'or et de cuivre ou d'argent et de cuivre.

CHAPITRE IV

ESSAI DES ALLIAGES DE CUIVRE ET D'ARGENT

82. — Le nombre considérable des essais d'argent que l'on effectue journellement soit dans les hôtels de monnaies soit dans les ateliers d'affinage a fait rechercher depuis longtemps des procédés rapides pour effectuer cette opération et, depuis le commencement du siècle, ces procédés se sont tellement perfectionnés qu'il faut les ranger aujourd'hui parmi les méthodes analytiques les plus précises que nous connaissions.

(¹) Ceux qui n'ont subi que la fusion présentent toujours une densité inférieure.

Les procédés que l'on emploie actuellement sont au nombre de trois :

Un procédé *par voie sèche* désigné sous le nom de coupellation.

Deux procédés *par voie humide*, l'un volumétrique, aussi exact et beaucoup plus rapide que la coupellation, connu sous le nom de *procédé de Gay-Lussac*; l'autre où l'argent est transformé en chlorure insoluble et pesé à cet état.

De ces trois procédés, c'est celui de Gay-Lussac qui est le plus suivi aujourd'hui, cependant comme la coupellation est encore quelquefois employée, nous la décrirons avec détails et nous terminerons par un exposé rapide de la méthode en poids.

COUPELLATION

83. — La coupellation est une opération très ancienne : elle semble avoir été connue des Egyptiens et l'on y avait certainement recours au VIII^e siècle, mais, à cette époque, ce n'était guère qu'un procédé qualitatif permettant de distinguer l'argent du plomb ou de l'étain. Sous le règne de Philippe de Valois (1343) on commença à employer la coupellation comme procédé d'analyse quantitative.

Cette opération repose sur les propriétés suivantes de l'argent, du cuivre, du plomb et de leurs oxydes :

1° L'argent est complètement inoxydable à l'air dans les conditions ordinaires et n'est pas sensiblement volatil au-dessous de 1100° , température supérieure à celle de sa fusion ;

2° Le cuivre fond vers 1050° et, à cette température, est rapidement transformé en oxyde sous l'influence de l'air ;

3° Le plomb fond à 335° et, à 1000° , il se transforme comme le cuivre en oxyde (litharge), laquelle est fusible à cette température et possède la propriété de dissoudre l'oxyde de cuivre ;

4° Les vases en cendre d'os que nous avons désignés sous le nom de coupelles peuvent absorber environ leur poids de litharge fondue pure ou tenant de l'oxyde de cuivre en dissolution.

Le principe de la méthode est le suivant :

On introduit dans une coupelle un petit morceau de plomb pur que l'on y porte à une température supérieure à celle de sa fusion, puis on place dans ce liquide un poids déterminé de l'alliage de cuivre et d'argent. Sous l'influence de

l'air, le plomb et le cuivre de cet alliage ternaire fondu s'oxydent et la litharge, tenant en dissolution l'oxyde de cuivre, pénètre dans les pores de la coupelle tandis que l'argent inaltéré et séparé de tout métal étranger reste dans la coupelle sous forme de bouton. Le poids de ce *bouton de retour* est le poids de métal précieux contenu dans le fragment de l'alliage essayé.

Le plomb employé dans la coupellation étant destiné à dissoudre l'oxyde de cuivre qui se forme par oxydation de l'alliage, il est clair qu'il faudra en prendre un poids d'autant plus grand que la teneur en cuivre de l'alliage sera plus forte ; d'ailleurs on allongerait singulièrement l'opération, et par suite, on augmenterait les causes d'erreur dues à la faible volatilité de l'argent si l'on employait plus que ce qui est nécessaire, en même temps que l'on favoriserait le rochage du bouton, de sorte qu'il faut tout d'abord fixer la quantité d'argent nécessaire pour l'opération.

Cette première détermination exige la connaissance approximative du titre de l'alliage. L'essayeur exercé est suffisamment renseigné par la dureté, le son ou la manière dont l'alliage se comporte à la chaleur rouge en présence de l'air : plus il y a de cuivre, plus le métal est dur et so-

nore, plus il noircit au feu. Pour d'autres, il suffit d'un essai à la pierre de touche, ou par la densité ou enfin d'un essai au dixième. Ce dernier se fait en passant à la coupelle 0^{sr},4 de l'alliage à essayer avec 1 à 2^{sr} de plomb et le poids du bouton multiplié par 10 donne le titre à 10 ou 20 millièmes près.

Les quantités de plomb ne sont pas, comme on pourrait le croire, proportionnelles au poids du cuivre contenu dans l'alliage. Il résulte des expériences de d'Arcet que les poids de plomb pur nécessaire pour 1^{gr} d'alliage à essayer sont respectivement donnés en grammes par le tableau suivant :

Titre de l'alliage	Poids de plomb correspondant
—	—
1000.	0,3
950.	3
900.	7
800.	10
700.	12
600.	14
de 500 à 0	de 16 à 17

Pour les titres intermédiaires on déduit la quantité de plomb des nombres de ce tableau

par une simple proportion, ainsi pour un alliage à 825 millièmes, par exemple, ce sera :

$$10 - \left(\frac{25}{100} \times 3 \right) = 9^{\text{sr}}, 25$$

il suffit d'ailleurs de peser ce plomb au déci-gramme.

On prépare généralement à l'avance, au moyen de l'emporte-pièce des rondelles de plomb toutes pesées de 3, 5 et 7 grammes.

Marche de l'opération. — On pèse, aussi exactement que possible⁽¹⁾ 1^{sr} de l'alliage à essayer si son titre est supérieur à 800 millièmes et 0^{sr}, 5} s'il est inférieur, pour ne pas employer une quantité de plomb trop considérable.

Cette prise d'essai est enveloppée dans un petit morceau de papier non collé ou dans une feuille de plomb et, dans ce cas, le poids de ce métal sera à retrancher de celui que l'on doit employer pour la coupellation. Si l'on fait simultanément plusieurs essais, on placera ces

(1) On prend tout d'abord un poids d'alliage un peu supérieur à celui que l'on veut obtenir, puis on revient au poids voulu en usant légèrement l'un des fragments sur une lime pour en détacher la quantité en excès.

prises en ordre dans le casier (72) en mettant à côté de chacune et dans la même case le poids de plomb nécessaire.

L'expérience prouve que les coupelles absorbent facilement leur poids de plomb à l'état de litharge plus ou moins chargée d'oxyde de cuivre, par suite le choix de la coupelle résulte du titre de l'alliage à essayer : pour un alliage à 800 millièmes on prendra une coupelle de 10^{sr}. On doit souffler sur ces coupelles avant de s'en servir pour les débarrasser des débris qu'elles contiennent, s'assurer qu'elles ne présentent pas de fissures et enfin les maintenir quelques minutes sur la tablette du moufle avant de les y introduire.

Le fourneau ayant été chargé de façon à ce que l'on n'ait plus à y toucher pendant la durée de l'essai, les coupelles sont placées sur une *seule* rangée au tiers antérieur du moufle chauffé au rouge clair et, quand elles sont suffisamment chaudes, on y dépose le plomb pur avec une pincette puis l'on referme la porte du moufle.

Le plomb fond rapidement puis bientôt se recouvre d'une pellicule grisâtre d'oxyde qui fond à son tour en mettant à nu la surface brillante du métal. On dit alors que le plomb se *découvre* : à ce moment on y introduit, au moyen d'une

pincette, la prise d'essai avec son enveloppe et on laisse la porte légèrement entr'ouverte pour permettre l'accès de l'air qui doit produire l'oxydation.

Au bout de peu de temps on voit apparaître à la surface du bain de petits points lumineux qui courent à sa surface et dont le nombre ainsi que les dimensions augmentent au fur et à mesure qu'on approche de la fin de l'oxydation.

La partie de la coupelle non recouverte de métal doit conserver une couleur rouge clair ; si elle est blanche, l'*essai a trop chaud*, et l'on perd de l'argent par volatilisation ; si elle est trop foncée, l'*essai a froid*, la litharge cristallise sur les bords de la coupelle et retient de l'argent.

Sur ce point très important, Vauquelin s'exprime de la manière suivante :

« On reconnaît que la chaleur est trop forte lorsqu'on ne voit pas serpenter la fumée dans l'intérieur du moufle ou que cette fumée s'élève trop rapidement à la voûte ; l'essai n'a point assez chaud quand la fumée paraît pesante, obscure, que son mouvement est lent et que sa marche se dirige presque parallèlement au fond du moufle. »

Si l'essai a trop chaud, on le refroidit en ou-

vrant la porte et en rapprochant les coupelles de l'ouverture. Dans le cas contraire, on ferme davantage la porte et l'on repousse les coupelles vers le fond du moufle.

Lorsque, d'après le volume du bouton métallique, on juge que l'essai touche à sa fin, on rapproche la coupelle de l'ouverture et l'on tient la porte assez ouverte pour pouvoir suivre d'une manière *continue* les phénomènes qui vont se produire successivement.

Les points lumineux qui couraient à la surface disparaissent, le bouton devient terne et, au bout d'un instant très court, le bouton se recouvre de bandes irisées présentant les couleurs de l'arc-en-ciel. Ce phénomène de l'*iris* n'est autre que le phénomène bien connu des lames minces dû à l'existence à la surface de l'argent d'une pellicule très mince de litharge fondue.

Ces irisations sont de courte durée et le bouton devient terne à nouveau ; on ferme davantage la porte pour élever un peu la température et permettre aux dernières traces d'oxyde de plomb de pénétrer dans les pores de la coupelle. Au bout de peu de temps le voile qui semblait recouvrir l'argent disparaît et l'argent prend, pour un instant, un éclat éblouissant en produisant une vive lumière : c'est le phénomène de

l'éclair qui indique la fin de la coupellation. L'intervalle compris entre l'iris et *l'éclair* est toujours très court il varie entre 10 et 35 secondes pour des alliages dont le titre est compris entre 200 et 800.

L'*éclair* ne s'observant que dans les essais d'argent, contenant du cuivre, Levol l'attribue à l'oxydation de l'oxyde cuivreux par l'oxygène qu'abandonne le bouton d'argent à une température voisine de sa solidification ; cette transformation de l'oxyde cuivreux en oxyde cuivrique est accompagnée d'un vif dégagement de chaleur qui élève subitement la température du bouton.

Quoi qu'il en soit, dès que *l'éclair* a passé, il faut que l'essai refroidisse lentement pour éviter le rochage ; à cet effet, on repousse un peu la coupelle dans le moufle et l'on ferme la porte.

Au bout de 4 à 5 minutes on sort la coupelle, on détache le bouton à l'aide d'une grosse pince bruxelle, on le serre dans la pince à mâchoires puis on le frotte avec la brosse en soies de porc pour détacher les morceaux de coupelle qui peuvent adhérer et enfin on le pèse ; le poids du bouton de retour exprimé en milligrammes représente le titre cherché si l'essai a été fait sur 1^{er} et ce poids doit être multiplié par 2 si l'on a opéré sur 0^{er},5.

L'essai peut être considéré comme bon si le bouton de retour est uni, arrondi sans être sphérique, d'un blanc brillant, rugueux en dessous et s'il se détache facilement de la coupelle après refroidissement.

Ce procédé, même parfaitement conduit, ne donne jamais le titre exact d'un alliage, parce qu'il présente des causes d'erreurs inévitables : il y a perte d'argent par volatilisation ou par entraînement dans les pores de la coupelle et augmentation de poids du bouton par suite d'une élimination incomplète du cuivre et du plomb, le gain et la perte variant d'ailleurs avec la durée de l'opération, la température du fourneau, la porosité des coupelles. Parmi ces causes d'erreur la perte d'argent l'emporte toujours et les titres sont trop faibles, la différence pouvant atteindre 4 millièmes.

On peut corriger l'erreur soit au moyen de tables de compensation, soit au moyen d'un *témoin*, c'est-à-dire d'un essai fait simultanément, avec un alliage de titre connu, dans des conditions aussi identiques que possible.

C'est le premier de ces procédés que l'on suit le plus souvent : à la rigueur, chaque essayeur commettant des erreurs personnelles qui sont toujours les mêmes, devrait établir lui-même sa

table de compensation ; cependant il est suffisant dans la plupart des cas d'employer la suivante qui est adoptée au laboratoire des essais de la Commission des Monnaies :

Titres exacts.	Titres trouvés par coupellation	Quantités de fin à ajouter aux titres trouvés.	Titres exacts	Titres trouvés par coupellation	Quantités de fin à ajouter aux titres trouvés
1,000	998,97	1,03	550	545,32	4,68
975	973,24	1,76	500	495,32	4,68
950	947,50	2,50	450	445,69	4,31
925	921,75	3,25	400	396,05	3,95
900	896,00	4,00	350	346,73	3,27
850	845,85	4,15	300	297,40	2,60
800	795,70	4,30	250	247,44	2,56
750	745,48	4,52	200	197,47	2,53
700	695,25	4,75	150	148,30	1,70
650	645,29	4,71	100	99,12	0,88
600	595,32	4,68	50	49,56	0,44

Remarque. — La prise d'essai ne doit pas provenir d'un point unique du lingot ou de la pièce à essayer, car nous avons vu qu'en raison de la liquation (33) la composition des alliages n'est pas la même au centre et sur les bords.

Si l'on a affaire à un lingot, on le fait fondre

puis on brasse le liquide et, lorsque la masse est en fusion tranquille on, y introduit une petite cuiller en fer munie d'un long manche et à laquelle on laisse prendre la température du liquide ; quand elle est bien rouge on la retire avec une petite quantité de liquide que l'on coule en grenailles dans l'eau pour qu'il se solidifie instantanément (ces grenailles doivent représenter à peu près le poids nécessaire à l'essai). Cette méthode fournit des résultats très exacts ; elle constitue l'*essai à la goutte*.

Pour une pièce monétaire, on découpe des parcelles à l'emporte-pièce à la fois sur les bords et vers le centre et, pour être sûr dans l'essai de prendre des parcelles des bords et du centre, on emploie deux emporte-pièce, l'un à broche cylindrique, l'autre à broche prismatique, le premier étant utilisé pour les bords, le second pour le centre.

PROCÉDÉ PAR VOIE HUMIDE

84. — Nous avons dit que l'emploi de la coupellation pour les essais d'argent conduit toujours à un titre trop bas. Les causes de cette erreur ont été découvertes dès 1761 par Tillet qui, en les signalant, manifestait le désir de voir les

différents pays de l'Europe s'entendirent pour arriver à un mode d'essai plus précis. Mais les expériences de Tillet furent bientôt oubliées, parce qu'aucune plainte ne s'était élevée contre ce procédé.

« Cependant, dit Gay-Lussac, les progrès récents de l'art de l'affineur, en permettant de rechercher avec profit un millième d'or dans les matières d'argent, amenaient chaque jour une quantité plus considérable d'argent fin aux hôtels des monnaies. Et, comme à la coupelle, l'argent fin n'éprouvait qu'une perte de titre de 1 à 2 millièmes, tandis que l'argent au titre de 900 millièmes en éprouvait une de 4 à 5, il en résultait qu'un directeur de monnaie qui recevait de l'argent fin pour le convertir en espèces, au titre de 900 millièmes, était obligé de faire son alliage au titre réel de 903 ou 904 millièmes, pour qu'à l'essai, il ressortit à celui de 900. Dès lors, il éprouvait dans sa fabrication une perte de 3 à 4 millièmes dont la cause ne pouvait lui échapper longtemps ».

Dès que ces plaintes furent connues, la Commission des Monnaies fit faire comparativement des essais d'alliages à un titre connu par les principaux essayeurs de France et de l'Étranger.

Convaincue par les résultats qu'elle reçut que le titre des matières d'argent était toujours évalué trop bas et d'une quantité variable, la Commission des Monnaies demanda au Ministre des Finances de nommer une Commission chargée d'examiner la question. Celle-ci fut nommée le 18 novembre 1829 ; elle était composée de MM. le comte Chaptal, président, le baron de Fréville, le baron Thénard, Dulong, Say, Masson et Gay-Lussac, rapporteur. C'est à la suite de ses travaux que le procédé par voie sèche fit place en France au procédé par voie humide ou procédé de Gay-Lussac.

PROCÉDÉ DE GAY-LUSSAC

85. — Ce procédé consiste à déduire le poids d'argent contenu dans l'alliage du poids de chlorure d'argent qu'il peut fournir et repose sur la propriété que possèdent les chlorures solubles de précipiter totalement l'argent de sa dissolution dans l'acide azotique sans agir sur les métaux qui l'accompagnent dans les matières d'argent.

La quantité de chlorure d'argent précipité est déterminée non pas par son poids, mais par le volume d'une dissolution titrée de sel marin, né-

cessaire pour précipiter exactement l'argent dissous dans l'acide azotique.

