

## LABORATOIRES DE CHIMIE A L'ÉTRANGER

---

Nous publierons prochainement, sur les laboratoires de chimie à l'étranger, un travail qui complétera celui que nous présentons sur les laboratoires français.

Tout en rendant justice aux efforts que le gouvernement fait en ce moment pour développer chez nous le goût de la science expérimentale, on reconnaîtra que nous avons encore beaucoup à faire pour égaler ce qui a été réalisé à l'étranger,



LES  
LABORATOIRES DE CHIMIE

---

LE  
LABORATOIRE DE CHIMIE INORGANIQUE  
AU MUSÉUM

PAR  
E. FREMY

---

Les chimistes ont travaillé pendant longtemps dans des laboratoires humides et sombres, qui ressemblaient beaucoup à ces cabinets d'alchimistes que Rembrandt a si bien représentés dans ses admirables tableaux.

Nos maîtres eux-mêmes se contentaient de laboratoires modestes; ils travaillaient presque toujours seuls et formaient peu d'élèves.

Les choses sont aujourd'hui bien changées; nous sommes installés actuellement dans de beaux laboratoires spacieux et aérés; des préparateurs nous aident dans nos travaux, montent nos appareils et surveillent nos expériences; nous disposons, pour nos recherches, de toutes les ressources que peuvent nous fournir la physique, la mécanique, la métallurgie et l'art du verrier.

Les fabricants de produits chimiques nous vendent des réactifs que nous préparions péniblement nous-mêmes autrefois.

Nous ne pouvons qu'applaudir à toutes les facilités qui sont données aujourd'hui aux savants pour exécuter leurs travaux. Du reste, il faut le reconnaître, les chimistes, par l'importance de leurs découvertes, par les services qu'ils rendent à l'industrie et par les nombreux élèves qu'ils forment, restituent largement au Pays les libéralités qu'ils ont reçues.

Les laboratoires de chimie peuvent être partagés en deux classes : 1° les laboratoires de recherches; 2° les laboratoires d'enseignement. Quelquefois ces

deux sortes de laboratoires se trouvent placés sous la direction d'un même professeur.

Je parlerai d'abord des laboratoires de recherches.

Ces laboratoires destinés à former des chimistes, sont d'une organisation assez récente.

Pendant longtemps les professeurs n'admettaient dans leurs laboratoires que leurs préparateurs.

Gay-Lussac qui a été pour moi un maître si bienveillant, m'a refusé d'abord l'entrée de son laboratoire de l'École polytechnique ; il disait que si j'étais une fois admis comme préparateur dans le laboratoire de l'École, M. Pelouze, qui était alors son répétiteur, m'abandonnerait la préparation du cours et perdrait ainsi l'habitude des manipulations.

J'ai reconnu plus tard toute la justesse des appréhensions de Gay-Lussac, en voyant de jeunes chimistes entreprendre des recherches sans être en état d'exécuter les préparations chimiques les plus élémentaires : de pareils travaux sont toujours sans portée : un maître prudent ne doit engager ses élèves dans les recherches originales, que quand leur instruction chimique est complète et qu'ils sont en état de préparer un cours.

Les laboratoires de recherches se sont développés simultanément à l'étranger et en France.

A l'étranger, les laboratoires les plus célèbres ont été d'abord ceux de Berzélius à Stockholm et de Liebig à Giesen ; dans le premier, on se livrait surtout à l'étude de la chimie minérale et à celle de l'analyse ; les plus grands chimistes de l'Allemagne sont sortis du laboratoire de Berzélius.

Le laboratoire de Giesen, dirigé par Liebig, était consacré principalement aux recherches de chimie organique.

C'est dans le laboratoire de Liebig et sous la direction du maître, que se sont formés tous les chimistes qui, répandus ensuite en Allemagne et en Angleterre, sont devenus eux-mêmes des savants distingués.

A l'étranger, un grand nombre de laboratoires célèbres ont été institués, et calqués en quelque sorte sur celui de Liebig.

Tous les chimistes connaissent le laboratoire de M. Bunsen à Heidelberg, celui de M. Hofmann qui a été établi d'abord à Londres, ensuite à Berlin, et celui de M. Frésenius.

En France, le principal laboratoire de recherches a été pendant longtemps celui de l'École polytechnique. Je suis heureux de dire ici que la fondation de ce laboratoire est un nouveau service que notre grande École a rendu à la science.

Le ministre de la guerre n'a jamais refusé aux jeunes chimistes français et étrangers, l'autorisation de s'exercer gratuitement aux recherches originales, dans les laboratoires de l'École, placés sous la direction de M. M. Dumas et Pelouze.

C'est dans le laboratoire de l'École polytechnique que j'ai fait mes premières armes. Nos maîtres éminents nous dirigeaient dans nos travaux avec une bienveillance parfaite ; ils nous indiquaient les questions sur lesquelles nos investigations devaient porter ; ils exécutaient devant nous des recherches originales qui nous servaient de modèles.

J'ai vu travailler avec moi et au même moment, dans les laboratoires de l'École polytechnique, MM. Malaguti, Piria, Leblanc, Cahours, Peligot, Stas, de Marignac, Melsens.

A l'imitation de leurs maîtres, les élèves ont fondé ensuite de nombreux laboratoires au Collège de France, à l'École des mines, au Muséum, à la Sorbonne, à l'École normale, à l'École de médecine, au Conservatoire des arts et métiers, à l'École de pharmacie, etc.

Chacun de ces laboratoires a pris en quelque sorte le cachet du maître qui le dirige.

Si je ne parle pas ici du célèbre laboratoire qui a été fondé à l'École des mines par Berthier, d'où sont sortis tant de chimistes éminents et qui a exercé une si grande influence sur les progrès de la chimie minérale et de la métallurgie, c'est que M. Carnot qui est aujourd'hui professeur à l'École des mines et qui dirige avec tant de distinction les travaux des élèves, veut bien, à ma demande, faire l'historique de ce laboratoire.

Le laboratoire de l'École normale, fondé par M. Henri Sainte-Claire Deville, a été principalement consacré à la chimie générale, à la chimie analytique, à la synthèse minéralogique, aux recherches physico-chimiques et aux phénomènes de dissociation; les travaux sortis de ce laboratoire, devenu une véritable école de chimie, sont de première importance; les élèves ont été souvent des collaborateurs de M. H. Deville et ensuite des maîtres éminents, tels que MM. Debray, Troost, Hautefeuille, Fouqué, Ditté, Grandeau, Gernez, etc.

C'est à l'influence de M. H. Deville, à son ardeur scientifique qui ne s'est jamais démentie, à l'action toute paternelle qu'il a exercée sur ses élèves, qu'il faut attribuer l'importance des travaux qui sont sortis des laboratoires de l'école normale (1).

Dans le laboratoire de M. Pasteur, les expériences portent principalement sur les questions de chimie physiologique, sur les fermentations, sur les organismes inférieurs, sur les virus, sur leur culture et leur transformation en vaccins.

Ces belles découvertes de M. Pasteur, si difficiles et quelquefois si dangereuses, font entrer la médecine dans une voie expérimentale toute nouvelle; elles seront précieuses pour la thérapeutique et auront des conséquences d'une importance incalculable.

Le laboratoire de chimie que dirige M. Würtz, est consacré principalement aux recherches de chimie organique; il est fréquenté par de nombreux élèves français et étrangers déjà connus dans la science. Le maître éminent auquel on doit des découvertes de chimie de premier ordre, telles que celles des glycols et des ammoniacs composés, forme ses élèves en exécutant devant eux ses recherches et leur communique le feu sacré par son brillant enseignement: M. Friedel a fait un grand nombre de ses beaux travaux dans le laboratoire de M. Würtz.

C'est au Collège de France que M. Berthelot poursuit, avec une ardeur sans

(1) Lorsque j'écrivis ces lignes, je ne pouvais pas prévoir, hélas! que M. H. Sainte-Claire Deville serait enlevé si rapidement à l'affection de ses nombreux amis et à l'admiration du monde savant.

égale, ses grands travaux sur la chimie générale, sur la synthèse organique et sur la thermochimie.

L'activité scientifique de M. Berthelot est incompréhensible : ses nombreux mémoires remplissent des numéros entiers des *Annales de chimie*.

Les travaux de M. Berthelot font école, et déjà plusieurs de ses élèves suivent avec succès les voies nouvelles que le maître a ouvertes.

M. Cahours exécute ses belles recherches de chimie organique qui sont devenues immédiatement classiques, dans le laboratoire de l'École polytechnique : il travaille à côté de ses élèves et les associe souvent à ses propres travaux ; des chimistes très distingués tels que MM. Demarcay, Gal, Étard, etc., se sont formés dans le laboratoire de M. Cahours.

J'ai maintenant à parler des laboratoires d'enseignement. Pour caractériser ce genre de création scientifique, je demande la permission de choisir, comme exemple, le laboratoire que j'ai fondé, il y a dix-sept ans, au Jardin des plantes ; il est le premier de ce genre qui ait été créé en France : en transformant mon enseignement du Muséum, qui pendant longtemps a été exclusivement didactique, en un autre enseignement, qui est à la fois théorique et expérimental et qui a formé déjà un si grand nombre de préparateurs, je crois avoir rendu un service véritable à la science.

*L'innovation que j'ai introduite dans l'enseignement public de la chimie, peut être exprimée ici en deux mots : j'ai annoncé, il y a dix-sept ans, à mes élèves du Muséum que mon cours ne constituerait qu'une partie de mon enseignement, et que tous mes auditeurs seraient dorénavant admis dans mes laboratoires pour se livrer à des manipulations de chimie absolument gratuites.*

Je professais la chimie depuis trente années au Muséum, mais je sentais depuis longtemps que mon enseignement n'était plus en rapport avec les besoins de la science.

J'avais le titre de professeur du haut enseignement, mais mon cours était élémentaire ; j'enseignais la chimie, mais je ne formais pas de chimistes ; ce qui cependant est le but réel du haut enseignement de la chimie.

Il faut avoir la franchise de reconnaître que l'enseignement scientifique supérieur, tel qu'il fonctionne aujourd'hui, et quel que soit le mérite du professeur, ne produit pas toujours les résultats qu'on doit en attendre ; il s'adresse, comme on le sait, à des *auditeurs libres*, dont le professeur ne connaît ni les aptitudes scientifiques ni le degré d'instruction : comment veut-on que, dans de telles conditions, un enseignement supérieur soit profitable ? Il est évident que lorsqu'un professeur n'est pas renseigné sur l'instruction de ses auditeurs, il lui est impossible d'aborder les hautes régions de la science. Dans des études scientifiques, tout se tient et s'enchaîne ; les théories élevées ne peuvent être comprises que par ceux qui possèdent déjà des connaissances élémentaires précises.

Avant d'avoir fondé, au Muséum, mon laboratoire de chimie, mes élèves connaissaient les théories de la science que nous enseignions dans nos cours ; ils lisaient nos ouvrages et souvent même, hélas ! ils les apprenaient par cœur

pour passer des examens ; mais ils restaient, en général, étrangers à la pratique de la chimie.

Le professeur faisait bien quelques expériences dans son cours ; mais il recherchait surtout celles qui avaient un caractère brillant et qui étaient destinées à exciter l'étonnement des auditeurs.

Les examens passés par les élèves ne constataient en rien leur aptitude pour les études chimiques.

En effet, les examinateurs devaient nécessairement conformer les questions qu'ils adressaient, au genre d'éducation que les élèves avaient reçue : ils ne jugeaient ainsi que la mémoire des élèves, laissant de côté toute la partie de notre science qui est véritablement utile, je veux parler de celle qui développe le jugement et l'esprit d'observation.

Les études de chimie étaient donc presque sans profit pour les élèves.

Il ne faut pas oublier que la chimie est en quelque sorte une *science outil*, que l'on peut utiliser dans les directions les plus diverses, mais qui, pour être appliquée, exige une longue pratique expérimentale.

J'ai donc essayé de rendre à l'enseignement chimique son véritable cachet, en lui donnant un caractère expérimental : je ne veux pas que mes élèves soient seulement *savants en chimie*, mais je désire qu'ils soient *réellement chimistes*, c'est-à-dire en état de préparer un cours et de soumettre les questions de chimie à l'épreuve de l'expérience. Si je pouvais donner un nom spécial à mon laboratoire du Muséum, je voudrais qu'il fût appelé le *laboratoire des préparateurs*.

Telles sont les idées générales qui m'ont guidé dans la création de mon laboratoire de recherches et d'enseignement du Muséum.

Je donnerai actuellement quelques détails sur le temps d'étude que demande selon moi un apprentissage chimique, et sur la méthode qu'il faut suivre pour devenir un véritable préparateur.

Une éducation chimique, pour être complète, exige au moins quatre années : elle doit en outre être suivie avec méthode et passer par les différents degrés qui constituent l'ensemble de notre science.

Je désire que les élèves qui entrent dans mon laboratoire soient munis, autant que possible, du titre de bachelier ès sciences, qui constate déjà une certaine aptitude pour les études scientifiques. Il est bien entendu que j'admets des exceptions en faveur des élèves qui, par des considérations de famille, n'ont pas eu la possibilité de compléter les études que l'examen du baccalauréat exige, mais qui ont, pour les sciences, une aptitude réelle.

Le plus grand vice de l'éducation chimique actuelle est le défaut de méthode. Un élève suit un cours de chimie sur les métaux, sans avoir étudié suffisamment les métalloïdes qui servent cependant de base à la chimie et dont les propriétés sont si souvent appliquées dans l'étude des métaux. Il étudie la chimie organique avant de connaître les caractères des corps simples et de leurs composés, sur lesquels repose une partie de la chimie organique. Il veut apprendre l'analyse chimique et il ignore souvent les faits de chimie générale qui servent aux déterminations analytiques : s'il entre dans un laboratoire, il veut se livrer immédiatement à des recherches originales, avant d'avoir exercé son esprit d'observation, en exécutant d'abord les principales préparations de la chimie élémentaire.

Dans mon laboratoire d'enseignement, j'ai voulu que l'éducation chimique fût graduée et basée à la fois sur la théorie et sur l'expérience.

Les élèves ne peuvent s'exercer à l'analyse chimique que lorsqu'ils ont fait preuve de connaissances réelles en chimie générale. Les manipulations sont placées à la suite des démonstrations théoriques. L'élève qui a entendu le matin, dans l'amphithéâtre, le professeur développer les principes théoriques de la science, peut, dans la journée même, constater au laboratoire les faits principaux sur lesquels les théories sont fondées.

C'est ainsi que l'enseignement de la chimie, prenant, dès le début, dans l'esprit des élèves un caractère expérimental et pratique, perd son aridité et se trouve débarrassé de tous ces faits de détail qui, accumulés dans un enseignement purement théorique, chargent sans utilité la mémoire.

En un mot, je ne me contente pas d'apprendre à mes élèves les faits et les théories chimiques, je leur montre comment on exécute des expériences de chimie.

La chimie n'est pas seulement professée dans mon laboratoire au point de vue de ses applications à l'analyse, aux sciences naturelles et à l'agriculture; elle est envisagée aussi dans ses rapports avec les autres sciences, telles que la physique, la minéralogie et la géologie. Nos savants aides-naturalistes du Muséum, tels que MM. Terreil, Stanislas Meunier et Jannettaz, sont venus souvent faire dans mon laboratoire des conférences d'analyse chimique, de physique, de minéralogie et de géologie, que mes élèves ont suivies avec le plus grand profit pour eux.

Je considère le professorat comme le complément indispensable d'une bonne éducation scientifique. On ne possède réellement les principes de la science que lorsqu'on est en état de les faire comprendre à d'autres. L'enseignement développe les idées et devient souvent l'occasion de conceptions scientifiques originales.

J'engage donc mes préparateurs et ceux de mes élèves qui veulent compléter leur éducation scientifique, à faire un certain nombre de conférences dans notre amphithéâtre : j'attache une très grande importance à cette sorte d'enseignement mutuel.

Je reçois annuellement dans mon laboratoire quarante ou cinquante élèves qui manipulent tous les jours, depuis midi jusqu'à cinq heures du soir, sous ma direction et celles de mon aide-naturaliste, M. Terreil, et de mon préparateur, M. Laugier.

Je ne saurais trop remercier ici mes deux collaborateurs de leur zèle et de leur dévouement à la science. Ils passent une grande partie de la journée au milieu des élèves, leur donnant toutes les explications théoriques et pratiques qui leur sont utiles pour exécuter leurs expériences.

La première année de manipulation est consacrée à l'étude des métalloïdes. Les élèves préparent tous ces corps simples et leurs principales combinaisons. Des explications théoriques sont données sur ces opérations, et les élèves sont tenus d'inscrire tous les détails des expériences qu'ils exécutent sur un cahier qu'ils montrent à MM. Terreil et Laugier.

L'étude des métaux occupe la seconde année.

La troisième année est consacrée à la chimie organique.



C'est dans la quatrième année que les élèves se livrent à l'analyse chimique quantitative et quelquefois à des recherches originales.

Les élèves sont soumis à des examens fréquents et classés suivant leur mérite : je délivre un diplôme de capacité à ceux qui ont travaillé avec succès.

On me permettra de dire ici que ce système d'éducation méthodique de la chimie, fondé à la fois sur la théorie et sur l'expérience, a donné les résultats les plus heureux.

Les élèves laborieux qui sortent de mon laboratoire trouvent, en général, à se placer avantageusement, comme préparateurs, dans les laboratoires scientifiques ou dans ceux de l'industrie.

Je pourrais aussi en citer un grand nombre qui occupent aujourd'hui dans l'enseignement des situations importantes et qui sont devenus des savants véritables : je montre dans mon laboratoire, avec un certain sentiment de fierté, la liste nombreuse de mes anciens élèves qui doivent à la chimie une position indépendante.

Je crois donc avoir atteint complètement le but que je m'étais proposé en fondant mon laboratoire, et en modifiant mon enseignement du Muséum.

Cette création scientifique a même produit un fait intéressant que je n'avais pas prévu et que je tiens à citer ici, parce qu'il est à l'honneur de mes anciens élèves et qu'il est dû entièrement à leur initiative.

Animés d'un sentiment d'affectueuse camaraderie, mes anciens élèves ont eu la pensée de fonder une *Association* destinée à encourager les débuts de leurs jeunes camarades, à resserrer les anciennes amitiés et à en faire naître de nouvelles.

A la fin de chaque année, mes anciens élèves, disposant des intérêts d'une somme qu'ils ont généreusement souscrite, se réunissent, sous ma présidence, et distribuent des récompenses et des encouragements aux élèves les plus méritants.

L'utilité d'une pareille Association a été comprise par quelques amis des sciences et par des savants éminents, qui ont voulu concourir à cette œuvre d'initiative individuelle.

M. Menier, dont la générosité était bien connue, a fait don à notre laboratoire du Muséum d'une somme de 10 000 francs. MM. Séguin et Michel Perret ont ajouté 2000 francs au don de M. Menier; MM. P. Thénard, Bontron et Fremy ont versé une somme de 1500 francs dans la caisse de notre laboratoire. M. Bischoffsheim, qui consacre si généreusement, comme on le sait, une partie de sa fortune à l'encouragement des sciences, vient de mettre à ma disposition une somme de 10 000 francs qu'il offre à l'Association de mes élèves.

En faisant connaître ici ces initiatives individuelles, mon but est, je l'avoue, de provoquer des imitations.

Les amis de la science sont nombreux en France; s'ils n'interviennent pas plus souvent dans nos fondations scientifiques, c'est qu'ils n'en connaissent ni l'importance ni le but.

J'espère donc que tous les laboratoires auront un jour, comme le mien, des dotations dues à l'initiative individuelle, qui permettront de soutenir et d'encourager les jeunes savants.

Il me restait une dernière condition à remplir, pour compléter l'organisation de mon laboratoire du Muséum; je veux parler de la création d'un certain nombre de bourses destinées aux jeunes élèves sans fortune, qui veulent suivre la carrière des sciences.

Nos élèves reçoivent aujourd'hui un enseignement gratuit de la chimie théorique et expérimentale, qui leur procure souvent une carrière lucrative; mais je voudrais plus encore.

Si nos élèves, après quatre ans d'études chimiques, trouvent presque toujours dans l'industrie des positions convenables, il en est un certain nombre qui sont animés du feu sacré, qui veulent aller plus loin et se livrer au culte de la science pure pour devenir de véritables savants.

Cette vocation, quand elle est réelle, ne peut être qu'encouragée, mais elle expose ceux qui la possèdent à bien des déboires.

Il faut quatre années, comme je l'ai dit, pour savoir la chimie; mais l'apprentissage du chimiste qui veut se livrer à des recherches originales est beaucoup plus long.

Nous voyons souvent des jeunes gens sans fortune s'engager courageusement dans la carrière scientifique; ils luttent pendant longtemps avec la plus grande énergie; mais, hélas! ils se trouvent bientôt en présence de difficultés qu'ils n'avaient pas prévues; l'avancement scientifique est lent et irrégulier et ils ne tardent pas à regretter la décision qu'ils ont prise.

Si à ce moment on leur tendait la main, si on venait à leur aide en leur donnant la possibilité de continuer leurs travaux, on conserverait à la science de jeunes savants qui pourraient la faire avancer un jour.

J'ai développé autrefois cette thèse de la rémunération du travail scientifique, dans plusieurs publications sur les *Volontaires de la science*, sur l'*Organisation des carrières scientifiques*, etc. J'ai souvent rappelé que l'État encourageait avec raison les jeunes artistes en les envoyant à Rome, et que les jeunes savants qui se sont déjà distingués par des productions originales devraient, eux aussi, recevoir des encouragements de l'État.

C'est ainsi que j'avais demandé que des bourses fussent offertes à ceux de nos élèves du Muséum, qui ont pour les sciences naturelles une vocation incontestable et qui ne peuvent pas supporter pendant longtemps les charges de l'éducation scientifique.

Je suis bien heureux d'annoncer ici que ma voix a été entendue et que les Chambres viennent de voter la création de vingt bourses, qui seront mises à la disposition des élèves du Muséum qui ont un goût marqué pour les sciences naturelles.

Tous ceux qui aiment la science et qui veulent ses progrès se joindront à moi, je n'en doute pas, pour adresser leurs sentiments de profonde reconnaissance aux auteurs de cette généreuse création.

Telles sont les dispositions que j'ai introduites dans mon laboratoire d'enseignement du Muséum.

Il m'a donc été permis de réaliser, à la fin de ma carrière scientifique, les améliorations que j'avais rêvées dans ma jeunesse pour l'enseignement de la chimie et que j'avais formulées dans les termes suivants :

1° Un enseignement de chimie théorique, fait dans l'amphithéâtre et portant sur les grandes découvertes de la chimie ;

2° Un enseignement de chimie expérimentale, représenté par des manipulations gratuites, exécutées dans les laboratoires et offertes à tous les élèves qui font preuve de zèle et d'intelligence ;

3° Des interrogations fréquentes et des épreuves de manipulations permettant de constater les progrès des élèves et de les consigner dans un brevet de capacité ;

4° Des conférences faites par les préparateurs et par les élèves sur les parties élémentaires de la science ;

5° Des bourses offertes aux élèves, sans fortune, qui ne peuvent pas supporter les frais de l'apprentissage scientifique ;

6° Des encouragements donnés aux jeunes savants qui suivent avec succès la carrière des sciences, et qui leur permettent de consacrer leur temps aux recherches originales ;

7° Pour l'enseignement scientifique, je ne me contente donc pas de *la gratuité*. Je veux que les jeunes savants sans fortune soient soutenus dans leurs études par des bourses et des encouragements, et qu'ils ne soient abandonnés par l'État qu'au moment où la science qui leur a été donnée gratuitement peut leur assurer la situation qu'ils méritent.

C'est ce principe que j'ai mis en pratique dans mon laboratoire.

Il me reste actuellement à présenter quelques généralités sur la disposition qui doit être donnée, selon moi, à un laboratoire de chimie.

## DISPOSITIONS GÉNÉRALES D'UN LABORATOIRE DE CHIMIE

### DESTINÉ A L'ENSEIGNEMENT ET AUX RECHERCHES ORIGINALES

Un artiste éminent, M. André, inspecteur général des bâtiments civils, a bien voulu disposer, sur mes indications, le plan d'un laboratoire de chimie, tel que je le comprends ; je suis heureux de placer ce plan sous les yeux de nos lecteurs.

Des reproductions photographiques prises dans mes laboratoires, pendant le travail de mes élèves, m'ont paru compléter utilement les descriptions que je vais présenter.

1° *Le laboratoire du professeur* se compose de plusieurs pièces dans lesquelles le professeur travaille tantôt seul, tantôt en présence de ses préparateurs qui l'aident dans ses expériences et qu'il associe souvent à ses propres travaux : le premier devoir d'un maître est de former ceux qui doivent lui succéder.

Je crois qu'il est bon que le maître travaille souvent à côté de ses élèves ; c'est ainsi qu'il peut les initier à toutes ces observations de détail que l'on n'enseigne ni dans les cours ni dans les ouvrages et qui complètent l'éducation du chimiste : non seulement il expérimente, mais il raisonne devant eux et leur montre comment on arrive à résoudre, par l'expérience, un problème de chimie.

Il est toujours utile pour un jeune chimiste qui est à ses débuts, d'intervenir dans les travaux du maître et d'exécuter, sous sa direction, les expériences qui lui sont indiquées.

C'est ainsi que se sont formés les plus habiles chimistes : avant de travailler pour leur propre compte, ils travaillaient avec leur maître.

2° *Les laboratoires des préparateurs* doivent être placés à côté de ceux des élèves ; je voudrais même qu'il n'y eût pas de séparation marquée entre ces différents laboratoires ; les préparateurs doivent toujours rester au milieu des élèves et leur donner toutes les explications utiles aux manipulations ; en travaillant devant eux, ils leur donnent ainsi des leçons véritables de chimie expérimentale.

3° *Les laboratoires des élèves* doivent être appropriés à la nature des travaux que les élèves exécutent.

Dans un établissement d'enseignement chimique bien organisé, il doit exister d'abord deux grands laboratoires dans lesquels les élèves s'exercent aux préparations élémentaires de chimie minérale et de chimie organique.

Ces deux laboratoires communiquent avec un troisième, qui est en plein air et qui est principalement consacré aux préparations qui dégagent des vapeurs ou des gaz dangereux.

Un laboratoire ne doit jamais recevoir plus de dix élèves qui sont surveillés par un ou deux préparateurs.

Les élèves doivent avoir à leur disposition un laboratoire spécial dans lequel se trouvent les balances et les instruments de précision : ce laboratoire peut être consacré également à l'analyse spectrale et aux analyses volumétriques.

Les expériences de voie sèche, de fusion, de distillation, d'évaporation lente, doivent être exécutées dans un laboratoire particulier.

En outre, deux laboratoires spéciaux sont consacrés l'un à l'analyse minérale, l'autre à l'analyse organique.

On voit que l'enseignement expérimental de la chimie exige, pour les élèves, au moins sept ou huit laboratoires différents.

4° A côté des grands laboratoires consacrés à l'instruction des élèves, il est important de placer un certain nombre de petits laboratoires isolés, que le professeur mettra à la disposition des jeunes chimistes qui sont assez avancés pour entreprendre des recherches originales ; de pareils travaux exigent un certain recueillement et ne peuvent pas être exécutés dans un laboratoire d'enseignement où les nombreux élèves travaillent en commun.

5° Il existe, comme on le sait, des rapports fréquents entre la physique et la chimie : aussi un établissement consacré à l'enseignement chimique doit-il posséder toujours un cabinet de physique approprié à la chimie et dans lequel les élèves trouvent les piles, les goniomètres, les eudiomètres, les microscopes, les machines pneumatiques, les spectroscopes, etc., en un mot tous les instruments dont les chimistes font si souvent usage.

6° Les études de chimie s'étendent souvent à la minéralogie et à la chimie ; il doit donc exister dans un établissement chimique, convenablement établi, une collection comprenant les principaux échantillons de minéraux et de roches que les élèves doivent connaître et qui seront mis à leur disposition : plusieurs de ces échantillons sont destinés à l'analyse.

7° Les manipulations chimiques ne sont fructueuses que si elles sont basées sur des études préalables de chimie théorique : les principales publications chimiques de la France et de l'étranger doivent donc se trouver dans une *Bibliothèque* destinée aux élèves.

C'est dans cette bibliothèque que les élèves viendront consulter les ouvrages classiques, et compléter les notes qu'ils ont prises dans le laboratoire, en présence même des expériences qu'ils exécutent.

Il ne faut pas que l'attrait des études expérimentales éloigne les élèves de cette partie théorique de la science qui est exposée dans les ouvrages et qui donne à la chimie un caractère élevé.

8° Un amphithéâtre et une salle d'examen doivent compléter l'installation d'un établissement consacré à l'enseignement de la chimie.

C'est dans cet amphithéâtre que le professeur expose les grands principes de la science ; c'est là également que s'exercent au professorat les préparateurs et les jeunes chimistes qui se destinent à l'enseignement.

Telles sont, selon moi, les principales conditions que doit remplir un laboratoire de chimie consacré à l'enseignement et aux recherches originales.

On voit que le laboratoire moderne ne ressemble en rien à ceux que nous avons autrefois : il est devenu aujourd'hui un vaste établissement dans lequel les élèves reçoivent une éducation chimique complète : à leur sortie, ils sont à même de choisir la direction qui leur convient, dans la science pure ou dans la science appliquée.

Les détails que je viens de donner sur les dispositions générales d'un laboratoire de chimie, se trouvent naturellement complétées par les figures et les plans que je place ici sous les yeux de nos lecteurs.



# LES LABORATOIRES DE L'ÉCOLE NATIONALE DES MINES

PAR M. AD. CARNOT

## ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE A L'ÉCOLE DES MINES

L'enseignement théorique et pratique de la chimie tient une place importante dans les études de l'École des mines. Cette place est d'ailleurs justifiée par les rapports étroits qui unissent la chimie aux sciences et aux arts industriels spécialement cultivés dans cette École; car la minéralogie, la géologie, l'exploitation des mines et la métallurgie lui font constamment appel, soit qu'il s'agisse de déterminer la composition exacte des minéraux et des roches ou celle des minerais et des produits d'art, soit que l'on veuille se rendre compte des réactions qui ont dû se produire dans le sein de la terre ou de celles que l'on peut réaliser dans les usines.

Je crois devoir exposer en peu de mots l'organisation générale des études de l'École des mines avant de faire connaître le mode d'enseignement de la chimie en particulier.

Une trentaine d'élèves entrent chaque année aux cours spéciaux de l'École. Trois ou quatre d'entre eux y sont reçus avec le titre d'*élèves ingénieurs* et doivent devenir plus tard ingénieurs au corps des mines; ils ont conquis ce titre par leur travail à l'École polytechnique, d'où ils sortent dans les premiers rangs. Une vingtaine environ d'*élèves externes* sont admis par voie d'examen et de concours, les uns venant de l'École polytechnique et renonçant aux services publics, auxquels leur classement pouvait leur donner droit, les autres ayant, pendant une année, suivi les *cours préparatoires* organisés à l'École des mines ou ayant acquis de toute autre manière les connaissances exigées. Enfin quelques étrangers, six à huit en moyenne chaque année, viennent des différentes parties du monde, accrédités par leurs gouvernements, pour prendre part à l'instruction de l'École des mines française, libéralement ouverte à tous.

Les cours spéciaux durent trois années ; ils commencent dans les premiers jours de novembre et se terminent, avec les examens, à la fin de mai ; les mois d'été sont consacrés à des exercices pratiques et à des voyages d'instruction en France ou à l'étranger, sur lesquels les élèves doivent rédiger des rapports détaillés, et dont les résultats sont excellents à tous égards.

Au point de vue spécial de l'enseignement de la chimie, on doit remarquer que les élèves, lorsqu'ils arrivent aux cours spéciaux de l'École des mines, ont déjà étudié les principes de la chimie générale, non seulement dans les établissements d'instruction secondaire, mais ensuite à l'École polytechnique, où un cours de soixante leçons leur est fait en deux ans par des professeurs éminents. Ceux qui n'ont pas reçu l'enseignement de l'École polytechnique trouvent dans l'année préparatoire de l'École des mines un cours de *Chimie générale* d'une cinquantaine de leçons. Tous doivent donc arriver aux cours spéciaux avec une préparation suffisante pour suivre avec fruit le cours de *Chimie analytique* ou *Docimasia*. Ce cours dure deux ans et comprend environ quatre-vingts leçons. Il embrasse tous les corps de la chimie inorganique, mais donne, comme de juste, une place prépondérante aux minéraux, aux minerais et aux produits d'usines qui intéressent le plus les ingénieurs.

L'instruction chimique des élèves est complétée par des exercices pratiques, qui consistent d'abord en préparation de produits purs, extraits de substances naturelles plus ou moins complexes, ensuite et surtout en analyses ou essais se rapportant aux substances minérales les plus variées. Pendant la période d'hiver, le travail du laboratoire alterne avec les travaux graphiques par séries de trois et de quatre semaines, et, chaque jour, les élèves peuvent y donner environ trois heures. Après les examens de première année, ils ont un mois entier à y consacrer exclusivement, tandis que les voyages occupent tout l'été de la seconde et de la troisième année d'études.

