

## DEUXIÈME PARTIE.

## ANALYSE DES ALLIAGES.

C'est en général en faisant réagir les acides sur les différens métaux, que l'on parvient à désunir ceux-ci; on détermine ensuite leur nature et leurs proportions dans l'alliage, en formant pour la plupart d'entre eux des combinaisons nouvelles, reconnaissables à des propriétés caractéristiques: par exemple, si l'on traite un alliage (et que l'on ne connaisse pas d'avance les métaux qui le constituent) par l'acide nitrique que l'on porte à l'ébullition; on dissoudra l'argent, le bismuth, le cuivre, le mercure, le plomb, le zinc, tandis que l'or et le platine ne seront point attaqués. M. Vauquelin, cependant, a observé que le platine allié à l'argent pourrait être dissous par l'acide nitrique, si la proportion de platine était faible relativement à celle de l'argent. M. Thénard a indiqué la même observation pour l'alliage d'or et de platine. L'antimoine et l'étain restent précipités à l'état d'oxides; on sépare ensuite les métaux dissous et les métaux non dissous par les moyens indiqués ci-après. On se sert avec beaucoup d'avantage du chalumeau pour reconnaître la pureté des métaux qui composent les alliages, ainsi que pour découvrir les plus petites quantités de substances métalliques contenues dans tous les corps en général.

## ANALYSE D'UN ALLIAGE D'ARGENT ET DE CUIVRE.

On fait dissoudre cet alliage dans l'acide nitrique; quand la solution est opérée complètement, on précipite l'argent par une solution d'hydro-chlorate de soude; on ajoute successivement de petites portions de cet hydro-chlorate, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité par une addition nouvelle; on verse alors le tout sur un filtre pour séparer le précipité insoluble (1), on le lave bien, on le fait sécher; on pèse exactement, et l'on peut conclure directement, de son poids, les proportions de l'alliage. En effet, 100 parties de chlorure d'argent représentent 75 d'argent pur: la différence du poids total de l'alliage au poids de l'argent, ainsi obtenu, exprime la quantité de cuivre. On peut d'ailleurs réduire l'argent du chlorure à l'état métallique, en le faisant fondre avec la potasse.

Pour obtenir par un autre procédé la quantité de cuivre resté en solution, on le précipite par une lame de zinc qu'on plonge dans la liqueur: le cuivre se précipite à l'état métallique; on le lave bien, on le fait sécher dans un creuset de platine, à une température peu élevée, afin qu'il ne puisse brûler; on le pèse aussitôt. On obtient encore d'une manière exacte le rapport de l'argent au cuivre, en se servant de la coupellation.

(1) Il ne faut pas que la liqueur contienne un grand excès d'acide, de peur qu'elle attaque le filtre et le fasse percer au fond.

## ALLIAGE D'OR ET DE CUIVRE.

L'analyse de cet alliage en différentes proportions peut, comme pour le précédent, être faite par la coupellation, s'il n'y a pas une trop grande quantité de cuivre en proportion de l'argent; on fait ensuite le départ. On peut employer à cet essai l'acide nitrique sans la coupellation, si cet alliage ne contient pas moins de 0,75 de cuivre. (V. l'exemple d'analyse que nous avons donné en tête de ce chapitre.)

## ALLIAGE DE PLOMB ET D'ÉTAIN.

*Soudure des plombiers.*

On réduit cet alliage en grenailles; on l'introduit dans une fiole à médecine; on verse dessus un excès d'acide nitrique à 30° (au moins 3 parties); on fait bouillir jusqu'à ce que l'on n'aperçoive plus de *grains* non dissous, et que le dégagement du gaz deutoxide d'azote qui passe par le contact de l'air à l'état d'acide nitreux, rutilant, ait cessé. Dans ce moment, tout l'étain qui s'est oxidé aux dépens de l'oxygène de l'acide nitrique est précipité; il s'est formé en même temps du nitrate de plomb soluble: on fait évaporer à siccité, pour chasser l'excès d'acide; on verse de l'eau distillée, on délaie, on jette sur un filtre. L'oxide d'étain insoluble reste dans le filtre; on lave bien exactement à l'eau bouillante, et son poids, après qu'il a été desséché, donne celui de l'étain con-