Le mélange de ces deux dissolutions donne naissance à un précipité blanc caillebotté qui se rassemble facilement par l'agitation, en laissant au-dessus de lui un liquide limpide et, si la quantité de solution salée employée était insuffisante, l'addition d'une nouvelle quantité de chlorure de sodium donnera naissance à un trouble appréciable quand bien même il ne resterait plus que 0^{ms},1 d'argent à précipiter ; inversement si l'on avait employé trop de solution salée, on observerait un trouble analogue par addition d'un peu d'azotate d'argent. On reconnaîtra qu'on a employé la proportion de chlorure de sodium nécessaire à ce que la liqueur ne précipitera plus ni par le chlorure de sodium ni par l'azotate d'argent.

L'application de ce procédé exige l'emploi de trois liqueurs différentes :

1° Une liqueur *normale* de chlorure de sodium, telle que 100^{cc} précipitent exactement 1 gramme d'argent.

2° Une liqueur *décime* salée dont 1^{cc} précipite 1 milligramme d'argent.

3° Une liqueur *décime* d'argent dont 1^{cc} ren-

ferme 1 milligramme d'argent et par suite précipite exactement son volume de liqueur décime salée.

La préparation de ces liqueurs a été indiquée précédemment. (60, 61, 63).

Il est de plus nécessaire de connaître, d'une manière approximative, le titre de l'alliage ; si celui-ci n'est pas connu d'avance, il peut être obtenu par un essai au dixième à la coupelle ou, si l'on préfère, par un essai de voie humide que nous indiquerons plus loin (89).

Le plus souvent le titre approximatif est connu d'avance, car dans les hôtels de monnaies ou dans les laboratoires d'essais, on a seulement à vérifier qu'une pièce de 2 fr., 1 fr. et 0 fr. 50 a un titre intermédiaire entre 832 et 838 millièmes, qu'une pièce de 5 fr. a un titre compris entre 898 et 902 millièmes ou qu'enfin un bijou d'argent est au premier ou au second titre.

86. — Marche de l'opération. — Le titre de l'alliage étant connu à 4 ou 5 millièmes près, on commence par en prendre un poids tel qu'il contienne 1 gramme d'argent. Si nous supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'une pièce de 2 fr. et si nous admettons qu'elle soit à la limite

inférieure 832 millièmes, la proportion suivante nous donnera le poids de la prise d'essai :

$$\frac{x}{1} = \frac{1000}{832} = 1,202$$

On pèse donc 1^{sr},202 de l'alliage que l'on introduit (1) dans un flacon en verre bouché à l'émeri, de 250^{cc} de capacité environ ; on ajoute 10^{cc} d'acide azotique *pur* à 32°B. et l'on chauffe légèrement le flacon au bain-marie jusqu'à disparition complète du métal. Il est bon d'effectuer cette dissolution sous la hotte d'une cheminée ayant un bon tirage pour ne pas être incommodé par les vapeurs nitreuses.

Après refroidissement, on chasse les vapeurs rutilantes du flacon en y introduisant un tube de verre recourbé, fixé à l'extrémité d'un soufflet (2), puis l'on place ce flacon au-dessous d'une pipette qui sera décrite plus loin et qui permet d'y in-

(1) Il est bon de placer dans ce but sur le flacon un entonnoir de verre à douille un peu large, pour être sûr que toute la prise d'essai pénètre bien dans le flacon.

(2) Le tube de verre ne doit pénétrer que dans le goulot du flacon et il faut se garder de souffler trop fort pour ne pas donner lieu à des projections du liquide renfermé dans ce flacon.

trôduire 100^{cc} de liqueur normale salée. Il se produit immédiatement un précipité de chlorure d'argent, on ferme le flacon avec son bouchon et, en appliquant l'index sur ce dernier, on l'agite vivement pour rassembler le précipité à la partie inférieure et ne laisser surnager qu'un liquide bien limpide.

Si l'alliage est exactement à 832 millièmes le liquide ne doit plus renfermer ni argent, ni chlore en dissolution ; s'il est à un titre supérieur il contient encore de l'argent et s'il est à un titre inférieur il doit y avoir un excès de chlore.

Pour savoir auquel de ces trois cas on a affaire, on a recours à la liqueur décime salée : au moyen d'une pipette divisée en centimètres cubes, on ajoute au liquide éclairci 1^{cc} de cette solution qui y produit un trouble plus ou moins abondant ou ne donne rien.

1^o *L'addition de la liqueur décime salée produit un précipité.* — Le titre est supérieur à 832 ; on agite pour obtenir à nouveau un liquide limpide et l'on ajoute encore 1^{cc} de liqueur décime salée, s'il se produit un trouble on agite et l'on continue de même jusqu'à ce que l'on n'obtienne plus de précipité.

Supposons par exemple que les 4 premiers

centimètres cubes aient donné lieu à un trouble et que le cinquième n'ait rien produit ; ce dernier était évidemment inutile, quant au quatrième il est très probable qu'il n'a pas été totalement transformé en chlorure d'argent et, comme on ne peut en évaluer la fraction utile, on admet qu'elle est égale à 0^{cc},5 (1). Or chaque centimètre cube de liqueur décime salée correspond à 1^{mg} d'argent, donc les 3^{cc},5 correspondent à 3^{mg},5 et le poids 1^{gr},202 d'alliage constituant la prise d'essai, renferme alors 1^{gr},0035 d'argent fin.

Le titre cherché sera fourni par la proportion :

$$\frac{x}{1,0035} = \frac{1}{1,202}$$

d'où :

$$x = \frac{1,0035}{1,202} = 834,86$$

La pièce est bonne, elle est comprise dans les limites de tolérance.

2^o *L'addition de la liqueur décime salée ne produit pas de précipité.* — Le titre est égal ou inférieur à 832. On ajoute 1^{cc} de liqueur dé-

(1) L'erreur que l'on commet est inférieure à $\frac{1}{2}$ millièmes.

cime d'argent qui produit un précipité et neutralise exactement le centimètre cube de liqueur décime salée ajouté inutilement ; après agitation pour rassembler ce précipité on est ramené aux conditions où l'on se trouvait avant l'addition de liqueur décime salée et, par suite, il n'y a pas à tenir compte de ce premier centimètre cube. On ajoute un nouveau centimètre cube de liqueur d'argent et, s'il ne produit pas de précipité, cela prouve que la liqueur renfermait réellement 1^{sr} d'argent, que la pièce était au titre de 832 millièmes. S'il y a un précipité, le titre est inférieur et la pièce doit être rejetée, mais on peut cependant se proposer d'en déterminer le titre. Pour cela on rassemble le précipité, on ajoute un deuxième centimètre cube de liqueur d'argent et l'on continue ainsi par centimètre cube, comme dans le cas précédent, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de trouble.

Supposons que les 3 premiers centimètres cubes aient formé un précipité et que le quatrième n'ait rien donné. Ce dernier sera retranché et l'on admettra comme précédemment que 2^{cc},5 seulement ont produit un effet utile de sorte que la liqueur ne renfermait que

$$1 - 0,0025 = 0^{\text{sr}},9975$$

d'argent fin et l'on aura le titre par la proportion

$$\frac{x}{0,9975} = \frac{1}{1,202}$$

$$x = \frac{0,9975}{1,202} = 829,86$$

Cette méthode que nous venons d'indiquer en dernier lieu pour trouver le titre d'un alliage inférieur au titre approximatif, parfaitement exacte en théorie, ne donne pas pratiquement des résultats irréprochables. En effet, l'expérience a montré qu'une solution d'argent *presque saturée* par le chlorure de sodium peut être *indifféremment* troublée soit par l'addition de liqueur décime salée, soit par celle de liqueur décime d'argent ; ce fait, signalé pour la première fois par Mulder, et connu sous le nom de *phénomène de Mulder*, doit être attribué à ce que le chlorure d'argent est légèrement soluble dans un mélange d'azotate de sodium et d'azotate d'argent ; le liquide clair est une dissolution de ces deux sels et de chlorure d'argent dans un certain état d'équilibre et l'addition de traces de chlorure de sodium ou d'azotate d'argent modifiant cet équilibre donne lieu à un précipité de chlorure d'argent. Dès lors, si l'on veut qu'une série d'essais

soient tous comparables, il faut s'arranger pour les terminer de la même manière, c'est-à-dire par une addition de chlorure de sodium. C'est dans ce but qu'après avoir reconnu que le premier centimètre cube de liqueur décime salée ne donne rien, on ajoutera, en une seule fois, un excès de liqueur décime d'argent, 10^{cc} par exemple, on rassemblera le précipité formé et l'on sera ramené à ajouter, centimètre cube par centimètre cube, de la liqueur décime salée jusqu'à cessation de précipité; en raisonnant comme il a été indiqué précédemment on trouvera que 6^{cc},5, par exemple, de liqueur décime salée sont employés utilement, le huitième centimètre cube ne produisant plus de trouble.

Etant donné que volumes égaux des deux liqueurs décimes se correspondent exactement, si l'on a soin, pour éviter toute erreur, d'écrire sur un tableau les centimètres cubes de liqueur salée en les faisant précéder du signe + puisqu'ils indiquent une augmentation de titre et ceux de liqueur d'argent précédés du signe — puisqu'ils sont relatifs à une diminution, on aura dans le cas que nous avons choisi pour exemple :

$$+ 1 - 10 + 6,5 = - 2,5$$

Mais chaque centimètre cube de l'une ou de l'autre liqueur équivaut à 1 milligramme d'argent, par suite, les 1202 milligrammes de l'alliage essayé renfermaient :

$$1^{\text{sr}} - 0^{\text{sr}},0025 = 0^{\text{sr}},9975$$

d'argent et le titre de l'alliage sera 829,86.

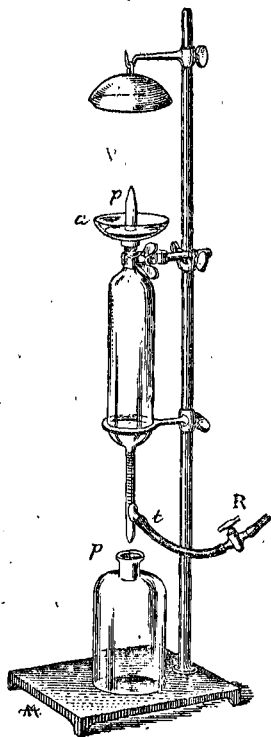
Ce procédé, tel que nous l'avons décrit, donne la quantité d'argent fin, contenue dans le poids d'alliage essayé, à un demi-millième près, mais la méthode est assez sensible pour permettre l'appréciation à un quart de millième près et si l'on désire cette approximation il suffira de n'ajouter la liqueur décime salée que par demi-centimètre cube.

87. — Pour plus de clarté, dans l'exposé de cette méthode, nous avons laissé à dessein de côté la description des appareils employés, mais nous devons y revenir maintenant.

La pipette que l'on emploie actuellement pour mesurer les 100^{cc} de liqueur normale n'est plus celle de Gay-Lussac ; Stas l'a remplacée par un modèle plus commode qui lui-même a subi une légère modification.

La pipette de Stas modifiée (*fig. 7*) se compose d'un cylindre de verre de 3^{cm} de diamètre et de

Fig. 7.



14^{cm} de longueur environ terminé à ses deux extrémités par deux tiges de verre plus étroites, à parois un peu épaisses et rodées aux extrémités libres pour qu'en y appliquant le doigt on puisse les boucher exactement. La capacité de ce récipient, d'une pointe rodée à l'autre, doit être aussi voisine que possible de 100^{cc}. A la tige inférieure est soudée latéralement un tube de verre de même diamètre *t* qu'un tube de caoutchouc réunit à un robinet *R* placé à une petite distance

et fermant le tube qui amène la liqueur normale du récipient métallique. La tige supé-

rieure est entourée d'un entonnoir *a* destiné à recueillir le petit excès de liquide qui pourrait s'écouler de la pointe *p* pendant le remplissage et à l'empêcher ainsi de tomber dans le flacon d'essai. Enfin, au-dessus de cette même pointe, est disposée une petite cloche hémisphérique qui renvoie dans l'entonnoir le liquide jaillissant par la pointe *p*.

Pour se servir de cette pipette, on bouche avec un doigt de la main gauche la pointe inférieure *p'* et avec la main droite on ouvre lentement le robinet *R* pour amener le liquide dans la pipette ; quand il s'est écoulé quelques gouttes par la pointe *p*, on ferme le robinet *R*, on applique un doigt de la main droite sur cette pointe *p*, on retire le doigt qui fermait la pointe *p'* et, avec la main gauche, on place au-dessous de cette pointe le flacon d'essai. En débouchant la pointe *p*, le contenu de la pipette passe dans le flacon sauf quelques gouttes dont le volume est le même pour chaque essai et dont il n'y a pas à se préoccuper, puisque c'est cette même pipette qui a servi à titrer la liqueur normale.

Quand la pipette est restée vide un certain temps, la petite quantité de liquide qui reste toujours adhérente aux parois s'évapore et donne sur les parois un dépôt de chlorure de sodium

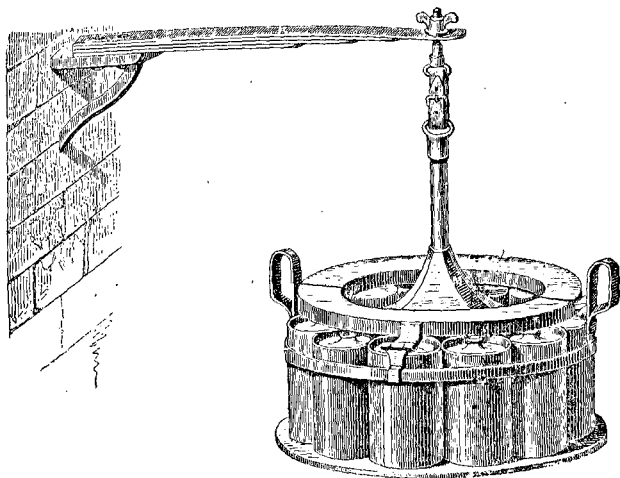
qui se dissoudra dans la liqueur normale et en modifiera le titre. Pour éviter cet inconvénient, il est nécessaire, si les essais ne sont pas faits consécutivement, de laver la pipette, avant de s'en servir, en la remplissant une fois de liqueur normale que l'on laisse perdre.

Les pipettes utilisées pour les liqueurs décimes sont des pipettes cylindriques ordinaires divisées en centimètres cubes et, au besoin, en demi-centimètres cubes ; on les fixe dans un bouchon qui ferme le flacon contenant la liqueur. Celui-ci doit être de forme un peu haute afin que la pipette puisse se remplir d'elle-même sans aspiration.

En général, dans les laboratoires d'essais, on a plusieurs essais à effectuer simultanément : on emploie alors des appareils spéciaux qui permettent d'agiter 10 flacons à la fois pour y rassembler le précipité de chlorure d'argent. Ce sont des paniers métalliques (*fig. 8*) divisés en 10 compartiments portant les mêmes numéros que les flacons. Le couvercle est formé de deux parties mobiles autour d'une charnière ; elles portent chacune des ressorts disposés de manière à venir appuyer chaque bouchon sur le goulot correspondant et à l'empêcher de s'ouvrir pendant l'agitation. Cet appareil est fixé à un

mur par l'intermédiaire d'un ressort à lames d'acier ; en le prenant avec les deux mains on lui imprime un mouvement alternatif saccadé qui éclaircit la dissolution au bout de peu de temps.

Fig. 8.



88. — Témoins. — Comme nous l'avons vu, le procédé de Gay-Lussac repose sur l'emploi d'une dissolution de chlorure de sodium dont 100^{cc} doivent transformer *exactement* 1^{sr} d'argent en chlorure et, si cette condition n'est pas remplie, on ne peut plus compter sur l'exac-

titude de la méthode. Or, quelles que soient les précautions prises pour empêcher l'évaporation de la dissolution normale dans son récipient, elle ne peut être évitée totalement et cette liqueur se concentre lentement; de plus, le volume d'un corps étant variable avec la température, si 100^{cc} de dissolution renferment la quantité voulue de chlorure de sodium à la température à laquelle elle a été préparée, elle ne la contiendra plus pour toute autre température. Gay-Lussac a dressé des tables destinées à corriger l'influence de la température pour une dissolution normale préparée à 15°, mais elles ne sont guère employées parce qu'elles ne corrigent pas la concentration due à l'évaporation du liquide et que l'emploi d'un *témoin* permet de faire d'un seul coup toutes ces corrections.

On donne le nom de témoin à un essai effectué comme nous l'avons indiqué pour un alliage, mais en partant de 1 gr d'argent fin (le poids de métal contenu dans la dissolution azotique est alors bien connu). Après dissolution du métal on verse dans le flacon 100^{cc} de liqueur salée, on éclaircit, et, s'il ne reste plus ni argent ni chlore libres, la liqueur normale est exacte. S'il reste de l'argent non précipité la liqueur est *faible*, dans le cas contraire, elle est *forte*.

Pour déterminer de combien la liqueur est faible ou forte on aura recours aux liqueurs décimes.

On emploiera d'abord la liqueur décime salée par centimètre cube ; si, par exemple, les trois premiers centimètres cubes précipitent et que le quatrième ne donne rien, c'est qu'il restait 0^{sr},0025 d'argent non précipité par les 100^{cc} de liqueur normale laquelle est alors faible de 2,5 millièmes. Dans les essais, on devra *retrancher* 2,5 millièmes du poids d'argent calculé dans l'hypothèse d'une liqueur normale exacte. Pour les deux exemples que nous avons choisis, les poids d'argent s'abaisseraient respectivement à 1^{sr},001 et 0^{sr},995.