En résumé, les élèves, dans le courant de leurs trois années de présence à l'École, s'exercent au laboratoire pendant trente-deux semaines. Sans affirmer que tous y deviennent d'excellents chimistes, on peut dire du moins que, à de rares exceptions près, tous emportent une instruction théorique et pratique suffisante pour essayer ou analyser avec exactitude les substances minérales très diverses, qu'ils peuvent être appelés à examiner dans leur carrière d'ingénieurs.

L'enseignement pratique des élèves au laboratoire est placé sous la direction du professeur de docimasia, assisté du professeur de chimie générale et du préparateur de chimie.

#### BUREAU D'ESSAI POUR LES SUBSTANCES MINÉRALES

À côté des laboratoires d'enseignement et sous la même direction, il existe à l'École des mines un *Bureau d'essai*, institué en 1845 par arrêté du ministre des travaux publics et spécialement destiné à l'examen des substances minérales.

Ce bureau d'essai n'est pas seulement à la disposition des administrations



publiques ; mais les particuliers, ingénieurs, directeurs de mines ou d'usines, industriels, agriculteurs, etc., peuvent y recourir, pour demander l'analyse des substances dont ils ont intérêt à connaître la composition. Il suffit, pour l'obtenir, que cette analyse puisse présenter quelque utilité, et que les échantillons remis à l'École des mines soient accompagnés de l'indication exacte de leur origine. A ces seules conditions, l'analyse est faite et les résultats sont envoyés à la personne qui en a fait la demande, sans qu'il y ait jamais lieu à rétribution d'aucune sorte.

Avec une pareille libéralité, il est facile de concevoir que le bureau d'essai de l'École des mines soit fréquemment consulté et qu'il puisse rendre à l'industrie nationale d'importants services.

Faut-il ajouter que le savoir des chimistes, qui y consacrent leur temps et leur travail, et les traditions qui s'y perpétuent depuis sa fondation, donnent au public toutes les garanties désirables pour l'exactitude des analyses ?

En dehors de son directeur, le personnel du bureau d'essai se compose de deux chimistes seulement ; nombre insuffisant à la vérité, car ce n'est que par un continuel effort qu'il leur est possible de suffire à la tâche, et le service pourrait se trouver compromis, s'il survenait une cause accidentelle d'interruption ou de ralentissement dans leur activité.

On comprendra aisément l'importance du travail qu'ils ont à faire, quand on saura que le nombre des échantillons soumis à l'examen du bureau d'essai s'est élevé en trente-cinq ans à 24 000 environ, ce qui correspond à une moyenne annuelle de près de 700. Cette moyenne a d'ailleurs été dépassée dans les dernières années ; en 1880, par exemple, on n'a pas examiné moins de 767 échantillons.

Remarquons d'ailleurs qu'une bonne partie des substances présentées demande des analyses longues et minutieuses. Faut-il citer les eaux minérales, dont la composition est si souvent complexe ; les eaux potables, destinées à l'alimentation des villes ; les alliages variés, que l'industrie emploie journellement ou qu'elle essaie de créer en vue d'applications nouvelles ; les aciers et les fontes, dont les qualités peuvent être profondément modifiées par quelques dix-millièmes de carbone, de silicium, de soufre, de phosphore ou de divers métaux ? Les autres substances, dont l'analyse se présente le plus fréquemment, sont les minerais de fer, de manganèse, de cuivre, de plomb, de zinc, d'argent, d'or et de tous les métaux, plus ou moins rares, utilisés dans les arts industriels ; puis les argiles, les kaolins, les calcaires, les chaux grasses ou hydrauliques, les ciments, les combustibles minéraux, les phosphates de chaux, les terres végétales, etc. Souvent les analyses du bureau d'essai ont pour objet de servir à des recherches scientifiques se rapportant à la géologie ou à la métallurgie. Enfin, depuis quelques années, il prête son concours au service central de la Carte géologique de France, qui juge souvent utile de contrôler, par l'analyse chimique, les présomptions fournies par l'étude stratigraphique des terrains ou par l'examen physique des roches.

Le tableau suivant présente le nombre des échantillons qui ont été soumis à l'examen du bureau d'essai, depuis sa fondation, groupés suivant leur nature :

Nature des échantillons.	Nombre.
Alliages métalliques.....	488
Argiles, kaolins, roches silicatées.....	1,837
Calcaires à chaux grasse, chaux.....	915
Calcaires à chaux hydraulique, ciments..	1,407
Combustibles minéraux.....	2,523
Eaux minérales, eaux potables.....	1,064
Fontes, aciers, métaux divers.....	529
Minerais d'antimoine, de bismuth.....	80
— d'argent.....	586
— de chrome, de cobalt, de nickel..	344
— de cuivre.....	2,149
— d'étain.....	222
— de fer.....	3,850
— de manganèse.....	308
— de mercure.....	63
— d'or.....	823
— de plomb.....	3,179
— de zinc.....	723
Phosphates, engrais minéraux, terres vé- gétales.....	604
Pyrites de fer, pyrites arsenicales.....	575
Sel marin, sels divers.....	274
Échantillons divers.....	1,406
	<hr/>
	23,949

## DISPOSITION DES LABORATOIRES

La construction des laboratoires de l'École des mines a été commencée en 1861 et terminée en 1866; on y a fait, en 1878, quelques aménagements nouveaux; d'autres s'achèvent en ce moment même, nécessités par un changement d'affectation de différentes parties des bâtiments de l'École.

C'est le résultat final de ces remaniements successifs que nous allons indiquer brièvement, de manière à faire connaître les dispositions actuelles des laboratoires.

Le bâtiment, dans son ensemble, forme un vaste rectangle, dont deux côtés ont vue, à l'ouest et au nord, sur le jardin du Luxembourg, le troisième, au sud, sur le jardin de l'École des mines et le quatrième, à l'est, sur une large cour intérieure, qui le sépare du bâtiment de l'administration de l'École.

Il se compose d'un soubassement, de deux étages et de combles.

Dans le soubassement se trouvent des magasins pour la verrerie, la porcelaine, les produits chimiques, etc., des salles destinées à la préparation des réactifs et de l'eau distillée, des laboratoires pour les professeurs de minéralogie et de métallurgie; enfin, des magasins et des ateliers de menuiserie, de serrurerie et de peinture pour l'entretien des bâtiments et du matériel de l'École.

Le rez-de-chaussée comprend tous les laboratoires des élèves, celui du préparateur de chimie et les pièces destinées au bureau d'essai. Il est représenté

par le dessin ci-joint (pl. VII); nous reviendrons tout à l'heure sur ses dispositions.

O y accède par deux escaliers en pierre, W, X, situés à l'extrémité de galeries vitrées, de part et d'autre de la cour d'entrée, tandis que deux escaliers intérieurs, Y, Z, symétriquement placés au milieu des bâtiments, servent aux communications entre les étages, du soubassement aux combles.

Le premier étage renferme, à l'ouest et au nord, les laboratoires et cabinets des professeurs de docimasia, de chimie générale, de métallurgie, de minéralogie et en outre un laboratoire mis à la disposition des ingénieurs des mines, qui ne sont pas professeurs à l'École. A l'est, se trouvent les salles de dessin des élèves; au sud, les collections de physique et de chimie, la bibliothèque et une salle destinée aux expériences de spectroscopie, de photographie, etc.

Le second étage est occupé par les logements du préparateur de chimie et du premier garçon des laboratoires, par des magasins, des salles de dessin destinées aux élèves des cours préparatoires, enfin par les bureaux de l'architecte de l'École.

Revenons maintenant à la distribution du rez-de-chaussée, figurée sur la planche VII.

Au centre des bâtiments est une cour rectangulaire, dont le sol est en béton et qui est couverte d'une toiture vitrée, en forme de lanterne pyramidale, portée par des colonnes de fonte et une charpente en fer. Sur les longs côtés de cette cour s'ouvrent huit laboratoires parquetés, tous semblables entre eux (A, B, C, D, E, F, G, H), et deux salles réservées, l'une (I) à l'emploi du gaz pour certaines opérations, l'autre (J) au soufflage du verre; en K est un réservoir d'eau alimenté par les grands réservoirs du Panthéon; un second réservoir situé au-dessus de la pièce N' permet de fournir l'eau aux laboratoires du premier étage.

Chacun des huit laboratoires d'élèves renferme quatre places, en sorte que trente-deux élèves peuvent travailler simultanément sans se gêner les uns les autres. Ces laboratoires sont allongés et éclairés à leurs deux extrémités par de très larges et hautes baies vitrées, prenant jour au dehors et sur la cour couverte.

Sur l'une des longues faces de la pièce on voit quatre tables fixes en chêne, avec des meubles à tiroirs, des étagères et, au milieu, le casier à réactifs. Le côté opposé est occupé par le bain de sable, surmonté d'un séchoir à air chaud, par le four à moufle et un four pour l'évaporation des acides, enfin par la paille en briques portant trois fourneaux de calcination de dimensions différentes. Un tuyau horizontal, avec des ajutages à robinets, amène le gaz le long de la paille; des tubes de caoutchouc peuvent le conduire à des fourneaux portatifs, dont se servent les élèves; mais il leur est recommandé d'employer le plus souvent possible le charbon ou le coke, parce que, une fois sortis de l'École, ils peuvent être appelés à travailler dans des laboratoires d'usines, où ils n'auront le plus souvent à leur disposition que les combustibles industriels.

La cour couverte des laboratoires ne contenait d'abord qu'une vaste paille en briques, destinée à servir aux expériences qui devaient dégager beaucoup de gaz odorants. Mais l'aérage de la cour était insuffisant pour évacuer rapidement ces gaz. On a cherché à remédier à cet inconvénient par la construction de huit

cages vitrées (*i*) dans lesquelles se font les dégagements de chlore, d'hydrogène sulfuré, etc. On évite ainsi la diffusion de ces gaz dans l'atmosphère. Ils sont aspirés par les foyers de quatre baigns de sable supplémentaires (*b*), dont les fumées vont se réunir, par des rampants inclinés, dans une cheminée centrale en tôle de cuivre (*m*). Des tuyaux et des robinets à gaz donnent toute facilité pour chauffer les appareils à l'intérieur des cages vitrées. Les parois de ces cages sont, comme celles des baigns de sable, formées de plaques de lave émaillées, inaltérables et d'un nettoyage facile. De grandes tables de chêne, dont quelques-unes recouvertes de plaques d'ardoise, sont disposées dans la cour, de manière à permettre de monter des appareils volumineux, sans encombrer les paillasses des laboratoires.

Deux larges corridors donnent accès d'une part à la cour et de l'autre aux pièces dont il me reste à parler.

On trouve successivement à gauche : un laboratoire et un cabinet pour le préparateur de chimie (*L, M*) ; puis une salle de dépôt, où les garçons entretiennent un approvisionnement de verrerie, de porcelaine et de réactifs usuels pour la consommation journalière des élèves ; plus loin, une salle pour la préparation des cours de chimie (*O*) et un amphithéâtre (*P*) où se font tous les cours de l'année préparatoire.

Sur la façade opposée est située la forge (*Q*) ou, pour mieux dire, la salle destinée aux essais des minerais de fer par la voie sèche, avec un four à vent à tirage très énergique, un grand four à moufle et une paillasse, où se trouve installée une trompe soufflante.

On voit ensuite deux petites pièces (*R, S*), qui servent de vestiaire pour les professeurs et dont les murs sont garnis de meubles à tiroirs, affectés à la collection méthodique des échantillons qui ont été examinés au bureau d'essai.

Enfin, près de la porte d'entrée, se trouvent deux laboratoires (*T, U*), où travaillent les chimistes du bureau d'essai, et un cabinet (*V*), où sont rangés dans des armoires les balances de précision, les échantillons non encore analysés et les registres sur lesquels on inscrit l'origine de tous les échantillons admis au laboratoire et tous les résultats d'analyses.

#### HISTORIQUE

Pour compléter cette notice sur les laboratoires de l'École des mines, je ferai connaître leur histoire, qui n'a pas été écrite jusqu'ici.

L'École des mines fut instituée par un arrêt du conseil d'État du roi du 19 mars 1783 ; elle avait son siège à l'Hôtel des Monnaies de Paris. Deux professeurs furent attachés, l'un pour la chimie, la docimasie et la minéralogie, l'autre pour la physique, la géométrie souterraine, l'hydraulique et l'exploitation proprement dite. Ces deux professeurs furent Sage et Duhamel.

Fermée en 1790, l'École fut réorganisée en 1794, par arrêté du Comité de Salut public du 13 messidor an II, dans l'hôtel Mouchy, situé rue de l'Université et occupé aujourd'hui par le Dépôt de la Guerre. Quatre cours publics et gratuits y étaient ouverts : « le premier ayant pour objet la docimasie ou l'essai des

mines,... le deuxième la minéralogie et la géographie physique,... le troisième l'extraction des mines,... le quatrième la métallurgie ou le traitement des substances minérales en grand... » Il y eut aussi des cours publics de mathématiques, de physique et de stéréotomie.

Ce fut Vauquelin qui fut chargé du cours de docimasie; il eut pour collègues à l'École des mines Haüy, Brongniart, Hassenfratz, Duhamel, Brochant de Villiers.... Il cessa de professer en 1801 et fut remplacé par l'un de ses élèves, Collet-Descotils.

Mais, vers la même époque, un arrêté des consuls, en date du 12 février 1802 (28 pluviôse an X), décida que l'École des mines de Paris serait remplacée par deux Écoles pratiques, l'une à Pesey (département du Mont-Blanc) pour l'exploitation des mines de plomb, cuivre, argent et des sources salées, — l'autre à Geislautern (département de la Sarre) pour le traitement des mines de fer et l'exploitation de la houille. Cette seconde école ne fut point ouverte; celle de Pesey fonctionna jusqu'en 1815. On avait heureusement conservé à Paris, dans l'hôtel Mouchy, la belle collection de minéraux, que l'on y avait établie en l'an III, et le laboratoire de chimie, où vinrent travailler Berthier et Guényveau.

Après la Restauration, la France ayant perdu, avec les conquêtes de la République, l'École pratique de Pesey et celle qui s'organisait à Geislautern, le gouvernement jugea urgent de rétablir l'enseignement de l'art des mines. Une ordonnance royale du 2 août 1816 créa d'abord une École de mineurs à Saint-Étienne (Loire); une autre ordonnance du 5 décembre 1816 rétablit à Paris l'École des mines, où furent nommés professeurs Hassenfratz, Baillet, Brochant et Berthier; ce dernier succédait à Descotils, mort en mai 1816.

Réinstallée dans son ancien local de la rue de l'Université, l'École des mines y demeura, assez à l'étroit, jusqu'en 1837. A cette époque, l'acquisition de l'hôtel Vendôme, situé rue d'Enfer, permit d'y transférer les collections et les laboratoires et de leur donner les développements successifs, qui les ont amenés peu à peu à leur état actuel.

Berthier resta professeur de docimasie et directeur actif des travaux de chimie jusqu'en 1838; il garda ensuite le titre de professeur et de chef des laboratoires, avec l'aide d'un adjoint, qui fut Victor Regnault, jusqu'en 1841, et, après lui, Ebelmen, jusqu'en 1845.

A la retraite de Berthier, Ebelmen devint professeur titulaire. Rivot lui fut adjoint pour la direction pratique du travail des élèves et fut en même temps chargé de la direction du bureau d'essai pour les substances minérales, qui venait d'être créé (1845).

Mais, peu d'années après, Ebelmen était enlevé à la science par une mort prématurée (1852) et Rivot demeurait investi des doubles fonctions de professeur de docimasie et de directeur des travaux chimiques des élèves et du bureau d'essai, fonctions très intéressantes sans doute et bien faites assurément pour exercer le professeur à résoudre les difficultés pratiques de l'analyse, mais aussi fonctions très fatigantes à cause du travail incessant qu'elles réclament et de la responsabilité morale, dont se trouve chargé le directeur des essais.

Grâce à une grande puissance de travail, Rivot put suffire à la tâche pendant dix-sept ans. Mais il succomba en 1869, encore dans la force de l'âge, laissant

pour successeur M. Moissenet, qui le secondait, depuis treize ans déjà, comme professeur de chimie générale et adjoint au service du bureau d'essai.

Chargé de ces mêmes fonctions en 1868, je devins à mon tour, en 1876, directeur des laboratoires et du bureau d'essai et professeur de docimasia, lorsque M. Moissenet se retira, ne jugeant pas que sa santé lui permit de conserver plus longtemps un service aussi attachant.

Pendant la direction de Rivot, les laboratoires de l'École des mines éprouvèrent une transformation complète. L'augmentation graduelle du nombre des élèves et l'importance croissante du bureau d'essai faisaient songer depuis longtemps à créer de nouveaux laboratoires, lorsqu'une solution plus radicale vint s'imposer. C'était en 1861 ; le percement du boulevard Saint-Michel allait détruire, avec l'ancienne rue d'Enfer, les deux ailes que l'on avait ajoutées à l'hôtel Vendôme et où avaient été établis nos laboratoires et nos salles de dessin. (J'étais à ce moment élève de l'École des mines.) Il fallut songer à une reconstruction complète.

C'est alors que, mettant à profit les études comparatives qu'il avait faites des laboratoires de l'Allemagne, de l'Angleterre et des États-Unis, Rivot, d'accord avec M. l'architecte Vallez, fit adopter le plan général et les dispositions de détail du nouveau bâtiment des laboratoires. La construction en fut terminée en 1866.

Depuis cette époque, on y a introduit quelques améliorations.

En 1878, conformément aux projets étudiés par MM. Moissenet et Vallez, on a construit dans la cour centrale les bains de sable et les cages vitrées, dont j'ai parlé plus haut, afin d'éviter le mélange des gaz ou vapeurs nuisibles avec l'atmosphère que respirent les élèves.

En 1880 et 1881 se sont décidés et exécutés de nouveaux aménagements, qui ont eu pour résultat de grouper dans les étages supérieurs du bâtiment des laboratoires toutes les salles de dessin des élèves et de transférer dans le même bâtiment les laboratoires de minéralogie, mais dont le but principal a été de rendre disponible, dans le corps principal de l'ancien hôtel Vendôme, un espace assez vaste pour le développement à prévoir des collections déjà si riches de minéralogie, de géologie et de paléontologie.

---

Les travaux scientifiques sortis des laboratoires de l'École des mines ont pour caractère commun d'avoir été moins des études de chimie pure que des applications de la chimie aux sciences ou aux arts, qui touchent aux substances minérales. Ce sont tantôt des découvertes ou des perfectionnements de méthodes d'analyse, tantôt des recherches ayant pour objet d'éclairer certaines questions de minéralogie ou de géologie, d'agriculture, de métallurgie, etc.

Vauquelin a marqué sa place dans la science, non seulement par la découverte du chrome et de la glucine, mais aussi par des analyses nombreuses et d'une exactitude remarquable pour l'époque ; ses travaux chimiques ont rendu de grands services à la médecine, à l'économie domestique et aux arts industriels.

Descotils a marché dans la même voie et a surtout travaillé au progrès des industries chimiques.

Ses successeurs furent tous des ingénieurs appartenant au corps des mines, et leur marque originelle, pour ainsi dire, se retrouve dans toutes leurs œuvres.

Berthier, pendant sa longue carrière scientifique, a rendu les plus signalés services tant à la minéralogie et à la docimasie qu'à l'agriculture et à la métallurgie ; il a fait connaître la véritable constitution de beaucoup de minéraux et surtout de minerais utiles ; il a consigné dans son excellent *Traité des essais par la voie sèche*, les nombreuses observations qu'il avait faites et les procédés d'essai qu'il avait employés ; citons, parmi eux, la méthode simple, qui a gardé son nom, pour la détermination du pouvoir calorifique des combustibles. Il a éveillé l'attention sur le rôle important des phosphates et leur diffusion dans la nature. En comparant la composition de différents sols et celle des cendres d'un grand nombre de plantes et de graines, dont il avait fait l'analyse, il a inauguré un genre de recherches, qui devait plus tard conduire aux résultats les plus importants pour l'agriculture. Ses essais sur les silicates, ses analyses de produits d'usines en même temps que sa parfaite connaissance des conditions pratiques de la métallurgie, le conduisirent à des vues nouvelles et remarquablement exactes sur les réactions qui se passent à l'intérieur des fourneaux, sur le traitement à faire subir aux minerais de fer chargés de soufre ou de phosphore, sur l'utilisation possible des flammes des hauts fourneaux, etc. On peut dire que, sur ces divers points, il a ouvert la voie, dans laquelle la métallurgie s'est engagée depuis.

Victor Regnault n'a passé que peu d'années au laboratoire de l'École des mines ; il y a marqué sa place par des analyses rigoureuses de divers combustibles, anthracites, houilles, lignites, tourbès et bois, par ses recherches relatives à l'action de l'eau sur les métaux, par ses travaux devenus classiques sur la substitution progressive du chlore à l'hydrogène dans les hydrocarbures. Une brillante place lui était assurément réservée parmi les chimistes, si la suite de sa carrière n'avait été absorbée par les travaux de précision, qui l'ont placé au rang des premiers physiciens.

Ebelmen a été, sur plusieurs points, le continuateur de Berthier ; mais il a trouvé, pour toutes les études qu'il a abordées, des voies nouvelles et originales. Appliquant l'analyse chimique aux produits gazeux de la combustion, il parvint à établir sur des bases certaines la théorie de la carbonisation du bois en meules, celle de la réduction des minerais de fer à l'intérieur des hauts-fourneaux, celle de l'affinage de la fonte ; il démontra l'avantage que devait procurer l'emploi, non seulement des produits gazeux des hauts fourneaux, mais aussi des gaz obtenus par la transformation des combustibles solides, et, comme consécration de la théorie, il conçut un premier type des appareils que l'on a appelés *générateurs de gaz* et qui, perfectionnés depuis, sont devenus un si puissant moyen de progrès dans l'industrie.

Le génie inventif d'Ebelmen se révéla encore dans deux autres séries de recherches. Il fixa par de nombreuses analyses le mode d'altération qu'éprouvent les roches sous l'influence des agents atmosphériques. Il imagina, d'autre part une méthode pour la production artificielle, à l'état cristallisé, des minéraux infu-

sibles, tels que nos principales pierres gemmes ; c'était le premier pas dans un domaine où la science a fait, après Ebelmen, de remarquables conquêtes et où les savants français tiennent incontestablement la première place.

Rivot s'est à la fois signalé comme chimiste, comme métallurgiste et comme ingénieur. Il a fait de nombreux voyages et publié des études sur les gîtes métallifères, la préparation mécanique des minerais et leur traitement ; il a dirigé lui-même l'exploitation des filons de Vialas (Lozère), découvert leur prolongement dans le Rouergue et laissé sur ces mines une monographie des plus remarquables. Il a écrit sur la métallurgie du cuivre, du plomb et de l'argent deux volumes pleins d'enseignements, où il examine en détail les principales méthodes de traitement des minerais et en fait connaître les avantages et les défauts, sans manquer de tenir compte des circonstances particulières où elles sont employées. Il a proposé lui-même pour les minerais d'or et d'argent de l'Amérique, de composition très complexe et rebelles aux procédés antérieurement essayés, une méthode nouvelle de traitement, dont sa mort est malheureusement venue interrompre la mise en pratique industrielle.

Rivot a introduit dans l'analyse chimique un assez grand nombre de procédés nouveaux de séparation et de dosage. Beaucoup d'autres, précédemment suivis, ont été par lui plus ou moins modifiés. Il a donné, dans son grand traité de *Docimasia*, l'ensemble des résultats auxquels il était parvenu, en utilisant les exemples si nombreux et si variés que lui fournissait l'analyse des échantillons présentés au bureau d'essai. Les méthodes qu'il a adoptées ne sont pas toujours les plus rapides, mais sont ordinairement assez simples ; elles n'exigent l'emploi, ni de tours de main personnels, ni de dispositions spéciales d'appareils, et peuvent être appliquées dans tous les laboratoires d'ingénieurs. D'ailleurs Rivot, dans son ouvrage, a pris soin de discuter de près chacune d'elles et de mettre en garde contre les causes d'erreur qu'elle comporte. On lui a même quelquefois reproché d'avoir poussé trop loin la sévérité de ses appréciations et d'avoir, par là, inspiré aux jeunes gens une défiance excessive à l'égard de l'analyse chimique. Mais, en réalité, il ne cherchait qu'à leur bien montrer à quel prix s'obtient l'exactitude des résultats.

Je ne poursuivrai pas plus loin cette revue historique des travaux des principaux ingénieurs qui ont dirigé les laboratoires de l'École des mines, ne voulant point parler de l'œuvre des successeurs vivants de Rivot. Ce qui précède suffira, je pense, à montrer l'exactitude de ce que j'ai dit au début sur le caractère particulier de ces travaux. L'instruction puisée à l'École, le commerce fréquent des autres ingénieurs plus ou moins directement attachés à l'industrie, la préoccupation de se rendre utiles aux sciences et aux arts qu'ils voient cultiver autour d'eux, tout les conduit à donner un but pratique à leurs études, plutôt qu'à se livrer aux spéculations de la science pure.



# LES LABORATOIRES DE CHIMIE

05

L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS

PAR M. E. JUNGFLEISCH

1. *Enseignement pratique de la chimie à l'École de pharmacie.* — L'enseignement pratique de la chimie n'existait pas au commencement du siècle à l'École de pharmacie de Paris. L'organisation que cette école venait de recevoir de la loi de germinal an XI (1803), ne comportait qu'un enseignement théorique. Une semblable lacune n'est pas sans causer tout d'abord quelque étonnement lorsqu'il s'agit d'une institution à la tête de laquelle se trouvait placé un expérimentateur tel que Vauquelin; toutefois elle trouve son explication dans cette opinion admise alors que le stage des étudiants dans les officines était suffisant pour leur instruction pratique; on se proposait donc surtout de développer par des cours leurs connaissances théoriques. Un petit nombre d'élèves prenait part, il est vrai, aux travaux faits dans les laboratoires des professeurs et surtout aidait à la préparation des cours, mais c'était là une exception; bien peu pouvaient jouir de la faveur enviée d'assister dans leurs recherches des maîtres tels que Pelletier, Sérullas ou Robiquet. D'ailleurs les développements plus que modestes des bâtiments n'auraient pas permis de faire davantage. En dehors de la préparation des cours, il n'existait qu'un seul laboratoire réservé aux examens pratiques.

Pendant les dernières années de Vauquelin, la nécessité d'adjoindre des manipulations à l'enseignement théorique étant généralement reconnue, des dispositions furent prises dans ce but. Quelque temps après la mort de cet illustre chimiste, le 25 mai 1831, Laugier, qui venait de lui succéder comme directeur, procédait solennellement à l'ouverture de l'École pratique et traçait un excellent programme à ses travaux. Les bâtiments avaient été agrandis et un local disposé pour les manipulations des élèves. Toutefois, ce local était encore bien exigü; tellement, que les quarante places qui s'y trouvaient,

durent être mises au concours chaque année : une de ces places fut, en quelque sorte, la récompense réservée aux étudiants les plus instruits. D'ailleurs, le cours pratique qui était confié à Gaultier de Claubry, ne comportait que les opérations les plus indispensables de la chimie et de la toxicologie

Malgré les doléances du corps enseignant, cette organisation fort insuffisante subsista longtemps : l'École de pharmacie, jusqu'alors établissement indépendant, ayant été appelée à faire partie de l'Université, l'esprit de réforme s'était porté dans une autre direction, et surtout, les ressources accumulées par l'ancienne institution privée aussi bien que celles fournies chaque jour par la nouvelle institution publique, disparaissaient dans la caisse de l'État, qui n'en rendait qu'une bien minime fraction. De plus, des laboratoires susceptibles de contenir simultanément quarante personnes, n'existaient alors nulle part ailleurs, et cette considération servait de réponse à tout ce que demandaient les professeurs.

C'est seulement en 1855 que, sous l'impulsion de M. Bussy, les travaux pratiques reçurent un plus grand développement : tous les élèves inscrits à l'École furent appelés à y participer. Le progrès était, on le voit, capital ; en réalité, il équivalait pour l'immense majorité des jeunes pharmaciens à la création des manipulations de chimie. La reproduction des principales expériences d'un cours de chimie et la préparation, sur une échelle suffisante, des produits chimiques les plus employés, constituaient la majeure partie du programme ; celui-ci comprenait également des recherches de toxicologie ainsi que l'essai des produits chimiques, des drogues simples, des matières commerciales les plus usitées dans l'alimentation et dans les arts, etc.

Au même moment furent instituées des manipulations de physique, bien propres à donner aux étudiants, en même temps que certaines connaissances indispensables, des habitudes de précision et d'exactitude très nécessaires à ceux qui veulent cultiver la chimie. Organisées par E. Robiquet et par M. J. Regnaud, elles prirent vers 1861, sous la direction de Buignet, un développement bien justifié par l'intérêt que les élèves y apportaient.

Jusqu'à ces dernières années cependant, les séances de manipulation de chimie restèrent peu nombreuses, et, faute d'espace, plusieurs élèves durent travailler simultanément, faisant en commun la plupart des opérations. C'est tout récemment, sous l'active direction de M. Chatin, que cet enseignement pratique a pris la grande importance qu'il possède. Aujourd'hui, tous les élèves, pendant leurs deux premières années d'étude, y consacrent trois après-midi par semaine ; ils travaillent isolément. Si l'on considère que depuis quelque temps le nombre des élèves a toujours dépassé six cents, on comprend le développement énorme que présentent les nouveaux laboratoires construits par M. l'architecte Laisné.

Il est nécessaire d'ajouter que les professeurs de chimie minérale, de chimie organique, de toxicologie, d'analyse chimique, de pharmacie et de minéralogie, MM. Riche, Jungfleisch, Bouis, Prunier, Baudrimont, Bourgoïn et G. Bouchardat, pour ne parler que de ceux qui enseignent les sciences chimiques, possèdent chacun un laboratoire particulier, destiné à la préparation des expériences de cours en même temps qu'aux travaux personnels. Des laboratoires

de recherches, dans lesquels quelques élèves peuvent se livrer à certaines investigations et faire les thèses qu'ils présentent à l'École, se trouvent annexés à plusieurs des laboratoires de professeurs.

Nous ferons connaître d'abord la disposition des locaux consacrés aux manipulations ordinaires des élèves; nous décrirons ensuite un laboratoire de professeur auquel se trouve adjoind un laboratoire de recherches; enfin nous dirons quelques mots de l'amphithéâtre de chimie.

2. *Laboratoires des élèves.* — Ces laboratoires, placés sous la direction des professeurs de chimie, ont à leur tête des *chefs de travaux pratiques* de première et de seconde année, ainsi qu'un certain nombre de *surveillants*. Les premiers remplissent les fonctions de sous-directeurs et donnent dans des conférences les renseignements pratiques propres à faciliter les préparations ou les analyses à exécuter. Les seconds ont pour mission d'assurer le service des garçons, de préparer les manipulations, et surtout de donner constamment à chaque élève les conseils nécessaires; c'est dire que leur rôle a une importance véritable: chargés pendant la manipulation de fournir aux étudiants le commentaire des instructions exposées dans la conférence par le chef des travaux, ils doivent être en nombre suffisant et recrutés avec soin parmi les jeunes gens se consacrant spécialement à l'étude de la chimie.

Les laboratoires d'élèves sont réunis dans un vaste bâtiment longitudinal à trois étages, de 132 mètres sur 7<sup>m</sup>,50 (pl. VIII, fig. 1). Ce bâtiment est situé entre le jardin botanique, par lequel arrivent les élèves, et une cour C C C C, dont une partie vitrée D, forme passage de service. Le rez-de-chaussée est occupé par les laboratoires de première année et le premier étage par ceux de deuxième année. Quant au second étage, il est utilisé pour les manipulations de micrographie et de physique.

Chaque étage est partagé en quatre parties égales B B B B, d'abord par trois vestibules et cages d'escalier A A A, puis par deux pavillons F F, contenant les magasins ainsi que les locaux réservés aux chefs de travaux et aux surveillants. Tous les laboratoires B communiquent ainsi, par une de leurs extrémités, avec un vestibule A, et par l'autre, avec l'une des pièces F. Ces dernières se trouvent donc placées de telle manière qu'on y aperçoit aisément tout ce qui se passe dans les deux laboratoires voisins. Les chefs de travaux et les surveillants, qui doivent périodiquement passer auprès de chaque élève et l'aider au besoin de leurs avis, se tiennent de plus dans les pièces F, à la disposition de ceux qui peuvent réclamer leur assistance; ces pièces, en dehors des heures consacrées aux élèves, leur servent de laboratoires. Elles sont munies de paillasses *pp*, avec hottes, eau, gaz, dépôts d'eau, trompes, etc. Elles ont encore un autre usage: dans l'une des portes vitrées donnant de chaque côté sur les salles où travaillent les élèves, on a ménagé un guichet *g*, par lequel un garçon fait la distribution de la verrerie et des produits chimiques. Pour faciliter ce service important, chaque salle F communique de plain pied avec la pièce G, qui sert simultanément de laverie et de magasin de verrerie, et par l'escalier de service *e*, avec une réserve de produits chimiques située au-dessus de G et du passage D, la hauteur de l'étage ayant été coupée en deux par un plancher dans le pavillon F G.