tenu dans l'alliage. On sait, en effet, que 100 de peroxide d'étain contiennent 21,39 d'oxygène. Comme il n'est pas facile d'être assuré que le précipité soit complètement desséché, il vaut mieux encore faire calciner une partie de ce peroxide, et déterminer ainsi la perte que la totalité aurait éprouvée par la calcination. On peut déduire de la quantité d'étain obtenu, le poids du plomb auquel il était allié, mais il vaut mieux s'en assurer directement; à cet effet, on précipite par le sulfate de soude ou de magnésie; on recueille le précipité formé, le sulfate de plomb, sur un filtre; on le lave, et son poids, après qu'il a été desséché complètement, donne le poids du plomb, qu'il représente dans le rapport de 0,68. On peut encore obtenir le poids du plomb par un autre procédé: on plonge dans la solution de laquelle l'étain a été séparé, une lame de zinc; le plomb se précipite en lamelles cristallines; on les rassemble avec soin, on les mêle avec du charbon pulvérisé; on chauffe dans un creuset; on obtient alors un culot métallique qu'il suffit de peser exactement.

## ALLIAGE DE ZINC ET DE CUIVRE.

*Laiton.*

On fait dissoudre cet alliage dans l'acide nitrique faible; on évapore à siccité la solution; on convertit les deux nitrates en sulfates par l'acide sulfurique; on plonge dans la solution une lame de zinc qui pré-

cipite le cuivre en totalité; on lave le précipité jusqu'à ce qu'il ne retienne plus de la solution acide; on le fait dessécher à l'aide d'une douce chaleur, et on le pèse: en déduisant son poids ainsi obtenu du poids total de l'alliage employé, la différence doit être le poids du zinc. On opère encore d'une autre manière pour obtenir le poids de chacun des métaux en particulier: après avoir dissous l'alliage dans l'acide nitrique faible, à l'aide d'une chaleur ménagée, on étend la solution d'un peu d'eau, et l'on y verse de la solution de potasse, jusqu'à ce qu'il y en ait un excès assez considérable. Les deux oxides de zinc et de cuivre sont précipités; on fait bouillir le tout: l'oxide de zinc est redissous; on lave l'oxide de cuivre jusqu'à ce que l'eau de lavage ne verdisse plus la teinture de mauves, ou ne ramène plus au bleu le papier de tournesol rougi. On réunit toutes les eaux de lavage qui contiennent de l'oxide de zinc en solution; on prend le poids de l'oxide de cuivre resté sur le filtre, qu'on a eu soin de bien faire sécher; on en retranche 0,2 qui est le rapport de l'oxigène au cuivre, et l'on obtient le poids du cuivre pur. Si l'on soustrait celui-ci du poids total, on a immédiatement la proportion de zinc existant dans l'alliage.

Mais comme il vaut toujours mieux faire la contre-épreuve, on doit ajouter dans les eaux de lavage un excès d'acide hydro-chlorique; il se forme des hydro-chlorates de potasse et de zinc; on précipite le zinc par le sous-carbonate de potasse ou de soude; on re-

cueille sur un filtre, et on lave bien le précipité de carbonate de zinc qui s'est formé; on le fait dessécher et on le calcine: l'acide carbonique se volatilise; il reste de l'oxide de zinc, formé de 20 centièmes d'oxigène et de 80 centièmes de métal. Cet alliage de cuivre et de zinc, connu sous le nom de *laiton*, contient quelquefois du plomb; pour s'en assurer, on fait dissoudre le carbonate obtenu dans l'acide nitrique; on verse dans la solution (après l'avoir rapprochée pour chasser l'excès d'acide, puis étendue d'eau) quelques gouttes d'une solution de sulfate de soude, et si l'on y détermine par là un précipité, on continue d'en ajouter jusqu'à ce qu'il y en ait un excès; on recueille le précipité, on le lave, on le pèse, et le poids de sulfate de plomb obtenu indique, comme nous l'avons dit ci-dessus, la quantité de plomb qu'il représente.