Si le premier centimètre cube de liqueur salée ne produit rien, on ajoutera tout de suite 5 ou 10^{cc} de liqueur décime d'argent et, en revenant à la liqueur décime salée, comme nous l'avons expliqué, on trouvera que la liqueur est forte de 1,5 millièmes par exemple. On devra alors *ajouter* 1,5 millièmes à tous les essais, pour nos deux exemples, on obtiendrait ainsi des poids d'argent de 1^{sr},005 et 0^{sr},999.

89. — Remarques. — 1^o Le chlorure d'argent étant partiellement décomposable par la lumière

il faut avoir soin de ne pas se placer en pleine lumière pour effectuer l'essai. Une fenêtre exposée au nord conviendra bien pour éclairer la pièce où s'effectuent les essais.

2^o Nous avons dit que l'on ajoutait un à un les centimètres cubes de liqueur décime, mais avec un peu d'habitude on peut arriver, d'après l'intensité du précipité fourni par le premier, à reconnaître si les deux ou trois suivants produiront encore un précipité et alors les ajouter en une seule fois : l'essai se trouve ainsi notablement abrégé.

3^o La détermination approximative du titre de l'alliage, que nécessite ce procédé, peut, ainsi que nous le disions, être effectuée par voie humide. On prendra 1^{er} de l'alliage que l'on dissoudra dans 10^{cc} d'acide azotique, et à cette dissolution, on ajoutera la liqueur normale salée par 10^{cc} ; si les 60 premiers centimètres cubes précipitent et que les 10 suivants ne produisent rien, le titre est compris entre 600 et 700 millièmes. D'après cette première indication, on prendra un nouveau poids de l'alliage tel qu'il renferme 1^{er} d'argent en admettant 600 pour son titre ; on fera l'essai comme d'ordinaire mais en employant la liqueur décime salée par 5^{cc} à la fois ; on aura ainsi le poids d'argent à 5 mil-

lièmes près et le titre qu'on en déduira sera suffisamment approché pour permettre d'effectuer l'essai définitif.

4° Si l'on avait affaire à un alliage dont le titre fût inférieur à 500, on serait conduit à un poids assez élevé pour la prise d'essai et de plus le liquide serait assez fortement coloré par l'azotate de cuivre pour empêcher de reconnaître facilement la formation du précipité.

On opère alors d'une manière un peu différente : on pèse, quel que soit le titre approximatif, 1^{sr} de l'alliage et l'on y ajoute en argent fin le poids nécessaire pour compléter 1^{sr} d'argent puis on fait l'essai comme à l'ordinaire.

Supposons un titre approximatif de 250 ; le gramme d'alliage contenant environ 0^{sr},250 d'argent fin, on y ajoutera 0^{sr},750 d'argent fin. L'essai indiquera une teneur de 1005 d'argent, par exemple, le gramme d'alliage contenait donc réellement.

$$1,005 - 0,750 = 0^{\text{sr}},255$$

d'argent fin et son titre sera 255 millièmes.

90. — Tables. — Enfin, chaque essai nécessite deux calculs numériques, l'un pour déterminer le poids d'alliage à employer, l'autre pour

calculer le titre. Ces opérations sont, il est vrai, très simples, mais si l'on en a un grand nombre à effectuer on est exposé à des erreurs dont les conséquences sont assez graves. C'est pour remédier à cet inconvénient que Gay-Lussac a construit des tables très commodes qui dispensent de ces deux séries de calculs.

Il suppose que l'on emploie toujours un poids d'alliage qui soit un multiple exact de 5 milligrammes. Ces tables forment deux séries, l'une intitulée *sel marin*, l'autre *azotate d'argent*, la première donne les titres des alliages qui, sous le poids employé, renferment plus de 1.000 milligrammes d'argent fin, l'autre ceux des alliages qui en renferment moins de 1.000. Ces tables vont jusqu'au titre de 500 millièmes ; nous les reproduisons ici jusqu'au titre de 775 seulement, cette partie étant suffisante pour les essais qui se présentent le plus fréquemment, c'est-à-dire les essais monétaires et les essais d'orfèverie.

L'emploi de ces tables est des plus simples : supposons que nous ayons affaire à un alliage dont le titre approximatif soit 900 millièmes. On cherchera dans la colonne 0 des titres celui qui s'approche le plus de 900 millièmes, c'est 900,9 ; sur la même ligne et à gauche se trouve le nombre 1110 qui représente le poids de la prise d'essai

en milligrammes. L'essai terminé on trouve que ce poids renferme 1004,5 milligrammes d'argent fin ; on se reporte à la table du sel marin et, en suivant la ligne horizontale 1110 de la prise d'essai on trouve dans la colonne 4 le titre 904,5 qui correspond à 1004 milligrammes d'argent et dans la colonne 5 le titre 905,4 correspondant à 1005 milligrammes ; pour une augmentation de 1^{ms} d'argent dans cet intervalle, le titre augmente de $905,4 - 904,5 = 0,9$ par suite, pour 0^{ms},5 il augmentera de $0,9 \times 0,5 = 0,45$ et le titre cherché sera :

$$904,5 + 0,45 = 904,95$$

Si, pour le même poids d'alliage, on avait trouvé 997 milligrammes d'argent, on se serait servi de la table de l'azotate d'argent et dans la colonne 3, sur la ligne horizontale 1110, on aurait trouvé, pour le titre cherché, 898,2.

91. — Influence de certaines substances dans l'essai d'argent par voie humide. —

Les lingots d'argent contiennent quelquefois, outre l'argent et le cuivre, de l'or, du platine, du mercure et du soufre. L'or et le platine, ou bien ne se dissolvent pas dans l'acide azotique, ou bien, s'ils se dissolvent, fournissent des dis-

solutions qui, quoique colorées, n'altèrent pas les résultats de l'essai ; mais il n'en est pas de même du mercure et du soufre et nous devons dire quelques mots sur la manière de reconnaître la présence de ces deux corps ainsi que sur les procédés à employer dans ce cas pour obtenir un titre exact.

Le mercure se rencontre assez souvent dans les lingots d'argent obtenu par amalgamation, lorsque le mercure de l'amalgame n'a pas été chassé à une température suffisamment élevée. Pendant la dissolution de l'essai ce mercure passe à l'état d'azotate mercurique, lequel ne précipite pas *isolément* par une dissolution de chlorure de sodium ; mais, et c'est là un fait très singulier, si de petites quantités de cette azotate mercurique sont mélangées à de l'azotate d'argent et que l'on ajoute à cette dissolution du chlorure de sodium, le chlorure d'argent, en se précipitant, entraîne avec lui la presque totalité du mercure à l'état de chlorure mercurique. On sera alors conduit dans l'essai à employer plus de chlorure de sodium qu'il n'en faut pour l'argent contenu dans l'alliage et l'on trouvera pour celui-ci un titre trop élevé, la *surcharge* étant à peu près égale à la quantité de mercure si cette dernière est faible : ainsi, un alliage de

996 d'argent et 4 de mercure conduirait au titre 1,000 millièmes. Ce fait très important a été signalé par Gay-Lussac et étudié depuis par Levol, Debray et Stas.

Les essais *mercuriels* se reconnaissent d'abord à la difficulté avec laquelle le liquide s'éclaircit après addition de liqueur normale et à ce caractère qu'à partir d'une teneur de 5 millièmes et au-dessus le chlorure d'argent devient inaltérable à la lumière ; au-dessous de cette quantité le chlorure d'argent peut encore noircir mais la coloration ne se développe que très lentement ; on s'en aperçoit en plaçant à côté de l'essai mercurié un essai ordinaire.

Quand, à ces caractères, on a reconnu l'essai mercurié, on peut ou bien le recommencer en ajoutant à la dissolution azotique et avant l'emploi de la liqueur normale, une certaine quantité d'acétate de soude qui s'oppose à la précipitation du chlorure mercurique, ou bien utiliser ce même essai. Dans ce cas, on verse dans le flacon environ 25^{cc} d'ammoniaque caustique qui dissout le précipité de chlorures puis ensuite 20^{cc} d'acide acétique pur à 8° B. qui rend la liqueur acide et ne précipite que le chlorure d'argent. La liqueur s'éclaircit facilement : au moyen de la liqueur décime d'argent, on détermine la quan-

tité de chlorure de sodium qui avait été ajoutée en excès, d'où le titre cherché et, en même temps, la quantité de mercure.

Si la proportion de mercure était notable, cette manière d'opérer ne conduirait pas à un résultat suffisamment exact et, d'après Debray, il faudrait chasser le mercure en maintenant l'alliage pendant un quart d'heure dans un petit creuset placé dans le moufle d'un fourneau à réverbère.

Quand l'alliage d'argent contient du soufre à l'état de sulfure, il devient cassant même pour de petites quantités de ce métalloïde ; de plus, l'attaque par l'acide azotique ne permet plus de dissoudre la totalité de l'alliage parce que le sulfure d'argent est insoluble dans l'acide étendu ; d'ailleurs, ce dépôt brun et difficile à rassembler de sulfure d'argent ne peut être confondu avec de l'or que l'on trouve quelquefois dans les alliages d'argent, parce que ce métal forme des flocons volumineux qui se réunissent rapidement au fond du flacon. On ajoute alors dans le flacon 10^{cc} d'acide sulfurique pur concentré, on chauffe au bain-marie pendant un quart d'heure, le sulfure se dissout et l'essai se termine comme à l'ordinaire.

92. — Emploi du chromate de potassium comme indicateur du point de saturation. — La méthode de Gay-Lussac donne des résultats très exacts entre les mains des essayeurs exercés, mais, pour des personnes qui effectuent ces essais d'une manière moins courante, elle présente quelques inconvénients : le point final est souvent difficile à saisir et la liqueur ne s'éclaircit bien que par une agitation prolongée.

On a proposé, pour apprécier ce point de saturation sans éclaircir la liqueur, d'avoir recours à un réactif donnant naissance à une coloration ou se décolorant au moment où le point final est atteint ; c'est le chromate de potassium qui paraît le mieux convenir. Ce sel jaune soluble dans l'eau donne lorsqu'on le met en présence d'une dissolution d'azotate d'argent un précipité rouge de chromate d'argent et ce dernier à son tour, au contact du chlorure de sodium, fournit pas double décomposition du chlorure d'argent blanc et du chromate de sodium qui, en petite quantité, ne colore pas sensiblement la liqueur.

Par suite, si l'on ajoute à l'essai un très petit cristal de chromate de potassium, puis les 100^{es} de liqueur normale, le précipité aura une teinte rouge s'il reste de l'argent non transformé en

chlorure, il sera incolore si le chlorure est en excès ; dans le premier cas, on ajoutera goutte à goutte la liqueur décime salée jusqu'à disparition de la coloration rouge, le nombre de centimètres cubes employés donnera le nombre de millièmes qu'il faut ajouter à 1000 ; dans le second cas, on emploiera la liqueur décime d'argent jusqu'à apparition de la coloration rouge d'où le nombre de millièmes qu'il faut retrancher de 1000.

Nous devons dire cependant que ce perfectionnement n'est guère suivi parce qu'il nécessite l'absence *complète* d'acide azotique libre, dans lequel le chromate d'argent est soluble, et qu'il faudrait tout d'abord chasser, et aussi parce que la teinte bleu de l'azotate de cuivre rend assez difficile la perception de la teinte rouge du chromate d'argent.

PROCÉDÉ PAR PESÉE DU CHLORURE D'ARGENT

93.— L'emploi des liqueurs titrées, même avec les corrections que permet de faire le témoin, ne conduit à des résultats précis que si ces corrections n'atteignent pas des chiffres trop élevés. Si, pour une raison quelconque, la concentration de la liqueur normale subissait des variations rapides on ne pourrait plus guère compter sur

les titres obtenus ; c'est précisément ce qui se présente dans les pays où la température moyenne est élevée, la liqueur normale s'évapore assez rapidement et il faut alors avoir recours à la pesée du chlorure d'argent.

On prend 0^{sr},5 de l'alliage que l'on dissout toujours au bain-marie dans 5^{cc} d'acide azotique étendu et l'on verse le contenu du flacon dans un vase à précipité : le flacon est ensuite lavé à l'eau distillée à deux ou trois reprises et ces eaux de lavages sont soigneusement versées dans le vase à précipité de façon à obtenir un volume de liquide de 150 à 200^{cc}. On porte ensuite le vase à précipité à la température de 70 ou 80°, on y verse peu à peu de l'acide chlorhydrique jusqu'à cessation de précipité en ayant soin de n'en mettre qu'un très léger excès et l'on continue à chauffer jusqu'à ce que le précipité soit bien rassemblé. On laisse reposer et l'on verse le liquide surnageant sur un petit filtre sans plis, puis, au moyen d'une pissette remplie d'eau chaude, on y fait tomber le précipité que l'on lave à l'eau chaude jusqu'à ce que les eaux de lavage cessent de précipiter l'azotate d'argent. Le filtre et son contenu sont ensuite desséchés à l'étuve vers 150° ; on fait tomber, aussi complètement que possible, sur une feuille de papier glacé

le chlorure d'argent contenu dans le filtre et l'on incinère celui-ci dans un petit creuset en porcelaine de Saxe préalablement taré. Les cendres obtenues renferment toujours un peu d'argent métallique provenant du chlorure resté adhérent au filtre ; on les transforme en chlorure en les chauffant d'abord avec un peu d'acide azotique puis en ajoutant une ou deux gouttes d'acide chlorhydrique et évaporant à sec. A ce chlorure, on ajoute celui qui avait été mis de côté sur le papier glacé en le faisant tomber dans le creuset au moyen d'un pinceau fin, on chauffe avec précaution ce creuset jusqu'à ce que le chlorure d'argent commence à fondre sur les bords, on laisse refroidir et l'on pèse. On trouvera, par exemple, 0^{sr},462 comme augmentation de poids du creuset c'est-à-dire pour le poids du chlorure d'argent et, sachant que 143^{sr},5 de chlorure d'argent renferment 108^{sr} d'argent, on en déduira le poids du métal par la proportion

$$\frac{x}{0,462} = \frac{108}{143,5} = 0,7527$$

$$x = 0,462 \times 0,7527 = 0^{\text{sr}},3477$$

le titre, c'est-à-dire le poids contenu dans 1000 milligrammes sera

$$347,7 \times 2 = 695,4$$

Cette méthode est d'une application moins rapide que le procédé par liqueurs titrées, mais elle conduit à des résultats très exacts si l'on a soin de faire, à l'abri de la lumière, les différentes opérations que nous avons indiquées.

CHAPITRE V

ESSAIS DES ALLIAGES D'OR ET D'ARGENT

94. — La détermination du titre d'un alliage de cuivre et d'or peut être effectuée par deux procédés :

L'un par *voie sèche* qui, comme pour l'argent, porte le nom de coupellation et est de beaucoup le plus employé.

L'autre par *voie humide* où l'or est séparé à l'état métallique et pesé sous cette forme.

COUPELLATION

95. — La coupellation des alliages de cuivre et d'or repose sur les mêmes principes que celle des alliages d'argent (83) ; elle s'effectuerait absolument dans les mêmes conditions, sauf à employer une proportion un peu plus forte de plomb, si l'or que l'on trouve dans le commerce ne renfermait pas des traces d'argent qu'on ne peut en séparer facilement dans l'industrie. Le bouton de retour est alors constitué par un alliage d'or et d'argent et il faut avoir recours à une nouvelle opération connue sous le nom de *départ*, qui a pour but de transformer l'argent en un composé soluble en laissant l'or métallique inattaqué ; seulement, un alliage d'or et d'argent ne cède ce dernier à l'acide azotique que s'il entre dans l'alliage pour une teneur assez élevée. C'est là un fait connu depuis longtemps et au xi^e siècle on savait déjà que l'alliage devait renfermer au moins deux tiers d'argent pour un tiers d'or ; il est généralement reconnu aujourd'hui que le départ se produit mieux si l'alliage ne renferme que le *quart* de son poids d'or et c'est de là qu'est venu le mot *inquantation* sous lequel on désigne l'addition d'argent nécessaire pour amener l'alliage à ces proportions.

L'essai d'or par coupellation nécessite la connaissance du titre approximatif de l'alliage pour déterminer les quantités d'argent fin et de plomb pauvre à employer. La pierre de touche (79) est en général suffisante pour cet essai approximatif, mais si l'on n'était pas habitué à ce mode d'essai, on pourrait faire une coupellation rapide avec 0^{gr},5 de l'alliage et 10^{gr} de plomb en considérant le bouton de retour comme entièrement en or.

Le poids d'argent sera pris égal au triple du poids d'or correspondant au titre trouvé.

Quant au poids de plomb, il varie naturellement avec la proportion de cuivre, mais pour un poids donné de ce dernier, il est sensiblement double de celui que l'on devrait prendre dans un essai d'argent. Des expériences nombreuses ont en effet montré que le cuivre a pour l'or une affinité bien plus considérable que pour l'argent et, par suite, en est plus difficile à séparer.