Les vastes sous-sols de l'École fournissent encore des magasins dans lesquels s'accumulent les produits et la verrerie, les locaux dont il vient d'être parlé, ne contenant que ce qui est nécessaire à la consommation journalière. Dans les mêmes sous-sols se trouvent aussi les calorifères et un appareil susceptible de fournir d'eau distillée tous les laboratoires de l'École.

**3. Laboratoires de première année.** — Les laboratoires de première année étant tous semblables, il nous suffira de parler de l'un d'eux (pl. VIII, fig. 2).

Ces laboratoires sont organisés en vue d'exercer les élèves à la préparation des produits minéraux et organiques, ainsi qu'à l'analyse qualitative. Le programme des manipulations qu'on y exécute comprend, en effet, la préparation de plus de 200 substances choisies parmi les plus intéressantes, soit parce qu'elles rappellent une théorie importante, soit parce qu'elles sont l'objet d'applications pharmaceutiques ou industrielles. De plus, à toutes les séances, les élèves doivent donner le résultat de l'analyse qualitative d'un sel métallique ou de plusieurs sels métalliques mélangés, la difficulté des problèmes qui leur sont ainsi posés étant graduée avec soin, de manière à les conduire peu à peu à la reconnaissance de mélanges complexes et offrant une réelle difficulté.

La pièce B, éclairée des deux côtés, présente au-dessous des fenêtres deux paillasses longitudinales *p p*, surmontées de hottes ventilées artificiellement au moyen de brûleurs à gaz. Ces hottes sont disposées de telle manière qu'elles recouvrent partiellement les fenêtres; ces dernières sont, à cet effet, divisées dans leur hauteur par une partie fixe sur laquelle la hotte vient s'adapter: si les dimensions sont convenables, la portion inférieure de la fenêtre éclaire la paillasse, tandis que la portion supérieure éclaire l'intérieur de la pièce. Les paillasses sont divisées en autant de places qu'il est nécessaire, et ces places sont séparées de deux en deux par des cuvettes en poterie émaillée *d*, servant de départ d'eau, insérées dans le carrelage et surmontées de deux robinets à eau, avec amorces pour tube de caoutchouc. Chaque élève a donc l'eau à sa disposition sur l'un des côtés de sa place. Une rampe à gaz portant des robinets avec amorces pour tubes de caoutchouc, est adossée au mur et s'étend sur toute la longueur de la paillasse. Les manipulations peuvent se faire soit au gaz, soit au charbon de bois dont on a voulu ne pas rejeter absolument l'usage. Les fourneaux lourds employés pour les préparations, détériorant assez rapidement la faïence, les paillasses ont été recouvertes de carreaux de grès blanc, assez fortement vitrifiés, très durs, résistant au feu et analogues comme apparence au biscuit de porcelaine.

Au milieu du laboratoire sont des tables à étagères, *a*; elles servent aux opérations qui ne nécessitent pas l'emploi du feu et recouvrent les armoires réservées aux élèves.

**4. Laboratoires de deuxième année.** — Ils diffèrent un peu des laboratoires de première année; ils sont disposés plus spécialement pour l'analyse qualitative et quantitative (pl. VIII, fig. 3).

Le programme des manipulations de deuxième année comprenait autrefois

la série des analyses qui se présentent le plus fréquemment aux pharmaciens : il avait pour but à peu près exclusif de faire passer en revue le plus grand nombre possible de problèmes de ce genre. Actuellement, il correspond plutôt à un cours complet d'analyse : on se propose bien moins de faire connaître aux élèves tel ou tel cas spécial, d'une importance plus ou moins grande, que de les mettre en état de pratiquer les procédés généraux, volumétriques ou pondéraux, qui permettent de résoudre à peu près indistinctement toutes les questions d'analyse. Bien évidemment, les exemples sont toujours choisis parmi les plus usités en pharmacie, en toxicologie ou en industrie ; mais, comme il s'agit de former autant que possible des analystes, on donne le pas aux méthodes générales sur les méthodes particulières. Si ces dernières sont parfois plus rapides, elles présentent toujours moins de ressources et peuvent même, en face des modifications incessantes de l'industrie, devenir l'origine d'erreurs nombreuses.

Quoique l'analyse qualitative des matières minérales ait déjà été enseignée en première année, les élèves y sont encore exercés en deuxième année. On y joint l'analyse qualitative des matières organiques les plus répandues.

Les paillasses sont disposées à peu près comme il a été dit ci-dessus, mais elles sont carrelées en faïence ; de plus, elles sont pourvues de cages à tirage, *k*, dans lesquelles se font les calcinations, évaporations, etc., susceptibles de verser dans l'atmosphère du laboratoire des vapeurs abondantes que les hottes ordinaires seraient impuissantes à enlever. Les tables, dédoublées dans le sens de leur longueur, laissent un passage central ; elles sont munies d'étagères fermées contenant les réactifs usuels. A l'extrémité de la pièce, des étuves *i*, réunies en nombre égal à celui des places de la salle et chauffées automatiquement à 100 degrés dans un même bain, se trouvent fixées au mur.

Enfin, sur les vestibules *A* ont été prises des salles *H*, qui communiquent ainsi des deux côtés avec un laboratoire et dans lesquelles sont disposées les balances d'analyse ; chaque instrument est affecté à l'usage d'un groupe d'élèves déterminé.

*5. Laboratoire de chimie organique.* — Comme exemple de laboratoire de professeur auquel se trouve annexé un laboratoire de recherches, nous choisirons l'un de ceux qui ont reçu le plus de développement, celui qui dépend de la chaire de chimie organique (pl. IX, fig. 1, 2 et 3). Sa construction a été commencée suivant les indications de M. Berthelot, mon maître et mon prédécesseur dans cette chaire.

Il occupe un petit bâtiment à deux étages de 22 mètres sur 7<sup>m</sup>,50. Le rez-de-chaussée est occupé par les services généraux, le premier étage par le laboratoire des élèves et des préparateurs, le second étage par le laboratoire particulier du professeur et par les collections de produits chimiques ou d'instruments. On accède à chaque étage et au rez-de-chaussée par un des grands escaliers *E* de l'École, mais pour la commodité du service, un petit escalier *E'*, suivant l'axe duquel se meut un monte-charge *m*, a été placé dans l'intérieur du bâtiment.

Au rez-de-chaussée (pl. IX, fig. 1) l'entrée principale se trouve dans le vesti-

bule A, qui communique avec l'escalier E' et avec une laverie G. La petite entrée A', située de l'autre côté de l'escalier intérieur donne passage sur une cour, entourée par plusieurs laboratoires de professeurs et dans laquelle une paillasse, munie d'eau et de gaz, a été disposée sous un vitrage pour certaines opérations en plein air. La même entrée contient en z un système de trompes pour le service du second étage dans lequel, par suite de l'altitude de l'établissement, l'eau n'arrive qu'avec une pression parfois insuffisante au fonctionnement régulier de ces instruments.

La pièce C est destinée aux analyses organiques; elle contient deux paillasses *p p*, avec eau, gaz et départ d'eau, séparées par une cuvette *f* basse et étanche, au-dessus de laquelle les gazomètres à oxygène se trouvent supportés par une grille métallique. Cette disposition rend facile l'usage des gazomètres; ceux-ci sont d'ailleurs alimentés d'eau par un réservoir à niveau constant fixé au mur.

La pièce centrale S renferme un certain nombre d'ustensiles d'usage commun. Elle contient, sur le côté gauche, une série d'appareils exigeant l'emploi du gaz sous pression réglée: les bains d'huile *l l*, les blocs à chauffer les tubes *n n*, etc. On y trouve également une paillasse *p*, destinée à certaines préparations faites sur une grande échelle et pour lesquelles on se sert de vases de grandes dimensions, de presses, etc. A droite, est une petite chaudière *o*, fournissant de la vapeur aux étages supérieurs; par une disposition spéciale, cette chaudière peut être chauffée soit au coke, soit au gaz, ou bien mise en pression au moyen du coke et maintenue sous pression régulière par le gaz fonctionnant d'une manière automatique. Dans le voisinage est un alambic *q*, puis un fourneau à vent *r*, et une grande étuve à gaz *u*. Des presses sont fixées en *s* et un petit filtre-presse en *y*, adossé à une table centrale *t*.

Quelques outils indispensables, un établi, un étai, etc., prennent place dans la chambre T, où se trouvent encore une chaudière autoclave, un four Perrot, etc. On peut également, au moyen d'un courant de vapeur, traversant le mur et venant de la chaudière *o*, y distiller à l'abri du feu les substances inflammables qui ne peuvent être maniées sans danger dans les laboratoires où se trouvent des foyers en combustion.

Quant à la pièce du fond N, elle sert de réserve pour les produits chimiques. On y conserve dans des armoires les appareils qui doivent rester tout préparés pour le cours.

Le premier étage (pl. IX, fig. 2), est divisé en cinq pièces. Une petite salle H, située un peu à l'écart des autres et hors d'atteinte des vapeurs des laboratoires, contient les balances de précision. Une armoire permet d'y resserrer les livres formant la petite bibliothèque du laboratoire. Le vestibule A sert de vestiaire pour les élèves; il communique avec les deux escaliers et donne entrée dans le laboratoire des préparateurs F. Ce dernier, dans lequel deux personnes peuvent travailler à l'aise, est pourvu d'une paillasse *p*, recouverte de faïence, avec eau, départ d'eau, gaz et trompes; d'une cage à tirage *k*; d'une table à deux places *a*, munie d'armoires en dessous et portant étagères, eau, départ d'eau, gaz et trompes; d'une cuve à mercure *w*; d'armoires *v*, etc.

Enfin les deux pièces B B sont disposées d'une façon analogue; elles peuvent

donner place dans de bonnes conditions à huit chimistes s'occupant de recherches diverses. Les quatre places de chacune d'elles sont organisées de la même manière que celles de la salle des préparateurs F; les paillasses occupent les parois des murs intérieurs et sont séparées en deux parties égales par une cage vitrée, à manteau mobile, *k*, dans laquelle on peut provoquer un tirage très énergique et faire les opérations susceptibles de produire des vapeurs incommodes. Le départ d'eau sur ces paillasses s'effectue par de petits orifices analogues à une bonde d'évier, placés au niveau de la faïence et formés par des bouchons plats qui ne forment pas saillie; les tubes de caoutchouc amenant l'eau à écouler, s'engagent et se maintiennent facilement dans ces ouvertures qui occupent d'ailleurs un fort petit espace. Une rampe à gaz et une rampe à eau parcourent toute la longueur des paillasses.

Les tables centrales *a* sont couvertes de faïence et adossées l'une à l'autre; elles portent à leurs extrémités des cuvettes en grès émaillé *d*, par lesquelles se fait le départ d'eau, et au-dessus desquelles se trouvent placés les trompes et les robinets d'arrivée d'eau. Ces cuvettes reçoivent également ce qui peut s'écouler des flacons à eau distillée, lesquels reposent sur les extrémités des étagères.

Au-dessous des fenêtres sont des tables superposées à des armoires. Des lampes d'émailleur, des collections de réactifs, des casiers contenant la verrerie et les produits les plus employés, etc., garnissent les murailles.

Ajoutons que quatre fenêtres éclairent latéralement et des deux côtés les opérateurs.

Le *second étage* (pl. IX, fig. 3) comprend une antichambre-vestiaire M; une petite pièce D, pouvant être rendue obscure par des volets pleins et disposée pour les observations au polarimètre ou au spectroscope, pour la photographie, etc.; une salle I, dans laquelle sont conservés les instruments et où se font les déterminations physiques; une petite chambre à combustion C, qui contient en même temps un bain d'huile *l* et un bloc à tubes *n*; le laboratoire du professeur R, organisé à peu près comme un des laboratoires de l'étage inférieur; enfin une salle L, garnie de vitrines *v*, dans lesquelles se trouve rangée une collection de produits chimiques. Cette dernière pièce contient en même temps un bureau *t* et des balances de précision pour le professeur.

Les combles servent de magasin de verrerie.

**6. Amphithéâtre de chimie.** — Dans tous les cours de sciences expérimentales et en particulier dans les cours de chimie, il est indispensable de mettre sous les yeux des auditeurs les objets ou les faits dont parle le professeur. Cette nécessité transforme un amphithéâtre destiné à des cours de chimie en un véritable laboratoire. C'est à ce titre que nous croyons devoir ajouter ici quelques mots relatifs à celui de l'École de pharmacie.

L'ensemble de ce laboratoire spécial est constitué par la table à expériences auprès de laquelle se tient le professeur et par la partie de l'amphithéâtre située derrière cette table. Le tout a dû être disposé, non pas comme les locaux dont il a été question plus haut, dans des conditions favorables au travail, mais dans le but de rendre les expériences les plus diverses facilement visibles par un

auditoire nombreux. Il faut en outre que le public soit maintenu à l'abri des accidents et des vapeurs incommodes. Devant ces deux conditions s'effacent toutes les autres.

La table à laquelle a été donnée une légère courbure s'accordant avec celle des gradins inférieurs, est recouverte de lave émaillée. A l'une de ses extrémités se trouve la cuve à mercure ; à l'autre, la cuve à eau. Elle dissimule toute une série d'appareils mettant à la disposition du professeur le gaz d'éclairage, l'eau, l'air comprimé, le vide, un courant électrique, etc.

Le gaz et l'eau sont fournis par deux rampes placées sous la table dont elles parcourent tout le bord postérieur. Des tubes de caoutchouc adaptés aux robinets peuvent aboutir aux appareils disposés en un point quelconque de la table. Pour éviter leur écrasement par compression sur le bord des plaques de lave, ces tubes passent entre celui-ci et une barre métallique fixée parallèlement à la table, un peu en contre-bas, mais à un faible écartement. Des orifices disposés de distance en distance, un peu au-dessous des robinets d'eau et de gaz, sont en relation avec la canalisation d'écoulement des eaux : on peut y engager les tubes de caoutchouc par lesquels s'échappe l'eau dont on veut se débarrasser.

Trois conduits métalliques de petit diamètre courent d'un bout à l'autre de la table, au-dessous des rampes à eau et à gaz, portant de place en place des robinets. Le premier conduit communique avec une trompe faisant le vide, et le deuxième avec une soufflerie ; ces instruments fonctionnant parfois avec bruit, ont été placés hors de l'amphithéâtre, mais les robinets qui les commandent sont à portée de la main des opérateurs. Quant au troisième tube, il permet de diriger sur la table un gaz quelconque venant d'un générateur ou d'un gazomètre placé hors de l'amphithéâtre.

Enfin, deux conducteurs en cuivre de gros diamètre sont fixés dans le voisinage des tubes précédents. Ils portent des bornes convenablement espacées et aboutissent dans le sous-sol où se trouvent les piles et les instruments générateurs d'électricité.

Pour expérimenter avec des gaz ou des vapeurs incommodes, une ouverture circulaire a été pratiquée dans le dessus de la table. Cette ouverture, qui disparaît entre temps sous un disque de lave émaillée pareille à celle qui forme le revêtement, constitue l'orifice inférieur de l'une des cheminées du bâtiment : un brûleur à gaz établissant dans cette cheminée un tirage énergique, il est possible de déverser dans le voisinage de l'ouverture, du chlore, de l'acide chlorhydrique, etc., sans que ceux-ci se répandent dans l'atmosphère et troublent les auditeurs.

La cuve à eau, dont les parois sont formées de glaces transparentes, laisse voir nettement les appareils qu'on y fait fonctionner. L'eau peut en être renouvelée facilement, des robinets étant disposés à cet effet.

Le fond de l'amphithéâtre faisant face au public est percé, en son milieu, d'une large baie qui s'ouvre dans une des pièces servant à la préparation des cours. Des tableaux noirs et des écrans, mobiles verticalement, sont placés à une certaine distance en avant ; ils peuvent masquer la baie, mais en laissant toujours libres des passages latéraux. Un instrument disposé dans la pièce posté-



rieure, permet de projeter sur les écrans et de montrer par transparence les dessins d'appareils industriels, les préparations microscopiques ou l'image de tout autre objet, sans que l'auditoire soit dérangé par les préparatifs nécessaires

De chaque côté des tableaux sont deux paillasses recouvertes de hottes et pourvues d'eau, de gaz, etc. Elles sont entièrement garnies de faïence et peuvent être fortement éclairées par des brûleurs à gaz que dissimule le manteau de la cheminée.

Ajoutons que derrière l'amphithéâtre, attenant à la pièce centrale dont il a été question plus haut et qui est occupée par les appareils à projection, se trouvent deux petits laboratoires servant à la préparation des expériences.





# APPAREILS ET USTENSILES

EMPLOYÉS EN CHIMIE

PAR M. TERREIL

---

Les appareils jouent un grand rôle dans l'étude de la chimie ; souvent la réussite d'une expérience dépend de la bonne disposition donnée à l'appareil.

Les alchimistes et les chimistes n'employaient dans leurs travaux qu'un très petit nombre d'ustensiles de chimie ; en dehors de la cornue, de son récipient et du *pélican*, ils ne faisaient pas usage de ce que nous appelons aujourd'hui les *appareils montés*.

Si on consulte à ce sujet le *Dictionnaire de chimie*, de Macquer, on voit à l'article VAISSEAUX ET USTENSILES que les principaux vaisseaux et ustensiles employés à cette époque dans un laboratoire étaient les suivants :

*Alambics* de cuivre, de verre, de grès et de terre, avec leurs récipients.

*Allonges* de verre.

*Aludels* de terre et de faïence : espèces de pots pouvant s'emboîter les uns dans les autres et former ainsi un tuyau plus ou moins long.

*Ballons* de verre, ou matras à gros ventre et à col court.

*Bouteilles*, ou  *fioles à médecine*.

*Bocaux*.

*Bain-marie*. — *Bain de sable*.

*Capsules* de verre, de cristal, de porcelaine, de grès et de fer.

*Cornues* ou *retortes*.

*Creusets*.

*Entonnoirs*.

*Matras* : bouteilles à long col, soit à panse sphérique, soit à panse aplatie, ou *matras à cul plat*, soit à panse en forme d'œuf, ou *œuf philosophique*.

*Mouffes*.

*Pélicans*, ou alambics de verre d'une seule pièce.

*Vaisseaux de rencontre* ou *de circulation*, se composant de deux matras, dont l'un, plus petit, sert de bouchon à l'autre, et où les vapeurs se condensent et retombent dans le plus grand.

*Vaisseaux sublimatoires* ou matras à long col, surmonté d'un chapiteau.

*Tutes* : espèces de creusets à pattes, à ouverture étroite, le milieu est renflé et a partie intérieure et inférieure est en pointe.

Du temps de Macquer, le tube de verre à gaz ne paraît servir que comme agi-

tateur pour *remuer les liquides corrosifs* ; le tube de verre plein qui nous sert aujourd'hui à cet usage était inconnu, car on lit, à l'article LABORATOIRE du *Dictionnaire* de Macquer que parmi les objets faisant partie d'un laboratoire, le chimiste doit trouver une quantité suffisante de *pailles nettes coupées de longueur, pour remuer les mélanges dans les verres, et pour soutenir les filtres en papier dans les entonnoirs de verre.*

Nous diviserons en trois groupes les appareils et les ustensiles de chimie que nous allons décrire : le premier groupe comprendra les appareils en verre ou en cristal ; le deuxième groupe, les objets en porcelaine, en grès et en terre ; le troisième groupe, les instruments métalliques.

OBJETS EN VERRE OU EN CRISTAL.— On trouve, dans un laboratoire, le verre sous toutes sortes de formes, depuis la simple baguette pleine servant d'agitateur, jusqu'aux appareils les plus compliqués.

Les objets en verre exigent, dans leur emploi, des précautions particulières que nous allons indiquer.

Il faut éviter de tenir par la panse ou par le fond tout vase de verre auquel on veut ajuster un bouchon, car le verre, qui est souvent très mince, se brise dans les mains de l'opérateur : il faut toujours tenir le vase par le goulot qui doit recevoir le bouchon.

Lorsque les instruments en verre doivent être exposés au feu, il est préférable de les choisir en verre vert, qui est plus solide que le verre blanc, et de les prendre surtout en verre mince.

Le verre se brise lorsqu'on le chauffe trop rapidement ; il peut se casser également lorsqu'il est refroidi brusquement. Un courant d'air froid qui frappe le verre chauffé peut le faire casser.

Les objets en verre se brisent quelquefois spontanément lorsqu'ils ont été mal recuits.

On emploie divers procédés pour couper le verre : lorsqu'il s'agit d'un tube à gaz, on y fait, avec une lime trois-quart ou une lame d'acier bien trempé, un trait perpendiculaire à son axe, et on détermine la rupture, en faisant avec les mains un léger effort comme s'il s'agissait de courber le tube ; pour des tubes plus gros, après avoir fait le trait de lime, on y applique une gouttelette de verre fondu à la lampe d'émailleur qui détermine la rupture immédiate ; la goutte de verre fondu peut être remplacée, soit par une pointe de fer rougie au feu, soit par un charbon pointu incandescent, ou mieux par un charbon particulier auquel on donne la forme de crayon et qui est, d'après Gahn, composé comme il suit : 4 grammes de gomme arabique en dissolution dans la quantité d'eau nécessaire pour occuper 95 à 100 centimètres cubes, 16 grammes de gomme adragante avec un peu d'eau bouillante pour que la masse réduite en gelée occupe 125 à 130 centimètres cubes, 8 grammes de stirax calamite en dissolution dans 20 à 25 grammes d'alcool à 0,83, 16 grammes de benjoin en dissolution dans 13 grammes d'alcool à 0,83. On mêle ces corps et on y ajoute 100 à 110 grammes de charbon de bois tendre pulvérisé et passé au tamis de soie. On forme une pâte homogène dans un mortier, puis on la fait sécher, après l'avoir roulée en bâtons de la grosseur d'un fort tuyau de plume.

Ces cylindres de charbon, une fois allumés, continuent à brûler régulièrement et la partie en combustion est toujours en pointe.

En employant ces charbons, on peut conduire une fente dans le verre avec une grande régularité. Lorsque le verre qu'on veut couper ne présente pas de fêlure, on pratique avec la lime un trait qui, par l'application du charbon, produit une fente que l'on conduit alors facilement.

On parvient encore à séparer en deux parties un vase en verre, en entourant celui-ci d'un fil mouillé préalablement d'essence de térébenthine ou d'alcool, et en enflammant ensuite le liquide combustible ; après la combustion, on touche la partie chauffée du verre, avec un corps froid, et le verre se sépare immédiatement en deux.

Lorsqu'un tube de verre a été cassé en deux parties, il présente des arêtes tranchantes qu'il faut émousser ; car, sans cette précaution, il pourrait déchirer les bouchons ou les tubes de caoutchouc dans lesquels on le fait entrer ; le verre dont les arêtes sont vives peut blesser en outre l'opérateur.

On émousse le verre, soit à l'aide d'une lime douce qu'on passe légèrement sur les arêtes des tubes, soit en chauffant le verre jusqu'à ce que les bords tranchants s'arrondissent par un commencement de fusion. Lorsque le verre est épais, il peut arriver que la lime ne morde pas suffisamment ou que le verre se casse sous l'influence de la chaleur, par suite d'inégalité de dilatation dans la masse ; dans ce cas, on use les bords du verre sur un pavé de grès mouillé, en tenant l'objet verticalement et en lui imprimant un mouvement de rotation, jusqu'à ce que le verre soit dépoli sur toute la surface de la cassure.

**OBJETS EN PORCELAINE, EN GRÈS ET EN TERRE.** — Les ustensiles en porcelaine sont moins fragiles que ceux en verre, cependant ils sont peut-être plus impressionnables aux changements de température ; il n'est pas rare de voir un tube, une cornue ou un creuset de porcelaine se casser à la première impression du feu ; le même accident peut se produire lorsque le charbon froid vient toucher la porcelaine déjà chauffée ; il est rare qu'un ustensile de porcelaine ayant été chauffé puisse, après le refroidissement, être chauffé de nouveau sans se casser ; dans ce cas, la scorie vitreuse produite par les cendres du combustible qui s'est fixé sur l'ustensile augmente la fragilité du tube ou du creuset.

On voit qu'il faut apporter de grands soins dans la manière de chauffer la porcelaine ; il est de règle de commencer par la chauffer graduellement en évitant d'abord le contact et l'action trop brusque des charbons incandescents ; puis, une fois la porcelaine portée au rouge, on ne doit ajouter dans le fourneau que du combustible déjà chaud, et éviter surtout le contact de la porcelaine avec le combustible froid.

Les ustensiles de porcelaine retirés des fourneaux, avant d'être entièrement refroidis, peuvent aussi se casser facilement.

On fabrique aujourd'hui de la porcelaine qui supporte facilement, sans se briser, les alternatives brusques de chaud et de froid ; mais on ne confectionne avec cette porcelaine que de petites capsules ou de petits creusets.

Les ustensiles de porcelaine doivent être choisis à parois bien égales dans toute leur étendue et plutôt minces qu'épaisses.

La porcelaine étant infusible et dure, ne se prête pas aux mêmes opérations que le verre ; il est difficile en effet de couper en deux un tube de porcelaine ou de raccourcir le col d'une cornue ; cette opération ne peut se faire qu'en brisant la porcelaine par petits fragments à l'aide de pinces d'acier ; on peut encore user la porcelaine à la meule, la scier assez facilement et même percer dans cette matière dure des trous de toutes les formes.

La porcelaine est appelée *biscuit* lorsque sa surface ne porte pas de couverte ou vernis ; dans cet état, elle possède toujours une certaine porosité ; aussi peut-elle, à de hautes températures, se laisser traverser par les gaz, absorber, à la température ordinaire, l'humidité et différents liquides : les tubes, les cornues et les creusets de porcelaine sont presque toujours cuits en biscuit, mais les tubes sont généralement vernissés à l'intérieur.

Les capsules sont également vernissées pour éviter l'infiltration des liquides dans leur pâte ; la couverte s'arrête sur la paroi extérieure de la capsule à une certaine distance, ce qui laisse à l'état de biscuit le fond de la capsule qui doit recevoir l'action du feu ; cette disposition a pour but de diminuer les chances de casse lorsqu'on soumet la capsule à l'action de la chaleur.

Les petites capsules qui ne sont pas vernissées sur toute leur surface, présentent l'inconvénient d'éclater en petits fragments, par endroit, lorsqu'on les soumet à une température élevée.

Il est très difficile de dessécher entièrement ces capsules lorsqu'elles ont absorbé l'humidité par leur partie poreuse non vernissée. On devra donc choisir de préférence des capsules et des creusets entièrement vernissés.

*Grès et terre.* — Les ustensiles de grès ou de terre cuite se cassent quelquefois au premier coup de feu ; cet accident arrive presque toujours aux petits fourneaux en terre employés dans le laboratoire. Pour parer à cet inconvénient on cerce de tôle ces fourneaux afin d'empêcher les morceaux de se séparer lorsque la terre est fendillée.

Les ustensiles en terre se laissent travailler à la lime et à la pince d'acier ; on peut les percer facilement avec des mèches et à l'aide du vilebrequin. Le grès, qui est aussi dur que la porcelaine, ne se prête qu'imparfaitement à ce travail.

**USTENSILES MÉTALLIQUES.** — Les métaux qui entrent dans la confection d'un assez grand nombre d'ustensiles de chimie, sont les suivants :

Le *platine*, pour creusets, capsules, couteaux, spatules, cuillères, nacelles, bouts de chalumeau, fils et lames ;

L'*or*, employé rarement, pour creusets et capsules ;

L'*argent*, pour bassines, capsules, creusets, spatules, lames, etc ;

Le *cuivre*, le *bronze* et le *laiton* pour bassines, bains-marie, capsules, alambics, étuves, chalumeaux, appareils à gaz, supports, entonnoirs à double paroi, gazomètres, lingotières, manchons réfrigérants, mortiers, robinets, etc. ;

Le *plomb*, employé sous la forme de cornue, pour la préparation de l'acide fluorhydrique ;

Le *fer*, qui sert à la préparation de presque tous les ustensiles métalliques d'un laboratoire ;

La fonte, pour fourneaux, creusets, supports, bains de sable, etc.

Parmi les ustensiles métalliques, ceux qui sont en cuivre, en fer ou en fonte, s'altèrent assez rapidement au contact des vapeurs de toutes sortes qui se dégagent dans le laboratoire, en se recouvrant d'une couche d'oxyde. Pour prévenir l'oxydation des instruments de cuivre, de bronze et de laiton, qui ne doivent pas être chauffés, on les recouvre d'un vernis dur qu'on renouvelle de temps à autre.

On protège de la rouille les ustensiles en fer, on les recouvrant, par voie électrique, d'une couche de nickel. Pour préserver les vases en fer d'une altération profonde, on les chauffe au rouge et on les plonge dans l'eau; dans ce cas, il se forme à leur surface une légère couche d'oxyde de fer magnétique qui protège le métal. On garantit de la rouille les objets en fonte, en les recouvrant d'une couche de vernis noir qu'on renouvelle de temps en temps.

*Ustensiles en platine et en argent.* — L'usage des ustensiles en platine exige les précautions suivantes: le platine ne doit être chauffé que dans du gaz à flamme oxydante, car, lorsque le gaz brûle avec une flamme éclairante, il peut déposer sur le métal un noir de fumée qui l'altère et le rend cassant.

Dans les autres modes de chauffage, on doit éviter de mettre le platine en contact avec le charbon; il faut le maintenir à distance, ou mieux le placer dans un creuset de terre.

On ne doit jamais calciner dans du platine, des substances pouvant fournir des métaux fusibles, comme le plomb, l'étain, le bismuth, l'antimoine, etc., ou des métalloïdes à l'état de liberté, comme le soufre, le phosphore, l'arsenic, le bore, le silicium ou le chlore. La potasse et la soude en fusion attaquent le platine; l'hydrate de baryte fondu ne l'attaque qu'au contact de l'air; les creusets de platine sont rapidement attaqués par un mélange de silice et de charbon ou par une matière organique phosphorée, telle que la graisse cérébrale.

Un creuset de platine perd toujours de son poids après la calcination du phosphate ammoniaco-magnésien, ou après l'évaporation des dissolutions de chlorures métalliques, principalement celle du bichlorure de platine.

Les instruments de platine doivent être entretenus dans un parfait état de propreté; dans leur nettoyage il faut éviter l'emploi de corps durs qui puissent les rayer, comme le sable fin ou le papier de verre.

Pour nettoyer les ustensiles de platine et principalement les creusets et les capsules, on emploie l'acide chlorhydrique quelquefois l'acide sulfurique concentré et bouillant; on peut remplacer l'acide chlorhydrique par l'acide azotique, à la condition d'éliminer les chlorures; car ces derniers forment avec l'acide azotique de l'eau régale qui attaque le platine. Lorsque les matières qui adhèrent au platine ont résisté aux acides, on a recours à l'action du carbonate de soude en fusion. On lave ensuite le creuset à l'eau ordinaire, puis à l'eau distillée et enfin on le chauffe au rouge pour le sécher.

Il faut également éviter autant que possible de déformer les instruments de platine dont les parois sont toujours très minces, et de chercher à détacher les masses qu'on y a fondues, en frappant le métal avec un marteau ou un corps dur.

Lorsqu'on veut redresser un ustensile de platine déformé, on ne doit pas

employer de marteau métallique, mais faire usage d'un petit maillet en bois, ou à son défaut, d'un manche de lime.

Quant aux ustensiles en argent, ils réclament de grands soins de propreté, l'argent noircissant rapidement par les émanations sulfurées qui se produisent dans un laboratoire ; on peut les nettoyer et les polir avec du papier émeri très fin ou avec du blanc d'Espagne.

Les acides attaquent l'argent, on ne peut donc pas s'en servir pour nettoyer les creusets d'argent ; d'autre part, le carbonate de soude exigeant, pour fondre, une température qui atteint le point de fusion de l'argent, ne peut être également employé.

La potasse ou la soude en fusion peuvent seules servir à nettoyer l'intérieur des creusets ou des capsules en argent.

L'argent ne peut supporter qu'une température peu élevée, le rouge sombre, par exemple ; à une température supérieure il entre en fusion, principalement en présence de la potasse ou de la soude qui sont presque les seuls réactifs qu'on emploie pour faire des attaques dans ce métal. Au rouge sombre, ces alcalis attaquent l'argent qu'on retrouve à l'état de paillettes ou de poudre divisée dans les produits de l'attaque. L'hydrate de baryte fondu, qu'on substitue quelquefois à la potasse et à la soude pour faire les attaques au creuset d'argent, altère moins ce métal que les deux bases alcalines.

Après avoir donné les renseignements qui précèdent sur l'emploi des ustensiles de chimie, nous allons décrire les principaux ustensiles usités dans les manipulations chimiques, en suivant l'ordre alphabétique et en groupant ceux de même genre et qui servent aux mêmes usages :

**ALAMBICS.** — Les alambics sont généralement en cuivre, à part le serpentín qui est en étain pur. Leur forme ordinaire est représentée dans la figure 1, planche XII (1).