#### ALLIAGE DE CUIVRE ET D'ÉTAIN.

##### *Bronze.*

On réduit cet alliage en grenaille à l'aide du marteau, ou mieux encore, on en passe un fragment de 4 ou 5 grammes entre les cylindres d'un petit laminoir. On fait dissoudre une quantité donnée de cet alliage dans l'acide nitrique étendu de quatre fois environ son poids d'eau; on aide la réaction par la chaleur, et lorsque la dissolution est complète, c'est-à-dire que lorsqu'on n'aperçoit plus dans la liqueur trouble de petits grains non dissous, on fait rapprocher à

siccité afin de chasser l'excès d'acide nitrique. On traite le résidu par l'eau bouillante, qui dissout le nitrate de cuivre; on recueille l'oxide d'étain sur un filtre; on achève de séparer ce nitrate de cuivre en lavant l'oxide jusqu'à épuisement complet; on fait dessécher le filtre et on le pèse: retranchant le poids du filtre, on a celui du précipité dans l'état où il se trouve; mais il faut encore en déduire le poids qu'il peut perdre par la calcination. Pour cela, on en prend une partie, moitié ou un tiers, par exemple, qu'on fait chauffer au rouge, dans une petite capsule de platine: si la perte, pendant la calcination, s'est élevée en poids à 0,1, on retranche un dixième du poids du précipité obtenu dans le filtre, et l'on a, pour différence, le poids de l'oxide d'étain pur fourni par l'étain de l'alliage; il suffit alors d'en déduire le poids de l'oxigène pour connaître la proportion exacte de l'étain dans l'alliage; celle du cuivre s'en déduit nécessairement; ou bien on peut l'obtenir d'une manière directe en le précipitant par une lame de zinc. (*V. plus haut l'analyse de l'alliage de zinc et de cuivre.*)

ALLIAGE D'ÉTAÏN, DE BISMUTH, D'ARGENT, DE PLOMB  
ET DE CUIVRE.

On traite cet alliage par de l'acide nitrique pur à 30° (1); quand la dissolution des quatre métaux qui

(1) Dans le cours de cet ouvrage, nous avons été forcé d'appeler pures, les substances qui ne sont mêlées ou dissoutes que dans l'eau

accompagnent l'étain est opérée, on verse dans une capsule le mélange des sels et de l'oxide d'étain, et l'on évapore presque à siccité; on traite ensuite ce produit par l'eau distillée, qui dissout les nitrates de plomb, de cuivre et d'argent, et précipite l'oxide de bismuth et d'étain; on lave le mélange de ces deux oxides pour enlever les dernières portions salines dont le précipité pourrait encore être imprégné; puis on traite de nouveau ce précipité par l'acide nitrique, qui dissout l'oxide de bismuth et laisse l'oxide d'étain. On sépare cet oxide de la dissolution de bismuth par la filtration, on le lave avec de l'eau acidulée, puis avec l'eau pure; lorsqu'il est bien lavé, on le fait sécher; on évapore la solution de bismuth jusqu'à siccité; puis on la précipite au moyen de l'eau distillée. On recueille l'oxide de bismuth qui se sépare, on le lave bien, on le fait sécher, on le pèse, on en déduit la quantité d'oxigène qui, suivant M. Lagerhielm, est sur 100 de 11,275; ainsi 100 d'oxide de bismuth représentent 88,725 de métal.