Le tableau suivant donne en grammes, d'après d'Arcet, les poids de plomb pur nécessaire pour coupeller 1^{gr} d'alliage (1) d'or aux différents titres :

(1) Ces poids devront donc être divisés par 2 pour une prise d'essai de 0^{gr},500.

Titre de l'alliage	Poids de plomb correspondant
—	—
1000	1
900	10
800	16
700	22
600	24
500	26
de 400 à 0.	34

Pour les titres intermédiaires à ceux contenus dans ce tableau il suffira d'appliquer une simple proportion relative à l'intervalle qui les comprend.

96. — Marche de l'opération. — Supposons que la détermination du titre approximatif ait conduit au nombre de 900 millièmes. On pèsera 0^{sr},500 de cet alliage en employant pour cela, ainsi que nous l'avons dit (66), le poids marqué 1000 dans la série utilisée pour les essais d'or. La quantité d'or contenue dans ces 0^{sr},500 est alors de 0^{sr},450 environ et le poids d'argent nécessaire pour l'inquartation devra être de

$$0^{\text{sr}},450 \times 3 = 1^{\text{sr}},350$$

Ce poids d'argent fin et la prise d'essai de l'alliage sont placés dans un petit carré de papier comme pour un essai d'argent.

L'essai est conduit de la même manière que s'il s'agissait d'un alliage d'argent seulement la température du moufle doit être un peu plus élevée et, pour la même raison, les coupelles seront placées au milieu du moufle au lieu du tiers antérieur. On arrête l'opération après l'éclair et il n'y a pas de précautions à prendre pour le refroidissement, le bouton de retour ne rochant pas, au moins si l'alliage renfermait un peu de cuivre.

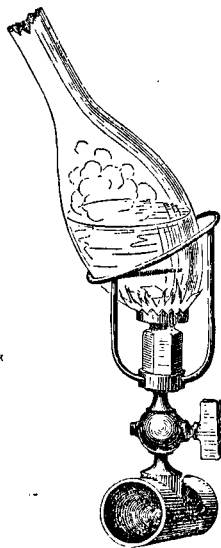
La coupelle étant encore chaude, on retire le bouton avec la bruxelle, on le serre dans la pince à mâchoire et l'on sépare les fragments de coupelle au moyen de la brosse en soies de porc. Ce bouton est ensuite porté sur un tas d'acier, bien propre et qui ne doit servir qu'à cet usage, pour y être aplati par quelques coups de marteau et lui donner à peu près les dimensions d'une pièce de 20 centimes.

Par ce martelage, le métal s'écroutit et devient cassant ; on lui rend sa malléabilité en le soumettant à un recuit : il suffit de le maintenir quelques minutes au rouge sombre dans une coupelle, placée à l'entrée du moufle.

On passe ensuite l'essai au laminoir à deux reprises, dans le même sens, de manière à obtenir un rectangle à contours arrondis de 6^{cm} de

longueur environ et, au moyen de la pincette, on reporte cette lame dans la coupelle pour l'y soumettre à un nouveau recuit.

Fig. 9.



Cette lame est roulée entre les doigts pour en faire une spirale peu serrée ; c'est sous cette forme de *cornet* que l'alliage va être traité par l'acide azotique qui produira le départ.

Pour cela, on introduit ce cornet dans un matras d'essayeur avec 30 à 35^{gr} d'acide azotique pur à 22° B. (1), et l'on fait bouillir sur un bec spécial (*fig. 9*), jusqu'à ce que les vapeurs rutilantes, qui résultent de la transformation de l'argent en azotate, aient disparu. On décante presque complètement cet acide en ayant soin de ne pas laisser glisser le cornet hors du matras, puis l'on verse dans ce matras 20 à 25^{gr} d'a-

(1) Si l'acide n'était pas étendu, le cornet pourrait se déchirer dans cette première attaque.

cide azotique plus concentré, à 32° B., et l'on fait bouillir dix minutes; on laisse un peu refroidir, on décante et l'on répète une seconde fois cette dernière opération dans les mêmes conditions. De plus, pour éviter, pendant l'ébullition, les soubresauts de l'acide qui pourraient amener la rupture du cornet, il est bon d'introduire dans l'acide un ou deux petits morceaux sphériques de charbon (1) afin de régulariser l'ébullition.

Ce troisième acide est enfin décanté et le cornet lavé à deux reprises avec de l'eau distillée; après décantation de cette dernière, on remplit complètement le matras avec de l'eau distillée, on recouvre son orifice d'un petit creuset en terre de 2^{cm} de diamètre et de 4^{cm} de hauteur environ et l'on retourne l'ensemble de façon à ce que le cornet vienne tomber de lui-même au fond de ce creuset; enfin on soulève jusqu'au bord du creuset l'orifice du matras et l'on retourne ce dernier par un mouvement un peu sec.

(1) Ces grains sphériques s'obtiennent très commodément en calcinant, dans un creuset de terre et à l'abri du contact de l'air, des graines de vesces; le couvercle doit être maintenu sur le creuset pendant le refroidissement.

La majeure partie de l'eau du creuset est ensuite décantée, puis on porte celui-ci à l'entrée du moufle pour que l'eau qui y reste s'évapore lentement sans crainte de rupture du creuset. Quand le creuset est sec on l'enferme dans le moufle et on l'y maintient au rouge pendant quelques minutes.

Par ce recuit la couleur noire du cornet fait bientôt place à la couleur jaune caractéristique de l'or en même temps que le métal devient cohérent. Après refroidissement, on pèse ce cornet avec les poids destinés aux essais d'or et le poids trouvé représente le titre cherché.

Dans l'exposé qui précède, nous avons supposé que le titre de notre alliage était voisin de 900 ; si le titre s'écartait notablement de cette valeur il faudrait, pour des raisons sur lesquelles nous reviendrons un peu plus loin, modifier légèrement la méthode.

Dans les alliages dont le titre est supérieur à 980 millièmes, la proportion de cuivre est trop faible pour s'opposer au rochage du bouton de retour : on évitera cet inconvénient en ajoutant, à l'argent d'inquartation, de 10 à 20 milligrammes de cuivre.

Dans les alliages dont le titre est inférieur à

800 millièmes, le cornet ne doit être traité qu'une seule fois par l'acide azotique à 32° B.

La coupellation appliquée aux essais d'or comporte deux causes d'erreur : l'une inhérente à la coupellation proprement dite et l'autre au départ.

La première correspond à une perte de poids du bouton de retour provenant d'une légère volatilisation de l'or et d'un entraînement de ce métal par la litharge dans les pores de la coupelle. Elle augmente avec la température et la proportion de plomb ajouté à l'essai ; elle peut atteindre 2 millièmes.

La seconde, de signe contraire, tient à ce que le départ n'est jamais total et que le cornet retient toujours une petite quantité d'argent ; elle dépasse rarement 1 millième.

Le titre obtenu peut donc, pour ces raisons, être inférieur, égal ou supérieur à la valeur exacte suivant que la différence des valeurs absolues de ces deux erreurs sera négative, nulle ou positive.

Des expériences effectuées dans des conditions aussi identiques que possible sur des alliages de synthèse, dont la composition était par conséquent connue, ont donné sous ce rapport les résultats contenus dans le tableau suivant :

Titres réels	Titres trouvés	Différences
900	900,25	+ 0,25
800	800,50	+ 0,50
700	700,00	0,00
600	600,00	0,00
500	499,50	— 0,50
400	399,50	— 0,50
300	299,50	— 0,50
200	199,50	— 0,50
100	99,50	— 0,50

Bien que ces valeurs n'aient rien d'absolu et puissent varier avec les conditions dans lesquelles on opère, il n'en paraît pas moins démontré que la méthode conduit à un titre trop élevé pour les alliages riches en or et trop bas dans le cas contraire; c'est pour cette raison, qu'au-dessous de 800 millièmes, l'on fait bouillir une seule fois le cornet avec l'acide à 32°; l'argent est moins complètement éliminé et le cornet présente une légère surcharge qui compense en partie la perte d'or un peu plus sensible provenant de la coupellation.

Cependant, si l'on veut avoir le titre rigoureux,

il est bon, comme dans les essais d'argent, de faire un témoin constitué par un alliage synthétique ayant pour composition la composition approximative de l'essai. Ces deux essais seront conduits simultanément de la même manière et le témoin fournira la valeur et le signe de l'erreur commise, d'où l'on déduira la correction nécessaire pour le titre cherché.

97. — *Remarques.* — 1° Dans les laboratoires où l'on est appelé à faire un grand nombre d'essais, il est avantageux de découper à l'avance au moyen de l'emporte-pièce des rondelles d'argent d'un poids connu pour l'inquartation. En général, on adopte les trois poids suivants :

1^{gr},450 1^{gr},350 1^{gr},000

et, en s'appuyant sur ce que le poids d'argent nécessaire pour l'inquartation peut varier entre 2,5 et 3 fois celui de l'or, on utilisera le premier pour l'or fin, le deuxième entre 950 et 850 millièmes, le troisième de 850 à 750.

2° L'opération du départ donne lieu à un dégagement assez abondant de vapeurs nitreuses dont il faut se préserver en engageant le col des matras dans lesquels on l'effectue sous la hotte d'une cheminée ayant un bon tirage.

PROCÉDÉ PAR VOIE HUMIDE

98. — Ce procédé, en raison du temps qu'il exige, n'est guère employé pour les essais d'or allié uniquement à du cuivre, mais on peut y avoir recours si l'alliage renferme simultanément certains métaux tels que le platine et l'argent et les résultats auxquels il conduit sont exacts si l'on a affaire à un alliage riche en or. Il consiste à précipiter l'or à l'état métallique et à le peser sous cette forme après dessiccation préalable.

Les substances susceptibles de mettre en liberté l'or de son chlorure sont assez nombreuses, mais celles qui conviennent le mieux sont le sulfate ferreux et l'acide oxalique, encore est-ce à ce dernier que l'on s'adresse le plus souvent, parce que le sulfate ferreux fournit toujours de l'or à l'état pulvérulent, ce qui conduit à des pertes pendant les lavages et filtrations. C'est donc uniquement de la précipitation par l'acide oxalique que nous nous occuperons ici.

L'or de l'alliage ayant été dissous au moyen de l'eau régale, on évapore ce liquide à consistance sirupeuse, au bain-marie, puis on y ajoute de l'acide chlorhydrique, on recommence l'éva-

poration, on ajoute encore de l'acide chlorhydrique et, au besoin, on renouvelle cette opération de manière à chasser l'acide azotique libre.

Le résidu repris par l'eau et légèrement acidulé par l'acide chlorhydrique fournit, une dissolution que l'on additionne d'acide oxalique et que l'on maintient pendant deux jours dans un vase à précipité à une température voisine de 50°.

Dans ces conditions, l'or se précipite en lamelles jaunes que l'on sépare du liquide par filtration et qui sont ensuite séchées, calcinées et pesées ; le poids obtenu est le poids d'or contenu dans la prise d'essai ; une simple proportion donne le titre cherché.

CHAPITRE VI

ESSAIS DES ALLIAGES FORMÉS PAR L'OR, LE PLATINE, L'ARGENT ET LE CUIVRE

99. — Les méthodes précédentes, telles que nous les avons décrites, soit pour l'argent, soit

pour l'or, ne sont applicables qu'aux alliages binaires formés par le cuivre et le métal précieux.

Cependant dans le commerce des métaux précieux, on a souvent à examiner des alliages ternaires d'or, d'argent et de cuivre (or jaune, or blanc, doré) et aussi des alliages d'or, de platine, d'argent et de cuivre, de sorte que, pour terminer la question qui nous occupe, nous devons examiner les modifications que l'on doit apporter à ces méthodes si l'on veut les appliquer aux cas que nous venons de signaler.

100. — Alliages d'or, d'argent et de cuivre. — Les alliages désignés sous les noms d'or jaune et d'or blanc sont des alliages pour lesquels le poids d'argent est beaucoup moindre que celui de l'or ; l'inverse se présente pour le doré dans lequel le poids de l'argent est environ le triple de celui de l'or : la manière d'opérer diffère légèrement suivant l'un ou l'autre cas.

101. — *L'or est en proportion dominante.* — On commence par déterminer, d'une manière approximative, la teneur en cuivre et en argent de l'alliage. Pour cela, on passe à la coupelle 0^{sr}, 1 de l'alliage avec 2^{sr} de plomb pauvre ; le bouton de retour représente la somme des poids de l'ar-

gent et de l'or, d'où le cuivre par différence. En traitant ce bouton par l'acide azotique concentré, on détermine le départ de l'argent et, en pesant le résidu d'or, on a approximativement la teneur en argent.

On pèse ensuite 0^{gr},5 de l'alliage (1^{er} de la boîte à or) et on le soumet à la coupellation avec la quantité de plomb (95) nécessaire à l'élimination totale du cuivre. Le poids du bouton de retour donne l'or et l'argent. Simultanément l'on coupelle une autre prise d'essai du même poids après y avoir ajouté de l'argent fin en proportion telle qu'avec ce qui était déjà contenu dans l'alliage on arrive à la teneur voulue pour l'inquartation et cet essai est terminé comme s'il s'agissait d'un essai d'or ; on a ainsi le poids d'or, par différence avec le premier, le poids d'argent et enfin la différence entre 0,5 et la somme de ces deux poids donne la teneur en cuivre. Ce procédé n'est pas d'une grande exactitude pour le dosage de l'argent en raison de sa volatilité et l'on ne peut pas appliquer la méthode par voie humide parce que l'acide azotique ne dissoudrait pas la totalité de l'argent.

102. — *L'argent est en proportion dominante.* — Après détermination préalable des te-

neurs en cuivre et argent on passe à la coupelle de 2 à 5 grammes de l'alliage, en employant par gramme les poids de plomb suivants, indiqués par Warrentrapp :

Titre de l'argent dans l'alliage	Poids de plomb correspondant
—	—
1000 — 950.	4
950 — 900.	6
900 — 850.	8
850 — 750.	12
750 — 650.	14

Le bouton de retour est traité comme dans un essai d'or ordinaire, mais après l'emploi des acides à 22° et à 32° pour le départ de l'argent, l'or, au lieu de rester sous forme cohérente, prend l'état pulvérulent : la fin de l'essai devient alors une opération très délicate. On entraîne par décantation cet or divisé dans un creuset semblable à ceux employés pour recueillir le cornet ; quand le métal s'est déposé au fond, l'on fait sortir la majeure partie de l'eau puis on achève comme s'il s'agissait d'un cornet. Cette première opération donne le poids de l'or.

Quant à l'argent, on le titre par la méthode de Gay-Lussac ; la dissolution de ce métal au moyen

de l'acide azotique concentré est en effet complète si la proportion d'or ne dépasse pas 300 millièmes et si l'on a soin de le laminer en lames minces ; l'or reste à l'état pulvérulent au fond du flacon et ne gêne pas dans la suite de l'essai.

103. — Alliages d'or, de platine, d'argent et de cuivre. — La première chose à faire est encore de déterminer d'une manière approximative les proportions de ces différents métaux. Cet essai préliminaire s'effectuera en coupellant 0^{sr},5 de l'alliage avec 10^{sr} de plomb pour avoir le cuivre par différence, puis en faisant bouillir le bouton de retour avec de l'acide sulfurique, de manière à déterminer le départ de l'argent ; l'or et le platine restent inattaqués et peuvent, par suite, après lavages, être pesés ensemble à l'état métallique.

On passe à la coupelle 0^{sr},5 de l'alliage avec la quantité de plomb calculée comme si l'ensemble des métaux autres que le cuivre représentait de l'or, et l'on opère à une température d'autant plus élevée que la teneur en or et platine est plus forte. La différence entre le poids de la prise d'essai et celui du bouton de retour donne le poids de cuivre.

On effectue ensuite une deuxième coupellation

en ajoutant à l'alliage, s'il ne la contient pas déjà, la proportion d'argent fin nécessaire pour qu'elle soit à peu près le triple de l'or et du platine. Le bouton laminé, roulé en cornet et traité par l'acide azotique à 22°, puis à 32°, laisse un cornet d'or pur si, comme cela se présente le plus souvent, le poids d'or est au moins égal à 10 fois celui de platine ; nous avons dit en effet (28) que le platine entre en dissolution dans l'acide azotique lorsqu'il est allié à une certaine quantité d'argent.

Enfin une troisième coupellation avec la même proportion d'argent fournit un bouton, puis un cornet que l'on fait bouillir à deux reprises avec de l'acide sulfurique concentré ; cette opération doit être faite avec de grandes précautions parce que l'acide sulfurique ne bout qu'à une température élevée et souvent avec des soubresauts qui peuvent amener la rupture du matras et donner lieu alors à des projections toujours très dangereuses avec un liquide aussi corrosif. De même, l'eau employée pour le lavage du cornet ne doit être versée dans le matras qu'après refroidissement complet, et aussi après décantation de la presque totalité de l'acide. En tout cas, on obtient un cornet grisâtre dont le poids représente l'ensemble de l'or et du platine.