Les alambics en verre, appelés anciennement *pélicans*, sont d'une seule pièce ou à chapiteau mobile (fig. 2 et 3) ; ils ne sont plus employés aujourd'hui.

**ALLONGES.** — Les allonges sont destinées ordinairement à relier les tubes de porcelaine ou de terre ou les cornues avec les récipients dans lesquels doivent se condenser les produits d'une réaction. Elles sont en verre et peuvent être droites ou courbes (fig. 4 et 5).

On emploie une allonge en cuivre pour la préparation du phosphore.

**APPAREILS A DOSER L'ACIDE CARBONIQUE.** — Ces appareils servent à doser l'acide carbonique des carbonates par la perte de poids. Leurs formes sont très variées, mais leur principe est le même, qui est la décomposition lente du carbonate par un acide contenu dans une partie de l'appareil et qu'on fait arriver peu à peu sur le carbonate ; le gaz carbonique se dégage en se desséchant dans un petit tube contenant, soit du chlorure de calcium soit un autre corps absorbant

(1) Les figures 1 à 18 inclusivement se trouvent dans la planche XII.



l'humidité. La perte de poids que l'on constate, dans l'appareil, après l'expérience, représente l'acide carbonique qui s'est dégagé ; avant de peser l'appareil, on aspire pendant une minute ou deux, par le tube desséchant, pour remplacer, par de l'air, l'acide carbonique qui le remplit.

Les principaux appareils à doser l'acide carbonique sont les suivants :

- Appareil de Berzélius et Rose (fig. 6) ;
- Appareil de Moride et Robierre (fig. 7). Cet appareil est celui dont l'usage est le plus répandu ;
- Appareil de Mohr (fig. 8) ;
- Appareils de Gessler (fig. 9 et 10) ;
- Appareil de Rose (fig. 11) ;
- Appareil de Kipp (fig. 12) ;
- Appareil de Schrötter (fig. 13) ;
- Appareil de Gessler et Hermann (fig. 14).

APPAREILS DE M. BERTHELOT, POUR LA SYNTHÈSE DE L'ACÉTYLÈNE ET POUR LA SYNTHÈSE DE L'ACIDE FORMIQUE. — Dans le premier de ces appareils (fig. 15), du gaz hydrogène se combine avec le charbon qui constitue les conducteurs d'un courant électrique énergique.

Dans l'autre (fig. 16), du gaz oxyde de carbone s'unit à l'eau de la potasse caustique pour former du formiate de potasse.

APPAREILS A GAZ. — HYDROGÈNE. — HYDROGÈNE SULFURÉ ET ACIDE CARBONIQUE. — Le plus simple de ces appareils est celui de M. Henri Sainte-Claire Deville (fig. 17) : le principe repose sur la différence de niveau qui existe entre deux flacons à tubulures inférieures réunies par un caoutchouc, dont l'un contient de l'acide plus ou moins étendu, et l'autre du zinc, du sulfure de fer ou du carbonate de chaux.

Lorsqu'on ferme le robinet de dégagement du flacon contenant la substance, le gaz qui se produit refoule, par sa pression, l'acide dans l'autre flacon, et la production du gaz cesse ; puis lorsqu'on ouvre ce robinet, le liquide acide revient se mettre en contact avec le corps producteur du gaz, et le dégagement de celui-ci se manifeste aussitôt.

La disposition de l'appareil présenté dans la figure 18 repose sensiblement sur le même principe.

L'appareil étant monté comme l'indique la figure, on introduit d'abord la substance devant produire le gaz ; par la tubulure latérale *e* de la boule B, on remet le tube de dégagement en place en laissant son robinet ouvert ; puis on verse par le tube en S de l'acide étendu, jusqu'à ce que cet acide soit en quantité suffisante pour arriver au contact de la substance dans la boule B, et environ à moitié de celle-ci. On ferme ensuite le robinet de dégagement, le gaz qui se produit comprime alors le liquide acide et le force à monter dans la boule A, par sa longue tubulure *a, b*. Aussitôt que le liquide s'est abaissé au-dessous du niveau *f*, le gaz cesse de se produire. Lorsqu'on ouvre ensuite le robinet de dégagement, le liquide revient se mettre en contact avec la substance et le dégagement reprend son cours. Dans la panse inférieure C de l'appareil, se

trouve une tubulure latérale *o*, bouchée à l'émeri, qui permet de vider le liquide lorsque celui-ci est saturé.

**BALANCES POUR ANALYSES.** — La balance de précision est le principal instrument du chimiste. C'est également l'instrument qui exige le plus de soin.

Les balances doivent être tenues à l'abri des vapeurs du laboratoire, et quoiqu'elles soient toujours renfermées dans des cages vitrées, il est convenable de les installer dans une pièce à part, dite *chambre des balances*, où elles sont à l'abri de l'humidité, des vapeurs et de toute trépidation.

On doit toujours maintenir, dans l'intérieur de la cage d'une balance, un ou deux vases contenant du carbonate de potasse calciné. Ce sel, qui est très avide d'eau, absorbe continuellement l'humidité de l'atmosphère ambiante.

Pour maintenir les diverses parties d'une balance dans un parfait état d'équilibre, il faut que la température de l'atmosphère de la cage soit la même dans toute son étendue. On ne doit peser les corps qui ont été chauffés que lorsqu'ils sont tout à fait refroidis.

Quand on veut ôter ou qu'on veut ajouter un poids sur le plateau d'une balance, on doit rendre celle-ci immobile à l'aide de son système calant.

Pendant les pesées, les portes de la cage doivent être fermées.

Les petites balances qui sont représentées dans les figures 19, 20 et 21, planche XIII (1), portent le nom de *trébuchets*. Celle de la figure 22 est un petit trébuchet, dit de Platner, et qu'on emploie dans les essais d'or et d'argent faits au chalumeau.

Les figures 23, 24, 25 et 26 représentent des balances d'analyses de différentes grandeurs.

Depuis quelques années on a adapté aux balances de précision un système de *cavaliers*, destinés à remplacer les poids de milligrammes, et qui peuvent même indiquer les dixièmes de milligramme. Le cavalier est un fil fin de platine ayant ordinairement la forme représentée à part, figure 27 (pl. XIV (2)), et qu'on peut poser à volonté sur un endroit quelconque d'une règle divisée, faisant partie des bras de leviers de la balance, et où il agit comme poids. Le cavalier se manœuvre de l'extérieur de la balance à l'aide d'une tige métallique qui le porte à son extrémité.

**BALLONS.** — Les ballons sont généralement en verre blanc; il en existe cependant des petits en porcelaine, qui servent à prendre les densités de vapeurs à des températures très élevées.

Le col d'un ballon ordinaire, (fig. 28), a sensiblement la longueur du diamètre du ballon; lorsque cette limite est dépassée, le ballon est dit à *long col*; quelquefois aussi on lui donne le nom de *matras*.

Le ballon est dit *tubulé* lorsqu'il porte une ouverture latérale comme en A et B de la figure 29. Cette tubulure peut être bouchée à l'émeri (fig. 30). Un

(1) Les figures 19 à 25 inclusivement se trouvent dans la planche XIII.

(2) Les figures 26 à 40 inclusivement se trouvent dans la planche XIV.

ballon peut avoir plusieurs tubulures ou ouvertures, comme on le voit en A, B, C et D dans la figure 31 et dans la figure 32.

Le ballon dont le fond est aplati, prend le nom de *fole à fond plat*.

**BECS DE GAZ DE BUNSEN, FOURNEAUX ET APPAREILS DE CHAUFFAGE AU GAZ.** — Depuis que l'usage du gaz est devenu général dans les laboratoires, et que ce combustible a remplacé le charbon de bois, on a dû modifier profondément la disposition des appareils de chauffage.

C'est M. Bunsen qui a fait construire le premier bec de gaz approprié aux expériences de chimie, aussi ce bec de gaz porte-t-il son nom. Depuis, les constructeurs de tous les pays se sont ingéniés à trouver les meilleures dispositions à donner aux appareils de chauffage, et parmi ces constructeurs nous devons citer, entre tous, M. Wiesnegg, de Paris, qui a attaché son nom à un grand nombre de ces appareils.

Les deux planches 10 et 11 de l'Atlas montrent dans leur ensemble tous les appareils à gaz construits par la maison Wiesnegg.

Le bec de Bunsen simple est représenté dans la figure 33; la figure 34 montre ce bec avec robinet à air, et la figure 35 ce bec en place sur un support. Le bec Bunsen peut avoir une forme cintrée (fig. 36 et 37). Le bec Bunsen est ordinairement accompagné d'accessoires qui sont : un couronnement percé latéralement de trous, qui étale la surface de chauffe; une cheminée à toile métallique, qu'on emploie lorsqu'on veut modérer l'action de la chaleur, et quelquefois un plateau en porcelaine pour les cendres (fig. 38).

À côté du bec Bunsen, vient se placer le bec Wiesnegg, à double robinet pour le gaz et pour l'air, et que la figure 39 représente avec son support en forme de réchaud.

La figure 40 montre un fourneau à gaz consistant en un groupe de becs Bunsen, dans une enveloppe de fonte, avec allonge mobile.

La figure 41, (pl. XV) (1) est le même fourneau à gaz, avec un brûleur de Wiesnegg.

La figure 42 est un fourneau à évaporation lente en tôle, dans lequel le gaz sortant par une triple couronne, brûle avec flamme éclairante.

La figure 43 montre la nouvelle grille à analyses chauffée au gaz, la figure 44 un fourneau à moufle pour incinération, la figure 45 le chalumeau dit *lampe Drummond*, fonctionnant à l'hydrogène ou au gaz d'éclairage avec l'oxygène. Ce chalumeau a été modifié par MM. Henri Sainte-Claire Deville et Debray, pour obtenir la fusion industrielle du platine. La figure 46 montre une étuve de Wiesnegg, chauffée au gaz.

**CHALUMEAU.**—Le chalumeau est l'instrument employé en chimie et en minéralogie pour faire les petits essais qualitatifs par voie sèche. Le chalumeau de Berzélius, que l'on voit dans la figure 47, est en laiton, il se compose de quatre parties : 1<sup>o</sup> l'embouchure et son tube; 2<sup>o</sup> le petit tube formant angle droit avec le premier; 3<sup>o</sup> une chambre à air cylindrique sur laquelle viennent

(1) La planche XV contient les figures 41 à 52 inclusivement.

s'ajuster les tubes précédents; 4° le bout de chalumeau en platine ou en cuivre rouge, qui s'ajuste à l'extrémité du petit tube.

La figure montre le chalumeau adapté à une petite lampe à alcool, mais qui n'est plus en usage aujourd'hui.

La figure 48 montre un chalumeau en tôle vernissée, fait d'une seule pièce; le petit tube latéral est soudé sur le grand tube qui, étant conique, fait l'office de chambre à air; un bout de chalumeau vient s'adapter à l'extrémité de l'instrument.

Le bout d'un chalumeau est en quelque sorte la partie essentielle de l'instrument; il est préférable qu'il soit en platine, parce que le cuivre s'oxydant lorsqu'il est chauffé, le bout s'altère assez rapidement. L'ouverture d'un bout de chalumeau doit être parfaitement cylindrique et peu large, à moins de cas spéciaux.

**CLOCHES.** — La cloche simple ou fermée, portant un bouton pour en faciliter la manipulation, est ordinairement en cristal, elle sert à recouvrir les substances pour les mettre à l'abri ou pour opérer des évaporations lentes, en présence de corps qui absorbent l'eau, soit par simple recouvrement (fig. 49), soit en faisant le vide sous la cloche (fig. 50); dans ce cas les bords de la cloche sont dressés et rodés.

La cloche dite à *douille* est en verre blanc, elle porte à sa partie supérieure une ouverture en forme de goulot de flacon, mais non bordé (fig 51). La douille peut être recouverte d'un appendice en cuivre scellé à la gomme laque, et muni d'un robinet (*robinet à douille*) qui peut permettre l'écoulement des gaz. Une de ces cloches se voit dans la figure 52. Quelquefois les *cloches à robinet* sont jaugées et portent une division en centimètres cubes; on trouve encore quelques-unes de ces cloches graduées en *pouces* cubes.

Les cloches à douille peuvent encore porter une ou plusieurs tubulures, comme on le voit dans la cloche qui sert à la préparation de l'acide phosphorique anhydre (fig. 53, pl. XVI) (1).

**CORNUES.** — La cornue est un des principaux ustensiles du laboratoire. Elle est simple (fig. 54), ou tubulé, (fig. 55 et 56). Elle est en verre, en porcelaine ou en terre.

Certaines cornues de porcelaine ou de terre, ont une longue tubulure, plongeant, sous forme de tube, jusqu'à quelques centimètres du fond de la cornue.

Nous montrons dans la figure 57 la cornue en plomb qui sert à la préparation de l'acide fluorhydrique hydraté. Il existe également une petite cornue distillatoire en platine, analogue à la précédente, qui sert principalement à la préparation de l'acide fluorhydrique anhydre.

**CREUSETS.** — Les creusets sont des ustensiles de premier ordre pour le chimiste; on peut les partager en creusets destinés aux analyses, et en creusets destinés aux opérations de la voie sèche.

(1) La planche XVI contient les figures 53 à 67 inclusivement.

Les creusets pour analyses sont ordinairement en platine et en argent. Leurs formes sont celles représentées en P, A et Pf dans la figure 58; on voit par cette figure qu'il existe pour ces creusets deux espèces de couvercles : le couvercle recouvrant avec bouton rivé, P et A, et le couvercle plat, à fond bombé en forme de capsule, Pf. Le premier de ces couvercles présente l'inconvénient de perdre trop facilement son bouton, qui se dérive à la moindre pression; l'autre, au contraire, a l'avantage de pouvoir servir au besoin de petite capsule pour de petits essais.

Les creusets à analyses peuvent être en porcelaine, mais la porcelaine ordinaire présente l'inconvénient, comme nous l'avons déjà dit au commencement de cet article, de se casser avec facilité sous l'action de la chaleur ou d'un refroidissement trop brusque; quelquefois aussi, à des températures élevées, elle éclate par petits fragments qui peuvent être la cause d'erreurs dans les pesées.

Cependant on trouve aujourd'hui dans le commerce et venant d'Allemagne, des creusets pour analyses en porcelaine vernissée, qui résistent parfaitement aux changements brusques de température et qui ne s'éclatent pas. Ces creusets ont les formes représentées dans la figure 59. Quelques-uns de ces creusets ont leur couvercle percé d'une ouverture qui permet l'introduction d'un petit tube de porcelaine coudé à angle droit, et par lequel on peut diriger des courants de gaz (hydrogène, oxygène, etc.) sur la substance en expérience (fig. 60).

La forme des creusets destinés aux essais par voie sèche, est représentée dans la figure 58. Les creusets dits de Hesse sont quelquefois triangulaires.

On donne le nom de *fromage* à un petit cylindre plat de terre cuite, que l'on voit en F, figure 58, et qui est destiné à supporter le creuset; le fond du creuset ne serait pas chauffé suffisamment s'il reposait directement sur la grille du fourneau.

**CRISTALLISOIRS.** — On nomme cristallisoirs des vases cylindriques en verre de différents diamètres, mais toujours à parois relativement peu élevées (fig. 61), dans lesquels on met les liqueurs qu'on veut faire cristalliser. Le cristallisoir se casse assez facilement sous l'influence de la chaleur, lorsqu'il est en verre blanc ordinaire, mais il en existe en verre de Bohême à parois minces, qui peuvent même aller au feu.

**CUVES PNEUMATIQUES A RECUEILLIR LES GAZ.** — Les cuves à recueillir les gaz peuvent être remplies d'eau ou de mercure.

Les grandes cuves à eau sont ordinairement en chêne doublé de plomb (fig. 52).

Les petites cuves sont en verre; elles ont la disposition que nous avons indiquée figure 62. Mais la cuve à eau la plus employée est une simple terrine en grès (fig. 63).

Les cuves à mercure sont en pierre dure ou en marbre (fig. 64). Elles sont évidées assez profondément dans l'intérieur, mais de manière à contenir le moins de mercure possible. Elles portent en outre des entailles destinées à recevoir les tubes abducteurs et de façon que les éprouvettes puissent reposer entiè-

rement sur leur base; elles présentent en outre des trous cylindriques très profonds, dans lesquels on plonge les tubes gradués, afin de pouvoir, dans l'évaluation des volumes gazeux, amener au même niveau le mercure de la cuve et celui du tube. Il existe une cuve à mercure en fonte, dite de *Doyère*, qui porte en contre-bas un long manchon étroit de même métal, qui permet, avec la plus grande facilité, la manipulation des gaz.

La petite cuve à mercure en porcelaine qui est représentée dans la figure 65 est employée principalement pour recueillir l'azote dans les analyses organiques.

La cuve à mercure en verre, dite de Bunsen, sert aux analyses eudiométriques (fig. 66).

**DESSICCATEURS.** — On donne le nom de dessiccateurs à des vases en verre, fermant hermétiquement, composés de deux compartiments, dont l'un contient un corps très avide d'eau, tel que l'acide sulfurique concentré, l'acide phosphorique anhydre, etc., et l'autre la substance à dessécher. La figure 67 représente la forme la plus ordinaire du dessiccateur.

**DIGESTEURS OU APPAREILS A DÉPLACEMENT.** — L'appareil à déplacement est destiné à épuiser une substance de ses principes immédiats solubles, à l'aide de dissolvants appropriés. Le digesteur le plus simple est l'appareil à déplacement de Robiquet (fig. 68, pl. XVII) (1); viennent ensuite celui de Payen (fig. 69); celui de Gerhardt (fig. 70), et celui de M. Cloëz (fig. 71). Dans ces divers digesteurs, à l'exception de celui de Robiquet, le dissolvant se volatilise constamment, et sa vapeur se condensant dans la partie refroidie de l'appareil, le liquide dissolvant retombe continuellement sur la substance que l'on veut épuiser.

**ÉLECTRICITÉ (APPAREILS D').** — En chimie on emploie l'étincelle électrique pour déterminer la combinaison des gaz dans les analyses eudiométriques, ou pour opérer la décomposition de certains corps.

Anciennement on tirait l'étincelle électrique d'une bouteille de Leyde (fig. 72), ou de l'électrophore (fig. 73). Aujourd'hui on se sert de la bobine d'induction de Ruhmkorff (fig. 74).

On emploie plus fréquemment, dans les opérations chimiques, l'électricité sous forme de courant, pour obtenir la décomposition des différents corps.

La figure 75 représente un *élément* de pile Bunsen, avec ses détails, et la figure 76 une pile montée, composée de six éléments de Bunsen.

La figure 77 montre un grand et un petit modèle de pile au bichromate de potasse.

**ENTONNOIRS.** — Les entonnoirs sont ordinairement en verre, il en existe en porcelaine, en grès, en métal, en fer-blanc, en cuivre, en plomb, en gutta-percha.

La figure 78 (pl. XVIII) (2), montre la forme ordinaire de l'entonnoir.

(1) La planche XVII contient les figures 68 à 77 inclusivement.

(2) La planche XVIII contient les figures 78 à 89 inclusivement.

La figure 79 montre la forme adoptée aujourd'hui pour les petits entonnoirs à analyses.

La figure 80 représente deux formes d'entonnoirs à robinet. La figure 81 montre un entonnoir métallique à double paroi, permettant de faire des filtrations chaudes, en entretenant autour du filtre de l'eau bouillante à l'aide d'un appendice soudé à l'entonnoir, et que l'on chauffe avec une lampe.

ÉPROUVETTES. — Les éprouvettes sont toutes en verre, il en existe de diverses grandeurs. On distingue les *éprouvettes à gaz* (fig. 82), les *éprouvettes à pied*, à bec ou sans bec (fig. 83), et les *éprouvettes à dessécher les gaz* (fig. 84).

ÉTUVES. — Les principales étuves sont : l'étuve de Gay-Lussac (fig. 85), à simple ou à double porte à eau ou à huile. M. Cloëz a apporté à l'étuve de Gay-Lussac une heureuse modification, qui consiste dans l'addition d'un long cylindre à double paroi où l'on place de l'eau froide, qui condense la vapeur d'eau qui se volatilise de l'étuve, et qui ainsi ne peut jamais être à sec. L'étuve de M. Cloëz est représentée dans la figure 86.

L'étuve à air de Wiesnegg est à double paroi en métal, formant cheminée (fig. 87). L'étuve à bain de sable, de M. Schläsing, convient à l'évaporation des acides (fig. 88) ; l'étuve de M. Fremy est à bain de sable à deux prises d'air, avec cage vitrée à double paroi dans le fond, formant cheminée (fig. 89).

EUDIOMÈTRES. — La figure 90 (pl. XIX) (1) représente l'eudiomètre à mercure de Gay-Lussac, au moment où on le fait traverser par l'étincelle électrique. La figure 91 montre l'eudiomètre à eau, de Mitscherlich, pour la démonstration du principe eudiométrique, et la figure 92 l'eudiomètre à mercure de Bunsen.

FILTRATION. — La filtration des liquides se fait ordinairement sur des filtres en papier non collé, dit *papier à filtre*. Ce papier peut être gris ou blanc, mais, dans les laboratoires, on emploie presque exclusivement le papier blanc.

Le papier à filtrer destiné aux analyses est fabriqué avec des matières cellulosiques très pures et ne laissant que peu de cendres après incinération ; on le désigne sous le nom de *papier Berzelius* ou *papier de Suède*.

Les filtres peuvent être à plis ou sans plis ; ces derniers ne sont généralement employés que dans les analyses ; ils permettent de laver plus facilement les précipités qu'on y recueille ; mais ils filtrent plus lentement que les filtres à plis.

Les filtres à plis filtrent d'autant plus rapidement que leurs plis sont plus nombreux et plus réguliers. Les filtres sont sujets à se percer lorsqu'ils ne sont pas suffisamment entrés dans les entonnoirs.

Lorsqu'on a de grandes quantités de liquide à filtrer ou des précipités volumineux à recueillir, on remplace le filtre en papier par des *chausses en feutre* ou en molleton (fig. 94), ou par de simples toiles placées sur des châssis (fig. 95 et 96).

(1) La planche XIX contient les figures 90 à 109 inclusivement.

La figure 97 représente un flacon de Mariotte qui sert à laver, sans interruption, les précipités qui sont sur les filtres.

**FLACONS.**— Les flacons sont en verre blanc, en verre vert ( fioles à médecine) et en cristal.

Les flacons à petite ouverture portent le nom de *goulots* (fig. 98) ; les flacons à plus large ouverture s'appellent *cols droits* (fig. 99) et les flacons à très large ouverture se nomment *bocaux* (fig. 100).

Les flacons dont les ouvertures sont fermées par des bouchons en verre rodé et usé à l'émeri, s'intitulent *flacons bouchés* ; certains de ces flacons, destinés pour les collections, sont quelquefois terminés par une base plus large, alors ils sont dits *à pied* (fig. 101).

Il existe des flacons à robinet, qui portent latéralement une tubulure rodée dans laquelle un robinet, en verre également rodé, vient s'ajuster (fig. 102).

Le flacon à tubulure ordinaire (fig. 103), fait partie d'un grand nombre d'appareils de chimie.

Le flacon devient un véritable appareil de chimie lorsqu'il porte deux ou trois tubulures (fig. 104 et 105) ; on le désigne alors sous le nom de *flacon de Wolff*.

**Fourneaux.** — On distingue dans les laboratoires de chimie des fourneaux à demeure et des fourneaux mobiles ; ces derniers seuls entrent dans le montage des appareils.

Les fourneaux à demeure sont : le fourneau de distillation, les fourneaux à évaporation et les divers fourneaux à vent pour les essais métallurgiques. Les fourneaux mobiles sont en terre cuite cerclée de fer ; on les divise en fourneaux ordinaires, en fourneaux à réverbères et en fourneaux à coupelles. Les fourneaux ordinaires comprennent le petit fourneau à queue que l'on voit dans la figure 106 ; le fourneau dit à bassines (fig. 107) et le bas de fourneau (fig. 108).

Il y a deux sortes de fourneaux à réverbère :

1° Le fourneau à réverbère ordinaire (fig. 109), qui se compose de trois parties : le bas de fourneau, le laboratoire qui se place au-dessus et le dôme qui recouvre le tout ;

2° Le fourneau à réverbère, dit à tubes, ou fourneau long (fig. 110, pl. XX) (1), qui n'est formé que du bas de laboratoire et du dôme.

Il n'existe qu'une seule forme de fourneau à coupelles ; elle est représentée dans la figure 111. Ce fourneau se compose de quatre parties : la base porte-grille, le bas de fourneau, le laboratoire porte-moufle et le dôme, auxquels vient s'ajouter un long tuyau de tirage en tôle.

**GAZOMÈTRE.** — Le gazomètre que l'on emploie dans les laboratoires est dû à M. Regnault ; il se compose, comme le montre la figure 112, d'un gros cylindre métallique R, ordinairement en cuivre, muni de deux poignets pour faciliter son transport, et d'un niveau d'eau *d* et *d'* : ce cylindre est surmonté d'une cuvette C qui communique avec lui par deux tubes à robinet, le tube T qui plonge presque

(1) La planche XX contient les figures 110 à 120 inclusivement.



jusqu'au fond du gazomètre et le tube *t* qui affleure sa partie supérieure; le cylindre du gazomètre porte latéralement, en *a*, un robinet, et à sa base, en *V*, une ouverture se fermant avec un bouchon métallique à vis et par laquelle se fait l'introduction du gaz à recueillir. Pour faire usage de ce gazomètre, on ferme l'ouverture *V*, on ouvre les robinets *a*, *t* et *T*, et on emplit la cuvette d'eau; cette dernière s'écoule dans le gazomètre par le tube *T*; elle y déplace l'air qui sort par les robinets *a* et *t*; lorsque l'eau s'échappe par le robinet *a*, cela indique que le gazomètre est plein d'eau; on ferme alors ce robinet, puis ensuite les deux autres; enfin on débouche l'ouverture *V*. Il s'écoule une certaine quantité d'eau par suite de l'équilibre qui s'établit entre l'eau du gazomètre et l'air atmosphérique: on peut alors recueillir le gaz; pour cela, on introduit dans cette ouverture le tube à dégagement, comme on le voit dans la figure 113 (préparation de l'oxygène). Le gaz, en raison de sa légèreté, monte dans le gazomètre et y déplace un même volume d'eau qui s'écoule au dehors par l'ouverture *V*.

Lorsque le gazomètre est rempli, on ferme l'ouverture *V*, et lorsqu'on veut faire usage du gaz, on emplit d'eau la cuvette *C*, on ouvre le robinet *T*; la pression de la colonne d'eau qui existe dans ce tube comprime le gaz et le force à sortir par les robinets *a* et *t* lorsqu'on vient à les ouvrir.

On doit, pendant toute la durée de l'écoulement du gaz, maintenir la cuvette *C* remplie d'eau. Cette cuvette sert de cuve pneumatique lorsqu'on veut recueillir du gaz dans des éprouvettes; ces dernières étant pleines d'eau, on les plonge dans l'eau de la cuve et on les place au-dessus du tube *t*, dont on ouvre le robinet. Le robinet *à* sert à conduire le gaz dans les appareils.

GRILLES. — On emploie dans les laboratoires plusieurs espèces de grilles :

1° Les simples grilles en fils de fer, sur lesquelles on place des charbons incandescents pour chauffer des tubes, comme on le voit dans la figure 114;

2° La grille à distiller l'acide sulfurique (fig. 115), dans laquelle la cornue n'est chauffée que latéralement pour éviter les soubresauts. On peut remplacer cette grille par une simple grille disposée dans des briques, comme le montre la figure 116; dans ce cas, on pose la cornue sur un cercle en tôle ayant la forme d'un cône tronqué, et qui met le fond de la cornue à l'abri de l'action du feu;

3° L'ancienne grille à analyses, en tôle, vue en *T* dans la figure 117;

4° La nouvelle grille à analyses, chauffée au gaz, dont nous avons donné le modèle, figure 43.

LAMPES. — En dehors des lampes à gaz dont il a été parlé aux appareils de chauffage au gaz, on fait encore usage dans les laboratoires des lampes suivantes :

1° La lampe ordinaire à alcool (fig. 118);

2° La lampe à alcool, à double courant, de Berzélius (fig. 119);

3° La lampe à alcool, à niveau constant, de Berzélius (fig. 120);

4° La lampe-forge de M. Sainte-Claire Deville (fig. 121, pl. XXI) (1), ayant de l'analogie avec la lampe précédente de Berzélius, mais qui est dis-

(1) La planche XXI contient les figures 121 à 129 inclusivement.

posée pour recevoir le courant d'air d'une soufflerie, et dans laquelle le combustible est de l'essence de térébenthine ou du pétrole ;

5° La lampe d'émailleur, (fig. 122), qui se compose d'une soufflerie et soit d'un chalumeau à gaz, comme dans la figure, soit d'une lampe plate à huile ou à graisse.

**LAVEURS (tubes et flacons).** — On donne le nom de laveurs à des tubes ou à des flacons contenant de l'eau ou tout autre liquide destiné à laver, à dessécher ou à absorber les gaz. Le plus simple des laveurs consiste en un flacon col droit portant un bouchon percé de deux trous par lesquels passent deux tubes dont l'un plonge presque jusqu'au fond du flacon et par lequel arrive le gaz. Les flacons de Wolf, à 2 ou 3 tubulures, sont de vrais flacons laveurs.

La figure 123 représente des flacons pouvant servir de laveurs ou de flacons de dégagement de gaz, dans lesquels les deux tubes de réception et de dégagement sont soudés sur un même tube central ; ce dernier peut être rodé et servir de fermeture au flacon, ce qui exclut les bouchons de l'appareil. C'est dans cette idée que M. Cloëz a construit son flacon-laveur (fig. 124), dans lequel les tubes sont soudés directement sur le flacon.

Les figures 125, 126 et 127 présentent les différentes dispositions que MM. Alvergniat frères donnent à des tubes laveurs destinés pour l'absorption des gaz, et particulièrement de l'acide carbonique.

**MACHINES A FAIRE LE VIDE.** — La plus simple des machines à faire le vide est la pompe aspirante à main, dite de Gay-Lussac. Cette pompe peut être aspirante et foulante comme le montre la figure 128 ; on l'emploie principalement pour faire le vide dans les tubes à analyses organiques, lorsqu'on veut doser l'azote en volume. Viennent ensuite la machine pneumatique ordinaire, bien connue, mais que nous montrons dans la figure 129, avec une disposition qui permet de donner plus de développement au manomètre qui ne se trouve plus tronqué ; la machine pneumatique oscillante de Bianchi, (fig. 130, pl. XXII) (1), qui permet de faire, en quelques minutes et sans beaucoup d'efforts, le vide dans de grands espaces.

À côté de ces machines basées sur le jeu de corps de pompes, se placent la machine pneumatique à mercure de MM. Alvergniat frères et la trompe de Sprengel modifiée par MM. H. Sainte-Claire Deville et Alvergniat frères.

La machine pneumatique à mercure est représentée dans la figure 131 ; voici comment on fait le vide avec cet appareil : le robinet E étant ouvert, le robinet D étant en communication avec l'air extérieur, on remplit la capacité B de mercure bien sec ; puis, à l'aide de la manivelle C, on l'élève en haut du support, de façon que le mercure vienne remplir A et la partie du tube menant au robinet E. Cela fait, on ferme le robinet E et l'on abaisse le réservoir B jusqu'au bas du support ; le vide se fait alors en A. A ce moment, on établit par le robinet D communication entre A et G, c'est-à-dire avec le récipient dans lequel on veut faire le vide ; une partie de l'air contenu dans ce dernier pénètre en A, on

(1) La planche XXII contient les figures 130 à 133 inclusivement.

rétablit la communication de A avec R, en maintenant le robinet E fermé, et on élève alors le réservoir B jusqu'en haut du support ; le mercure remonte en A, et l'air qui s'y trouvait vient se comprimer sous le robinet E ; on ouvre alors ce dernier et l'air comprimé s'échappe dans l'atmosphère ; on referme E et D et l'on opère de nouveau comme il vient d'être indiqué. A chaque opération, une certaine quantité d'air est extraite du récipient ; on répète ces manœuvres jusqu'à ce que le baromètre M n'indique plus de différence de niveau appréciable.

Quand on expulse l'air comprimé en ouvrant E, on entraîne toujours quelques gouttes de mercure qui viennent se déverser en R dans un entonnoir spécialement disposé ; on le recueille après l'opération. Au commencement de l'opération et pour aller plus vite, on peut, sans inconvénient, abaisser et relever précipitamment le réservoir B ; il n'en est plus de même quand on est arrivé à un certain degré de raréfaction ; on doit éviter que le mercure ne vienne se précipiter en A : on s'exposerait à un choc contre le robinet E, et par suite à une rupture ; il faut, dès lors, n'élever le récipient B qu'à un tiers du support, laisser le mercure monter de lui-même, et ensuite relever B au sommet du support.