D'après les proportions atomiques, 100 de cet oxide contiennent 90 de bismuth. Le poids des deux métaux, bismuth et étain, étant déterminé par le poids des deux oxides, il reste à trouver celui des deux métaux alliés. On prend la première solution, on en précipite

pure, et cela, pour éviter des périphrases qui auraient exprimé nos idées d'une manière plus exacte, à la vérité, mais pas plus intelligible, en produisant des longueurs inutiles.

l'argent au moyen de l'hydro-chlorate de soude (1); on lave le chlorure avec soin; on précipite ensuite le plomb par le sulfate de soude; on lave le sulfate de plomb précipité, on le fait dessécher; enfin, on sépare le cuivre de la liqueur au moyen de la potasse qui s'empare de l'acide, et précipite le cuivre à l'état de deutocide; on recueille cet oxide sur un filtre et on le lave. Tous ces précipités, bien séchés, doivent être exactement pesés; puis on en déduit par le calcul les quantités de chlore, d'acide sulfurique, d'oxigène; on additionne les cinq quantités des métaux, puis on voit si elles se rapportent en somme au poids de l'alliage sur lequel on a opéré.

ALLIAGE 1°. D'ARGENT, DE PLOMB, D'ÉTAÏN, DE

CUIVRE;

2°. DU MÊME ALLIAGE, PLUS, DU ZINC, DU MAN-

GANÈSE.

On traite cet alliage par l'acide nitrique en excès. On obtient, à l'aide des manipulations indiquées dans les analyses précédentes, l'étain, l'argent et le plomb; le cuivre et le zinc restent en dissolution. On précipite ces métaux, et on les amène à l'état d'oxide

(1) On peut ici faire remarquer, en passant, combien il importe d'avoir des réactifs bien purs. Si, par exemple, l'hydro-chlorate de soude contient un peu de sulfate de la même base, au lieu d'un chlorure d'argent pur, on obtiendrait un mélange de ce composé avec du sulfate de plomb.

à l'aide de la potasse, qu'on ajoute en excès. Cet alcali redissout, à l'aide de la chaleur, l'oxide de zinc, tandis que l'oxide de cuivre reste indissoluble. On recueille cet oxide sur un filtre, on le lave, on le fait sécher et l'on détermine son poids. On peut ensuite séparer l'oxide de zinc, en enlevant l'excès d'alcali à l'aide d'un acide; recueillant le précipité sur un filtre, le lavant à grande eau, puis le faisant sécher pour en prendre le poids.

Si l'alliage contient du manganèse, l'oxide se trouvera mêlé avec le cuivre, qui pourra être complètement dissous par l'ammoniacque; en filtrant, on aura le manganèse qui se trouvait mêlé à l'oxide de cuivre. Le manganèse resté sur le filtre est à l'état de tritoxide; il suffira de le laver et de le peser. Pour obtenir le poids du cuivre, on fera évaporer la dissolution ammoniacale, et tout l'alcali volatil étant dégagé, le deutoxide de cuivre reste seul; on le calcine, et l'on en prend le poids. Les proportions de ses principes constituans indiqueront la quantité de métal pur qu'il représente.

Les métaux purs, obtenus des précipités, ou déduits par le calcul, et additionnés les uns aux autres, doivent donner, en somme, la quantité totale de l'alliage analysé.

ESSAIS DES ALLIAGES D'OR ET D'ARGENT,  
par la coupellation et le départ.

Outre les dispositions que nous avons indiquées précédemment sur les fourneaux, les coupelles, les moufles, les préparations de l'acide nitrique, quelques détails additionnels sont utiles pour opérer plus facilement.

PURIFICATION DE L'ACIDE NITRIQUE.

L'acide nitrique est employé pour faire le départ de l'or. L'eau-forte du commerce contenant ordinairement de l'acide hydro-chlorique, il peut en être séparé en faisant dissoudre 4 grammes d'argent fin dans un kilogramme d'acide nitrique : l'acide hydro-chlorique est décomposé, il y a précipitation de chlorure d'argent. Si l'acide hydro-chlorique était en grande proportion dans cet acide, il ne serait pas complètement séparé. Il faut s'en assurer, et ajouter plutôt un excès d'argent, que de laisser dans l'acide nitrique de l'acide hydro-chlorique.