En résumé, ces coupellations successives donnent : la première, la somme des poids de l'or, du platine et du cuivre, la seconde, le poids de l'or, et la troisième, celui de l'or et du platine, d'où, par de simples soustractions, on déduira la proportion de chacun des métaux.

Cette méthode est suffisante dans la plupart des cas bien qu'elle ne soit pas d'une précision rigoureuse, mais elle suppose que la teneur en platine est toujours assez faible. S'il n'en était pas ainsi, on pourrait opérer par la méthode suivante qui est due à de Jüptner :

On fond un poids connu de l'alliage à examiner avec 5 à 8 fois son poids de zinc pur en opérant dans un creuset en porcelaine et en ayant soin de recouvrir la masse fondue de colophane afin d'éviter toute oxydation. Après refroidissement, on traite le culot métallique par l'acide azotique qui, dans ces conditions, ne dissout que l'argent, le cuivre et le zinc, tandis que l'or et le platine restent insolubles. Dans la dissolution azotique, on verse de l'acide chlorhydrique qui précipite l'argent à l'état de chlorure et sera pesé à cet état (93). Quant au résidu métallique insoluble on le dissoudra dans l'eau régale, on évaporera après addition d'acide chlorhydrique pour chasser complètement l'acide azotique libre (98)

puis on ajoutera un peu d'alcool à la liqueur concentrée et enfin une solution concentrée de chlorhydrate d'ammoniaque. En laissant reposer pendant une journée, tout le platine se précipite à l'état de chloroplatinate d'ammoniaque qu'on lave à l'alcool et sèche à 100°. En calcinant ce sel au rouge dans une capsule de platine, il se décompose et laisse pour résidu le platine sous forme de mousse que l'on pèse.

Enfin, l'or resté en dissolution sera précipité par l'acide oxalique (98) et pesé à l'état métallique.

CHAPITRE VII

AFFINAGE DES MÉTAUX PRÉCIEUX

104. — En fixant le titre des alliages d'or ou d'argent, la loi n'indique que la proportion du métal précieux qui constitue la plus grande partie de cet alliage ; ainsi nous avons vu que les monnaies d'or, par exemple, sont formées d'un alliage contenant 900 millièmes d'or et 100 millièmes de cuivre, mais une pièce moné-

taire qui serait formée de 900 millièmes d'or, 90 millièmes de cuivre et 10 millièmes d'argent, conserverait le titre de 900 millièmes et, par suite, n'aurait pas, à poids égal, une valeur supérieure à celle d'une autre formée du premier alliage ; il en résulte que ces 10 millièmes d'argent sont comptés comme cuivre et que la différence entre leur valeur et celle d'un poids égal de cuivre, se trouve perdue.

Le but de l'affinage est de séparer cet argent de l'or et du cuivre auxquels il est allié ou de séparer de même l'or d'un alliage d'argent et de cuivre ; il y a avantage à l'effectuer toutes les fois que la dépense relative à cette opération est inférieure à la valeur du métal précieux que l'on peut extraire de l'alliage.

L'affinage s'effectue soit au moyen de l'acide azotique, soit au moyen de l'acide sulfurique ; pour appliquer l'un et l'autre de ces deux procédés il est nécessaire de connaître d'une manière approximative le titre de l'alliage auquel on a affaire : l'emploi de la pierre de touche est suffisant pour cette détermination.

105. — Affinage par l'acide azotique. —

La méthode repose sur la propriété que possède l'acide azotique de transformer en azotates

solubles le cuivre et l'argent, tandis que l'or est inattaquable par le même acide, et sur celle qu'a le cuivre de précipiter l'argent à l'état métallique de la dissolution de son azotate.

Cependant, dans la pratique, le procédé n'est pas aussi simple qu'il semble l'être en théorie, car l'expérience prouve que si l'on fait bouillir, avec de l'acide azotique, un alliage d'or, d'argent et de cuivre très riche en or, cet alliage n'éprouve pas de diminution de poids. Le départ du cuivre et de l'argent n'est possible qu'à la condition que l'alliage renferme une proportion de métaux attaquables bien supérieure à celle de l'or et l'on est alors obligé d'introduire dans l'alliage une certaine quantité d'argent de façon à l'amener au titre convenable : c'est-à-dire de l'inquarier.

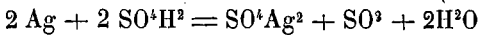
L'alliage inquarté et réduit en grenaille est introduit dans un vase en platine ou en grès avec de l'acide azotique étendu, parfaitement exempt d'acide chlorhydrique, et chauffé légèrement. L'or insoluble est séparé par filtration de la dissolution azotique, lavé et séché, puis fondu dans un creuset avec du borax et de l'azotate de potassium. Quant à l'argent, on le sépare en mettant des lames de cuivre dans la dissolution et il ne reste plus qu'à faire fondre, comme pour l'or, la matière pulvérulente ainsi obtenue.

Ce procédé, qui consomme d'assez grandes quantités d'acide azotique dont le prix est élevé, est à peu près abandonné aujourd'hui et remplacée par l'affinage à l'acide sulfurique.

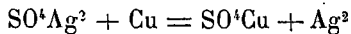
106. — Affinage par l'acide sulfurique.

— Ce procédé, beaucoup plus économique que le précédent et qui permet par suite de traiter avantageusement des alliages peu riches en or, repose sur les réactions suivantes, entièrement parallèles à celles du procédé à l'acide azotique.

Le cuivre et l'argent sont transformés à chaud par l'acide sulfurique en sulfates avec dégagement d'acide sulfureux



Le sulfate d'argent traité par des lames de cuivre abandonne de l'argent métallique et se transforme en sulfate de cuivre.



Cependant l'attaque par l'acide sulfurique n'est totale que si l'alliage d'or, de cuivre et d'argent n'est trop riche ni en or ni en cuivre. L'expérience a montré que l'affinage s'opérait régulièrement quand la teneur en argent était comprise entre 800 et 950 millièmes.

Il est donc nécessaire de déterminer approximativement la composition de l'alliage et de la modifier avant l'affinage si elle n'est pas comprise dans les limites voulues. Dans le cas où le lingot renferme une proportion trop forte de cuivre, on le soumet au grillage qui fait passer le cuivre à l'état d'oxyde, lequel est séparé ultérieurement au moyen d'acide sulfurique étendu.

L'alliage ainsi amené à une composition convenable, est fondu et grenailé en projetant la masse fondue dans des tonneaux remplis d'eau froide et munis d'un vase de cuivre à la partie inférieure. Cette grenaille après dessiccation est introduite dans des chaudières en fonte avec le double de son poids d'acide sulfurique à 66° B. et l'on chauffe à la température d'ébullition de ce dernier : il se dégage de l'acide sulfureux et des vapeurs d'acide sulfurique qui sont amenés dans de petites chambres de plomb où l'acide sulfurique se condense et où l'acide sulfureux est transformé en acide sulfurique par les procédés ordinaires, à moins que l'on ne préfère utiliser cet acide à la préparation des sulfites et hyposulfites. L'opération est terminée lorsque l'effervescence due au dégagement d'acide sulfureux cesse de se produire.

On introduit alors dans la chaudière une cer-

taine quantité d'acide sulfurique à 58° B. dans le but de rendre plus solubles les sulfates de cuivre et d'argent, on fait bouillir pendant quelques minutes et on laisse déposer. L'or se précipite puis l'on décante le liquide clair dans des chaudières en plomb où, par addition d'eau, on l'amène à 20° B.

L'or ainsi séparé sous forme spongieuse est traité à nouveau à deux reprises par l'acide sulfurique à 58° pour éliminer les dernières traces de cuivre et d'argent, on le lave à l'eau chaude, on le fond dans un creuset avec addition de salpêtre, puis on le coule en lingots ; le titre de ce métal est généralement compris entre 998 et 999 millièmes.

La dissolution amenée dans les chaudières en plomb est chauffée vers 100° au moyen d'un courant de vapeur circulant dans des tubes de même métal, puis on y plonge des lames de cuivre : l'argent se précipite sous forme d'une poussière grisâtre désignée par les ouvriers sous le nom de *chaux d'argent* et ce contact est prolongé jusqu'à ce que le chlorure de sodium n'indique plus la présence de l'argent dans le liquide. Le précipité d'argent séparé du sulfate de cuivre est lavé, séché et amené au moyen de la presse hydraulique à l'état de lingots que l'on chauffe

directement pour en achever la dessiccation. Ces lingots sont ensuite fondus dans des creusets en terre de Picardie et coulés dans une lingotière.

Cet argent d'affinage ne contient plus que des traces d'or inappréciables, mais il renferme quelques millièmes de cuivre : son titre varie entre 995 et 998 millièmes.

Enfin la dissolution acide de sulfate de cuivre est évaporée dans des chaudières en plomb jusqu'à ce qu'elle marque 40° B. et, par refroidissement, elle laisse déposer du sulfate de cuivre ; l'eau mère évaporée à nouveau en fournit encore et l'on arrive à ne plus avoir qu'une dissolution d'acide sulfurique à peu près exempt de métaux, que l'on concentre jusqu'à 52° ; celle-ci, additionnée d'un peu d'acide sulfurique, fournira l'acide à 58° utilisé, comme nous l'avons dit, dans cette série d'opérations. Le sulfate de cuivre est purifié par une nouvelle cristallisation et donne ainsi le *vitriol bleu* du commerce.

Un tarif officiel fixe les droits que doivent acquitter les particuliers qui présentent à l'affinage des alliages d'argent aurifères dans les hôtels de monnaie ; mais, dans l'industrie, les affineurs demandent des prix moins élevés : l'affinage d'un kilogramme d'argent revient environ à 0 fr, 90 ou 1 fr. et les affineurs demandent en

général 1 fr. 35 ; de plus, ils gardent tout le cuivre de l'alliage.

Aujourd'hui, on affine surtout les déchets de bijouterie et d'orfèvrerie ainsi que les lingots d'argent venant de la Chine et de la Cochinchine et certains de ceux qui arrivent d'Amérique.

SEL MARIN

POIDS de la prise d'essai en milligr.	TITRES										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1000	1000.0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1005	995.0	996.0	997.0	998.0	999.0	1000.0	»	»	»	»	»
1010	990.1	991.1	992.1	993.1	994.1	995.0	996.0	997.0	998.0	999.0	1000.0
1015	985.2	986.2	987.2	988.2	989.2	990.1	991.1	992.1	993.1	994.1	995.1
1020	980.4	981.4	982.4	983.3	984.3	985.3	986.3	987.2	988.2	989.2	990.2
1025	975.6	976.6	977.6	978.5	979.5	980.5	981.5	982.4	983.4	984.4	985.4
1030	970.9	971.8	972.8	973.8	974.8	975.7	976.7	977.7	978.6	979.6	980.6
1035	966.2	967.1	968.1	969.1	970.0	971.0	972.0	972.9	973.9	974.9	975.8

1040	961.5	962.5	963.5	964.4	965.4	966.3	967.3	968.3	969.2	970.2	971.4
1045	956.9	957.9	958.8	959.8	960.8	961.7	962.7	963.6	964.6	965.5	966.5
1050	952.4	953.3	954.3	955.2	956.2	957.1	958.1	959.0	960.0	960.9	961.9
1055	947.9	948.8	949.8	950.7	951.7	952.6	953.5	954.5	955.4	956.4	957.3
1060	943.4	944.3	945.3	946.2	947.2	948.1	949.1	950.0	950.9	951.9	952.8
1065	939.0	939.9	940.8	941.8	942.7	943.7	944.6	945.5	946.5	947.4	948.4
1070	934.6	935.5	936.4	937.4	938.3	939.3	940.2	941.1	942.1	943.0	943.9
1075	930.2	931.2	932.1	933.0	933.9	934.9	935.8	936.7	937.7	938.6	939.5
1080	925.9	926.8	927.8	928.7	929.6	930.6	931.5	932.4	933.3	934.3	935.2
1085	921.7	922.6	923.5	924.4	925.3	926.3	927.2	928.1	929.0	930.0	930.9
1090	917.4	918.3	919.3	920.2	921.1	922.0	922.9	923.8	924.8	925.7	926.6
1095	913.2	914.2	915.1	916.0	917.0	917.8	918.7	919.6	920.5	921.5	922.4

AZOTATE D'ARGENT

POIDS de la prise d'essai en milligr.	TITRES										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1000	1000.0	999.0	998.0	997.0	996.0	995.0	994.0	993.0	992.0	991.0	990.0
1005	995.0	994.0	993.0	992.0	991.0	990.0	989.0	988.1	987.1	986.1	985.1
1010	990.1	989.1	988.1	987.1	986.1	985.1	984.2	983.2	982.2	981.2	980.2
1015	985.2	984.2	983.2	982.3	981.3	980.3	979.3	978.3	977.3	976.4	975.4
1020	980.4	979.4	978.4	977.4	976.5	975.5	974.5	973.5	972.5	971.6	970.6
1025	975.6	974.6	973.7	972.7	971.7	970.7	969.8	968.8	967.8	966.8	965.8
1030	970.9	969.9	968.9	968.0	967.0	966.0	965.0	964.1	963.1	962.1	961.2
1035	966.2	965.2	964.2	963.3	962.3	961.3	960.4	959.4	958.4	957.5	956.5

1040	961.5	960.6	959.6	958.6	957.7	956.7	955.8	954.8	953.8	952.9	951.9
1045	956.9	956.0	955.0	954.1	953.1	952.1	951.2	950.2	949.3	948.3	947.4
1050	952.4	951.4	950.5	949.5	948.6	947.6	946.7	945.7	944.8	943.8	942.9
1055	947.9	946.9	946.0	945.0	944.1	943.1	942.2	941.2	940.3	939.3	938.4
1060	943.4	942.4	941.5	940.6	939.6	938.7	937.7	936.8	935.8	934.9	934.0
1065	939.0	938.0	937.1	936.1	935.2	934.3	933.3	932.4	931.4	930.5	929.6
1070	934.6	933.6	932.7	931.8	930.8	929.9	929.0	928.0	927.1	926.2	925.2
1075	930.2	929.3	928.4	927.4	926.5	925.6	924.7	923.7	922.8	921.9	920.9
1080	925.9	925.0	924.1	923.1	922.2	921.3	920.4	919.4	918.5	917.6	916.7
1085	921.7	920.7	919.8	918.9	918.0	917.0	916.1	915.2	914.3	913.4	912.4
1090	917.4	916.5	915.6	914.7	913.8	912.8	911.9	911.0	910.1	909.2	908.3
1095	913.2	912.3	911.4	910.5	909.5	908.7	907.8	906.8	905.9	905.0	904.1

SEL MARIN

POIDS de la prise d'essai en milligr.	TITRES										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1100	909.1	910.0	910.9	911.8	912.7	913.6	914.5	915.4	916.4	917.3	918.2
1105	905.0	905.9	906.8	907.7	908.6	909.5	910.4	911.3	912.2	913.1	914.0
1110	900.9	901.8	902.7	903.6	904.5	905.4	906.3	907.2	908.1	909.0	909.9
1115	896.9	897.8	898.6	899.5	900.4	901.3	902.2	903.1	904.0	904.9	905.8
1120	892.9	893.7	894.6	895.5	896.4	897.3	898.2	899.1	900.0	900.9	901.8
1125	888.9	889.8	890.7	891.6	892.4	893.3	894.2	895.1	896.0	896.9	897.8
1130	885.0	885.8	886.7	887.6	888.5	889.4	890.3	891.1	892.0	892.9	893.8
1135	881.1	881.9	882.8	883.7	884.6	885.5	886.3	887.2	888.1	889.0	889.9

1140	877.2	878.1	878.9	879.0	880.0	881.0	882.0	883.0	884.0	885.0	886.0
1145	873.4	874.2	875.1	876.0	876.9	877.7	878.6	879.5	880.3	881.2	882.1
1150	869.6	870.4	871.3	872.2	873.0	873.9	874.8	875.7	876.5	877.4	878.3
1155	865.8	866.7	867.5	868.4	869.3	870.1	871.0	871.9	872.7	873.6	874.5
1160	862.1	862.9	863.8	864.7	865.5	866.4	867.2	868.1	869.0	869.8	870.7
1165	858.4	859.2	860.1	860.9	861.8	862.7	863.5	864.4	865.2	866.1	866.9
1170	854.7	855.6	856.4	857.3	858.1	859.0	859.8	860.7	861.5	862.4	863.2
1175	851.1	851.9	852.8	853.6	854.5	855.3	856.2	857.0	857.9	858.7	859.6
1180	847.5	848.3	849.2	850.0	850.8	851.7	852.5	853.4	854.2	855.1	855.9
1185	843.9	844.7	845.6	846.4	847.3	848.1	848.9	849.8	850.6	851.5	852.3
1190	840.3	841.2	842.0	842.9	843.7	844.5	845.4	846.2	847.1	847.9	848.7
1195	836.8	837.7	838.5	839.3	840.2	841.0	841.8	842.7	843.5	844.4	845.2