Le réservoir H contient de l'acide sulfurique concentré destiné à dessécher les gaz ; cet acide y est introduit par une pointe de verre effilée non visible dans la figure ; on plonge cette pointe dans l'acide sulfurique, et on aspire par un moyen quelconque, par le robinet G. Après on ferme la pointe à la lampe ; lorsqu'on veut changer cet acide, on casse la pointe et on souffle par G.

La figure 132 représente la pompe de Sprengel dans son ensemble, et la figure 133 les détails de cet instrument. Un vase cylindrique en verre AA porte à sa partie supérieure deux tubes de verre, l'un T, qui le fait communiquer avec l'atmosphère ; l'autre J, qui s'ouvre à une petite distance de son extrémité inférieure, et par lequel s'écoule le mercure placé dans l'entonnoir E. Maintenu par la pression atmosphérique, ce liquide conserve dans A un niveau sensiblement constant  $a$ , monte dans le tube BB, s'écoule par le tube CC, remonte dans le tube D, dont le diamètre intérieur diminue brusquement vers le haut, et de là tombe goutte à goutte par F dans le réservoir T. A sa partie supérieure, le tube D communique au moyen de H et de l'un ou de l'autre des tubes RS, R'S', avec l'appareil qui contient le gaz à raréfier.

Par un phénomène tout à fait analogue à celui de la *trampe*, le gaz est entraîné par le mercure ; il est pour ainsi dire *aspiré* par ce liquide et s'écoule comme lui par le tube F ; quant à la pression du gaz dans H, elle est à chaque instant mesurée par la différence entre la hauteur du mercure dans G et dans le baromètre. La vitesse d'écoulement du mercure ayant été réglée convenablement au moyen des robinets, on voit qu'au bout de peu de temps le niveau du mercure devient stationnaire dans le tube G, et, par conséquent, la raréfaction du gaz a atteint sa limite. Il suffit alors de prendre garde que l'entonnoir E contienne toujours du mercure, pour que la pression demeure indéfiniment constante dans H.

**MANCHONS RÉFRIGÉRANTS.** — Les manchons réfrigérants peuvent être con-

struits avec des tubes de verre, comme le montre la figure 134, (pl. XXIII) (1); mais ordinairement ils sont en cuivre, (fig. 135). Cet appareil se compose d'un long cylindre que traverse le tube de verre qui doit amener les vapeurs à condenser, et qui est maintenu à l'aide de bouchons. On fait arriver un filet d'eau froide par l'entonnoir qui termine un tube placé à la base de l'appareil, mais dont la hauteur dépasse le niveau de la partie supérieure du cylindre, et où se trouve un second tube, le trop plein, par lequel s'écoule l'excès d'eau

**MORTIERS.** — Les mortiers sont des ustensiles fondamentaux du laboratoire. Leurs formes sont peu différentes, à part celle que l'on donne au mortier d'agate (fig. 136), et au mortier d'Abich, qui est en acier (fig. 137). Les mortiers sont en cristal (fig. 138 et 139); en porcelaine vernie ou non vernie (fig. 140); en bronze ou en fonte de fer (fig. 141), ou en marbre (fig. 142).

**NÉCESSAIRE POUR LES ESSAIS AU CHALUMEAU.** — Ce nécessaire contient tous les instruments et les réactifs employés dans les essais au chalumeau. Les ustensiles que renferme ce nécessaire sont décrits à part; la figure 143 montre l'ensemble de ces ustensiles.

**OPTIQUE (instruments d').** — Les instruments d'optique employés dans les laboratoires sont :

La loupe ordinaire (fig. 144 et 145);

Le microscope (fig. 146);

Le saccharimètre-soleil (fig. 147, pl. XXIV) (2), et le saccharimètre à pénombre (fig. 148);

Le spectroscope (fig. 149);

Le cathétomètre (fig. 150); cet instrument sert spécialement à viser les niveaux des colonnes de mercure dans les tubes;

Le colorimètre de Dubosc (fig. 151), qui sert à la détermination du pouvoir décolorant des noirs d'os, et à mesurer l'intensité colorante des indigos et des autres matières colorantes.

**PERCERETTES, QUEUES DE RATT, RAPES, TROIS-QUARTS.** — Les percerettes et les limes (fig. 152), sont des ustensiles indispensables pour percer les bouchons, les dégrossir et les parer. Les percerettes sont des tiges de fer emmanchées à une extrémité et effilées de l'autre. Les limes rondes qui servent à faire les trous dans les bouchons après que la percerette a transpercé ceux-ci, portent le nom de queues de rats. Les limes et les queues de rats sont dites râpes, demi-râpes ou fines selon la grosseur de leur grain. Les limes sont plates ou demi-rondes. On donne le nom de trois-quarts à une lime triangulaire à grain très fin qui sert à faire des traits profonds dans le verre que l'on veut couper.

**PINCES.** — On emploie dans les laboratoires plusieurs espèces de pinces. La

(1) La planche XXIII contient les figures 134 à 146 inclusivement.

(2) La planche XXIV contient les figures 147 à 152 inclusivement.

plus grande partie de ces pinces est représentée dans la figure 153, pl. XXV (1). A et B sont des pinces en bois qui servent à tenir à la main les tubes et les ballons que l'on chauffe. C est une pince à charbon en fer dont les deux bouts sont garnis de bouchons et qui sert aux mêmes usages que les précédentes. D est une petite pince à tubes et à cloches courbes. E est une pince à mâchoire pour gros tubes de fer et pour amollir les bouchons. F, G, H, I, J et K sont différentes pinces dites à charbon et à creusets.

Les figures 154 et 155 sont des pinces à ressort en acier dites de Mohr, qui servent à comprimer les caoutchoucs des appareils et des burettes graduées. Les figures 156 et 157 sont des pinces anglaises à vis pour le même usage.

Les figures 158 et 159 représentent des pinces dites *brucelles*, qui servent à saisir les corps d'un très petit volume.

La figure 160 montre les pinces à bouts de platine employées dans les essais au chalumeau.

Les figures 161 et 162 sont des pinces ordinaires en acier; pince plate et pince coupante.

**PIPETTES.** — On donne le nom de pipettes à des tubes de verre dont une extrémité est effilée, et qui servent à prendre une certaine quantité de liquide, en aspirant par la partie supérieure, tandis que la pointe effilée trempe dans le liquide.

La pipette peut être jaugée ou divisée en centimètres cubes et en dixièmes de centimètre cube.

La forme la plus simple de la pipette est le tube droit, (fig. 163). On donne une plus grande contenance à la pipette en lui donnant les formes représentées dans les figures 164, 165 et 166.

La figure 167 montre une pipette à tube recourbé; cette disposition permet d'introduire des liquides dans les éprouvettes à gaz sur le mercure. La pipette de la figure 168, dont le tube recourbé est plus long que le précédent, est employée pour remplir les tubes à gaz sans laisser de bulles d'air. Enfin, dans les analyses eudiométriques, on emploie la pipette de Doyère (fig. 169) ou la pipette de M. Berthelot (fig. 170).

**PISSETTES.** — On donne le nom de pissettes à des flacons ou à des ballons fonds-plats, contenant de l'eau distillée destinée principalement à faire le lavage des précipités sur les filtres. Ces flacons ou ces fonds-plats doivent avoir deux tubulures ou un bouchon percé de deux trous par lesquels passent deux tubes courbés à angle plus ou moins ouvert, et dont l'un est effilé à son extrémité extérieure; ordinairement ce dernier tube plonge presque jusqu'au fond de la pissette, de telle sorte qu'en soufflant avec la bouche par l'autre tube, la pression qui s'exerce sur le liquide force celui-ci à monter dans le tube et à sortir par sa pointe effilée.

La figure 171 (pl. XXVI) (2), montre une pissette faite avec un flacon à deux

(1) La planche XXV contient les figures 153 à 170 inclusivement.

(2) La planche XXVI contient les figures 171 à 182 inclusivement.

tubulaires, et une pissette faite avec un fond-plat. La première de ces pissettes ne peut être chauffée ; le liquide de l'autre, au contraire, peut être porté à l'ébullition ; dans ce but le col de cette dernière est garni d'une substance non conductrice de la chaleur (corde, paille, bouchon) qui protège la main de l'opérateur.

La figure 172 montre une pissette destinée à faire des lavages continus ; cette pissette fait fonction de flacon de Mariotte, et le liquide qu'elle contient ne peut s'écouler par le tube qui plonge dans l'entonnoir où se fait le lavage, que lorsque l'extrémité extérieure de ce tube se trouve découverte par le liquide de l'entonnoir.

**PRESSES.** — Quelques laboratoires possèdent encore de grandes presses en bois ou en fer, mais dans tous on fait usage aujourd'hui de la petite presse à main dont nous donnons le modèle dans la figure 173.

**RÉCIPIENTS FLORENTINS.** — Le récipient florentin est un vase en verre destiné à recueillir les huiles essentielles dans la distillation des substances végétales en présence de l'eau. C'est un fond-plat ou un bocal droit, portant à la base un tubulure en forme de tube allongé et recourbé en col de cygne (fig. 174 et 175). La vapeur d'eau qui entraîne les essences dans la distillation vient se condenser avec elles dans le vase, et comme elle est plus lourde que les essences, elle se maintient au fond de l'appareil et finit par s'écouler peu à peu par le col de cygne, tandis que l'essence surnage dans le récipient et s'y concentre.

La figure 176 montre une nouvelle disposition que l'on donne au récipient florentin ; cet appareil se compose d'une allonge fermée à sa base et portant latéralement une tubulure munie d'un tube en col de cygne ; les produits de la distillation viennent d'abord se rendre dans un tube effilé dans lequel se concentre l'essence ; celle-ci ne pouvant plus se répandre et occuper une grande surface comme cela a lieu dans le récipient florentin ordinaire, est plus facile à recueillir. Avant de recevoir les produits de la distillation, on doit remplir cet appareil d'eau jusqu'au-dessus de la pointe effilée du tube intérieur pour éviter que les premières portions d'essence ne se répandent dans l'allonge.

**RÉGULATEURS A GAZ.** — Depuis que l'usage du gaz est devenu général comme moyen de chauffage dans les laboratoires, on s'est préoccupé de trouver des appareils propres à régulariser l'écoulement du gaz, dont la pression, dans les conditions ordinaires, varie presque à chaque instant, ce qui nécessite une surveillance incessante lorsqu'il s'agit d'entretenir des températures constantes dans des milieux donnés.

On connaît aujourd'hui un grand nombre de régulateurs, mais nous ne mentionnerons ici que les plus nouveaux. En général, le jeu de ces régulateurs est basé, soit sur la compression qu'un liquide quelconque, mercure, eau, etc., vient exercer par suite de sa dilatation sous l'influence de la chaleur, sur des membranes de caoutchouc qui servent alors d'obturateurs à l'entrée du gaz ; soit sur la simple dilatation du liquide qui vient lui-même fermer graduellement le tube d'arrivée. Enfin on remplace dans quelques régulateurs la force de dila-

tation des liquides par une compression graduée exercée sur les membranes à l'aide de poids, de la vapeur d'eau ou de la dilatation des gaz.

La figure 177 représente le régulateur dont l'idée première est due à Bunsen. Dans cet instrument une bulle d'air est emprisonnée dans du mercure ; cette bulle d'air, en se dilatant sous l'influence de la chaleur, soulève le mercure qui vient fermer l'ouverture du tube O, et diminuer ainsi la quantité de gaz qui s'écoule ; ce tube étant mobile, on peut préalablement lui donner telle position correspondant à peu près aux températures qu'on désire atteindre. Ce régulateur est moins sensible que celui de la figure 178, que l'on doit à M. Schlœsing. Le réservoir à mercure de cet instrument étant plongé dans l'enceinte chauffée, le mercure se dilate et s'élève verticalement dans le tube à entonnoir qui le surmonte et dont on maintient ouvert le robinet en verre ; lorsque la température qu'on désire atteindre est obtenue, on ferme le robinet ; à partir de ce moment, la dilatation du mercure se fait dans le tube latéral de l'instrument et la pression qui en résulte s'exerce sur une membrane de caoutchouc placée à l'extrémité de ce tube. Cette membrane se gonfle et vient diminuer peu à peu l'ouverture d'arrivée du gaz F, ce qui détermine bientôt un abaissement de la température et une contraction du mercure ; cette dernière ramène la membrane dans sa première position, ce qui livre passage à une plus grande quantité de gaz et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il y ait équilibre.

La figure 179 est un régulateur de M. d'Arsonval : la tubulure 1 de cet instrument est mise en relation avec le liquide dilatable d'un réservoir renfermé dans l'enceinte chauffée. Tant que le robinet 6 est ouvert, la température s'élève et le liquide vient s'accumuler dans l'entonnoir qui surmonte ce robinet, mais si l'on ferme ce dernier, le liquide dilaté vient exercer sa pression sur une membrane de caoutchouc et celle-ci diminue l'arrivée du gaz qui se fait par les tubes 3 et 4, ce dernier pouvant servir de tube de sûreté. Le gaz se rend au brûleur par la tubulure 5.

Le régulateur de la figure 180, dû également à M. d'Arsonval, est applicable aux générateurs de vapeur chauffés au gaz, et dans lesquels on veut, sans danger d'explosion, entretenir une pression constante.

Dans cet instrument, la membrane est recouverte par un galet, 2, qui glisse librement dans la boîte à gaz et que surmonte une tige, 5, qui lui transmet la pression exercée par le contrepoids 6, agissant par l'intermédiaire d'un levier articulé. La membrane se trouve chargée de la sorte comme une véritable soupape de sûreté ; sa face inférieure est mise par le tube 1 en communication avec la vapeur. Le gaz arrive par le tube 3, et va au brûleur par le tube 4.

Le galet étant chargé pour se soulever à cinq atmosphères par exemple, tant que cette pression n'est pas atteinte, le gaz afflue au brûleur ; mais lorsqu'on arrive à cinq atmosphères, le galet est soulevé par la pression de la vapeur et règle alors l'écoulement du gaz.

Ce dernier régulateur ne pouvant servir à la régularisation des températures élevées, M. d'Arsonval a inventé le régulateur présenté dans la figure 181, qu'on peut appeler un *thermo-régulateur*, car cet instrument est en même temps un thermomètre à air qui indique la température obtenue tout en contrôlant sa marche à chaque instant.

Dans cet instrument, la masse régulatrice est un gaz ; l'air atmosphérique, la masse et le volume de l'air restent constants ; les variations de pression que lui font éprouver les changements de température, servent à la régularisation. L'instrument se compose de trois parties : 1° le réservoir à air destiné à plonger dans le milieu dont on veut régler la température ; 2° le manomètre, 8, qui indique la pression de l'air enfermé dans le réservoir, en même temps que la température ; 3° le régulateur proprement dit qui agit sur le passage du gaz se rendant au brûleur. Ce régulateur ressemble au précédent, avec cette seule différence qu'il obéit à des pressions d'air et non de vapeur.

Lorsque le manomètre montre qu'on a atteint la température désirée, il suffit de faire glisser le contrepoids 6, jusqu'à ce que la membrane se soulève sous la pression de l'air et réduise le feu.

SIPHONS. — On se sert dans les laboratoires des différents siphons en verre qui sont représentés dans la figure 182. A part le siphon simple A, tous les autres s'amorcent en aspirant par l'extrémité du tube latéral, et en bouchant avec le doigt la longue branche, sauf le siphon C qui porte un robinet à cet effet et qui peut, lorsque le robinet est fermé, rester ensuite indéfiniment amorcé.

Lorsque les liquides que l'on veut siphoner dégagent des vapeurs nuisibles à l'économie, au lieu d'aspirer avec la bouche pour amorcer, on ajuste au tube latéral une poire en caoutchouc à faire le vide.

SOUFFLERIES ET TROMPES. — Dans certaines opérations, il est nécessaire d'activer la combustion, et anciennement on se servait à cet effet de soufflets de forges à demeure ; plus tard d'Enfer invente ses souffleries portatives, qui portent son nom et qui se manœuvrent à l'aide d'un levier ou d'une pédale comme on le voit dans la lampe d'émailleur (fig. 122, pl. XXI). De nos jours, ces souffleries sont remplacées avec avantage par la pompe foulante de Wiesnegg (fig. 183, pl. XXVII) (1). Dans cette pompe l'air, comprimé sous pression de 70 centimètres de mercure, est envoyé dans un réservoir d'une contenance d'environ 30 fois la capacité du corps de pompe. L'air ainsi régularisé dans son passage à travers ce matelas élastique, est envoyé dans les appareils.

Ces différentes souffleries ne peuvent être manœuvrées qu'à l'aide de bras d'hommes ; il n'en est plus de même avec les *trompes* ou *souffleries hydrauliques* dont l'idée première, due à M. Sainte-Claire Deville, est empruntée à la trompe catalane, dans laquelle la soufflerie est produite par l'entraînement de l'air par une colonne d'eau déterminée. M. Damoiseau a réduit les dimensions de la trompe de M. Sainte-Claire Deville, en s'appuyant non plus sur le poids de la colonne liquide, mais sur sa vitesse d'écoulement se faisant par un ajutage conique sous sa pression maxima. La trompe de M. Damoiseau est représentée dans la figure 184.

On doit à M. Wiesnegg une soufflerie (fig. 185) dans laquelle la colonne liquide est remplacée par un jet de vapeur, et avec laquelle on peut obtenir autant d'air comprimé qu'on le désire sous pression absolument fixe. Cet instrument

(1) La planche XXVII contient les figures 183 à 193 inclusivement.



se compose d'un générateur à vapeur à circulation rapide, chauffé au gaz. La pression de la vapeur est rendue constante, et la combustion proportionnée à son débit par un régulateur de pression d'Arsonval, ou autre. Les cônes d'entraînement d'air de ce générateur sont de M. de Romilly.

Le condensateur de la vapeur est un serpentín ordinaire, muni d'un réservoir où s'accumule l'eau condensée qui servira de nouveau à garnir la chaudière, ce qui évite les incrustations. Enfin un régulateur à compression, adapté au condensateur, permet de régler automatiquement le débit d'eau froide destiné à la condensation de la vapeur.

**SUPPORTS.** — Les supports employés dans les laboratoires sont en bois, en fer ou en cuivre ; leurs formes sont très variées.

Les plus simples supports sont les briques et les petits billots en bois comme on le voit, (fig. 186) dans l'appareil employé à préparer le phosphure d'hydrogène liquide.

Les figures 187, 188, 189 et 190 montrent les principaux supports en bois ; les figures 191, 192, 193 et 194, les principaux supports métalliques, simples et articulés, et les figures 195, 196, 197 et 198, (pl. XXVIII) (1), des supports à tubes bouchés, à pipettes graduées et à égoutter la verrerie.

**TRIANGLES.** — Les triangles sont destinés à mettre à l'abri du contact du feu les divers appareils et à faciliter le tirage des fourneaux : ces triangles sont en fer plat ou en fer rond (fig. 211).

On fabrique, avec du fil de fer ou du fil de cuivre, de petits triangles (fig. 212), qui servent à supporter des entonnoirs ou de petites capsules. On garnit souvent ces triangles avec des tuyaux de pipes, pour protéger le métal de l'action du feu, et aussi pour garantir les creusets de platine ou d'argent du contact du métal qui les supporte, lorsqu'on les chauffe ; mais ces triangles garnis ont l'inconvénient d'absorber trop de chaleur et de refroidir par conséquent la température. Il est préférable d'employer, pour la calcination des creusets métalliques, un triangle percé de petits trous dans lesquels entre un fil de platine croisé (fig. 213), ou le support ordinaire dont l'anneau, percé également de trous, est garni d'un fil de platine qui forme triangle (fig. 214) ; des lames ou des fils de platine réunissent deux à deux les côtés du triangle, en forme d'anneaux à glissement libre, et permettent d'agrandir ou de rapetisser le triangle selon la grosseur des creusets.

**TUBES.** — Les tubes qu'on emploie dans les opérations de chimie sont très variés de formes ; il sont ordinairement en verre, en porcelaine, en terre ou en fer.

En dehors des tubes droits de verre blanc, de verre vert, de porcelaine et de terre, les principaux tubes sont :

Les tubes abducteurs (fig. 199).

Les tubes bouchés droits, représentés dans les figures 195 et 196 ; et les tubes bouchés doublement coudés (fig. 200).

(1) La planche XXVIII contient les figures 194 à 216 inclusivement.

Les tubes de caoutchouc ;

Les tubes à dessiccation (fig. 201) ;

Les tubes en fer à fermeture vissée pour le chauffage sous pression des matières organiques, soit dans un bain d'huile (fig. 202), soit dans un bain d'air (fig. 203), soit directement et par rayonnement (fig. 204 et 205), et le long tube en fer de M. Cloëz, qui sert d'une manière permanente aux analyses organiques ;

Le tube à boule de Liebig (fig. 206) ;

Le tube pour la liquifaction du gaz sulfureux (fig. 207) ;

Les tubes de sûreté, droits, en S à boule et à cylindre et de Welter (fig. 208) ;

Les tubes en U et en V (fig. 209) ;

Le tube de Will et Warentrapp pour le dosage de l'azote à l'état d'ammoniaque (fig. 210) ;

**VALETS.** — On donne le nom de *valets* à des couronnes tressées en paille ou en jonc, sur lesquelles on pose les ballons et les capsules (fig. 215). Pour les appareils de petite dimension on fait usage de ronds de serviettes.

**VASES A FILTRATION.** — La figure 216 montre la forme des vases à filtration qu'on emploie pour recueillir les liquides filtrés. Ces vases se vendent par série ; ils sont ordinairement en verre de Bohême très mince, et pouvant aller au feu.

**VASES GRADUÉS.** — Tous les vases de verre peuvent être jaugés ou gradués, en litres, en centimètres cubes ou en dixièmes de centimètre cube. Ainsi nous avons mentionné déjà les ballons jaugés, les cloches divisées, les éprouvettes et les pipettes graduées, etc. ; il nous reste à parler des *burettes graduées*, qui sont des instruments de première importance pour exécuter les analyses dites par voie volumétrique.

C'est Descroizille qui le premier proposa de remplacer, dans l'analyse des alcalis, les poids par les volumes, et l'alcalimétrie a été le point de départ de la méthode volumétrique appliquée de nos jours à presque toutes les substances.

On doit à Gay-Lussac la première burette graduée, burette qui porte son nom (fig. 217, pl. XXIX) (1). Aujourd'hui il existe un grand nombre de burettes graduées qui ne varient que dans la forme (fig. 218, 219, 220) ; la burette droite de Mohr avec pince d'acier ou robinet maintenue par un support (fig. 221), et la burette de M. Mangon, (fig. 222). Cette dernière burette se manœuvre à l'aide d'une pression d'air qu'on détermine au moyen d'une poire de caoutchouc, et qui se transmet par le support creux AB, qui maintient la burette et avec laquelle il est relié par un tube de caoutchouc.

**VASES A PRECIPITER ET A SATURATION.** — Ces vases qui sont représentés dans la figure 223, sont en verre blanc ordinaire à bec ou sans bec, droits ou coniques ; ils sont sujets à se casser sous l'influence de la chaleur

(1) La planche XXIX contient les figures 217 à 234 inclusivement.

Après avoir décrit presque tous les ustensiles et appareils d'un laboratoire, nous terminerons cette description en donnant ici les principaux appareils montés.

Figure 224. — Appareil à faire l'hydrogène ; le flacon contient de l'eau, du zinc et de l'acide sulfurique. Cet appareil sert également pour la préparation du bioxyde d'azote, de l'hydrogène sulfuré et de l'acide carbonique.

Figure 225. — Même appareil disposé pour montrer que l'hydrogène, en brûlant, produit de l'eau.

Figure 226. — Appareil à hydrogène avec un tube effilé doublement coudé, servant à montrer que la flamme de l'hydrogène est peu éclairante, et pour faire l'expérience de l'harmonica chimique.

Figure 227. — Appareil à hydrogène sec pour démontrer que sous l'influence de la chaleur ce gaz réduit les oxydes à l'état métallique avec dégagement de vapeur d'eau, et les chlorures avec production de gaz chlorhydrique.

Figure 228. — Appareil à hydrogène transformé en appareil de Marsh : le gros tube contient du coton ; une partie du tube de dégagement est entourée de clinquant pour être chauffée par une grille à analyse.

Figure 229. — Cet appareil sert à obtenir de l'hydrogène par la décomposition de la vapeur d'eau par du fer chauffé au rouge ; on retrouve dans le tube après l'expérience de l'oxyde de fer magnétique.

Le même appareil sert à démontrer que la vapeur d'eau est nécessaire, pour que la décomposition du carbonate de chaux chauffé en vase clos soit complète, l'acide carbonique étant entraîné par la vapeur au fur et à mesure qu'il se produit. Enfin on l'emploie aussi pour soumettre les corps à l'action de certaines vapeurs ; dans ce cas, l'eau de la cornue est remplacée par le liquide qui doit fournir la vapeur.

Figure 230. — Appareil pour la préparation de l'oxygène par le chlorate de potasse ; on remplace souvent la cornue de cet appareil par un petit ballon.

On emploie ce même appareil pour préparer l'hydrogène protocarboné, en faisant réagir un excès d'alcali sur de l'acétate de soude desséché.

Figure 231. — Appareil pour la préparation de l'oxygène par la calcination du peroxyde de manganèse.

Figure 232. — Appareil pour la préparation de l'oxygène par le peroxyde de manganèse et l'acide sulfurique.

Dans cette figure le gaz est reçu sous une cloche à robinet, qui permet de recueillir ce gaz dans une vessie également à robinet.

Figure 233. — Appareil à oxygène et à hydrogène pour obtenir la fusion du platine, et pour produire la lumière oxyhydrique.

Figure 234. — Le même appareil dans lequel l'hydrogène est remplacé par du gaz d'éclairage.

Figure 235, planche XXX (1). — Voltamètre disposé pour la décomposition de l'eau par la pile.

Figure 236. — Appareil pour recueillir l'air de l'eau.

Figure 237. — Appareil pour l'analyse de l'eau oxygénée.

(1) La planche XXX contient les figures 235 à 255 inclusivement.

Figure 238. — Cloche disposée sur une cuve à eau pour la préparation de l'azote de l'air par le phosphore.

Figure 239. — Appareil pour préparer l'azote par le passage de l'air purifié et desséché, sur du cuivre chauffé au rouge et qui retient l'oxygène.

Figure 240. — Appareil de Lavoisier pour déterminer la composition de l'air.

Figure 241. — Disposition de l'appareil qui sert à faire l'analyse de l'air par le phosphore à froid, ou par le pyrogallate de potasse.

Figure 242. — Appareil pour l'analyse de l'air par le phosphore à chaud.

On emploie également cet appareil pour faire l'analyse des composés oxygénés de l'azote qui sont gazeux, et des gaz chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique, sulfhydrique et cyanhydrique.

Figure 243. — Appareil pour la préparation de l'acide azotique fumant.

Figure 244. — Appareil pour la préparation de l'acide hypoazotique.

Figure 245. — Appareil de Kulmann pour démontrer la transformation d'un mélange de bioxyde d'azote et d'hydrogène en ammoniacque, sous l'influence de la mousse de platine légèrement chauffée.

On démontre la réaction inverse, c'est-à-dire la transformation de l'ammoniacque en eau et en acide azotique, en remplaçant l'hydrogène et le bioxyde d'azote par un courant d'oxygène passant dans le flacon laveur qui, au lieu d'eau pure, contient de l'eau ammoniacale.

Figure 246. — Appareil pour la préparation du protoxyde d'azote.

Figure 247. — Appareil servant à la préparation de l'ammoniacque. Le ballon contient un mélange de sel ammoniac et de chaux vive.

Cet appareil sert également pour préparer l'acide chlorhydrique; on met du sel marin fondu et de l'acide sulfurique dans le ballon.

Figure 248. — Appareil pour la préparation du chlore gazeux. Le ballon contient du peroxyde de manganèse et de l'acide chlorhydrique.

Figure 249. — Appareil pour la préparation du chlore en dissolution. Cet appareil sert également à préparer l'acide chlorhydrique.

Figures 250 et 251. — Ces deux appareils servent à la préparation des chlorures volatils. Pour les chlorures qui se forment à des températures peu élevées, le corps à chlorurer est placé dans une cornue tubulée en verre; dans le cas contraire, on emploie des cornues tubulées en terre ou en porcelaine.

Figure 252. — Appareil pour la préparation du gaz chlorhydrique, ou du gaz sulfureux.

Figure 253. — Appareil servant à la préparation de l'acide bromhydrique; le premier coude du tube contient du brome qu'on volatilise, le second renferme des fragments de verre humides, et du phosphore ordinaire. Aujourd'hui on remplace cet appareil par un ballon contenant de l'eau, du brome et du phosphore rouge; la réaction ne se manifeste que lorsqu'on chauffe.

Figure 254. — Appareil pour la préparation de l'acide fluorhydrique. La cornue en plomb contient du spath fluor et de l'acide sulfurique.

Figures 255 et 256 (cette dernière figure dans la planche XXXI) (1). — Ces deux appareils sont employés pour obtenir, à l'aide d'un mélange réfrigérant, la

(1) La planche XXXI contient les figures 256 à 270 inclusivement.

condensation de vapeurs liquéfiables, et principalement du gaz acide sulfureux.

Figure 257. — Appareil pour la théorie de l'acide sulfurique, et la formation des cristaux des chambres de plomb.

Figure 258. — Appareil pour la préparation de l'hydrogène sulfuré par le sulfure d'antimoine et l'acide chlorhydrique.

Figure 259. — Appareil pour la préparation du phosphore.

Figure 260. — Appareil pour la préparation de l'acide phosphorique anhydre.

Figure 261. — Appareil pour la préparation de l'acide phosphorique hydraté ordinaire.

Figure 262. — Appareil pour préparer l'hydrogène phosphoré spontanément inflammable. Le petit ballon contient des boulettes de chaux éteinte renfermant chacune, un fragment de phosphore.

Figure 263. — Appareil pour la préparation de l'oxyde de carbone par l'action de l'acide sulfurique concentré sur l'acide oxalique cristallisé ; le flacon laveur contient une dissolution de potasse assez concentrée, pour retenir l'acide carbonique qui se forme en même temps que l'oxyde de carbone.

Figure 264. — Appareil pour démontrer la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone, lorsqu'il est en contact avec du charbon porté au rouge.

Figure 265. — Appareil pour montrer l'action réductrice que l'oxyde de carbone exerce sur les oxydes métalliques, en se transformant en acide carbonique ; le tube chauffé contient de l'oxyde de fer.

Figure 266. — Appareil pour la préparation de l'hydrogène bicarboné, à l'aide de l'alcool et de l'acide sulfurique concentré employé en excès.

Figure 267. — Appareil pour la préparation du sulfure de carbone : le tube contient de la braise portée au rouge ; on introduit le soufre en petits fragments, par l'extrémité du tube, que l'on débouche et que l'on rebouche chaque fois.

Figure 268. — Appareil pour la préparation de l'acide cyanhydrique, au moyen du cyanure de mercure bien desséché et de l'acide chlorhydrique concentré. Le gros tube horizontal contient d'abord du marbre qui sature l'acide chlorhydrique entraîné, et qui n'agit point sur l'acide cyanhydrique, puis du chlorure de calcium destiné à dessécher l'acide cyanhydrique.

Figure 269. — Appareil pour préparer l'acide hydrofluosilicique. Le ballon contient un mélange de spath fluor en poudre, de silice et d'acide sulfurique concentré employé en excès. Le fluorure de silicium qui se produit arrive par le tube abducteur *bien sec*, qu'on a préalablement plongé dans un peu de mercure placé au fond du verre, avant d'y verser l'eau destinée à transformer le fluorure de silicium, en silice gélatineuse et en acide hydrofluosilicique.

Figure 270. — Appareil de Gay-Lussac et de Thénard, pour la préparation du potassium, en faisant passer de la potasse fondue et en vapeur, sur du fer chauffé au rouge vif dans un canon de fusil. Le potassium vient se condenser dans de l'huile de naphte contenue dans le récipient en cuivre, placé à l'extrémité de l'appareil. L'éprouvette placée en avant du tube contient du mercure et le tube qui plonge dedans devient un tube de sûreté.



# GÉNÉRALITÉS SUR L'EMPLOI DES RÉACTIFS

PAR M. TERREIL

## LISTE DES PRINCIPAUX RÉACTIFS

Comme la préparation des réactifs est un des points les plus importants de la chimie expérimentale, je crois devoir présenter ici la liste assez complète des réactifs que nous mettons entre les mains de nos élèves.

M. Terreil a le soin de faire préparer par nos élèves presque tous ces réactifs; on les trouve chez les fabricants de produits chimiques, mais un jeune chimiste doit être en état de les préparer lui-même; c'est ainsi qu'il complète son éducation.