Lorsque le dépôt de chlorure d'argent est suffisamment formé, on décante l'acide avec précaution, pour ne pas enlever le chlorure qui s'est déposé.

Il est utile de faire bouillir ensuite l'acide pendant quelques minutes, pour chasser l'acide nitreux qui s'est formé en petite quantité par la réaction de l'acide nitrique sur l'argent.

L'acide nitrique doit être étendu à 22° Baumé.

PRÉPARATION DE L'ACIDE POUR LE TOUCHAU.

L'acide nitrique pur n'ayant pas d'action sur l'or dont le titre s'élève à 15 ou 16 karats, il est nécessaire d'y ajouter de l'acide hydro-chlorique. La proportion qui a paru préférable pour l'or au-dessous de 18 karats, est de 2 parties d'acide hydro-chlorique d'un poids spécifique de 1173 (l'eau étant 1000) pour 98 d'acide nitrique, dont la densité est de 1540, et de 25 parties d'eau distillée (1).

COUPELLATION.

La coupellation se fait dans le but de parvenir à déterminer exactement les proportions de divers métaux alliés à l'or ou à l'argent, ou à celle de ces deux métaux réunis. Le plomb est le métal que l'on emploie pour entraîner dans son oxidation le cuivre aussi oxidé dans les pores de la coupelle. Le plomb dont on peut se servir contenant toujours un peu d'argent, on doit choisir celui qui en contient le moins; en sorte que sa proportion très faible n'influe pas sensiblement sur les résultats.

(1) La formule suivante est considérée, par un des plus habiles essayeurs, comme devant être employée pour toucher les lingots.

Acide nitrique à 37°.....	49 parties.
Acide hydro-chlorique à 21°...	1 partie.
Eau distillée.....	5 parties.

tats. Si, cependant, on ne pouvait pas s'en procurer qui fût assez pauvre pour cela, il faudrait faire un essai préalable dans lequel on déterminerait la quantité d'argent qu'un poids donné de ce plomb peut fournir à la coupellation, puis on déduirait cette quantité de la proportion d'argent recueilli lors de l'essai. La proportion de plomb à employer dépend de la quantité de cuivre allié, que l'on doit, autant que cela est possible, déterminer d'avance.

L'habitude et le tâtonnement servent de guides dans cette évaluation approximative. Plus l'or et l'argent sont alliés de cuivre, plus leur couleur tire sur le rouge, plus ils ont d'élasticité, et plus ils brunissent au feu; la dureté et la résistance à la lime augmentent, le poids spécifique diminue.

#### COUPELLATION DE L'ARGENT.

Si l'argent contient environ 0,05 de cuivre, on emploie 4 fois et demie autant de plomb qu'il y a de métal allié; s'il en contient 0,20, il faut mettre au moins 11 fois ce poids de plomb. La proportion de plomb devant augmenter avec la quantité de cuivre, on ne peut opérer que sur 5 décigrammes lorsque l'argent à essayer exige 15 à 16 parties de plomb. En général, les coupelles ne peuvent guère absorber plus que leur poids d'oxide de plomb, à moins que l'on n'expose la coupelle chargée sur une coupelle vide renversée; celle-ci absorbe l'excédant

de l'autre. Lorsque l'essai n'a pas assez de plomb, le bouton de retour est aplati, ses bords sont aigus et il présente à sa surface des taches grisâtres.