AZOTATE D'ARGENT

POIDS de la prise d'essai en milligr.	TITRES										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1100	909.1	908.2	907.3	906.4	905.4	904.5	903.6	902.7	901.8	900.9	900.0
1105	905.0	904.1	903.2	902.3	901.4	900.4	899.5	898.6	897.7	896.8	895.9
1110	900.9	900.0	899.1	898.2	897.3	896.4	895.5	894.6	893.7	892.8	891.9
1115	896.9	896.0	895.1	894.2	893.3	892.4	891.5	890.6	889.7	888.8	887.9
1120	892.9	892.0	891.1	890.2	889.3	888.4	887.5	886.6	885.7	884.8	883.9
1125	888.9	888.0	887.1	886.2	885.3	884.4	883.6	882.7	881.8	880.9	880.0
1130	885.0	884.1	883.2	882.3	881.4	880.5	879.6	878.8	877.9	877.0	876.1
1135	881.1	880.2	879.3	878.4	877.5	876.7	875.8	874.9	874.0	873.1	872.3

1140	877.2	876.3	875.4	874.6	873.7	872.8	871.9	871.0	870.2	869.3	868.4
1145	873.4	872.5	871.6	870.7	869.9	869.0	868.1	867.2	866.4	865.5	864.6
1150	869.6	868.7	867.8	867.0	866.1	865.2	864.3	863.5	862.6	861.7	860.9
1155	865.8	864.9	864.1	863.2	862.3	861.5	860.6	859.7	858.9	858.0	857.1
1160	862.1	861.2	860.3	859.5	858.6	857.8	856.9	856.0	855.2	854.3	853.4
1165	858.4	857.5	856.6	855.8	854.9	854.1	853.2	852.4	851.5	850.6	849.8
1170	854.7	853.8	853.0	852.1	851.3	850.4	849.6	848.7	847.9	847.0	846.1
1175	851.1	850.2	849.4	848.5	847.7	846.8	846.0	845.1	844.3	843.4	842.5
1180	847.5	846.6	845.8	844.9	844.1	843.2	842.4	841.5	840.7	839.8	839.0
1185	843.9	843.0	842.2	841.3	840.5	839.7	838.8	838.0	837.1	836.3	835.4
1190	840.3	839.5	838.7	837.8	837.0	836.1	835.3	834.5	833.9	832.8	831.9
1195	836.8	836.0	835.1	834.3	833.5	832.6	831.8	831.0	830.1	829.3	828.4

SEL MARIN

POIDS de la prise d'essai en milligr.	TITRES										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1200	833.3	834.2	835.0	835.8	836.7	837.5	838.3	839.2	840.0	840.8	841.7
1205	829.9	830.7	831.5	832.4	833.2	834.0	834.8	835.7	836.5	837.3	838.2
1210	826.4	827.3	828.1	828.9	829.7	830.6	831.4	832.2	833.1	833.9	834.7
1215	823.0	823.9	824.7	825.5	826.3	827.2	828.0	828.8	829.6	830.4	831.3
1220	819.7	820.5	821.3	822.1	822.9	823.8	824.6	825.4	826.2	827.0	827.9
1225	816.3	817.1	818.0	818.8	819.6	820.4	821.2	822.0	822.9	823.7	824.5
1230	813.0	813.8	814.6	815.4	816.3	817.1	817.9	818.7	819.5	820.3	821.1
1235	809.7	810.5	811.3	812.1	813.0	813.8	814.6	815.4	816.2	817.0	817.8

1240	806.5	807.3	808.1	808.9	809.7	810.5	811.3	812.1	812.9	813.7	814.5
1245	803.2	804.0	804.8	805.6	806.4	807.2	808.0	808.8	809.6	810.4	811.2
1250	800.0	800.8	801.6	802.4	803.2	804.0	804.8	805.6	806.4	807.2	808.0
1255	796.8	797.6	798.4	799.2	800.0	800.8	801.6	802.4	803.2	804.0	804.8
1260	793.7	794.4	795.2	796.0	796.8	797.6	798.4	799.2	800.0	800.8	801.6
1265	790.5	791.3	792.1	792.9	793.7	794.5	795.3	796.0	796.8	797.6	798.4
1270	787.4	788.2	789.0	789.8	790.5	791.3	792.1	792.9	793.7	794.5	795.3
1275	784.3	785.1	785.9	786.7	787.4	788.2	789.0	789.8	790.6	791.4	792.2
1280	781.2	782.0	782.8	783.6	784.4	785.2	786.0	786.7	787.5	788.3	789.1
1285	778.2	779.0	779.8	780.5	781.3	782.1	782.9	783.7	784.4	785.2	786.0
1290	775.2	776.0	776.7	777.5	778.3	779.1	779.8	780.6	781.4	782.2	782.9
1295	772.2	773.0	773.7	774.5	775.3	776.1	776.8	777.6	778.4	779.1	779.9

AZOTATE D'ARGENT

POIDS de la prise d'essai en milligr.	TITRES										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1200	833.3	832.5	831.7	830.8	830.0	829.2	828.3	827.5	826.7	825.8	825.0
1205	829.9	829.0	828.2	827.4	826.6	825.7	824.9	824.1	823.2	822.4	821.5
1210	826.4	825.6	824.8	824.0	823.1	822.3	821.5	820.7	819.8	819.0	818.2
1215	823.0	822.2	821.4	820.6	819.7	818.8	818.1	817.3	816.5	815.6	814.8
1220	819.7	818.8	818.0	817.2	816.4	815.6	814.7	813.9	813.1	812.3	811.5
1225	816.3	815.5	814.7	813.9	813.1	812.2	811.4	810.6	809.8	809.0	808.2
1230	813.0	812.2	811.4	810.6	809.8	808.9	808.1	807.3	806.5	805.7	804.9
1235	809.7	808.9	808.1	807.3	806.4	805.7	804.9	804.0	803.2	802.4	801.6

1240	806.5	805.6	804.8	804.0	803.2	802.4	801.6	800.8	800.0	799.2	798.4
1245	803.8	802.4	801.6	800.8	800.0	799.2	798.4	797.6	796.8	796.0	795.2
1250	800.0	799.2	798.4	797.6	796.8	796.0	795.2	794.4	793.6	792.8	792.0
1255	796.8	796.0	795.2	794.4	793.6	792.8	792.0	791.2	790.4	789.6	788.8
1260	793.6	792.9	792.1	791.3	790.5	789.7	788.9	788.1	787.3	786.5	785.7
1265	790.5	789.7	788.9	788.1	787.3	786.6	785.8	785.0	784.2	783.4	782.6
1270	787.4	786.6	785.8	785.0	784.2	783.5	782.7	781.9	781.1	780.3	779.5
1275	784.3	783.5	782.7	782.0	781.2	780.4	779.6	778.8	778.0	777.3	776.5
1280	781.2	780.5	779.7	778.9	778.1	777.3	776.6	775.8	775.0	774.2	773.4
1285	778.2	777.4	776.6	775.9	775.1	774.3	773.5	772.8	772.0	771.2	770.4
1290	775.2	774.4	773.6	772.9	772.1	771.3	770.5	769.8	769.0	768.2	767.4
1295	772.2	771.4	770.7	769.9	769.1	768.3	767.6	766.8	766.0	765.2	764.5

CHAPITRE VIII

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

DES PRINCIPAUX OUVRAGES TRAITANT DES ESSAIS D'OR
ET D'ARGENT
AINSI QUE DES MÉMOIRES QUI Y SONT RELATIFS.

- ARCET (D'). — *Sur la coupellation.* — Ann. Chim. Phys. [2] I. p. 66.
- BALLING. — *L'Art de l'essayeur.* — Traduction française.
- BERTHIER. — *Traité des Essais par la voie sèche.* — Paris, 1847.
- CHAUDET. — *L'Art de l'essayeur.* — Paris, 1835.
- *Sur la coupellation des alliages d'or, de platine, d'argent et de cuivre.* — Ann. Chim. Phys. [2] II, p. 264.
- *Sur l'essai d'or fin.* — Ibid. IV, p. 356.
- *Emploi du bismuth dans la détermination du titre des matières d'or et d'argent.* — Ibid. VIII, p. 113.
- DEBRAY. — *Essai d'argent contenant du mercure.* — C. R. de l'Acad. des Sciences, LXX, p. 849.
- FRÉSÉNIUS. — *Analyse chimique qualitative.* — Traduction française.
- *Analyse chimique quantitative.* — Traduction française.

- GAY-LUSSAC. — *Instruction sur l'essai des matières d'argent par la voie humide.* — Paris, 1832.
- *Observations sur l'essai des matières d'argent par voie humide.* — Ann. Chim. Phys. [2] LXVIII, p. 218 et LXIII, p. 334.
 - *Absorption de l'oxygène par l'argent à température élevée.* — Ibid. XLV, p. 221.
 - *Essai d'argent contenant du mercure.* — Ibid. [3] XVII, p. 232.
- GUYKOW. — *Affinage de l'or et de l'argent.* — Berichte der deutsch. chem. Gesells. IV, p. 114.
- JOHNSON ET MATTHEY. — *Appareil pour les essais rapides d'or.* — Zeitsch. f. analyt. Chemie. X, p. 325.
- JÜPTNER. (VON). — *Séparation de l'or et de l'argent.* — Zeitsch. f. analyt. Chemie, 1879. p. 104.
- LEVOL. — *Essai d'argent contenant du mercure.* — Ann. Chim. Phys. [3] XVI, p. 504.
- *Les alliages considérés sous le rapport de leur composition chimique.* — Ibid. XXXVI, p. 193, et XXXIX, p. 163.
 - *Modification à la méthode par voie humide.* — Ibid. XLIV, p. 347.
- MASCAZZINI. — *Essai d'argent contenant du soufre.* — Chem. Centralb. 1857, p. 300.
- MOHR ET CLASSEN. — *Analyse chimique par les liqueurs titrées.* — Traduction française.

- PISANI. — *Dosage de l'argent par voie humide.* —
Annales des Mines, X, p. 83.
- RICHE ET GÉLIS. — *L'Art de l'essayeur.*
- RIVOT. — *Traité de docimasia.*
- SIRE. — *Appareil à niveau constant pour les essais
d'argent par voie humide.* — Ann.
Chim. Phys. [4] XXVIII, p. 108.
- STAS. — *Modification à la méthode de Gay-Lussac.*
C. R. de l'Acad. des Sciences, LXVII,
p. 1107.
- *Recherches de statistique chimique au
sujet du chlorure et du bromure d'ar-
gent.* — Ann. Chim. Phys. [4] XXV,
p. 22, et [5] III, p. 145 et 289.
- VAUQUELIN. — *Sur la pierre de touche.* — Ann. Chim.
Phys. [2] XXI, p. 317 et XXIV,
p. 377.
- *L'Art de l'essayeur.*
- VOHLARD. — *Dosage de l'argent par liqueur titrée.* —
Bull. Soc. Chim. XXII, p. 64.
- WAGNER. — *Nouveau traité de chimie industrielle.* —
Traduction française.
- WURTZ. — *Dictionnaire de Chimie.*
-

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES

	Pages.
Acide azotique.	83
— chlorhydrique	81
— oxalique.	101
— sulfurique	85
Affinage des métaux précieux	178
Alliages d'argent et de cuivre	28
— d'argent, d'or et de cuivre	44
— d'argent, d'or, de platine et de cuivre	49,175
— d'or et de cuivre.	33
— des fausses monnaies	46
Appareils employés pour les essais	102
Argent	17
— pur (préparation de l').	71

202 TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.
Azotate d'argent	77,99
— — (liqueur décime d').	100
Balance d'essais	102
Bigorne	65
Chlorure d'argent	72
— de sodium.	87
— — (liqueur normale de).	88
— — (liqueur décime de).	93
Convention monétaire	39
Coupellation.	119
Cuivre.	10
Différents.	52
Eau distillée	78
— régale	84
Essais au touchau.	111
— à la densité	115
— d'argent (voie sèche)	119
— — (voie humide).	130
— — (par pesée)	132
— d'or (voie sèche).	160
— — (voie humide).	170
— des alliages d'or, d'argent et de cuivre	172
— — d'or, d'argent, de platine et de cuivre	175
Garantie	50
Liquation.	32
Loi de brumaire an VI.	51
Or	21
Platine.	25
Plomb.	7
— pur (préparation du).	69
Poids pour essais d'or	104
Poinçons	68
Rochage	18

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES 203

	Pages.
Sels d'argent (caractères des).	21
— de cuivre (id.).	13
— d'or (id.).	24
— de platine (id.).	27
— de plomb (id.).	10
Tableau de compensation pour les essais d'argent par voie sèche.	129
— des quantités de plomb à employer pour les essais d'argent	122
— des quantités de plomb à employer pour les essais d'or	162
Tables de Gay-Lussac	149
Témoins	145
Titres de la bijouterie d'argent.	29
— — d'or	33
— des monnaies d'argent	41
— — d'or	40

St-Amand (Cher). — Imp. DESTENAY, BUSSIÈRE frères.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

Quai des Grands-Augustins, 55.

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

LEÇONS DE CHIMIE

(à l'usage des Élèves de Mathématiques spéciales)

PAR

Henri GAUTIER

Ancien élève de l'École Polytechnique,
Professeur de l'École Monge et au collège Sainte-Barbe,
Professeur agrégé à l'École de Pharmacie ;

ET

Georges CHARPY

Ancien Élève
de l'École Polytechnique, professeur à l'École Monge.

Un beau volume grand in-8, avec 83 figures ; 1892. . . 9 fr.

Ces *Leçons de Chimie* présentent ceci de particulier qu'elles ne sont pas la reproduction des Ouvrages similaires parus dans ces dernières années. Les théories générales de la Chimie sont beaucoup plus développées que dans la plupart des Livres employés dans l'enseignement ; elles sont mises au courant des idées actuelles, notamment en ce qui concerne la théorie des équilibres chimiques. Toutes ces théories, qui montrent la continuité qui existe entre les phénomènes chimiques, physiques et même mécaniques, sont exposées sous une forme facilement accessible. La question des nombres proportionnels, qui est trop souvent négligée dans les Ouvrages destinés aux candidats aux Ecoles du Gouvernement, est traitée avec tous les développements désirables. Dans tout le cours du Volume, on remarque aussi une grande préoccupation de l'exactitude, les faits cités sont tirés des mémoires originaux ou ont été soumis à une nouvelle vérification. Les procédés de l'industrie chimique sont décrits sous la forme qu'ils possèdent actuellement. L'ouvrage ne comprend que l'étude des métalloïdes, c'est-à-dire les matières exigées pour l'admission aux Ecoles Polytechnique et Centrale.

En résumé, le Livre de MM. Gautier et Charpy est destiné, croyons-nous, à devenir rapidement classique.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose d'environ 450 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. Fourtier, 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.

EXTRAIT DU CATALOGUE.

Balagny (George), Membre de la Société française de Photographie, Docteur en droit. — *Traité de Photographie par les procédés pelliculaires*. Deux volumes grand in-8, avec figures; 1889-1890. chaque volume se vend séparément 4 fr.

On vend séparément :

Tome I : Généralités. Plaques souples. Théorie et pratique des trois développements au fer, à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone. . . . 4 fr.

Tome II : Papiers pelliculaires. Applications générales des procédés pelliculaires. Phototypie. Contre-Types. — Transparents . . . 4 fr.

Davanne. — *La Photographie. Traité théorique et pratique*. 2 beaux volumes grand in-8, avec 234 figures et 4 planches spécimens. 32 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Notions élémentaires. — Historique. — Épreuves négatives. — Principes communs à tous les procédés négatifs. — Épreuves sur albumine, sur collodion, sur gélatinobromure d'argent, sur pellicules, sur papier. Avec 2 planches et 120 figures; 1886 . . . 16 fr.

II^e PARTIE : Épreuves positives : aux sels d'argent, de platine, de fer, de chrome. — Épreuves par impressions photomécaniques. — Divers : Les couleurs en Photographie. Épreuves stéréoscopiques. Projections, agrandissements, micrographie. Réductions, épreuves microscopiques. Notions élémentaires de Chimie; vocabulaire. Avec 2 planches et 114 figures; 1888 16 fr.

Donnadieu (A. L.) Docteur ès-sciences. *Traité de Photographie stéréoscopique. Théorie et pratique.* — Grand in-8 avec figures et atlas de 20 planches stéréoscopiques en photocollographie; 1892.. . . 9 fr.

Fabre (C.), Docteur ès-sciences. — *Traité encyclopédique de Photographie*. 4 beaux volumes, gr. in-8, avec plus de 700 figures et 2 planches; 1889-1891. 48 fr. »»

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Tous les trois ans, un Supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendra compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

Le premier Supplément est mis en souscription. Il est publié comme les précédents volumes en cinq fascicules dont le premier a paru le 15 juillet 1892. La souscription sera close le 15 décembre 1892.

Prix du supplément pour les souscripteurs. 10 fr.

Le prix sera porté ultérieurement à 14 fr.