Eau distillée.  
Alcool à 100.  
Alcool à différents degrés.  
Alcool méthylique.  
Alcool amylique.  
Ether.  
Éther acétique.  
Mélange d'alcool et d'éther.  
Sulfure de carbone.  
Protochlorure de carbone.  
Chloroforme.  
Acétone.  
Benzine.  
Essence de térébenthine.  
Pétroles légers et lourds.  
Glycérine.  
Oxygène.  
Oxygène allotropique (ozone).  
Eau oxygénée.  
Hydrogène.  
Eau de chlore. Chlore gazeux.  
Eau iodée.  
Teinture d'iode.  
Brome.

Eau bromée.  
Sulfate d'indigo.  
Empois d'amidon.  
Teinture de tournesol.  
Dissolution de cochenille.  
Dissolution de campêche.  
Dissolution acide d'acide rosolique.  
Violet de méthylaniline.  
Dissolution alcoolique de phtaléine.  
Papiers bleus et rouges de tournesol.  
Papier de curcuma.  
Papier de gaude.  
Papier de Fernambouc.  
Papier amidonné et ioduré.  
Papier de tournesol vineux et mi-ioduré de Houzeau.  
Papier d'acétate de plomb.  
Chlorure de zinc.  
Perchlorure de phosphore.  
Oxychlorure de phosphore.  
Iodures de méthyle et d'éthyle et des autres radicaux alcooliques.  
Chlorure de silicium.

## ACIDES.

Acide azotique fumant.	Acide phosphorique anhydre et hydraté.
Acide azotique du commerce.	Acide arsénieux en dissolution dans l'eau et dans l'acide chlorhydrique.
Acide azotique nitreux.	Acide arsénique.
Acide chlorhydrique.	Acide carbonique.
Eau régale.	Acide borique.
Acide chlorique.	Acide silicique.
Acide perchlorique.	Acide hydrofluosilicique.
Acide iodique.	Acide cyanhydrique.
Acide periodique.	Acide oxalique.
Acide iodhydrique.	Acide acétique.
Acide fluorhydrique.	Acide tartrique.
Acide sulfureux.	Acide citrique.
Acide sulfurique à 66° et étendu.	Acide tannique (tannin ou noix de galle).
Acide sulfurique titré.	Acide picrique.
Acide sulfurique nitreux.	
Acide sulfhydrique.	
Acide phosphoreux.	

## RÉACTIFS PRODUITS PAR LES MÉTAUX.

<i>Potassium.</i>	Bitartrate de potasse.
Amalgame de potassium.	Manganate de potasse.
Potasse caustique.	Permanganate de potasse.
Alcool potassé.	Chromate neutre de potasse.
Dissolution alcoolique de potasse.	Bichromate de potasse.
Chlorure de potassium.	Biméta-antimoniate de potasse.
Bromure de potassium.	
Iodure de potassium.	<i>Sodium.</i>
Fluorure de potassium.	Amalgame de sodium.
Monosulfure de potassium.	Soude caustique.
Sulfhydrate de sulfure de potassium.	Alcool sodé.
Polysulfure de potassium.	Dissolution alcoolique de soude.
Cyanure de potassium.	Chlorure de sodium.
Sulfocyanure de potassium.	Bromure de sodium.
Ferrocyanure de potassium.	Iodure de sodium.
Ferricyanure de potassium.	Sulfures de sodium.
Azotate de potasse.	Azotate de soude.
Azotite de potasse.	Azotite de soude.
Chlorate de potasse.	Perchlorate de soude.
Perchlorate de potasse.	Chlorate de soude.
Hypochlorite de potasse.	Hypobromite de soude.
Sulfite de potasse.	Hyposulfite de soude.
Bisulfite de potasse.	Sulfite de soude.
Sulfate de potasse.	Bisulfite de soude.
Bisulfate de potasse.	Sulfate de soude.
Carbonate de potasse.	Bisulfate de soude.
Bicarbonat de potasse.	Phosphate de soude.
Silicate de potasse.	Pyrophosphate de soude.
Oxalate de potasse.	Métaphosphate de soude.
Acétate de potasse.	Arsénite de soude.
Formate de potasse.	Arséniate de soude.



Carbonate de soude.  
 Bicarbonate de soude.  
 Nitroprussiate de soude.  
 Oxalate de soude.  
 Acétate de soude.  
 Borate de soude.  
 Silicate de soude.  
 Stannate de soude.  
 Molybdate de soude.  
 Tungstate de soude.

*Ammoniaque.*

Chlorhydrate d'ammoniaque.  
 Bromhydrate d'ammoniaque.  
 Iodhydrate d'ammoniaque.  
 Fluorhydrate d'ammoniaque.  
 Sulfhydrate d'ammoniaque.  
 Azotate d'ammoniaque.  
 Perchlorate d'ammoniaque.  
 Sulfite d'ammoniaque  
 Bisulfite d'ammoniaque.  
 Sulfate d'ammoniaque.  
 Phosphate d'ammoniaque.  
 Arséniate d'ammoniaque.  
 Carbonate d'ammoniaque.  
 Sesquicarbonate d'ammoniaque.  
 Bicarbonate d'ammoniaque.  
 Oxalate d'ammoniaque.  
 Acétate d'ammoniaque.  
 Tartrate d'ammoniaque.  
 Citrate d'ammoniaque.  
 Bichromate d'ammoniaque.  
 Molybdate d'ammoniaque.  
 Tungstate d'ammoniaque.

*Baryte caustique.*

Hydrate de baryte.  
 Eau de baryte.  
 Bioxyde de baryum.  
 Chlorure de baryum.  
 Sulfure de baryum.  
 Azotate de baryte.  
 Chlorate de baryte  
 Carbonate de baryte.  
 Bioxalate de baryte.  
 Acétate de baryte.

*Strontiane caustique.*

Hydrate de strontiane.  
 Eau de strontiane.  
 Chlorure de strontium.  
 Azotate de strontiane.  
 Sulfate de strontiane.  
 Bioxalate de strontiane.  
 Chromate de strontiane.

*Chaux caustique.*

Hydrate de chaux.  
 Eau de chaux.  
 Lait de chaux.  
 Chlorure de calcium.  
 Fluorure de calcium.  
 Polysulfure de calcium.  
 Phosphure de calcium.  
 Azotate de chaux.  
 Hypochlorite de chaux.  
 Chlorate de chaux.  
 Sulfate de chaux.  
 Phosphate tribasique de chaux.  
 Phosphate acide de chaux.  
 Carbonate de chaux.  
 Bicarbonate de chaux.  
 Acétate de chaux.  
 Sucrate de chaux.

*Magnésium.*

Magnésie.  
 Chlorure de magnésium.  
 Azotate de magnésie.  
 Sulfate de magnésie.  
 Dissolution de sulfate de magnésie saturée de sel ammoniac.  
 Carbonate de magnésie.

*Aluminium.*

Alumine anhydre.  
 Alumine en gelée.  
 Chlorure d'aluminium.  
 Chlorure d'aluminium et de sodium.  
 Sulfate d'alumine.  
 Alun de potasse.  
 Alun d'ammoniaque.  
 Acétate d'alumine.

*Bioxyde de manganèse.*

Chlorure de manganèse.  
 Azotate de manganèse.  
 Sulfate de manganèse.  
 Bioxyde de manganèse et acide sulfurique.

*Acide chromique.*

Sesquichlorure de chrome.  
 Alun de chrome.  
 Acide chloro-chromique.  
 Bichromate de potasse et acide sulfurique.

*Fer.*

Protoxyde de fer.  
 Peroxyde de fer.  
 Protochlorure de fer.

Perchlorure de fer.  
 Protosulfure de fer.  
 Sulfate de protoxyde de fer.  
 Sulfate de peroxyde de fer.  
 Acétate de fer.

**Nickel.**

Chlorure de nichei.  
 Azotate de nickel.  
 Sulfate de nickel.  
 Sels ammoniacaux de nickel.

**Cobalt.**

Oxyde noir de cobalt.  
 Azotate de cobalt.  
 Sulfate de cobalt.  
 Sels ammoniacaux de cobalt.

**Azotate d'urane.**

Acétate d'urane.

**Zinc.**

Oxyde de zinc.  
 Chlorure de zinc.  
 Sulfate de zinc.

**Cadmium.**

Chlorure de cadmium.  
 Sulfure de cadmium.  
 Sulfate de cadmium.

**Étain.**

Oxyde d'étain.  
 Protochlorure d'étain.  
 Bichlorure d'étain.  
 Stannates alcalins.

**Antimoine.**

Chlorures d'antimoine.  
 Sulfure d'antimoine.  
 Antimoniates.

**Bismuth.**

Azotate de bismuth.  
 Sous-azotate de bismuth.

**Plomb.**

Protoxyde de plomb.  
 Minium.

Acide plombique.  
 Chlorure de plomb.  
 Azotate de plomb.  
 Carbonate de plomb.  
 Acétate neutre de plomb.  
 Acétate tribasique de plomb.  
 Chromate de plomb.  
 Acide plombique et acide sulfurique.

**Cuivre.**

Oxydes de cuivre.  
 Protochlorure de cuivre en dissolution dans l'ammoniaque.  
 Bichlorure de cuivre.  
 Azotate de cuivre.  
 Sulfate de cuivre.  
 Tartrate cupropotassique.  
 Azotate et azotite de cuivre en dissolution dans l'ammoniaque.

**Mercure.**

Oxyde de mercure précipité.  
 Oxyde de mercure obtenu par la calcination de l'azotate.  
 Protochlorure de mercure.  
 Bichlorure de mercure.  
 Bi-iodure de mercure et de potassium.  
 Cyanure de mercure.  
 Azotate au minimum.  
 Azotate au maximum.

**Argent.**

Oxyde d'argent.  
 Azotate d'argent.  
 Sulfate d'argent.  
 Sels d'argent contenant des acides organiques.

**Or.**

Perchlorure d'or.

**Platine** en éponge, en fils, en plaques.  
 Bichlorure de platine.

**Palladium.**

Chlorure de palladium.  
 Azotate de palladium.

RÉACTIFS POUR LES ESSAIS AU CHALUMEAU.

Borax.  
 Acide borique.  
 Sel de phosphore.  
 Carbonate de soude.

Cyanure de potassium.  
 Azotate de potasse.  
 Bisulfate de potasse.  
 Étain.

Protosulfate de fer, Azotate de cobalt. Oxyde de cuivre. Spath fluor. Plomb pauvre. Cendres d'os. Fil de fer fin.	Oxyde de nickel. Silice chimique. Gypse. Acides sulfurique, chlorhydrique, azotique. Papiers à réactifs. Instruments propres au chalumeau.
---	--

Les principaux réactifs employés dans les recherches de chimie organique seront décrits dans un article spécial.

On donne le nom de réactifs aux substances qui servent à extraire, à dissoudre et à caractériser les différents corps.

On suit ordinairement une certaine méthode dans l'emploi des réactifs :

Les dissolvants neutres sont les premiers réactifs dont on fait usage lorsqu'on veut séparer, sans les altérer, les corps les uns des autres.

En traitant de la chimie organique, nous insisterons longuement sur la *Méthode des dissolvants* qui a été découverte par M. Chevreul, et sur le parti que l'illustre chimiste a tiré de cette méthode pour opérer les séparations les plus difficiles et découvrir un grand nombre de corps nouveaux.

Lorsque la dissolution est opérée à l'aide d'un dissolvant neutre, on s'assure immédiatement de son action sur les réactifs colorés.

Après l'action des dissolvants neutres, on fait agir sur les substances insolubles, les acides plus ou moins concentrés et les alcalis caustiques ou carbonatés ou en fusion, qui permettent d'amener à l'état de dissolution les composés que les dissolvants neutres et les acides n'avaient pu dissoudre.

Dans les recherches analytiques, les dissolutions sont soumises à l'action des réactifs, également d'une manière méthodique, basée sur la précipitation des corps par groupes et la séparation des corps de chaque groupe par de nouveaux réactifs; c'est ainsi que s'emploient successivement l'hydrogène sulfuré, le sulfhydrate d'ammoniaque, le carbonate de soude, puis la potasse, l'ammoniaque, etc., pour la reconnaissance des bases, ensuite l'azotate d'argent, le chlorure de baryum et l'acide sulfurique pour distinguer les acides.

Les réactifs doivent être ajoutés aux dissolutions avec précaution et en quantité proportionnelle à la concentration des liqueurs. L'addition par gouttes permet de suivre les différentes phases de l'action du réactif. Quelquefois, au contraire, il est préférable de verser peu à peu la dissolution dans un excès de réactif, pour éviter la formation des sous-sels.

Lorsqu'on ajoute successivement plusieurs réactifs dans une dissolution, il faut tenir compte des actions que ces réactifs peuvent exercer les uns sur les autres.

Nous allons décrire ici les précautions à prendre dans l'emploi des principaux réactifs:

**Eau.** — L'eau distillée dont on fait usage doit être parfaitement pure ; elle ne doit laisser aucun résidu fixe lorsqu'on l'évapore sur une lame de platine ; en outre, elle ne doit précipiter par aucun des réactifs indiqués aux essais des eaux. Dans quelques cas, assez rares, l'eau doit même être privée des gaz qu'elle tient en dissolution ; dans ce but on la porte à l'ébullition pendant quelques instants, et si on ne peut l'employer bouillante ou très chaude, il faut la laisser refroidir à l'abri du contact de l'air.

La quantité d'eau à employer doit toujours être proportionnée au poids de la matière à dissoudre. Les dissolutions doivent contenir environ le dixième de leur poids de substance dissoute. Cette condition doit surtout être observée lorsqu'on reprend par l'eau de faibles résidus d'évaporation, ou des produits de fusion dont la masse à dissoudre est peu considérable.

Il est plus facile d'étendre d'eau des dissolutions concentrées, que de concentrer des dissolutions trop étendues.

L'eau sert à purifier, à l'aide de lavages répétés, les précipités insolubles qu'on obtient dans les analyses.

A part quelques exceptions qui seront indiquées, ces lavages doivent être faits avec de l'eau chaude, et doivent être continués jusqu'à ce que l'eau qui filtre soit tout à fait pure, et n'ait plus aucune action sur les réactifs. Dans l'opération du lavage, l'eau doit être versée avec précaution, à l'aide d'une pissette ou d'un tube effilé, de façon à ne point faire jaillir hors du filtre une partie du précipité ; il faut avoir le soin surtout de verser souvent l'eau sur la tranche du filtre pour arriver à un lavage complet.

L'évaporation des dissolutions doit se faire sans jamais atteindre le point d'ébullition du liquide, pour éviter les projections de la dissolution ou l'entraînement des corps volatils, et même celui des corps fixes, par la vapeur d'eau.

**Acides.** — Les acides sont employés pour caractériser certaines substances et pour dissoudre les corps insolubles dans l'eau et les amener à l'état de sels solubles.

On emploie les acides dans leur plus grand état de concentration lorsque les substances à traiter sont difficilement attaquables ; mais ordinairement les acides doivent être étendus d'eau.

Lorsqu'on traite un corps par un acide, il faut éviter, autant que possible, les effervescences trop vives dues aux dégagements gazeux ; dans le cas où ces effervescences sont inévitables, les attaques doivent se faire dans des fioles à fond plat, ou dans des ballons qu'on incline à 40 ou 45 degrés : de cette façon les projections ne sont plus à craindre.

Après la dissolution de la substance, on procède à l'évaporation de l'excès d'acide employé. Cette évaporation doit être faite avec précaution, et, à moins de circonstances particulières, sans jamais atteindre le point d'ébullition du liquide ; elle doit être poussée aussi loin que possible, presque à siccité, excepté lorsque les corps dissous par l'acide sont insolubles dans l'eau comme les phosphates, les arsénates, etc., et ne peuvent se maintenir en dissolution qu'à l'aide d'un acide. L'évaporation *à sec* devient nécessaire lorsqu'on veut éliminer la silice qui peut exister en dissolution ; dans ce cas, il faut reprendre

le résidu sec une seconde fois par l'acide, pour amener à l'état soluble les corps que la dessiccation aurait décomposés.

*Acide azotique.* — L'acide azotique fumant est employé surtout en chimie organique.

L'acide à 4 équivalents d'eau, connu dans le commerce sous le nom d'acide à 40 degrés est employé rarement. L'acide azotique dit à 36 degrés est celui dont on se sert communément pour dissoudre les métaux, les alliages et quelques sulfures; souvent même on l'étend d'une petite quantité d'eau. L'acide azotique étendu d'une grande quantité d'eau sert à dissoudre les carbonates et les phosphates insolubles, les bases alcalino-terreuses, la magnésie, etc.

La quantité d'acide azotique à employer dans les attaques de métaux ou alliages, doit être environ cinq à six fois le poids de la substance à traiter, et l'évaporation de l'excès d'acide ne doit pas être poussée trop loin, car il faut éviter la formation de sous-azotates insolubles dans l'eau.

Quand l'acide azotique réagit sur des métaux qui dégagent ordinairement de l'hydrogène en présence des autres acides, ce dégagement d'hydrogène ne se produit pas, et l'on trouve toujours dans la dissolution de l'ammoniaque à l'état d'azotate.

Les azotates étant tous solubles, une dissolution azotique peut contenir tous les métaux, à l'exception de l'étain et de l'antimoine, qui, sous l'action de l'acide azotique, sont transformés en acides insolubles: l'or, le platine et quelques autres métaux qui accompagnent le platine dans sa mine ne se dissolvent pas dans l'acide azotique.

Il ne faut pas employer l'acide azotique lorsqu'on se propose d'obtenir des dissolutions métalliques, qui doivent être soumises à l'action réductrice du zinc ou des sulfites: dans les cas où l'emploi de cet acide est nécessaire, on doit transformer les azotates formés en sulfates en les chauffant avec un léger excès d'acide sulfurique.

*Acide chlorhydrique.* — On ne doit faire usage de l'acide chlorhydrique concentré que dans l'attaque des corps difficiles à dissoudre; dans ce cas, l'addition de quelques gouttes d'acide sulfurique augmente beaucoup l'action dissolvante de l'acide chlorhydrique, principalement lorsqu'il s'agit de redissoudre de l'alumine et de l'oxyde de fer qui ont été fortement calcinés.

L'acide chlorhydrique est employé dans les analyses, à différents états de concentration. L'acide chlorhydrique concentré perd, sous l'influence de la chaleur, une grande quantité de son gaz acide, ce qui diminue son pouvoir dissolvant; aussi est-il nécessaire, dans la pratique, d'employer un volume relativement considérable d'acide pour opérer la dissolution complète d'une substance, ou de renouveler plusieurs fois les additions d'acide.

Les dissolutions produites au moyen de l'acide chlorhydrique doivent être évaporées avec de grandes précautions, principalement vers la fin de l'évaporation; il faut éviter dans ce cas les pertes occasionnées par l'entraînement facile des chlorures volatils, tels que les chlorures de fer et d'aluminium, ou la

décomposition de quelques chlorures qui se transforment en oxydes et en acide chlorhydrique.

*Eau régale.* — L'eau régale se compose ordinairement d'une partie d'acide azotique et de trois parties d'acide chlorhydrique ; mais on fait varier ces proportions selon les besoins de l'analyse.

On sait que l'eau régale sert à dissoudre l'or et le platine. C'est un agent de chloruration et de peroxydation énergique. Dans quelques cas on lui substitue le mélange d'acide chlorhydrique et de chlorate de potasse, qui produit les mêmes résultats et qui évite la présence de l'acide azotique.

Les précautions indiquées pour l'emploi des dissolutions chlorhydriques doivent être observées pour les dissolutions obtenues avec l'eau régale.

*Acide sulfurique.* — L'état de concentration de l'acide sulfurique, et l'élévation de son point d'ébullition, font que cet acide est rarement employé comme dissolvant, même lorsqu'il est étendu d'eau ; mais en raison de ces mêmes propriétés, l'acide sulfurique sert pour déplacer les autres acides de leurs combinaisons.

Les précautions à observer dans l'emploi de l'acide sulfurique sont les suivantes :

L'acide sulfurique concentré, en raison de sa grande affinité pour l'eau, doit être versé goutte à goutte dans les dissolutions, pour éviter l'élévation trop grande de la température, et les projections qui résulteraient d'une production instantanée de vapeur d'eau.

Il est mieux, dans presque tous les cas d'analyse, de n'employer que de l'acide étendu d'eau et de concentrer ensuite les liqueurs.

On ne doit pas employer l'acide sulfurique en trop grand excès, à cause des difficultés qu'on éprouve ensuite à se débarrasser de cet excès d'acide par volatilisation. La volatilisation de l'acide sulfurique doit s'exécuter sous la hotte d'une bonne cheminée, qui entraîne facilement les vapeurs blanches et épaisses d'acide sulfurique.

*Acide acétique.* — L'acide acétique est employé pour aciduler les liqueurs lorsqu'on veut éviter la présence des acides minéraux. Si les liqueurs contiennent déjà des acides minéraux libres, on commence par les saturer au moyen d'un léger excès d'ammoniaque ou de carbonate de soude et on sursature ensuite par l'acide acétique. Quelquefois on ajoute à la liqueur acide de l'acétate de soude en excès ; la soude contenue dans le sel saturer les acides minéraux, tandis que l'acide acétique est mis en liberté ; cette dernière méthode présente cet avantage que l'on peut se procurer plus facilement à l'état de pureté, l'acétate de soude que l'acide acétique ordinaire, qui contient souvent des matières organiques volatiles dont il est difficile de le débarrasser.

L'acide acétique cristallisable est beaucoup plus pur que l'acide ordinaire ; on doit donc l'employer de préférence à ce dernier, soit concentré soit étendu d'eau.

**Alcalis caustiques.** — La potasse et la soude caustiques sont des réactifs précieux dans l'analyse chimique. Ces deux bases doivent être très pures, exemptes surtout de silice et d'alumine ; dans les analyses on doit rejeter la potasse et la soude dites à la chaux qui sont toujours impures, et ne faire usage que de potasse ou de soude à l'alcool. On peut obtenir des dissolutions de potasse très pures en décomposant le sulfate de potasse pour de l'hydrate de baryte.

Ordinairement, dans les attaques, on donne la préférence à la potasse sur la soude, à cause de sa plus grande énergie. Les alcalis caustiques ainsi que leurs dissolutions doivent être conservés à l'abri de l'air, car ils absorbent facilement l'acide carbonique ; ces alcalis sont employés pour doser le gaz carbonique dans les mélanges gazeux et dans les analyses élémentaires des matières organiques.

Les alcalis caustiques, à l'état solide, sont employés pour désagréger et attaquer les silicates au creuset d'argent ; dans cette opération, ces alcalis doivent être chauffés avec précaution, jusqu'à ce qu'ils aient perdu leur eau d'hydratation, et qu'ils soient en fusion tranquille, pour éviter les projections déterminées par la vive effervescence due au dégagement de la vapeur d'eau.

On remplace souvent les alcalis caustiques par leurs carbonates, pour attaquer les silicates ; mais dans ce cas l'opération nécessite une température beaucoup plus élevée pour obtenir la fusion du carbonate alcalin ; en outre elle doit être faite dans un creuset de platine. Les carbonates alcalins présentent l'inconvénient de produire une très vive effervescence, lorsqu'on reprend la masse fondue par l'eau et par l'acide chlorhydrique.

Les dissolutions rendues alcalines par la potasse ou la soude doivent être assez étendues d'eau, lorsqu'on doit les filtrer ; sous l'action des alcalis concentrés, le papier à filtre se contracte et la filtration devient impossible.

Une liqueur qui doit son alcalinité à de la potasse ou à de la soude, peut contenir tous les métaux qui en s'oxydant forment des acides tels que l'aluminium, le chrome, le manganèse, le zinc, l'étain, le plomb, l'antimoine, le tungstène, le molybdène, etc.

**Ammoniaque.** — L'ammoniaque sert particulièrement à saturer les liqueurs acides, à précipiter un grand nombre d'oxydes métalliques, et aussi dans la séparation des oxydes, pour retenir en dissolution quelques oxydes solubles dans ce réactif.

Certains oxydes ne deviennent entièrement solubles dans l'ammoniaque qu'en présence des sels ammoniacaux ; aussi une dissolution neutre peut produire un précipité par l'ammoniaque, qu'elle ne donnerait point si la liqueur était acide.

Une dissolution qui doit son alcalinité à l'ammoniaque, peut contenir les métaux alcalins et les métaux alcalino-terreux, et en outre la magnésie, des traces d'alumine, de manganèse, du protoxyde de fer, du cobalt, du nickel, du zinc, du cadmium, du cuivre, de l'argent et les acides chromique, tungstique, molybdique et vanadique.

Si la liqueur contient du carbonate d'ammoniaque, elle peut encore contenir de la glucine et de l'urane.

**Hydrogène sulfuré.** — L'hydrogène sulfuré s'emploie à l'état de courant

gazeux ou de dissolution dans l'eau. La dissolution d'hydrogène sulfuré est peu concentrée, elle ne contient en effet que trois fois environ son volume de ce gaz ; aussi ne sert-elle que pour constater, dans les analyses, la présence des métaux précipitables par ce réactif ; elle doit être employée en quantité relativement considérable par rapport à la liqueur soumise à l'examen. Cette dissolution s'altérant assez rapidement au contact de l'air doit être renouvelée souvent.

L'hydrogène sulfuré, à l'état gazeux, sert à précipiter quelques métaux à l'état de sulfures ; il est quelquefois aussi employé comme agent de réduction.

Les dissolutions sur lesquelles on doit faire réagir l'hydrogène sulfuré, doivent être assez étendues d'eau et peu acides.

Avant de précipiter les métaux à l'état de sulfures, l'hydrogène sulfuré commence par agir comme corps réducteur, en produisant de l'eau et un dépôt de soufre ; il ramène le fer au minimum d'oxydation ; il réduit l'acide chromique à l'état d'oxyde de chrome, l'acide arsénique à l'état d'acide arsénieux et le précipite ensuite à l'état de sulfure ; il est aussi décomposé par les acides oxydants. Souvent ces réductions sont lentes à s'effectuer ; elles demandent, pour être complètes, le contact prolongé de l'hydrogène sulfuré avec la dissolution : on introduit alors la liqueur dans une fiole, on la sature de gaz hydrogène sulfuré, on bouche la fiole, on agite, et lorsque l'odeur sulfhydrique a disparu, on sature de nouveau la liqueur par l'acide sulfhydrique, et on répète cette opération jusqu'à ce que l'odeur sulfureuse se maintienne après plusieurs heures de contact.

On peut éviter cette décomposition lente de l'hydrogène sulfuré en réduisant préalablement tous les corps qui agissent sur ce réactif : on chauffe la dissolution acidifiée par l'acide chlorhydrique et on y ajoute du sulfite de soude qui passe à l'état de sulfate.

L'hydrogène sulfuré étant peu soluble dans l'eau, le courant de ce gaz ne doit pas être trop rapide.

**Sulfhydrate d'ammoniaque.** — Le sulfhydrate d'ammoniaque est un des réactifs dont l'emploi demande la plus grande attention. Ce corps agit à la fois par son soufre et par son ammoniaque : on sait également que les acides le décomposent en sels ammoniacaux, et en hydrogène sulfuré qui est accompagné quelquefois d'un abondant dépôt de soufre ; c'est pour cette raison qu'il ne faut pas verser du sulfhydrate d'ammoniaque dans les liqueurs acides ; on doit préalablement sursaturer les acides libres par de l'ammoniaque, sans se préoccuper du précipité que cette base pourrait produire dans la liqueur.

Le sulfhydrate d'ammoniaque s'altère assez rapidement au contact de l'air : il est sensiblement incolore au moment où il vient d'être préparé, il jaunit de plus en plus en se transformant en polysulfure, qui dissout plus facilement les sulfures métalliques que le monosulfure d'ammonium.

Le sulfhydrate d'ammoniaque dissout très facilement les sulfures acides pour former des sulfosels.

Mais il peut dissoudre aussi une certaine quantité des sulfures indiqués comme étant insolubles dans ce réactif, et principalement le sulfure de nickel.



Cette dissolution est d'autant plus facile que la liqueur renferme plus de sels ammoniacaux et que le sulfhydrate est de préparation plus ancienne.

Le sulfhydrate d'ammoniaque qui possède un pouvoir de précipitation considérable est employé souvent en quantité trop considérable. En analyse qualitative il est convenable d'employer ce réactif goutte à goutte et après chaque addition, de s'assurer que la précipitation est complète.

Dans ce but, on dépose, avec un agitateur, une goutte de la liqueur précipitée sur du papier à filtrer, la goutte liquide s'étale alors en laissant à son centre le précipité de sulfure, on trempe ensuite l'extrémité de l'agitateur dans le sulfhydrate et on l'applique sur la partie mouillée du papier; si la précipitation a été complète, il ne se produit aucune réaction.

Lorsque la quantité de sulfhydrate a été suffisante, la liqueur séparée par filtration des sulfures doit être incolore; dans le cas contraire, elle est colorée en jaune.

Dans l'analyse quantitative il est mieux de ne pas employer le sulfhydrate d'ammoniaque préparé d'avance. On sursature la liqueur soumise à l'analyse par un léger excès d'ammoniaque, et l'on y fait arriver ensuite un courant d'hydrogène sulfuré. Dans ces conditions le précipité ne se redissout jamais dans l'excès de sulfhydrate, même lorsqu'il contient du nickel. Lorsqu'on ne voit aucun inconvénient à introduire de la soude ou de la potasse dans les liqueurs, on peut remplacer le sulfhydrate d'ammoniaque par les monosulfures de sodium ou de potassium.

**Carbonate de soude.** — Le carbonate de soude est un réactif qui sert souvent en analyse minérale; son emploi exige peu de précautions; seulement il faut s'assurer, à l'aide du papier tournesol, que les acides libres de la liqueur sont saturés, et que le réactif est ajouté en léger excès, ce qui est indiqué à la coloration bleue que prend le papier rouge de tournesol; dans cet emploi du carbonate, il ne faut pas oublier qu'il peut se former du bicarbonate de soude par l'action de l'acide carbonique mis en liberté par la saturation des acides libres, et que le bicarbonate de soude peut retenir en dissolution certains carbonates insolubles dans l'eau; on doit donc, dans tous les cas, porter la liqueur à l'ébullition pour décomposer les bicarbonates. On doit également faire bouillir les liqueurs auxquelles on a ajouté du carbonate de soude, lorsque ces liqueurs contiennent des sels ammoniacaux, et maintenir l'ébullition tant qu'il se dégage du carbonate d'ammoniaque que l'on reconnaît à son odeur.

Le carbonate de soude sec est employé pour attaquer les silicates au creuset de platine; mais il est préférable, comme nous l'avons dit plus haut, de lui substituer la potasse caustique fondue au creuset d'argent, qui demande moins de chaleur pour fondre, qui désagrège plus rapidement les silicates, et qui ne présente pas l'inconvénient de produire une vive effervescence lorsqu'on reprend la masse fondue par les acides.

Le carbonate de soude pur et sec est un des principaux réactifs employés dans les essais au chalumeau; il sert de fondant réducteur.

On doit s'assurer de sa pureté en le chauffant pendant quelque temps sur le

charbon dans la flamme réductrice ; la masse fondue mise sur la lame d'argent avec quelques gouttes d'eau, ne doit point noircir le métal.

**Ferro et ferricyanure de potassium.** — Ces deux réactifs servent à déterminer la nature des métaux en dissolution qui forment avec ces deux réactifs des précipités différemment colorés : ils ne doivent être employés que dans des liqueurs neutres ou légèrement acides ; ils ne produisent aucune action marquée dans les liqueurs alcalines. Ajoutés à des liquides acides, ils peuvent être décomposés et donner naissance à des réactions qui n'ont pour cause que cette décomposition.

**Azotate d'argent.** — L'azotate d'argent est un des réactifs les plus importants : il sert à caractériser la nature des acides qui existent dans une liqueur. Sa dissolution doit être neutre ; elle ne doit être ajoutée aux liqueurs qui contiennent des alcalis libres, qu'après leur saturation par l'acide azotique ; un excès d'acide azotique dissout à froid les précipités qui se sont formés ; pour retrouver ces composés insolubles, on sature l'excès d'acide par de l'ammoniaque ; mais comme cette base possède également la propriété de redissoudre les sels d'argent insolubles, on évapore doucement à sec, ou bien on fait bouillir la liqueur un temps suffisant pour chasser l'excès d'ammoniaque et rendre aux composés d'argent leur insolubilité.

La dissolution de l'azotate d'argent dans l'ammoniaque étendue, est un excellent réactif qui sert à précipiter le soufre, le phosphore et l'arsenic qui se dégagent, sous forme de composés hydrogénés gazeux, dans l'attaque des fontes et des aciers par les acides.

**Chlorure de baryum et sels de baryte solubles.** — Le chlorure de baryum et les sels de baryte solubles servent comme l'azotate d'argent pour caractériser les acides en dissolution, et principalement l'acide sulfurique. C'est ordinairement le chlorure qu'on emploie pour cet usage ; mais lorsqu'on ne veut pas introduire de chlore dans la liqueur, on remplace le chlorure par l'azotate de baryte ou par l'acétate de baryte.