La quantité de plomb étant approximée, on place la coupelle dans la moufle; on charge le fourneau de charbon moyen, et lorsque la température est suffisamment élevée, ce que l'on reconnaît au rouge légèrement blanc des coupelles, on y met le plomb. Dès qu'il est découvert et que sa surface est brillante, on y place avec soin, à l'aide d'une pincette, l'argent enveloppé dans un cornet de papier: l'argent se fond promptement; la matière se découvre et s'éclaircit; il se forme à sa surface des points lumineux qui tombent vers la partie inférieure; une fumée s'élève en serpentant dans l'intérieur de la moufle. Peu à peu l'œuvre s'arrondit davantage, les points brillants deviennent plus grands et s'agitent plus rapidement: il faut prendre garde que l'essai ait trop chaud à la fin de l'opération, parce qu'une partie de l'argent se volatiliserait et le bouton de retour risquerait de *rocher*. Ce sont deux causes d'erreur qu'il faut soigneusement éviter.

Il faut, lorsque les deux tiers environ du temps nécessaire pour faire l'essai se sont écoulés, rapprocher la coupelle sur le devant de la moufle, afin de donner seulement la température nécessaire pour bien présenter tous les signes de l'*éclair* et de la *fulguration*. On nomme ainsi le mouvement rapide du bouton, lorsque les dernières parties du plomb se

vaporisent : il présente sur toute sa surface des rubans colorés de toutes les nuances de l'iris ; il se fixe ensuite en devenant terne, et s'éclaircit immédiatement après.

On reconnaît qu'un essai est bien *passé*, lorsque le bouton de retour est bien arrondi, qu'il est blanc clair, cristallisé en-dessous, qu'il se détache facilement lorsque la coupelle est froide. Si le bouton est brillant et comme miroité en-dessous, au lieu d'être blanc mat et grenu, cela indiquerait qu'il est resté du plomb allié à l'argent.

Au reste, comme il est très difficile de saisir le degré de température convenable pour l'essai de tel ou tel argent, il est prudent d'en faire deux. Si les deux boutons ne diffèrent que d'un millième, on peut regarder l'essai comme suffisamment approché ; on prend alors la moyenne des deux.

Il faut se rappeler que, lorsque l'argent est à un bas titre, il nécessite l'emploi d'une température plus élevée que l'argent fin, surtout dans le commencement. Le plomb n'agissant sur le cuivre et les métaux étrangers qu'en s'oxidant, on voit qu'il est indispensable de laisser accès à l'air dans l'intérieur de la moufle.

#### COUPELLATION DE L'OR.

Les métaux étrangers, et le cuivre principalement, adhèrent si fortement à l'or, que le plomb seul ne suffirait pas pour les entraîner à l'état d'oxide, au

travers de la coupelle ; on est donc obligé d'ajouter de l'argent en proportion du titre de l'or, et ce titre est apprécié au moyen de la pierre de touche.

Lorsque l'or contient 1, 2 ou 3 centièmes de cuivre, on doit ajouter trois fois son poids d'argent ; c'est ce que l'on nomme *inquartation* ; s'il recèle de 20 à 30 centièmes de cuivre, deux fois son poids d'argent suffisent. La quantité de plomb augmente, au contraire, dans la proportion de l'impureté de l'or ; et si ce métal n'est qu'à 750 millièmes de fin, il faut employer vingt-quatre fois son poids pour entraîner tout l'oxide de cuivre dans la coupelle. Dans ce dernier cas, on emploie seulement 5 décigrammes pour essai, tandis que l'on peut employer 1 gramme entier d'alliage lorsque l'or est à un titre élevé.

L'essai de l'or exige une température beaucoup plus élevée que celui de l'argent ; mais il n'y a pas de danger de chauffer trop, parce qu'il ne se volatilise pas comme l'argent. L'or étant pesé, on l'enveloppe dans un petit cornet de papier, avec la quantité d'argent convenable, et lorsque, dans la coupelle, le plomb est bien découvert et bien chaud, on y pose ce cornet ; l'or et l'argent se fondent, et les phénomènes que nous avons décrits plus haut se représentent ici. La température étant élevée sans danger, on n'est pas obligé de prendre les mêmes précautions que pour l'argent.

Quand l'essai est bien passé et qu'il est refroidi, on aplatit le bouton sur l'enclume, en frappant de