Fourtier (H.). — *Dictionnaire pratique de Chimie photographique*, contenant une *Etude méthodique des divers corps usités en Photographie*, précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une Description détaillée des *Manipulations photographiques*. Grand in-8, avec figures; 1892 8 fr. »»

— *Les Positifs sur verre. Théorie et pratique. Les positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux. Méthodes opératoires. Coloriage et montage*. Grand in-8, avec figures; 1892 4 fr. 50

— *La pratique des projections. Etude méthodique des appareils. Les accessoires; usages et applications diverses des projections. Conduite des séances*. 2 volumes in-18 Jésus se vendant séparément.

I. *Les appareils*, avec 66 figures; 1892;. 2 fr. 75

II. *La séance de projections*, avec figures ... (Sous presse).

Londe (A.), Chef du service photographique à la Salpêtrière. — *La Photographie instantanée*. 2^e édition. In-18 Jésus, avec belles figures; 1890 2 fr. 75

— *Traité pratique du développement*. Etude raisonnée des divers révélateurs et de leur mode d'emploi. 2^e édition. In-18 Jésus, avec figures et 4 doubles planches en photocollographie; 1892 2 fr. 75

Mercier (P.), Chimiste, Lauréat de l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris. — *Virages et fixages. Traité historique, théorique et pratique*. 2 vol. in-18 Jésus; 1892 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} Partie : *Notice historique. Virages aux sels d'or*. 2 fr. 75

II^e Partie : *Virages aux divers métaux. Fixages*. 2 fr. 75

Trutat (E.), Docteur ès-sciences, Directeur du Musée d'Histoire naturelle de Toulouse. — *Traité pratique des agrandissements photographiques*. 2 vol. in-18 Jésus, avec 105 figures; 1891.

I^{re} PARTIE : *Obtention des petits clichés; avec 52 figures*. 2 fr. 75

II^e PARTIE : *Agrandissements; avec 53 figures*. 2 fr. 75

— *Impressions photographiques aux encres grasses. Traité pratique de photocollographie à l'usage des amateurs*. In-18 Jésus, avec nombreuses figures et 1 planche en photocollographie; 1892 2 fr. 75

Vidal (Léon), officier de l'Instruction publique, professeur à l'École nationale des arts décoratifs. — *Manuel pratique d'Orthochromatisme*. In-18 Jésus avec figures, 2 planches dont une en photocollographie et un spectre en couleur; 1891. 2 fr. 75

Vieulle. — *Nouveau guide pratique du photographe amateur*. 3^e édit. refondue et beaucoup augmentée. In-18 Jésus avec fig. 1892. 2 fr. 75

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

- BARILLOT (Ernest)**, membre de la Société chimique de Paris. — **Manuel de l'analyse des vins. Dosage des éléments naturels. Recherche analytique des falsifications.** Petit in-8, avec nombreuses figures et Tables; 1889. 3 fr. 50
- BONNAMI (H.)**, Ingénieur-Directeur des usines de Pont-de-Pany et Malain, Conducteur des Ponts et Chaussées. — **Fabrication et contrôle des chaux hydrauliques et ciments. Théorie et pratique. Influences réciproques et simultanées des différentes opérations et de la composition sur la solidification. Energie. Thermodynamique. Thermo-chimie.** In-8, avec figures; 1888. 6 fr. 50
- BOYS (C.-V.)**, Membre de la Société Royale de Londres. — **Bulles de Savon.** Quatre conférences sur la capillarité faites devant un jeune auditoire. Traduit de l'anglais par CH.-ED. GUILLAUME, Docteur ès-sciences, avec de nouvelles Notes de l'Auteur et du Traducteur. In-18 Jésus, avec 60 figures et 1 planche; 1892. 2 fr. 75 c.
- CHAPPUIS (J.)**, Agrégé, Docteur ès-sciences, Professeur de Physique générale à l'École Centrale, et **BERGET (A.)**, Docteur ès-sciences, attaché au laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne. — **Leçons de Physique générale. Cours professé à l'École Centrale des Arts et Manufactures et complété suivant le programme de la Licence ès-sciences physiques.** 3 volumes grand in-8 se vendant séparément :
TOME I : Instruments de mesure. Chaleur. Avec 175 figures; 1891. 13 fr.
TOME II : Electricité et Magnétisme. Avec 305 figures; 1891. . 13 fr.
TOME III : Acoustique. Optique; Electro-optique. Avec 193 figures; 1892. 10 fr.
- DESFORGES (J.)**, Professeur de travaux manuels à l'École industrielle de Versailles, ancien Garde d'Artillerie, ancien Chef aux ateliers des Forges et Fonderies de la Marine de l'Etat, à Ruelle. — **Cours pratique d'enseignement manuel**, à l'usage des candidats aux Ecoles nationales d'Arts et Métiers et aux Ecoles d'apprentis et d'Élèves mécaniciens de la flotte, et à l'usage des aspirants au certificat d'aptitude pour l'enseignement du travail manuel des élèves des écoles professionnelles-industrielles, etc. — **Ajustage. — Forge. — Fonderie. — Chaudronnerie. — Menuiserie.** In-4 oblong, comprenant 76 planches de dessins, avec texte explicatif; 1889. . 5 fr
- ENDRÈS (E.)**, Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées. — **Manuel du Conducteur des Ponts et Chaussées.** Ouvrage indispensable aux Conducteurs et Employés secondaires des Ponts et Chaussées et des Compagnies de Chemin de fer, aux Gardes-mines, aux Gardes et Sous-Officiers de l'Artillerie et du Génie, aux Agents-voyers et aux Candidats à ces emplois. *Honoré d'une souscription des Ministères du Commerce et des Travaux publics, et recommandé pour le service vicinal par le Ministre de l'Intérieur*, 7^e édition modifiée conformément au décret du 9 juin 1888. 3 volumes in-8. . . 27 fr.

On vend séparément :

- TOME I : Partie théorique**, avec 407 fig.; et **tome II : Partie pratique**, avec fig., 2 vol. in-8; 1884 13 fr.
- Tome III : Partie technique.** In-8, avec 241 fig., 1888 . . 9 fr.

Ce dernier Volume est consacré à l'exposition des doctrines spéciales qui se rattachent à l'Art de l'Ingénieur en général et au service des Ponts et Chaussées en particulier.

JUPTNER DE JONSTORFF (Baron Hanns). — **Traité pratique de Chimie métallurgique.** Traduit de l'allemand par *E. Vlasto*, Ingénieur des Arts et Manufactures. Edition française, revue et augmentée par l'Auteur. Grand in-8, avec nombreuses figures et 2 planches; 1891 10 fr.

LACOUTURE (Charles). — **Répertoire chromatique.** *Solution raisonnée et pratique des problèmes les plus usuels dans l'étude et l'emploi des couleurs.* 29 TABLEAUX EN CHROMO représentant 952 teintes différentes et définies, groupées en plus de 600 gammes typiques. In-4, contenant un texte de xi-144 pages, vrai traité de la science pratique des couleurs, accompagné de nombreux diagrammes, et suivi d'un atlas de 29 tableaux en chromo qui offrent à la fois l'illustration du texte et de nouvelles ressources pour les applications; 1890. (*Ouvrage honoré de la MÉDAILLE D'OR de la Société industrielle du Nord de la France*, 18 janvier 1891).

Broché. 25 fr. | Cartonné 30 fr.

LÉVY (Maurice), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France et à l'École Centrale des Arts et Manufactures. — **La Statique graphique et ses applications aux constructions.** 2^e édition. 4 vol. grand in-8, avec 4 Atlas de même format. (*Ouvrage honoré d'une souscription du ministère des Travaux publics*).

I^{re} PARTIE : *Principes et applications de la Statique graphique pure.*
Gr. in-8 de xxviii-549 pages, avec Atlas de 26 pl; 1886. 22 fr.

II^e PARTIE. — *Flexion plane. Lignes d'influence. Poutres droites.*
Gr. in-8 de xiv-345 pages, avec un Atlas de 6 pl; 1886 15 fr.

III^e PARTIE. — *Arcs métalliques. Ponts suspendus rigides. Coupôles et corps de révolution.* Grand in-8 de ix-418 pages avec un Atlas de 6 planches; 1887. 17 fr.

IV^e PARTIE. — *Ouvrages en maçonnerie. Systèmes réticulaires à lignes surabondantes. Index alphabétique des quatre Parties.* Grand in-8 de x-350 pages, avec Atlas de 4 planches; 1888. 15 fr.

MIQUEL. — **Manuel pratique d'Analyse bactériologique des eaux.** In-18 jésus, avec figures; 1891. 2 fr. 75 c.

WITZ (Aimé), Docteur ès-sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur aux Facultés catholiques de Lille. — **Cours de manipulations de Physique, préparatoire à la Licence** (ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE). Un beau volume in-8, avec 166 figures; 1883. 12 fr.

WITZ (Aimé). — **Exercices de Physique et applications, préparatoires à la Licence** (ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE). In-8, avec 114 figures; 1889. 12 fr.

WYROUBOFF (G.). — **Manuel pratique de Cristallographie. Détermination des formes cristallines.** In-8, avec figures et 6 planches en taille-douce; 1889. 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS
Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

COURS DE PHYSIQUE

DE
L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PAR M. J. JAMIN

QUATRIÈME ÉDITION

AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE,

PAR

M. 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 fig.
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 plan-
ches. 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.

(*) 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 ET FILS

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

1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 fig. et 1 planche 7 fr.

2^o fascicule. — *La pile, Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 fig. et 1 planche 6 fr.

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

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

4^o fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 fig. et 1 pl. 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.

Tous les trois ans, un supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendra compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

Pour ne pas trop grossir un ouvrage déjà bien volumineux, il a fallu dans cette nouvelle édition en soumettre tous les détails à une révision sévère, supprimer ce qui avait quelque peu vieilli, sacrifier la description d'appareils ou d'expériences qui, tout en ayant fait époque, ont été rendus inutiles par des travaux plus parfaits; en un mot, poursuivre dans ses dernières conséquences la transformation entreprise non sans quelque timidité dans l'édition précédente. Au reste, pour tenir un livre au courant d'une Science dont le développement est d'une rapidité si surprenante, et dans laquelle un seul résultat nouveau peut modifier jusqu'aux idées même qui servent de base à l'enseignement, il ne suffit pas d'ajouter des faits à d'autres faits: c'est l'ordre, l'enchaînement, la contexture même de l'ouvrage qu'il faut renouveler. On se ferait donc une idée inexacte de cette quatrième édition du *Cours de Physique de l'École Polytechnique* en se bornant à constater que ces quatre Volumes se sont accrus de près de 500 pages et de 150 figures, soit de un septième environ: les modifications touchent, pour ainsi dire, à chaque page et c'est en réalité au moins le tiers du texte qui a été écrit à nouveau d'une manière complète.

DUHEM. — Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Lille. *Leçons sur l'Electricité et le Magnétisme.* 3 volumes grand in-8, avec 215 figures :

Tome I, 1891; 16 fr. — Tome II, 1892; 14 fr. — Tome III, 1892; 15 fr.

JAMIN et BOUTY. — *Cours de Physique à l'usage de la classe de Mathématiques spéciales.* 2^e édition. Deux beaux volumes in-8, contenant ensemble plus de 1060 pages, avec 458 figures géométriques ou ombrées et 6 planches sur acier; 1886 20 fr.

On vend séparément :

TOME I. — Instruments de Mesure. Hydrostatique. — Optique géométrique. Notions sur les phénomènes capillaires. In-8, avec 312 fig. et 4 pl: 10 fr.

TOME II. — Thermométrie. Dilatations. — Calorimétrie. In-8, avec 146 fig. et 2 pl. 10 fr.

REVUE GÉNÉRALE
DES SCIENCES
PURES & APPLIQUÉES

paraissant le 15 et le 30 de chaque mois, par cahiers de 32 pages
grand in-8° colombier, imprimés à 2 colonnes
avec de nombreuses figures dans le texte.

DIRECTEUR : Louis OLIVIER, DOCTEUR ÈS SCIENCES

Cette *Revue*, à laquelle collaborent 31 membres de l'Académie des Sciences de Paris et les savants les plus illustres de tous pays, a pour objet d'exposer, à mesure qu'ils se produisent et en quelque pays qu'ils s'accomplissent, les progrès des SCIENCES POSITIVES et de leurs APPLICATIONS PRATIQUES : *Astronomie, Mécanique, Physique, Chimie, Géologie, Botanique, Zoologie, Anatomie, Physiologie générale et Physiologie humaine, Anthropologie, — Géodésie, Navigation, Génie civil et Génie militaire, Industrie, Agriculture, Hygiène publique, privée et professionnelle, Médecine, Chirurgie.*

Chacun de ses numéros renferme trois parties :

1° La première se compose d'ARTICLES ORIGINAUX, de grandes analyses critiques et de revues spéciales ; le lecteur y trouvera la *synthèse précise des grandes questions à l'ordre du jour* ; celles qui se rapportent à la MÉDECINE sont dans chaque numéro l'objet d'un article spécial.

2° La deuxième partie est consacrée à l'ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE DÉTAILLÉE des livres et des mémoires importants, récemment parus sur les sciences *mathématiques, physiques, naturelles, médicales* ;

3° La troisième partie renferme le compte rendu des travaux présentés aux Académies et aux principales Sociétés savantes du monde entier.

Tous ceux qui, à des titres divers, s'intéressent au *progrès théorique et pratique des sciences*, trouveront dans cette *Revue* le *tableau complet du mouvement scientifique actuel.*

SPÉCIMEN D'UN NUMÉRO

- I. — H. POINCARÉ, *de l'Institut* : Les Géométries non-Euclidiennes.
- II. — D^{rs} MAGNAN et SÉRIEUX : Les Aliénés persécuteurs ; leurs caractères anthropologiques et psychiques ; leur diagnose.
- III. — J. BERGERON, *docteur ès sciences* : La Faune dite « primordiale » a-t-elle été la première ? Découvertes récentes de la paléontologie et de la pétrographie sur ce sujet (avec de nombreuses figures).
- IV. — J. BOUVEAULT, *docteur ès sciences* : La Synthèse des alcaloïdes naturels (avec exemples de préparation).
- V. — *Analyse bibliographique* : 1° Sciences mathématiques ; 2° Sciences physiques ; 3° Sciences naturelles ; 4° Sciences médicales.
- VI. — *Académies et Sociétés savantes de la France et de l'Etranger*

NOTA. — La *Revue* publie, avec chacun de ses numéros, un **Supplément** de huit colonnes renfermant : 1° Les nouvelles de la Science et de l'Enseignement ; 2° les sommaires de 300 périodiques scientifiques classés par ordre de science.

Un Numéro spécimen sera adressé gratuitement à toute personne qui en fera la demande.

PRIX DU NUMÉRO: 80 centimes

Abonnements : chez Georges CARRÉ, Éditeur

58, rue Saint-André-des-Arts, Paris

Paris.....	Un an, 18 fr. ; 6 mois, 10 fr.
Départements et Alsace-Lorraine.....	— 20 — — 11 —
Union postale.....	— 22 — — 12 —

vingtième ANNÉE



37 VOLUMES PARUS

REVUE DES SCIENCES
ET DE LEURS APPLICATIONS AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

Journal hebdomadaire illustré

RÉDACTEUR EN CHEF : GASTON TISSANDIER

Cette revue, si savamment dirigée par M. TISSANDIER, répond à un besoin actuel. Tous ceux qui se préoccupent un peu des progrès scientifiques, des découvertes utiles faites à chaque instant, trouveront dans ses précieuses pages toutes les trouvailles intéressantes, enregistrées au jour le jour. Sans peine, ils pourront profiter du travail accumulé dans cette véritable Encyclopédie. Ils n'y rencontreront pas seulement les résultats pratiques auxquels on est arrivé; ils y verront également les tentatives faites par les chercheurs dans telle ou telle voie, le but qu'ils poursuivent, les moyens qu'ils emploient. A ce titre, *La Nature* est doublement utile aux inventeurs. Elle peut les éclairer parfois, souvent leur indiquer des sujets de recherches. En tous cas, ce sera toujours avec profit qu'ils l'auront consultée. Bref, c'est un ouvrage véritablement utile pour beaucoup de gens, intéressant pour tous. Le texte en est toujours rédigé d'une façon brève et concise; les illustrations sont dues à nos meilleurs artistes et gravées avec le plus grand soin.

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :

Paris, 20 fr. — Départements, 25 fr. — Union postale, 26 fr.

Les 37 premiers volumes sont en vente, et sont vendus chacun :

Broché, 10 fr. — Relié, 13 fr. 50.

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

TRAITEMENT DE LA TUBERCULOSE PULMONAIRE

DE LA PLEURÉSIE D'ORIGINE TUBERCULEUSE
ET DES BRONCHITES AIGUES ET CHRONIQUES
par le

GAIACOL IODOFORME SÉRAFON

Et le Gaïacol-Eucalyptol iodoformé Sérafon

En solutions pour injections hypodermiques
et en capsules pour l'usage interne

PRÉPARATION ET VENTE EN GROS : Société Française de Produits Pharmaceutiques, 9 et 11, rue de la Perle, Paris.