Les sels de baryte doivent être versés dans des liqueurs neutres, et non dans des liqueurs alcalines ; l'alcali libre doit être saturé par l'acide azotique.

acide azotique, même en léger excès, dissout les composés insolubles formés par la baryte, à l'exception du sulfate et du séléniate ; il ne faut pas oublier que les sels de baryte solubles sont presque insolubles dans les acides azotique et chlorhydrique, et qu'ils se précipitent dans les liqueurs trop acides.

**Oxalate d'ammoniaque.** — Ce réactif est employé spécialement pour précipiter et doser la chaux. Il ne doit être ajouté que dans des liqueurs neutres ou alcalines en raison de la solubilité de l'oxalate de chaux dans les acides forts. Lorsqu'il est indispensable de précipiter la chaux par l'oxalate d'ammoniaque dans une liqueur acide, l'acide contenu dans la dissolution doit être l'acide acétique, qui ne dissout pas le précipité ; on commence donc par saturer les autres acides libres par de l'ammoniaque, puis on sursature par un léger excès d'acide

acétique, on peut aussi ajouter à la dissolution un grand excès d'acétate de soude; dans ce cas la soude sature les acides libres, tandis que l'acide acétique devient libre.

**Oxygène.** — L'oxygène sert à doser l'hydrogène et les gaz hydrocarbonés; il sert aussi à transformer l'oxyde de carbone en acide carbonique.

L'oxygène est employé comme comburant dans les analyses des matières organiques difficiles à brûler.

Dans les réactions chimiques, l'oxygène est ordinairement remplacé par les oxydants, qui sont l'acide azotique, l'acide chromique, l'eau oxygénée, les bioxydes de manganèse, de plomb et de baryum, le chlorate de potasse en présence des acides, le permanganate de potasse, les chromates alcalins, etc. L'eau en présence du chlore et du brome peut agir comme oxydant à la température ordinaire.

Lorsqu'on veut produire des oxydations par voie sèche, on peut également remplacer l'oxygène gazeux par des composés oxydants comme le nitre et les nitrates, le chlorate de potasse, l'hydrate de potasse, l'oxyde de cuivre, etc.

**Hydrogène.** — L'hydrogène gazeux que l'on caractérise à l'aide de l'oxygène devient à son tour le réactif de l'oxygène dans les mélanges gazeux. On sait que dans les deux cas, la présence de ces gaz se manifeste par une détonation et une diminution du volume du mélange gazeux, qui indique les proportions des deux gaz, puisque ceux-ci se combinent toujours dans le rapport de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène.

Lorsque la quantité du mélange détonant n'est qu'une légère fraction du volume du mélange gazeux, la réaction n'a plus lieu et la présence de l'hydrogène ou de l'oxygène passerait inaperçue, si on n'ajoutait pas une certaine quantité de gaz tonnant provenant de la décomposition de l'eau par la pile, qui entraîne par sa détonation le premier mélange qui, seul, ne détonait pas.

L'hydrogène est un des plus puissants réducteurs; mais à l'état gazeux il n'agit comme tel qu'à une température élevée: c'est ainsi qu'au rouge et au-dessus du rouge, il réduit à l'état métallique un grand nombre d'oxydes et de chlorures.

Pris au contraire, à l'état naissant, l'hydrogène agit comme agent réducteur à toutes les températures. Les composés les plus employés pour produire l'hydrogène à l'état naissant sont: le zinc ou le fer en présence des acides, les amalgames de potassium ou de sodium, l'acide sulfhydrique, les sulfures, l'acide iodhydrique, etc.

**Chlore.** — Le chlore en dissolution dans l'eau sert à reconnaître le brome et de l'iode qu'il déplace facilement de leurs combinaisons; mais il faut éviter d'en employer un excès, car le chlore se combine aussi avec le brome ou l'iode mis en liberté pour former des chlorures qui ne présentent plus les caractères des deux métalloïdes à l'état libre.

On emploie également la dissolution de chlore comme corps oxydant; dans ce cas l'eau est décomposée, son hydrogène s'unit au chlore pour former de l'acide chlorhydrique, et son oxygène se porte sur les corps à oxyder.

L'eau de chlore s'altère assez rapidement, surtout sous l'influence de la lumière; le chlore décompose l'eau en produisant de l'acide chlorhydrique et de l'acide perchlorique.

Le chlore gazeux sert à transformer en chlorures les métaux et les métalloïdes; on obtient des chlorures anhydres, en faisant réagir, au rouge, du chlore sec sur le mélange des oxydes métalliques avec le charbon.

Le chlore gazeux est un des réactifs les plus importants de la chimie organique. Il peut s'unir directement à la molécule organique par simple addition; mais le plus souvent il entre dans la molécule *par voie de substitution* en remplaçant successivement l'hydrogène équivalent à équivalent.

Dans la plupart des cas, l'action du chlore sur les matières organiques a lieu à la température ordinaire; seulement cette action acquiert une énergie plus grande, si on opère sous l'influence directe des rayons solaires.

**Brome.** — Le brome est un des réactifs les plus employés en chimie organique; il se comporte dans ce cas comme le chlore, en donnant avec les matières organiques des bromures ou des composés bromés.

On le préfère au chlore, à cause de son emploi beaucoup plus facile et de son équivalent élevé; en modifiant les corps organiques il produit en général des corps cristallisés.

2 centimètres cubes de brome ajoutés à 40 centimètres cubes de lessive de soude à 36 degrés et à 60 centimètres cubes d'eau, constituent le réactif de Knap employé pour le dosage de l'urée.

**Iode.** — L'iode sert à reconnaître l'amidon qu'il colore en bleu foncé.

L'iode en dissolution titrée sert à doser l'hydrogène sulfuré, les sulfures des eaux minérales, l'acide sulfureux, des sulfites, les hyposulfites, etc.

La teinture d'iode a d'abord été proposée pour préparer les liqueurs titrées d'iode, mais, le titre de ces liqueurs s'altérant assez facilement, on a remplacé la teinture d'iode par une dissolution d'iode dans l'iodure de potassium.

La dissolution d'iodure de potassium ioduré est également utilisée pour la recherche des alcaloïdes des végétaux, avec lesquels l'iode forme des composés insolubles.

**Acide iodhydrique.** — L'acide iodhydrique est un réactif employé souvent dans la chimie organique; il sert principalement à fixer de l'hydrogène sur les carbures non saturés.

**Acide sulfureux.** — L'acide sulfureux est employé comme agent réducteur: il s'empare de l'oxygène pour passer à l'état d'acide sulfurique; c'est ainsi qu'il ramène un certain nombre de sels métalliques au minimum d'oxydation, qu'il réduit les acides permanganique et chromique, qu'il ramène l'acide arsénique à l'état d'acide arsénieux.

En présence de l'eau, il transforme le chlore, le brome et l'iode en acides chlorhydrique, bromhydrique et iodhydrique, et il décompose l'hydrogène sulfuré, en soufre et en eau.

On emploie la dissolution titrée d'acide sulfureux dans la méthode d'analyse

volumétrique (dosage de l'iode); seulement cette dissolution s'allère rapidement au contact de l'air. On évite cette altération en conservant la dissolution dans des flacons tenus toujours pleins, ou dans l'appareil imaginé par Frésenius.

**Phosphore.** — Le phosphore ordinaire est un des réactifs de l'oxygène; il absorbe facilement ce gaz et sert à le doser.

Dans les réactions chimiques, le phosphore agit comme réducteur énergique. En chimie organique on l'emploie pour produire les acides bromhydrique et iodhydrique à l'état naissant et déterminer des réactions secondaires; dans ce cas on fait souvent usage de phosphore rouge, dont l'action est beaucoup moins énergique que celle du phosphore ordinaire.

**Acide phosphorique anhydre.** — L'acide phosphorique anhydre est un déshydratant énergique; son affinité pour l'eau est telle qu'il peut déterminer la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène d'une matière organique, pour former de l'eau dont il s'empare.

**Perchlorure de phosphore.** — Le perchlorure de phosphore est un réactif précieux pour la chimie organique.

**Oxychlorure de phosphore.** — L'oxychlorure de phosphore est également employé en chimie organique. Nous parlerons longuement de ces deux derniers réactifs en traitant des chlorures des radicaux organiques et des acides anhydres.

**Acide arsénieux.** — L'acide arsénieux, en dissolution titrée, est le réactif qui sert à doser le chlore des chlorures décolorants.

**Acide arsénique.** — L'acide arsénique est devenu un réactif important de la chimie organique. On l'emploie comme corps oxydant dans la préparation des matières colorantes organiques artificielles.

**Acide carbonique.** — Ce réactif est principalement employé pour précipiter, à l'état de carbonates, les bases alcalino-terreuses existant à l'état libre dans les dissolutions, ou pour les séparer de leurs combinaisons avec les acides faibles ou des matières organiques; il sert également à séparer l'oxyde de plomb uni aux matières organiques. L'acide carbonique employé en excès dissout facilement les carbonates alcalino-terreux qui se précipitent; il est donc important de chauffer les dissolutions à l'ébullition, pendant un certain temps, pour chasser l'excès d'acide carbonique et précipiter les carbonates insolubles.

L'acide carbonique gazeux sert souvent à expulser l'air des appareils, lorsqu'il s'agit d'opérer à l'abri de l'oxygène; il sert également à chasser de leurs dissolutions certains gaz, tels que le chlore, l'acide sulfhydrique, etc.

**Sulfure de carbone.** — Le sulfure de carbone est employé, soit comme dissolvant neutre des corps gras, des huiles essentielles, etc., soit comme réactif pour transformer, à des températures élevées, les oxydes en sulfures.

**Acide cyanhydrique.** — L'acide cyanhydrique anhydre est un réactif de la chimie organique, qui sert à introduire le cyanogène dans une molécule organique.

**Acide borique.** — L'acide borique est utilisé dans les analyses comme fondant.

Ebelmen l'a employé comme dissolvant volatilisable à de hautes températures, pour produire des corps cristallisés analogues à ceux qu'on rencontre dans la nature.

**Acide hydrofluosilicique.** — Cet acide précipite la potasse de ses dissolutions à l'état d'hydrofluosilicate de potasse gélatineux.

L'acide hydrofluosilicique sert aussi à distinguer les sels de baryte des sels de strontiane; il forme avec les premiers un composé insoluble, tandis qu'avec les sels de strontiane, il ne donne pas de précipité.

Pour obtenir cet acide dans un grand état de concentration, on sature de l'acide fluorhydrique par du fluorure de silicium.

**Iodure de potassium.** — Ce réactif est peu employé, cependant l'iodure de potassium sert à reconnaître et à doser le palladium. Il caractérise les sels de mercure et de plomb.

L'iodure de potassium sert à préparer les papiers ozonométriques.

L'iodure de potassium saturé d'iode est employé pour précipiter les alcaloïdes des végétaux.

*Réactif de Nessler pour l'ammoniaque.* — On dissout 2 grammes d'iodure de potassium dans 5 centimètres cubes d'eau et on ajoute dans la liqueur en excès à chaud et par petites portions de l'iodure de mercure: on laisse refroidir, on ajoute 20 centimètres cubes d'eau et après repos on filtre; puis à 20 centimètres du liquide filtré on ajoute 30 centimètres cubes de lessive de soude pure exempte de carbonate et assez concentrée; si le liquide se trouble, on le filtre; on obtient ainsi une liqueur dans laquelle une trace d'ammoniaque produit un précipité jaune-brun.

**Cyanure de potassium.** — Le cyanure de potassium est un fondant réducteur très important pour les essais métallurgiques et les essais au chalumeau. Par voie humide, il sert à séparer le cadmium du cuivre. Il produit, dans les dissolutions métalliques, des précipités de cyanures insolubles, qu'il redissout avec une grande facilité pour former des cyanures doubles, ou des combinaisons cyano-métalliques, dans lesquelles les métaux unis au cyanogène forment de véritables radicaux; dans ce cas, les métaux se trouvent dissimulés et ne donnent plus avec les réactifs, les caractères qui les distinguent. La dissolution de cyanure de potassium s'altère assez rapidement.

**Azotate de potasse.** — Ce sel est l'oxydant le plus employé pour la voie sèche et même pour la voie humide. Il sert dans les essais au chalumeau pour caractériser le manganèse et le chrome.

**Chlorate de potasse.** — Ce sel est un oxydant plus énergique encore que

l'azotate de potasse ; son emploi dans la voie sèche exige quelques précautions, à cause de sa brusque décomposition en présence des corps combustibles.

Le chlorate de potasse devient un oxydant et un chlorurant très énergique, lorsqu'il se trouve en présence d'un excès d'acide chlorhydrique ; aussi est-il fréquemment employé dans ces conditions, pour attaquer les fontes, les aciers, les alliages et pour chlorurer certaines matières organiques : dans ce cas, le chlorate doit être réduit en poudre et ajouté peu à peu, par petites quantités à la fois, et toujours en présence d'un grand excès d'acide chlorhydrique, afin d'éviter la formation de composés oxydés du chlore qui pourraient déterminer des explosions.

Il faut se garder d'ajouter du chlorate de potasse aux liqueurs contenant, à l'état de liberté, de l'acide sulfurique ou de l'acide azotique, car il se forme dans ce cas des composés détonants.

**Bisulfate de potasse.** — Le bisulfate de potasse est un réactif de la voie sèche ; il sert à attaquer, au creuset de platine, les minéraux du titane, du tantale, quelques métaux de platine, etc.

Dans les essais au chalumeau, le bisulfate de potasse sert à caractériser presque tous les acides.

**Permanganate de potasse.** — Le permanganate de potasse est un réactif des plus précieux ; c'est un oxydant énergique pour la voie humide ; on l'emploie principalement en dissolution titrée pour doser les corps pouvant passer à un degré supérieur d'oxydation ; aussi dans la plupart des cas doit-on commencer par ramener le composé que l'on veut doser, au minimum d'oxydation, à l'aide de réducteurs tels que le zinc, l'acide sulfureux ou les sulfites, etc. ; puis après avoir enlevé l'excès de corps réducteur, on verse dans la dissolution le permanganate titré à l'aide d'une burette graduée.

Lorsqu'il est nécessaire de ramener au minimum d'oxydation la substance à doser, il est important que la liqueur ne contienne ni acide azotique, ni autres composés pouvant être réduits.

Le permanganate de potasse ne peut être versé que dans des liqueurs acidifiées et très étendues, surtout lorsque l'acide acidifiant est l'acide chlorhydrique, car cet acide concentré décompose le permanganate avec dégagement de chlore, tandis que la liqueur se colore fortement en brun. Cette décomposition n'a pas lieu avec l'acide sulfurique, et ne se produit plus dans un liquide chlorhydrique lorsqu'on y a ajouté quelques gouttes d'acide sulfurique.

Les dissolutions titrées de permanganate de potasse s'obtiennent en dissolvant à froid 5 à 10 grammes de ce sel dans un litre d'eau ; on en détermine le titre en versant la dissolution à l'aide d'une burette graduée dans une liqueur contenant un poids connu de sel de fer au minimum d'oxydation.

La dissolution titrée de permanganate s'altère à la longue ; il est donc nécessaire d'en vérifier le titre de temps en temps.

**Dichromate de potasse.** — Ce réactif est un oxydant précieux.

On emploie quelquefois le bichromate de potasse ou le chromate neutre, pour caractériser le plomb dans ces sels ou pour distinguer la baryte de la strontiane, cette dernière base ne précipitant pas par les chromates, dans les dissolutions un peu étendues. Le bichromate de potasse peut remplacer l'acide chromique comme réactif de l'eau oxygénée.

**Chlorure de sodium.** — Le chlorure de sodium est le réactif qui sert à doser l'argent, par voie humide, en suivant la méthode volumétrique. Le chlorure de sodium est quelquefois employé dans la voie sèche comme fondant neutre.

**Monosulfure de sodium.** — Le monosulfure de sodium peut remplacer avec avantage le sulfhydrate d'ammoniaque pour précipiter les métaux à l'état de sulfures ou pour séparer, en les dissolvant, les sulfures acides des sulfures neutres.<sup>9</sup>

On l'utilise aussi en dissolution titrée pour doser quelques métaux comme le zinc et le cuivre.

La dissolution de monosulfure de sodium s'altère rapidement au contact de l'air.

**Azotate de soude.** — L'azotate de soude est un réactif oxydant qu'on substitue quelquefois à l'azotate de potasse.

**Phosphate de soude.** — Le phosphate de soude est le réactif de la magnésie. Sa dissolution ne doit être versée que dans des liqueurs préalablement additionnées d'ammoniaque; en outre, on ne doit verser ce réactif dans la dissolution ammoniacale, qu'après avoir ajouté à celle-ci de l'oxalate d'ammoniaque, pour s'assurer qu'elle ne renferme ni chaux, ni baryte, ni strontiane.

**Biborate de soude ou borax.** — Le borax est un des principaux réactifs des essais au chalumeau : c'est un *fondant vitreux*, servant à dissoudre les oxydes et à les caractériser, d'après les couleurs que ces oxydes communiquent aux perles vitreuses de borax.

Pour cet emploi le borax pur doit, lorsqu'il a été fondu, rester incolore et transparent, qu'il soit chaud ou froid, qu'il ait été chauffé au feu d'oxydation ou au feu de réduction.

**Chlorhydrate d'ammoniaque ou sel ammoniac.** — Le chlorhydrate d'ammoniaque sert à précipiter de leurs dissolutions, et à doser l'argent à l'état de chlorure, et le platine sous forme de chloroplatinate d'ammoniaque. Mais la dissolution de ce sel sert principalement dans l'analyse pour empêcher la précipitation des bases avec lesquelles le sel ammoniac forme des sels doubles : telles sont la magnésie, les oxydes de manganèse, de nickel, de cobalt, de zinc, etc. Le sel ammoniac peut encore servir à précipiter l'alumine et l'oxyde de chrome, de leurs solutions dans la potasse.

**Carbonates d'ammoniaque.** — Le sesquicarbonat et le bicarbonat d'ammoniaque sont employés de préférence aux carbonates de potasse et de soude pour précipiter de leurs solutions, la chaux, la baryte et la strontiane.



On emploie principalement ces deux réactifs pour séparer, de quelques bases, le glucinium et l'uranium, dont les oxydes se dissolvent facilement dans les carbonates d'ammoniaque. Une liqueur contenant un excès de carbonate d'ammoniaque peut retenir en dissolution les oxydes que dissout l'ammoniaque et en plus de la glucine et de l'urane.

**Phosphate ammoniaco-sodique ou sel de phosphore.** — Comme le borax, le sel de phosphore est un réactif pour les essais au chalumeau ; c'est aussi un *fondant vitreux* servant à caractériser les oxydes métalliques, d'après les couleurs que ceux-ci communiquent aux perles vitreuses. Ces couleurs diffèrent quelquefois de celles qu'on obtient avec le borax.

**Succinate d'ammoniaque.** — Ce réactif est employé pour séparer le manganèse du fer, le sesquioxyde de fer étant précipité complètement de ses dissolutions neutres pour le succinate d'ammoniaque.

**Hydrate de baryte fondu.** — L'hydrate de baryte fondu sert à attaquer les silicates dans lesquels on veut doser la potasse, la soude ou la lithine. On emploie ordinairement en hydrate de baryte fondu réduit en poudre, 7 à 8 fois le poids du silicate; la température de fusion ne doit pas dépasser le rouge sombre, et l'attaque se fait au creuset d'argent ou au creuset de platine; mais lorsqu'on opère dans le platine, il faut tenir le creuset constamment fermé par son couvercle, le platine étant attaqué au contact de l'air par l'hydrate de baryte fondu.

**Eau de baryte.** — La dissolution de l'hydrate de baryte que l'on appelle l'eau de baryte est employée souvent pour doser l'acide carbonique contenu dans l'air ou les mélanges gazeux, elle sert aussi à saturer les acides libres ou à précipiter l'acide sulfurique de ses combinaisons.

**Carbonate de baryte précipité.** — Le carbonate de baryte est quelquefois employé pour saturer les acides libres et les transformer en sels cristallisables qu'on peut ensuite traiter par l'acide sulfurique pour en isoler ces acides.

On emploie souvent le carbonate de baryte pour précipiter de leurs dissolutions, certaines bases faibles comme les sesquioxydes (alumine, peroxyde de fer, chrome, etc.) et les séparer des bases plus fortes (oxydes de zinc, de nickel, de cobalt, de manganèse). Cette séparation se fait à froid ou à une douce température : à une température plus élevée une partie des protoxydes pourrait être précipitée en même temps que les sesquioxydes.

**Chromate de strontiane.** — La dissolution de ce réactif est employée pour distinguer la baryte de la strontiane; elle précipite les sels de baryte en jaune clair.

**Chaux.** — La chaux à l'état anhydre est peu employée; on la fait entrer quelquefois comme fondant dans les essais métallurgiques; on l'utilise depuis quelque temps pour confectionner des creusets qui résistent aux températures les plus élevées du chalumeau oxyhydrique. L'hydrate de chaux ou

chaux éteinte sert à saturer les acides libres, ou à déplacer l'ammoniaque de ses combinaisons. L'eau de chaux est employée pour précipiter l'acide carbonique.

**Chaux sodée.** — Le mélange de chaux vive et de soude est employé en chimie organique, pour doser à l'état d'ammoniaque, l'azote des matières organiques azotées.

La chaux sodée s'obtient en calcinant trois parties de chaux et une partie de soude dissoute dans peu d'eau, de manière à former une pâte presque dure avec la chaux. Lorsqu'on n'emploie que deux parties de chaux pour une de soude, on obtient une chaux sodée trop fusible.

**Chlorure de calcium.** — Le chlorure de calcium fondu ou desséché, sert à enlever l'eau que les liquides organiques peuvent retenir; il sert également à dessécher les gaz.

Sa solution sert à caractériser quelques acides organiques et quelquefois l'acide sulfurique.

**Fluorure de calcium.** — Le fluorure de calcium est un réactif des essais au chalumeau: il sert à caractériser la présence du bore par la belle coloration vert émeraude que prend la flamme, lorsqu'on chauffe la substance avec un mélange de spath-fluor et de bisulfate de potasse.

On emploie quelquefois le fluorure de calcium comme fondant dans les essais métallurgiques.

**Chlorure de chaux ou hypochlorite de chaux.** — Le chlorure de chaux est employé comme oxydant et comme chlorurant énergique; il décolore l'indigo.

Il sert à distinguer l'indigo des autres matières colorantes bleues; on peut même l'employer en dissolution étendue et titrée, pour déterminer la valeur commerciale des indigos qui sont mis en dissolution dans de l'acide sulfurique.

**Sulfate de chaux.** — La solution de sulfate de chaux sert à caractériser la baryte et la strontiane. Lorsque la dissolution d'un sel ne précipite que par le carbonate de soude, le sulfate de chaux est le premier réactif qu'il faut employer pour reconnaître si la base du sel est de la baryte, de la strontiane, de la chaux ou de la magnésie. Les deux premières bases seules donnent un précipité avec le réactif; les deux autres n'en donnent point.

**Carbonate de chaux.** — Le carbonate de chaux sert à saturer les acides libres. On l'emploie quelquefois pour précipiter les sesquioxides de leurs dissolutions.

**Magnésic.** — La magnésie n'ayant aucune action sur les matières organiques azotées, on doit la préférer à la potasse et à la chaux, pour déplacer, dans un dosage, l'ammoniaque des sels ammoniacaux contenus dans les mélanges qui constituent les engrais, ou dans les eaux.

**Sulfate de magnésie mélangé de sel ammoniac.** — La dissolution de sulfate de magnésie saturée de sel ammoniac et ne précipitant plus par l'ammoniaque

est employée pour la recherche et le dosage de l'acide phosphorique. On substitue le chlorure de magnésium au sulfate de magnésie, lorsqu'il faut éviter d'introduire de l'acide sulfurique dans une liqueur.

On peut employer la dissolution ordinaire de sulfate de magnésie pour constater que le sulfhydrate d'ammoniaque est saturé d'acide sulfhydrique.

**Sulfate d'alumine. — Alun.** — Le sulfate d'alumine sert quelquefois à caractériser la potasse par la formation d'alun.

Le sulfate d'alumine ou l'alun, sont des réactifs des matières colorantes solubles; ils servent à distinguer ces matières colorantes d'après les précipités colorés qu'ils forment avec elles, et souvent aussi par le changement de teinte qu'ils manifestent.

**Peroxyde de manganèse.** — Le peroxyde de manganèse sert à préparer le chlore. On l'utilise comme corps oxydant, principalement en chimie organique; mais souvent son pouvoir oxydant ne se manifeste qu'en présence de l'acide sulfurique, concentré ou étendu.

**Sulfate ou chlorure de manganèse.** — Les sels solubles de manganèse sont employés pour distinguer les sulfhydrates des sulfures, des monosulfures; ils donnent avec les premiers, un précipité de sulfure de manganèse, accompagné d'une vive effervescence due à un dégagement d'hydrogène sulfuré; tandis qu'avec les monosulfures, ils ne donnent que le précipité de sulfure de manganèse.

**Fer.** — On emploie quelquefois le fer pour précipiter le cuivre à l'état métallique de ses dissolutions. On l'utilise également comme corps réducteur.

**Sulfate de protoxyde de fer.** — Ce sel est un réducteur employé dans les opérations de la voie humide; il sert à précipiter l'or de ses dissolutions, à absorber le bioxyde d'azote dans les mélanges gazeux, à caractériser les ferricyanures solubles; lorsqu'il est dissous dans l'acide sulfurique concentré, il sert à déceler des traces d'azotate, d'après la coloration violette que prend le mélange.

**Perchlorure de fer.** — Ce réactif sert à reconnaître les ferrocyanures solubles, les sulfocyanures, les acétates, les benzoates, les formiates, le tanpin, etc.

On l'emploie aussi pour précipiter à chaud l'acide phosphorique à l'aide des acétates alcalins.

**Acide chromique.** — Cet acide est un oxydant énergique, employé surtout en chimie organique. L'acide chromique est le réactif de l'eau oxygénée.

On lui substitue souvent le bichromate de potasse.

**Azotate de cobalt.** — La dissolution d'azotate de cobalt est un réactif des essais au chalumeau; elle sert à caractériser l'alumine, la magnésie, et l'oxyde de zinc, d'après les colorations que prennent ces oxydes, lorsqu'on les a chauffés fortement avec ce réactif.

**Acétate d'urane.** — L'acétate d'urane en dissolution titrée, est employé pour doser l'acide phosphorique; on sépare préalablement cet acide à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, on redissout le précipité dans l'acide acétique, puis on verse dans la liqueur l'acétate d'urane titré qui précipite l'acide phosphorique à l'état de phosphate d'urane : la précipitation est terminée lorsqu'une goutte de la liqueur mise sur un papier trempé dans le ferrocyanure de potassium le colore en rouge brun.

**Zinc.** — Le zinc sert à précipiter de leurs dissolutions l'étain, l'antimoine, le cadmium, l'argent et le cuivre.

La poudre de zinc est employée fréquemment en chimie organique comme agent réducteur.

**Acide molybdique.** — La dissolution de l'acide molybdique dans l'acide azotique, est un des meilleurs réactifs de l'acide phosphorique; elle le précipite sous forme de composé jaune clair (acide phospho-molybdique), même dans les liqueurs acides. Le précipité est quelquefois lent à se produire; on active la précipitation en chauffant légèrement la liqueur.

**Étain.** — L'étain métallique est un réactif des essais au chalumeau; on l'emploie pour ramener au minimum d'oxydation les oxydes qui colorent les perles vitreuses, et opérer ainsi un changement de couleur de ces perles.

L'étain est employé quelquefois comme réducteur, en chimie organique.

**Protochlorure d'étain.** — Ce sel est employé souvent comme agent réducteur énergique; il sert à caractériser l'or, qu'il précipite de ses dissolutions à l'état de pourpre de Cassius. Il précipite le mercure d'abord à l'état de protochlorure et ensuite à l'état métallique.

**Plomb pauvre.** — Le plomb pauvre est employé pour passer à la coupellation les substances contenant de l'argent ou de l'or.

**Protoxyde de plomb.** — Le protoxyde de plomb sert, en analyse qualitative, à caractériser l'acide acétique; il forme avec cet acide un sous-acétate de plomb soluble, dont la réaction est fortement alcaline.

**Acide plombique.** — Ce réactif est un oxydant énergique; il sert à absorber l'acide sulfureux dans les mélanges gazeux; il transforme facilement, en présence de la potasse, l'oxyde de chrome en chromate de potasse. Mis en suspension dans l'acide azotique, il sert à caractériser des traces de manganèse en produisant de l'acide permanganique qui colore la dissolution en violet.

On utilise souvent pour oxyder les matières organiques.

**Carbonate de plomb.** — On emploie quelquefois ce sel pour saturer les acides libres.

**Acétate de plomb neutre.** — Ce réactif est employé, principalement en chimie organique; il sert à séparer, par précipitation, un certain nombre de prin-

cipes immédiats neutres ou acides. En analyse minérale, il sert à caractériser l'hydrogène sulfuré, les sulfures, et les acides sulfurique, chromique et phosphorique.

**Acétate de plomb tribasique.** — Ce réactif sert également en chimie organique pour séparer des principes immédiats, qui ne sont pas précipités par l'acétate de plomb neutre.

**Azotate de bismuth.** — La dissolution acide d'azotate de bismuth sert quelquefois à la recherche et à la détermination de l'acide phosphorique.

**Biméta-antimoniato de potasse.** — Ce sel est le seul réactif qui permette de caractériser, par précipitation, la soude, avec laquelle il forme un précipité blanc grenu qui se fait lentement, mais dont on active la formation en frottant les parois du vase avec un agitateur (Fremy).

**Cuivre.** — Le cuivre métallique sert à caractériser le mercure qui se précipite à la surface du cuivre sous forme de poudre grise qui prend ensuite beaucoup d'éclat par le frottement. On emploie aussi le cuivre pour précipiter l'argent de ses dissolutions.

**Réactif de Schweitzer.** — Si l'on fait passer à plusieurs reprises de l'ammoniaque concentrée sur de la tournure de cuivre contenue dans un entonnoir ou dans une allonge, on obtient une liqueur bleu foncé qui dissout la cellulose avec facilité. Les acides, les sels alcalins et même l'eau ajoutée en excès, précipitent la cellulose de cette solution.

**Bloxyde de cuivre.** — C'est cet oxyde qu'on emploie ordinairement en chimie organique, pour déterminer la combustion des matières organiques dont on veut établir la composition élémentaire.

**Sulfate de cuivre.** — Ce sel est le réactif le plus sensible des ferrocyanures; additionné d'ammoniaque, il sert à caractériser les arsénites.

**Tartrate cupro-potassique.** — **Réactif de Fehling.** — **Liquor de Bareswill.** — Ce composé est le réactif le plus sensible du glucose. Il peut également servir à caractériser et à doser le protoxyde d'étain en dissolution dans la potasse, et l'acide arsénieux dans les liqueurs alcalines. Sous l'influence de ces corps réducteurs, le tartrate cupro-potassique précipite du *protoxyde de cuivre*, et la liqueur qui était bleue se décolore.

**Azotate de protoxyde de mercure.** — Ce réactif est employé pour précipiter et doser l'acide chromique dans les chromates solubles. Il sert à caractériser l'acide formique. Il précipite par les chlorures à la manière de l'azotate d'argent mais le précipité noircit par l'ammoniaque. En chimie organique on l'emploie comme réactif de l'huile d'olive (réactif de Poutet).

**Bichlorure de mercure.** — Le bichlorure de mercure sert à reconnaître les

iodures et les sels d'étain au minimum. Lorsqu'on le verse dans des dissolutions contenant des corps facilement oxydables, il se décompose en chlore qui aide à l'oxydation, à la faveur de l'eau, et en *protochlorure* de mercure insoluble.

Le *bichlorure* de mercure est le réactif des matières albuminoïdes, il forme avec elles des composés insolubles.

**Argent.** — L'argent métallique est ajouté, dans l'opération de l'*inquartation*, aux alliages d'or et d'argent que l'on veut analyser, de manière à rendre l'argent de ces alliages attaquant par l'acide azotique.

**Oxyde d'argent.** — Ce réactif est employé en chimie organique comme agent d'oxydation.

**Acétate d'argent.** — L'acétate d'argent est également un réactif de la chimie organique ; il sert à produire des doubles décompositions en vases clos.

**Or.** — On emploie l'or métallique pour découvrir le mercure. Dans ce cas, l'or est placé au pôle négatif d'une pile dont le courant décompose les combinaisons mercurielles ; le mercure se porte sur l'or avec lequel il forme un amalgame blanc caractéristique, et qui, lorsqu'on le chauffe dans un tube bouché, abandonne son mercure sous forme de gouttelettes grises.

L'or métallique peut encore être employé pour découvrir le chlore libre dans une liqueur.

**Chlorure d'or.** — Le chlorure d'or est le réactif du protochlorure d'étain, avec lequel il produit le pourpre de Cassius ; on peut l'employer aussi pour caractériser les corps réducteurs qui en précipitent l'or à l'état métallique, tels que les sels de protoxyde de fer, l'acide sulfureux, l'acide oxalique, etc. Il sert ordinairement dans l'analyse des eaux potables, pour constater la présence des matières organiques.