ALIMENTATION

DES

MALADES

PAR LES

POUDRES

DE

Viande

ADRIAN

La **POUDRE de BIFTECK ADRIAN** (garantie pure viande de bœuf français) est aussi inodore et insipide qu'il est possible de l'obtenir en lui conservant les principes nutritifs de la viande. C'est exactement de la chair musculaire privée de son eau, gardant sous un volume très réduit et sous un poids quatre fois moindre, toutes ses propriétés nutritives, et chose importante, n'ayant rien perdu des principes nécessaires à l'assimilation de l'aliment.

*Se vend en flacons de 250, 500 gr.
et 1 kil.*

La **POUDRE DE VIANDE ADRIAN**, d'un prix moins élevé que la poudre de bifeck, ce qui en permet l'emploi aux malades peu fortunés est garantie pure viande de bœuf d'Amérique.

bottes de 250, 500 gr. et 1 kil.

LA

QUASSINE ADRIAN

essentiellement différente de toutes celles du commerce, est la SEULE dont les effets réguliers aient été constatés. Elle excite l'APPÉTIT, développe les FORCES, combat efficacement les DYSPÉSIÉS ATONIQUES, les COLIQUES HÉPATIQUES et NÉPHRÉTIQUES. (Bulletin général de thérapeutique, 15 novembre 1882).

Dragées contenant 25 milligrammes de Quassine amorphe.

Granules — 2 — Quassine cristallisée

DICTIONNAIRE
DES ARTS & MANUFACTURES
ET DE L'AGRICULTURE

FORMANT UN TRAITÉ COMPLET DE TECHNOLOGIE

Par Ch. LABOULAYE

Avec la collaboration de Savants, d'Industriels et de Publicistes

SEPTIÈME ÉDITION, PUBLIÉE EN 5 VOLUMES

REVUE ET COMPLÉTÉE A LA SUITE DE L'EXPOSITION DE 1889

Imprimée sur deux colonnes avec plus de 5,000 figures
dans le texte. Prix des 5 volumes : brochés. 120 fr.
reliés. 145 fr.

Le *Dictionnaire des Arts et Manufactures* est devenu, par son grand et légitime succès, un ouvrage classique parmi les ingénieurs et tous ceux qui s'intéressent aux progrès de l'industrie.

C'est un ouvrage de recherches et d'études que l'on consulte, non seulement pour y trouver des renseignements sur sa propre industrie, mais souvent aussi sur les procédés des industries connexes, et sur les questions générales qui intéressent toute entreprise industrielle. L'Exposition de 1889 a fourni une abondante récolte d'indications précieuses, mises à profit par les collaborateurs de M. Ch. Laboulaye qui continuent son œuvre. Parmi les sujets remaniés ou traités à nouveau dans leur entier, nous citerons : l'électricité (installation d'éclairage, projets de machine, transport de la force, etc.), le verre, le sucre, les constructions métalliques, l'éclairage, la métallurgie, les canaux, le matériel des chemins de fer, les instruments d'agriculture, la statistique graphique, la statistique industrielle et agricole, les institutions de prévoyance (caisses de retraites, assurances, sociétés coopératives, réglementation du travail, syndicats professionnels, etc.). La nouvelle édition du *Dictionnaire des Arts et Manufactures* est tenue au courant des progrès, et nous avons lu avec grand intérêt, parmi les articles nouveaux, ceux qui se rapportent à la statistique et aux institutions de prévoyance. Cette nouvelle édition aura le succès de ses devancières.

(Extrait de *La Nature*.)

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

TRAITÉ DE MÉDECINE

Publié sous la direction de MM. CHARCOT et BOUCHARD, membres de l'Institut et professeurs à la Faculté de médecine de Paris, et BRISSAUD, professeur agrégé, par MM. BABINSKI, BALLET, BRAULT, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, GILBERT, GUINON, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, OËTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, THIBERGE, L.-H. THOINOT, FERNAND VIDAL. 6 vol. in-8. avec figures (3 volumes publiés au 1^{er} mai 1892). *En souscription* 112 fr.

TRAITÉ DE CHIRURGIE

Publié sous la direction de MM. Simon DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, et Paul RECLUS, professeur agrégé, par MM. BERGER, BROCA, DELBET, DELENS, GÉRARD-MARCHANT, FORGUE, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER, KIRMISSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT, PONCET, POTHERT, QUENU, RICARD, SEGOND, TUFFIER, WALTHER. 8 forts volumes in-8. avec nombreuses figures (7 volumes publiés au 1^{er} mai 1892). *En souscription* 140 fr.

TRAITÉ DE GYNÉCOLOGIE CLINIQUE ET OPÉRATOIRE

Par S. Pozzi, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien de l'hôpital Lourcine-Pascal. 2^e édition. 1 vol. in-8, relié toile avec 500 figures dans le texte. 30 fr.

LEÇONS SUR LA PATHOLOGIE COMPARÉE DE L'INFLAMMATION

Faites à l'Institut Pasteur en avril et mai 1891, par Elie METCHNIKOFF, chef de service à l'Institut Pasteur. 1 vol. in-8 avec 65 figures dans le texte, en noir et en couleur et 8 planches en couleur 9 fr.

LE DIABÈTE PANCRÉATIQUE

Expérimentation, Clinique, Anatomie pathologique, par le Dr J. THIROLOIX, interne, médaille d'or des hôpitaux, membre de la Société anatomique. 1 vol. in-8, avec planches et graphiques hors texte 8 fr.

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD ST-GERMAIN, PARIS.

TRAITÉ
DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE
PRODUCTION ET UTILISATION
DE LA CHALEUR

Par L. SER

Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

L. CARETTE et E. HERSCHER

Ingénieurs des Arts et Manufactures, Membres de la Société des Ingénieurs civils,
Membres de la Société de médecine et d'hygiène professionnelle.

2 forts volumes in-8° illustrés de 790 figures. 45 fr.

I. — Principes généraux et appareils considérés d'une manière générale indépendamment de toute application particulière (foyers récepteurs de chaleur, cheminées, ventilateur, thermodynamique). 1 fort volume in-8° avec 362 figures. 22 fr. 50

II. — Chaudières à vapeur. — Distillation. — Évaporation et séchage. — Désinfection. — Chauffage et ventilation des lieux habités. 1 fort volume in-8° avec 428 figures. 22 fr. 50

Le **Traité de Physique industrielle** est avant tout le résumé du cours professé à l'École Centrale par le savant et regretté professeur, depuis qu'il occupait la chaire de M. Pécelet.

C'est en même temps un ouvrage absolument pratique, s'adressant non seulement aux élèves, mais aux *Ingénieurs*, aux *Architectes*, aux Membres des Comités d'hygiène, etc.

Le second volume est publié avec la précieuse collaboration de deux hommes bien connus par leur compétence industrielle, et tient compte, par conséquent, de tous les travaux, de toutes les découvertes qui se sont produits depuis l'Exposition de 1889.

Il traite de deux questions très diverses : Les *Chaudières à vapeur* et le *Chauffage et la Ventilation*.

Nous l'avons, pour la facilité des lecteurs, publié en deux fascicules qu'on peut acheter séparément.

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

BIBLIOTHÈQUE DIAMANT

DES

SCIENCES MÉDICALES ET BIOLOGIQUES

Collection publiée dans le format in-18 raisin, cartonnée à l'anglaise

- Manuel de Pathologie interne**, par G. DIEULAFOY, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, lauréat de l'Institut (Prix Montyon). 6^e édition. 2 vol. 15 fr.
- Manuel du diagnostic médical**, par P. SPILLMANN, professeur à la Faculté de médecine de Nancy et P. HAUSHALTER, chef de clinique médicale. 2^e édition, entièrement refondue . . . 6 fr.
- Manuel d'anatomie microscopique et d'histologie**, par P.-E. LAUNOIS et H. MORAU, préparateurs-adjoints d'histologie à la Faculté de médecine de Paris, préface de M. Mathias DUVAL, professeur à la Faculté de médecine de Paris. 6 fr.
- Sémiologie et diagnostic des maladies nerveuses**, par Paul BLOCC, chef des travaux anatomo-pathologiques à la Salpêtrière, lauréat de l'Institut, et J. ONANOFF. 5 fr.
- Manuel de thérapeutique**, par le D^r BERLIOZ, professeur à la Faculté de médecine de Grenoble, précédé d'une préface de M. Bouchard, professeur à la Faculté de médecine de Paris. . . 6 fr.
- Précis de microbiologie médicale et vétérinaire**, par le D^r L.-H. THOINOT, ancien interne des hôpitaux et E.-J. MASSELIN, médecin-vétérinaire, 2^e éd., 75 fig. noires et en couleurs. 6 fr.
- Précis de médecine judiciaire**, par A. LACASSAGNE, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 2^e édition . . . 7 fr. 50
- Précis d'hygiène privée et sociale**, par A. LACASSAGNE, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 3^e édition revue et augmentée. 7 fr.
- Précis d'anatomie pathologique**, par L. BARD, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon. 7 fr. 50
- Précis théorique et pratique de l'examen de l'œil et de la vision**, par le D^r CHAUVEL, médecin principal de l'armée, professeur à l'École du Val-de-Grâce. 6 fr.
- Le Médecin. Devoirs privés et publics; leurs rapports avec la Jurisprudence et l'organisation médicales**, par A. DECHAMBRE, membre de l'Académie de médecine 6 fr.
- Guide pratique d'Électrothérapie**, rédigé d'après les travaux et les leçons du D^r ONIMUS, lauréat de l'Institut, par M. BONNEFOY. 3^e édition, revue et augmentée d'un chapitre sur *l'électricité statique*, par le D^r DANION 6 fr.
- Paris : sa topographie, son hygiène, ses maladies**, par Léon COLIX, directeur du service de santé du gouvernement militaire de Paris 6 fr.

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

ANÉMIE

Dans les cas de CHLOROSE et d'ANÉMIE rebelles aux moyens thérapeutiques ordinaires les préparations à base

CHLOROSE

D'HÉMOGLOBINE SOLUBLE

DE V. DESCHIENS

Épuisement

ont donné les résultats les plus satisfaisants. Elles ne constipent pas, ne noircissent pas les dents et n'occasionnent jamais de maux d'estomac comme la plupart des autres ferrugineux.

Affaiblissement

Se vend sous la forme de

**SIROP, VIN, DRAGÉES
ET ÉLIXIR**

général

préparés par ADRIAN et Cie, 9 rue de la Perle, Paris.

CAPSULES DE TERPINOL ADRIAN

Le TERPINOL a les propriétés de l'essence de Térébenthine dont il dérive, mais il est plus facilement absorbé et surtout *très bien toléré*, ce qui le rend préférable.

Il n'offre pas, comme l'essence de Térébenthine, l'inconvénient grave de provoquer chez les malades des nausées, souvent même des vomissements.

Le TERPINOL est un diurétique et un puissant modificateur des sécrétions catarrhales (brouches, reins, vessie).

Le TERPINOL ADRIAN s'emploie en capsules de 10 centigrammes (5 à 10 par jour).

TRAITEMENT de la SYPHILIS par les PILULES DARDENNE

POLY-IODURÉES SOLUBLES

SOLUBLES dans tous les liquides servant de boisson (Eau, lait, café, vin, bière, etc.) elles peuvent être prises en pilules ou transformées par les malades, en **solutions** ou en **sirops**, au moment d'en faire usage.

Premier type (type faible)

(Syphilis ordinaire 2^e et 3^e année)

2 pilules par jour correspondent à une cuillerée à soupe de
Sirop de Gibert.

Quatrième type (type fort)

(accidents tertiaires, viscéraux et cutanés)

8 pilules par jour correspondent à un centig. bi-iodure de mercure et à 4 grammes iodure de potassium.

Vente en Gros Société Française de Produits Pharmaceutiques,
9 et 11 rue de la Perle, PARIS.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

Section du Biologiste

MM.	MM.	MM.
Arloing (S.).	François-Franck (Ch.).	Martin (A.-J.).
Auvaré.	Gamaleïa.	Maygrier.
Ballet (Gilbert).	Gariel.	Merklen.
Bar.	Gérard-Marchant.	Meyer.
Barthélemy.	Gilbert.	Napias.
Baudouin.	Girard (Aimé).	Notard.
Bazy.	Girard (A.-Ch.).	Olivier (Ad.).
Beauregard (II.).	Gley.	Olivier (L.).
Bergé.	Gombault.	Ollier.
Bergonié.	Grancher.	Patouillard.
Berne (G.).	Guerne (J. de).	Peraire.
Berthaut.	Hanot.	Perrier (Edm.).
Blanchard (R.).	Hartmann (II.).	Peyrot.
Bonnaire.	Hébert (A.).	Polin.
Brault.	Henne-guy.	Pouchet (G.).
Brissaud.	Hénocque.	Pozzi.
Broca.	Heydenreich.	Prillieux.
Brocq.	Jacquet.	Quénu.
Brun.	Joffroy.	Reclus.
Brun (de).	Johannès-Chatin.	Retterer.
Budin.	Kœhler.	Roger (II.).
Cazal (du).	Labit.	Ruault.
Chantemesse.	Landouzy.	Ségla.
Charrin.	Langlois (P.).	Segond.
Cornevin.	Lannelongue.	Sérieux.
Crouzat.	Lapersonne (de).	Spillmann.
Cuénot (L.).	Lavarenne (de).	Straus.
Dastre.	Laveran.	Talamon.
Dehérain.	Lavergne.	Testut (Léo).
Delorme.	Layet.	Tissier.
Demelin.	Le Dentu.	Thoulet (J.).
Dubois (Raphaël).	Legrain.	Trousseau.
Durand-Fardel.	Legroux.	Vallon.
Duval (Mathias).	Lermoyez (M.).	Viala.
Faisans.	Letulle.	Weill (J.).
Féré.	Lhôte.	Weiss (G.).
Fernbach (A.).	Magnan.	Wurtz.
Feulard.	Marfan.	
Filhol (II.).	Marie (A.).	

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 300 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

Ouvrages en cours de publication

Section de l'Ingénieur

- A. GOUILLY.— Transmission de la force par air comprimé ou raréfié.
R.-V. PICOU.— Distribution de l'électricité par installations isolées.
DUQUESNAY.— Résistance des matériaux.
DWELSHAUVERS-DERY.— Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur.
A. MADAMET.— Tiroirs et distributeurs de vapeur. — Appareils de mise en marche et de changement de marche.
MAGNIER DE LA SOURCE.— Analyse des vins.
ALHEILIG.— Recette, conservation et travail des bois, outils et machines-outils.
R.-V. PICOU.— Distribution de l'électricité par usines centrales.
AIMÉ WITZ.— Thermodynamique à l'usage des Ingénieurs.
LINDET.— La bière.
LE CHATELIER.— Le Grisou.
TH. SCHLÆSING fils.— Chimie agricole.
SAUVAGE.— Les divers types de moteurs à vapeur.
H. GAUTIER.— Essais d'or et d'argent.
H. LAURENT.— Théorie des jeux de hasard.
CRONEAU.— Canons. Torpilles et Cuirasses.
GÉRARD-LAVERGNE.— Les Turbines.
LECOMTE.— Les textiles végétaux. Leur examen microscopique.
DE LAUNAY.— Formation des gîtes métallifères.
DUDEBOTT.— Appareils accessoires des moteurs à vapeur.
FERDINAND JEAN.— L'industrie des peaux et des cuirs.
LAURON NAUDIN.— Fabrication des vernis.
HÉBERT.— Examen sommaire des boissons falsifiés.
GUENEZ.— La décoration de la porcelaine au feu de moufle.
H. LÉAUTÉ et A. BÉRARD.— Transmissions par câbles métalliques.

Section du Biologiste

- FAISANS.— Maladies des organes respiratoires. Méthodes d'exploration. Signes physiques.
MAGNAN et SÉRIEUX.— Le délire chronique à évolution systématique.
AUVARD.— Séméiologie génitale de la femme.
G. WEISS.— Technique d'électrophysiologie.
BAZY.— Maladies des voies urinaires. Urètre. Vessie. Exploration et traitements d'urgence.
WURTZ.— Technique bactériologique.
TROUSSEAU.— Hygiène de l'œil.
FÉRÉ.— Epilepsie.
LAVERAN.— Paludisme.
POLIN et LABIT.— Examen des aliments suspects.
MÉGNIN.— Les acariens parasites.
BERGONIÉ.— Physique médicale.
DÉMELIN.— Anatomie obstétricale.
CRÉNOT.— Les moyens de défense dans la série animale.
DE LAPERSONNE.— Maladies des paupières et des membranes de l'œil.
BUDIN.— Thérapeutique obstétricale.
KOEHLER.— Application de la photographie aux sciences naturelles.
LETULLE.— Maladies aiguës de la cellule.
DE BRUN.— Maladies des pays chauds.
BAZY.— Étude des troubles fonctionnels des voies urinaires.
FAISANS.— Diagnostic précoce de la tuberculose.
DASTRE.— La Digestion.
AIMÉ GIRARD.— La betterave à sucre.
BROCC et JACQUET.— Traité élémentaire et pratique de dermatologie.
LANNELONGUE.— La Tuberculose chirurgicale.
STRAUS.— Les bactéries.
NAPIAS.— Hygiène industrielle et professionnelle.
GOMBAULT.— Pathologie du bulbe rachidien.
LEGROUX.— Pathologie générale infantile.