**Platine.** — Le platine est employé depuis quelque temps sous forme de creuset ou de capsule terminant le pôle négatif d'une pile, pour recueillir les métaux réductibles par le courant électrique : ces métaux se déposent entièrement sur le platine ; on les enlève à l'aide de l'acide azotique.

**Bichlorure de platine.** — Le bichlorure de platine est le réactif que l'on emploie pour caractériser et doser le potassium, le cæsium, le rubidium, l'ammoniaque et généralement toutes les bases organiques ; il forme avec ces corps des chloroplatinates de couleur jaune, qui sont peu solubles dans l'eau et insolubles dans l'alcool.

**Chlorure et azotate de palladium.** — Les dissolutions de ces sels servent à doser l'iode lorsque celui-ci est en présence du chlore et du brome. Ils donnent avec les iodures, un précipité noir d'iodure de palladium tout à fait caractéristique.

**Alcool.** — Après l'eau, l'alcool est le dissolvant neutre le plus important ;

on l'utilise surtout en chimie organique. On emploie rarement l'alcool à l'état anhydre; il est toujours étendu d'une certaine quantité d'eau, quantité que l'on fait varier selon les circonstances, pour opérer des séparations de substances inégalement solubles dans des alcools de forces diverses : l'alcool qu'on emploie le plus communément titre entre 85 et 90 degrés et quelquefois 95. Dans ces conditions, il dissout les éthers, les alcaloïdes, les tannins, les résines, les acides gras, les huiles essentielles, les savons alcalins, presque tous les acides organiques, un grand nombre de carbures d'hydrogène, les matières colorantes organiques, etc.

Le sucre, le glucose et généralement toutes les matières sucrées sont presque insolubles dans l'alcool absolu.

Les corps gras neutres et les cires sont à peine solubles dans l'alcool froid.

Les matières albuminoïdes, les matières gommeuses et les substances celluloses sont complètement insolubles dans l'alcool.

Le nombre des substances minérales solubles dans l'alcool est assez restreint: l'alcool dissout l'iode, le brome, l'acide borique, la potasse, la soude, les chlorures, les bromures et les iodures qui sont solubles dans l'eau, et quelques azotates; tous les autres sels sont insolubles dans l'alcool.

L'alcool dissout en grande quantité le gaz ammoniac, le gaz sulfureux et l'hydrogène sulfuré.

**Éther.** — L'éther est un des principaux dissolvants employé en chimie organique.

L'éther qui sert à dissoudre les principes immédiats organiques, doit être pur et exempt d'alcool.

L'éther mélangé à une petite quantité d'alcool dissout le tannin et le coton-poudre.

L'éther ne dissout ni les sucres, ni les gommés, ni les matières albuminoïdes, ni les substances celluloses ou amylacées.

Le brome, l'iode, le perchlorure de fer, les chlorures d'or, de mercure et de platine, l'azotate d'urane, se dissolvent dans l'éther.

Lorsqu'on fait usage de l'éther, il ne faut pas oublier qu'il est très inflammable et que sa vapeur mélangée à l'air détone avec violence à l'approche d'un corps enflammé; aussi faut-il éviter avec soin de distiller, ou même de transvaser de l'éther dans un endroit où se trouve du feu ou de la lumière.

La distillation de l'éther doit se faire à l'aide d'eau chaude, que l'on renouvelle de temps en temps; l'appareil de distillation doit être éloigné le plus possible de tout foyer incandescent.

**Chloroforme, éther acétique, alcool méthylique, alcool amylique, benzine, toluène, pétroles légers, pétroles lourds, essence de térébenthine.** — Ces corps auxquels il faut ajouter le sulfure de carbone sont des dissolvants qu'on peut substituer à l'éther ordinaire, mais dont l'emploi n'est pas aussi général.

**Éther iodhydrique ou iodure d'éthyle.** — Cet éther est devenu un des réactifs les plus importants de la chimie organique. En faisant réagir en vase clos,

comme M. Franckland l'a fait le premier, l'iodure d'éthyle sur des métaux, on obtient des radicaux *organo-métalliques*.

**Acide pterique.** — Cet acide est un des réactifs des carbures d'hydrogène avec lesquels il forme des composés de couleurs variées, et remarquables souvent par leur belle cristallisation.

On l'emploie encore pour précipiter les matières albuminoïdes, et quelquefois aussi pour caractériser la potasse avec laquelle il forme un sel jaune très peu soluble.

**Amidon.** — L'amidon est le réactif le plus sensible de l'iode libre ; il produit l'iodure d'amidon, caractérisé par sa belle couleur bleue et sa décoloration à 100 degrés.

**Sucre.** — La dissolution de sucre dans l'eau est le réactif qu'on emploie lorsqu'on veut dissoudre la chaux qui existe à l'état de liberté, principalement dans les mortiers et les ciments. La dissolution du sucre dans l'acide chlorhydrique concentré sert à caractériser l'huile de sésame pure ou mélangée à d'autres huiles ; elle se colore en rouge lorsqu'on le chauffe avec cette huile : une huile qui ne contient que 1 pour 100 d'huile de sésame produit encore une coloration groseille très sensible.

**Levûre de bière.** — La levûre de bière est le réactif le plus sûr pour constater la présence des sucres fermentescibles.

La fermentation se produit à une température de 30 à 35 degrés en opérant avec des liqueurs peu concentrées.

**Tannin ou infusion de noix de galle.** — La dissolution de tannin précipite les alcaloïdes avec lesquels il forme des composés insolubles.

Le tannin est quelquefois employé pour précipiter de leurs dissolutions, les matières albuminoïdes ou gélatineuses ; les précipités qu'on obtient ainsi, sont solubles soit dans un excès de tannin, soit dans un excès de la dissolution albumineuse ou gélatineuse. Le tannin est aussi un réactif de la chimie minérale ; sa dissolution forme, dans certains sels métalliques, des précipités colorés tout à fait caractéristiques, comme l'indique la liste suivante :

- Sels de fer au maximum, précipité noir bleu (encre).
- Sels de vanadium, précipité bleu noir.
- Sels d'uranium, précipité brun foncé.
- Sels d'antimoine, précipité jaune clair.
- Sels d'étain minimum, précipité jaune clair.
- Sels de plomb, précipité jaune clair.
- Sels de bismuth, précipité jaune clair.
- Sels de mercure minimum, précipité jaune clair.
- Sels d'argent, argent noir divisé.
- Sels d'or, coloration brune, puis or métallique.
- Titanates (solution acide), précipité rouge ou rouge orangé.
- Titanates (solution ammoniacale), précipité vert.



Tantalates (solution acidifiée), précipité jaune un peu orangé.  
 Niobiates, précipité rouge orangé.  
 Tungstates (solution acidifiée), précipité brun chocolat.  
 Molybdates neutres, coloration rouge sang.  
 Molybdates (solution acidifiée), précipité rouge sang.

**Réactifs colorés. — Tournesol.** — Le tournesol est le réactif coloré le plus important : on l'emploie en dissolution aqueuse, légèrement alcoolisée pour prévenir son altération, ou en dissolution alcoolique, dite teinture de tournesol.

La coloration bleue du tournesol vire instantanément au rouge sous l'influence des acides, mais la teinte rouge revient au bleu sous l'influence des alcalis : le tournesol produit donc deux réactifs colorés : le tournesol bleu pour caractériser les acides ou les réactions acides, et le tournesol rouge pour caractériser les alcalis ou les réactions alcalines. Des papiers qu'on trempe dans ces dissolutions et qu'on sèche ensuite, conservent la teinte de la dissolution et constituent les papiers de tournesol rouge ou bleu.

La sensibilité du tournesol dépend de la neutralité parfaite des éléments qui entrent dans sa préparation : les tournesols en pains que livre le commerce, contiennent ordinairement des carbonates alcalins. On obtient du tournesol très sensible, en versant dans la dissolution aqueuse de tournesol ordinaire quelques gouttes d'acide sulfurique, jusqu'à ce que la liqueur vire au rouge ; on ajoute ensuite un léger excès de carbonate de baryte obtenu par précipitation, puis on chauffe jusqu'à ce que la coloration bleue soit revenue.

La sensibilité du tournesol rouge dépend de la quantité d'acide employée pour faire virer le tournesol bleu au rouge : la précaution à prendre, dans cette préparation, est de n'ajouter l'acide que goutte à goutte et très étendu d'eau, d'agiter vivement le liquide à chaque goutte ajoutée en s'arrêtant lorsque la liqueur change de couleur.

Le tournesol rouge ne s'emploie presque jamais en dissolution. On fait usage ordinairement du papier rouge. On prépare souvent ce dernier en trempant du papier bleu dans de l'eau acidulée ; mais dans ce cas le papier rouge manque de sensibilité, si l'on n'a pas le soin de le laver à l'eau pure, qui lui enlève l'acide en excès qu'il peut contenir.

**Curcuma.** — On prépare avec la matière jaune contenue dans la racine de curcuma, un papier qui sert à caractériser l'alcalinité d'une substance, d'après la teinte brunâtre que prend ce papier sous l'influence des alcalis. Les acides rendent au papier sa teinte primitive. Le papier de curcuma est encore un excellent réactif pour caractériser l'acide borique : lorsqu'on dépose sur du papier de curcuma, une goutte d'une dissolution contenant de l'acide borique libre ou combiné et acidifiée d'acide chlorhydrique, et qu'on laisse sécher, le papier se colore à la manière des alcalis, malgré la présence de l'acide chlorhydrique. Pour préparer le papier de curcuma, on épuise d'abord par l'eau cette racine réduite en poudre, puis on la chauffe avec de l'alcool à 50 degrés environ, et l'on filtre ; on trempe ensuite du papier dans la teinture, puis on laisse sécher.

**Sirop de violette. — Décoction de haies de troëne (liguline).** — Ces réactifs

colorés rougissent sous l'influence des acides et verdissent par l'action des alcalis.

**Campêche. — Cochenille.** — Ces réactifs se préparent dans les conditions suivantes : 3 grammes cochenille, eau 400 grammes, alcool 100 grammes, macérer à froid. — **Acide rosalique.** — Dissous dans l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique. — Ces réactifs colorés virent au violet, par les alcalis et au jaune par les acides.

**Violet de méthylaniline.** — La solution aqueuse au millième, vire au bleu verdâtre avec les acides minéraux, même en dissolution étendue, et n'est pas modifiée par les acides organiques.

**Fluoresceine.** — Cette matière dissoute dans l'ammoniaque donne une solution qui devient fluorescente par l'action des alcalis, et qui se décolore en présence des acides.

**Fuchsine.** — On prépare avec une dissolution au quarantième de chlorhydrate de rosaniline un papier qui jaunit sous l'influence des acides libres en excès; sa teinte n'est pas modifiée par les sels neutres qui rougissent le tournesol.

**Fernambouc.** — La décoction aqueuse, au quinzième, du bois de Fernambouc sert à préparer un papier rougeâtre, qui devient jaune sous l'influence de l'acide fluorhydrique, et qui est employé pour caractériser cet acide.

**Sulfate d'indigo.** — Pour préparer ce réactif, on mêle de l'indigo finement pulvérisé avec 6 parties d'acide sulfurique fumant, ou 8 à 10 parties d'acide sulfurique monohydraté pur. Après 48 heures de contact on étend de 20 volumes d'eau distillée.

Le sulfate d'indigo est décoloré par le chlore et par l'acide azotique : sous l'influence de ces corps, la couleur bleue de l'indigo passe au jaune brun. C'est cette réaction que Gay-Lussac a utilisée dans la chlorométrie.

---

# INSTRUCTION PRATIQUE

## ET TABLEAUX ÉLÉMENTAIRES D'ANALYSE

PAR M. TERREIL

---

Les tableaux de chimie analytique minérale qui suivent, ont été faits pour l'usage des personnes qui commencent la chimie. En les composant, je me suis proposé de rendre plus facile l'étude de l'analyse chimique qualitative, et j'espère avoir atteint ce but. Cet atlas est un résumé très succinct de l'analyse qualitative, suffisant cependant pour permettre à l'élève le moins exercé de caractériser, d'une manière certaine, tous les métaux et tous les acides que peut contenir une liqueur. Il présente surtout l'avantage de ne pas embarrasser la mémoire du commençant de tous les détails qu'on trouve ordinairement dans ces sortes d'ouvrages.

L'atlas de chimie analytique minérale est composé de deux séries de tableaux, dont l'une traite des caractères distinctifs des sels métalliques solubles; et l'autre des caractères distinctifs des acides des mêmes sels. Ces tableaux sont précédés de leur légende explicative et d'un chapitre, où l'élève trouvera décrite la manière de se servir de l'atlas.

A la suite des tableaux se trouvent : 1° une marche méthodique à suivre dans l'analyse qualitative des bases, pour caractériser et séparer les uns des autres tous les métaux qui pourraient se trouver dans une liqueur ; 2° également une marche générale à suivre dans l'analyse qualitative des acides ; 3° un chapitre consacré aux essais au chalumeau ; 4° un dernier chapitre traitant de la recherche de l'arsenic, de l'antimoine, du phosphore, du cuivre, du plomb et du mercure, en présence des matières organiques et dans les cas d'empoisonnement.

---

## EXPLICATION DES TABLEAUX

Les tableaux qui traitent de l'analyse qualitative des bases dans les sels solubles, se composent de neuf colonnes disposées comme il suit :

La 1<sup>re</sup> colonne contient les noms des métaux ;

La 2<sup>e</sup> colonne présente les couleurs des sels métalliques ;

Dans les 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> colonnes se trouvent les trois réactifs principaux, c'est-à-dire l'hydrogène sulfuré, le sulfhydrate d'ammoniaque et le carbonate de soude, avec la couleur des précipités que ces réactifs déterminent dans les sels solubles. Les trois réactifs principaux divisent les métaux en cinq classes qui sont les suivantes :

1<sup>re</sup> CLASSE. — Métaux ne précipitant point les trois réactifs ;

2<sup>e</sup> CLASSE. — Métaux ne précipitant que le carbonate de soude ;

3<sup>e</sup> CLASSE. — Métaux précipitant par le carbonate de soude, et par le sulfhydrate d'ammoniaque ;

4<sup>e</sup> CLASSE. — Métaux précipitant par les trois réactifs, mais dont les sulfures sont insolubles dans le sulfhydrate d'ammoniaque ;

5<sup>e</sup> CLASSE. — Métaux précipitant par les trois réactifs, mais dont les sulfures sont solubles dans le sulfhydrate d'ammoniaque.

Les métaux de cette dernière classe sont indiqués par des *caractères maigres* avec lesquels leurs noms sont écrits ; en outre, sous chaque coloration de sulfure, le mot *soluble* est indiqué. L'arsenic a été placé dans cette 5<sup>e</sup> classe au point de vue des caractères de son sulfure.

La 6<sup>e</sup> colonne renferme les réactifs particuliers, c'est-à-dire des réactifs qui permettent de distinguer entre eux les métaux d'une même classe, lorsque celle-ci a été déterminée par les réactifs principaux. Ces réactifs particuliers sont peu nombreux, mais ils sont en quantité suffisante pour pouvoir caractériser avec sûreté toute base métallique dans un sel soluble.

La 7<sup>e</sup> colonne contient la couleur des précipités fournis par les réactifs particuliers.

La 8<sup>e</sup> colonne est consacrée aux observations qui peuvent servir à caractériser ces précipités.

Enfin la 9<sup>e</sup> colonne renferme les caractères que les bases métalliques présentent au chalumeau ; elle contient des figures coloriées présentant les teintes qu'on observe au chalumeau, soit avec les fondants, soit avec la flamme elle-même.

La figure ayant la forme suivante s'applique aux colorations de la flamme.

La figure formée comme il suit, s'applique aux substances chauffées avec l'azotate de cobalt et qui produisent des colorations.



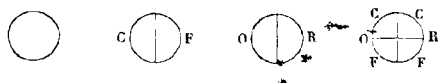
La figure suivante est destinée aux colorations qu'on obtient sur la lame



de platine avec les matières chauffées avec l'azotate de potasse ou avec la soude.

Les perles de borax et de sel de phosphore sont représentées, avec leurs teintes, par la figure d'un cercle ordinaire ou divisé en deux ou en quatre parties, de manière à représenter la couleur de la perle lorsqu'elle est chaude et lorsqu'elle est froide, lorsqu'elle a été chauffée au feu de réduction ou au feu d'oxydation; pour indiquer ces différences, les lettres C, F, O et R sont placées contre la partie du cercle à laquelle elles s'appliquent.

#### EXEMPLES :



Les tableaux représentant les caractères distinctifs des acides des sels solubles sont divisés, en sept colonnes.

La 1<sup>re</sup> colonne indique les noms des acides ou plutôt des sels.

La 2<sup>e</sup> et la 3<sup>e</sup> colonne représentent, avec leurs couleurs, les précipités que fournissent l'azotate d'argent et le chlorure de baryum, dans les sels en dissolution. Ces deux composés sont les réactifs principaux qui servent à caractériser les acides; ils divisent les sels solubles en quatre classes qui sont les suivantes :

1<sup>re</sup> CLASSE. — Sels ne précipitant aucun des deux réactifs;

2<sup>e</sup> CLASSE. — Sels ne précipitant que le chlorure de baryum;

3<sup>e</sup> CLASSE. — Sels ne précipitant que l'azotate d'argent;

4<sup>e</sup> CLASSE. — Sels précipitant les deux réactifs principaux.

La 4<sup>e</sup> colonne contient les réactifs particuliers qui servent à distinguer les uns des autres, les sels d'une même classe, lorsque celle-ci a été déterminée au moyen des deux réactifs principaux.

La 5<sup>e</sup> colonne représente les couleurs des précipités que l'on obtient avec les réactifs particuliers.

La 6<sup>e</sup> colonne renferme les observations relatives aux réactions que donnent les réactifs particuliers.

La 7<sup>e</sup> colonne est consacrée aux caractères distinctifs que les acides présentent au chalumeau.

Les métaux et les acides rares sont marqués d'un astérisque.

## RÈGLES A SUIVRE DANS L'ÉTUDE DE L'ANALYSE QUALITATIVE

L'élève doit commencer par étudier les caractères distinctifs des métaux et des acides tels qu'ils sont indiqués dans les tableaux; en les prenant les uns après les autres, et d'après l'ordre dans lequel ils sont placés, il devra répéter plusieurs fois chaque caractère pour bien se le rappeler. Il est bien entendu que les corps qui sont marqués d'un astérisque ne sont indiqués que pour mémoire, vu qu'ils sont rares, mais l'élève devra vérifier leurs caractères distinctifs lorsqu'il pourra se les procurer.

Lorsque l'élève aura étudié une classe de métaux ou une classe d'acides, il essaiera de caractériser des dissolutions renfermant des sels qu'il ne connaîtra pas, mais qui seront formées par les métaux ou par les acides de la classe qu'il aura étudiée; puis, lorsqu'il sera sûr qu'il ne se trompe point, il passera à une nouvelle classe; il recommencera de nouveau à caractériser des dissolutions des sels de cette nouvelle classe, puis il s'essayera sur des liqueurs contenant à la fois les bases ou les acides des deux classes étudiées, et ainsi de suite.

L'élève s'exercera ensuite à séparer les uns des autres des métaux ou des acides des différentes classes qu'il aura mélangés dans une même dissolution; puis lorsqu'il sera certain qu'il arrive sans se tromper à faire ces séparations, il s'exercera sur des liqueurs dont la composition ne lui sera point connue, en s'aidant des marches à suivre qui sont placées après les tableaux.

Le premier réactif qu'on emploie pour caractériser un métal est l'hydrogène sulfuré; lorsqu'il y a précipité, on le recueille sur un filtre, on le lave avec de l'eau contenant de l'hydrogène sulfuré, puis on s'assure si le précipité est soluble dans le sulfhydrate d'ammoniaque.

Lorsque la liqueur ne précipite point par l'hydrogène sulfuré, on y verse du sulfhydrate d'ammoniaque, qui est le deuxième réactif dont on doit faire usage; lorsqu'il y a précipité, on le sépare de la liqueur par filtration, puis on verse dans ladite liqueur le troisième réactif principal, qui est le carbonate de soude. Enfin lorsque la dissolution saline ne précipite par aucun des réactifs dont il vient d'être parlé, l'élève doit y rechercher les métaux alcalins.

L'élève doit ne point négliger les caractères au chalumeau, il est même bon qu'il ne commence l'analyse qualitative, qu'après s'être exercé longtemps à se servir de cet instrument indispensable à l'analyse chimique.

Enfin un élève doit avoir un cahier où il rédige au fur et à mesure tout ce qu'il fait, sans omettre même les incidents qui se produisent souvent sans qu'on s'y attende et qui sont dus quelquefois à l'impureté des sels qu'on emploie, ou aux réactifs mêmes dont on fait usage.

## GUIDE PRATIQUE

### POUR CARACTÉRISER UN SEL MÉTALLIQUE EN DISSOLUTION

Les élèves qui voudront devenir très habiles dans l'analyse qualitative, devront s'attacher avant tout à n'opérer que sur de très petites quantités de liqueur, de façon que n'ayant, par exemple, que quelques gouttes de liquide à leur disposition, ils puissent déterminer aussi facilement le sel en dissolution, que s'ils avaient un volume sensible de liqueur.

Pour arriver à un pareil résultat j'engage les élèves à éliminer dans ces opérations analytiques, les verres à expériences, même les plus petits, et à les remplacer par des *verres de montre*.

Trois ou quatre verres de montre ; un ou deux agitateurs en verre, et un linge propre (serviette ou torchon) que l'on peut remplacer par des fragments de papier à filtrer, voilà le matériel nécessaire pour constater la nature d'un sel métallique en dissolution ; à la rigueur un seul verre de montre, un agitateur et le linge propre sont suffisants.

*Manière d'opérer.* — On place le verre de montre sur une feuille de papier blanc, on doit également avoir à sa disposition un fond noir quelconque, pour juger des précipités blancs transparents : on plonge, à plusieurs reprises, l'extrémité de l'agitateur dans le liquide à examiner et chaque fois on touche le verre de montre dans le milieu de façon à obtenir une gouttelette du liquide ; on essuie avec soin l'agitateur et l'on mouille son extrémité avec le réactif que l'on veut employer, puis on met cette extrémité en contact avec la goutte de liquide du verre de montre. Les précipités se produisent dans ces conditions avec une très grande netteté ; lorsqu'on suppose n'avoir pas employé assez de réactif, ou lorsqu'on veut s'assurer si le précipité est soluble dans un excès de réactif, on plongera à plusieurs reprises l'agitateur dans ce dernier, mais chaque fois on n'oubliera point d'essuyer l'agitateur avec soin. Après chaque opération on lave le verre de montre et on l'essuie.

*Recommandations.* — Voici les recommandations expresses que je fais aux élèves qui suivent cette manière d'opérer :

- 1° Les verres de montre doivent toujours être secs et transparents ;
- 2° Ne jamais plonger l'agitateur dans une liqueur ou dans un réactif sans l'avoir préalablement essuyé avec soin ;
- 3° On ne doit mouiller avec les réactifs que la partie extrême de l'agitateur, surtout lorsqu'il s'agit du sulfhydrate d'ammoniaque ; on fait exception pour la dissolution d'hydrogène sulfuré qui est étendue ;
- 4° Les verres de montre peuvent être chauffés en prenant la précaution de les placer bien au-dessus de la flamme, pour que leur température ne s'élève que graduellement ;

5° Les verres de montre que j'emploie pour cet usage sont des *verres blancs bombés*, n° 28 ou 29.

*Marche à suivre pour caractériser un sel métallique en dissolution.* —  
1° Constater la réaction de la liqueur au papier de tournesol, et n'opérer que sur une liqueur à réaction franchement acide; donc si la liqueur est à réaction neutre ou alcaline, on l'acidifie avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique; l'addition de l'acide chlorhydrique peut déterminer dans certains cas des précipités dont je ferai connaître la nature plus loin; je suppose actuellement que l'acide ajouté ne précipite rien, et que la liqueur ne contient aucun sel insoluble, tenu en solution à l'aide d'un acide.

2° On ajoute à la liqueur de l'*hydrogène sulfuré*: il y a ou il n'y a point de précipité.

Si l'y a précipité, on y ajoute du *sulphydrate d'ammoniaque* en excès. Si le précipité se dissout dans le sulphydrate, on a affaire à un métal du cinquième groupe. Les principaux métaux de ce groupe sont:

- L'arsenic, dont le sulfure est jaune vif;
- L'étain au maximum, dont le sulfure est jaune sale;
- L'antimoine, dont le sulfure est orangé;
- L'étain au minimum, dont le sulfure est brun;
- Le molybdène, dont le sulfure est brun;
- L'or, dont le sulfure est brun;
- Le platine, dont le sulfure est brun noir.

Je rappelle que les sulfures d'or et de platine ne se dissolvent qu'avec une extrême lenteur dans le sulphydrate.

Le premier réactif à employer pour spécifier le métal en dissolution est la *potasse*; avec l'arsenic, ce réactif ne donne *rien* (on se rappellera que le sulfure d'arsenic est dissous instantanément par l'ammoniaque);

Avec l'étain, précipité blanc, soluble dans un excès de potasse;

Avec l'antimoine, précipité blanc, également soluble dans un excès de réactif; mais la coloration orange du sulfure d'antimoine est suffisante pour le distinguer de l'étain dont le sulfure est blanc sale ou brun;

Avec le molybdène, précipité brun;

Avec l'or, précipité jaune foncé;

Avec le platine, précipité jaune foncé.

Pour distinguer ensuite l'or du platine, qui donnent avec la potasse des précipités se ressemblant, on emploie le sel ammoniac qui ne produit rien avec le sel d'or, et qui donne un précipité jaune clair avec le platine.

Lorsque le précipité obtenu avec l'hydrogène sulfuré n'est pas soluble dans le sulphydrate d'ammoniaque, on a affaire à un métal du quatrième groupe:

Cadmium, dont le sulfure est jaune vif;

Plomb,

Bismuth,

Cuivre,

Mercure,

Argent,

} dont les sulfures sont noirs ou noir brun foncé.



Après avoir constaté que la liqueur contient un métal de ce groupe, le réactif à employer pour spécifier le métal est *la potasse*.

Le cadmium donnant avec l'hydrogène sulfuré un sulfure jaune insoluble dans le sulfhydrate, ce métal se trouve caractérisé par ce précipité jaune.

La potasse caractérise les autres métaux du quatrième groupe, par la couleur des précipités qu'elle donne dans les dissolutions de leurs sels ; ainsi :

- Précipité blanc, soluble dans un excès de potasse, plomb ;
- Précipité blanc, insoluble dans un excès de potasse, bismuth ;
- Précipité bleu, insoluble dans un excès de potasse, cuivre (bioxyde) ;
- Précipité jaune, insoluble, verdissant à l'air, cuivre (protoxyde) ;
- Précipité jaune, insoluble, inaltérable, mercure (maximum) ;
- Précipité noir, insoluble, mercure (minimum) ;
- Précipité brun clair, insoluble, argent.

Après avoir ainsi spécifié le métal avec la potasse, l'élève pourra contrôler le caractère à l'aide des réactifs particuliers indiqués dans les tableaux.

*Des cas particuliers qui peuvent se produire dans l'emploi de l'hydrogène sulfuré.* — Les élèves devront se souvenir qu'une liqueur présentant une réaction acide au papier de tournesol, et ne contenant point de métaux des quatrième et cinquième groupes, peut néanmoins donner naissance à un précipité blanc ou blanc jaunâtre. Ce précipité peut être du sulfure de zinc ou du soufre.

Les sels de zinc, dont les dissolutions rougissent le tournesol, précipitent la moitié de leur métal par l'hydrogène sulfuré.

Le sulfure de zinc, qui est blanc, se dissout dans les acides faibles. Ce sulfure ne se produit plus lorsqu'on acidifie la liqueur par de l'acide chlorhydrique.

Le précipité blanc jaunâtre de soufre se produit dans les circonstances suivantes :

Dans les liqueurs trop acides ou contenant de l'acide azotique libre ou de l'eau régale ;

Dans les liqueurs contenant, à l'état de liberté, du chlore, du brome, de l'iode, de l'acide sulfureux et tous les composés réduisant l'hydrogène sulfuré ;

Dans les liqueurs contenant un sel de fer au maximum d'oxydation ; ce sel de fer est réduit au minimum avec dépôt de soufre ;

Dans les liqueurs contenant des sels à acides métalliques facilement réductibles (chromates, manganates, etc.) ; ordinairement dans ce cas les liqueurs colorées changent de couleur et les liqueurs incolores se colorent soit en bleu, soit en vert, soit en violet.

3° Quand la liqueur ne précipite point par l'hydrogène sulfuré, on la traite par le *sulfhydrate d'ammoniaque*, en ayant soin de la saturer préalablement par un peu d'ammoniaque, lorsqu'elle est trop acide.

Si la liqueur précipite, elle peut contenir les métaux suivants, dont la couleur des sulfures ou des oxydes est souvent caractéristique :

Aluminium, oxyde blanc;  
 Zinc, sulfure blanc;  
 Manganèse, sulfure rose chair;  
 Uranium, sulfure rouge brun;  
 Chrome, oxyde verdâtre;  
 Fer, sulfure noir; .  
 Nickel, sulfure noir;  
 Cobalt, sulfure noir.

Lorsque le précipité donné par le sulfhydrate est blanc, le réactif à employer pour distinguer l'aluminium du zinc, est *l'ammoniaque* : l'ammoniaque donne dans les dissolutions de ces métaux, des précipités blancs d'oxydes, mais celui de l'aluminium est à peine soluble dans un excès d'ammoniaque, tandis que celui du zinc se dissout instantanément dans un excès de réactif.

En outre, lorsque l'ammoniaque produit dans une liqueur un précipité blanc insoluble dans un excès d'ammoniaque, l'élève devra constater que la liqueur, traitée par la potasse, donne un précipité blanc soluble dans un excès de réactif; ce qui caractérisera l'alumine. Dans le cas d'insolubilité du précipité dans un excès de potasse, l'élève devra porter son attention sur les sels insolubles tenus en dissolution dans les acides et voir plus loin le chapitre consacré à ces sels.

Pour tous les autres métaux de ce groupe, *la potasse* est le réactif qu'il faut employer pour les distinguer les uns des autres, même quand la couleur du précipité donné par le sulfhydrate est caractéristique, comme pour le manganèse, l'uranium et le chrome. En effet, *la potasse* donne dans les dissolutions salines de ces métaux du troisième groupe, les précipités suivants :

Manganèse, précipité blanc, brunissant à l'air;  
 Uranium, précipité jaune;  
 Chrome, précipité verdâtre, soluble dans un excès de potasse;  
 Fer au minimum, précipité blanc verdâtre, passant au rouille;  
 Fer au maximum, précipité rouille;  
 Nickel, précipité vert pomme;  
 Cobalt, précipité bleu lavande, devenant rose dans un excès de potasse.

Une fois cette distinction faite à l'aide de la potasse, et qui est suffisante, l'élève pourra toujours la contrôler, à l'aide des caractères fournis par les réactifs particuliers qui se trouvent indiqués dans les tableaux.

*Cas particuliers qui peuvent se présenter lorsqu'on emploie le sulfhydrate d'ammoniaque.* — L'élève qui emploie le sulfhydrate d'ammoniaque doit se rappeler les faits suivants :

Le sulfhydrate introduit dans une liqueur acide s'y décompose, l'ammoniaque sature l'acide, il se dégage de l'hydrogène sulfuré et il se forme toujours un dépôt de soufre, blanc ou blanc jaunâtre, que l'on peut confondre avec les précipités donnés par les sels d'alumine et de zinc; il est donc nécessaire, comme cela a été dit plus haut, de saturer l'acide libre de la liqueur par de l'ammoniaque et il n'y a pas d'inconvénient à ajouter un léger excès de réactif, même lorsqu'il donne lui-même un précipité, car ce précipité en

contact avec le sulfhydrate, donnera toujours les caractères indiqués plus haut.

Il est rare que les sels d'alumine et de zinc soient purs; ils contiennent presque toujours des traces de fer, principalement les sels d'alumine, et le sulfhydrate d'ammoniaque versé dans les dissolutions de ces sels, au lieu de produire un précipité blanc, il donne un précipité plus ou moins vert sale, que les élèves confondent avec le précipité donné par les sels de chrome. Cette erreur cesse, si l'on se souvient que les dissolutions de chrome sont vertes ou violacées, tandis que les dissolutions des sels d'alumine et de zinc sont incolores; d'autre part, si l'on traite la dissolution examinée par un excès de potasse, les précipités formés par l'alumine et le zinc se dissolvent dans l'excès de réactif; les liqueurs sont incolores, et elles tiennent en suspension de l'oxyde de fer couleur rouille; dans les mêmes circonstances, les sels de chrome donnent un précipité vert, également soluble dans un excès de potasse, mais la dissolution est d'un beau vert.

Enfin, lorsqu'on emploie un trop grand excès de sulfhydrate, ce réactif, qui est presque toujours coloré en jaune, communique à la liqueur et aux précipités blancs, cette teinte jaunâtre, qui peut tromper l'élève sur la nature du précipité.

4<sup>e</sup> Lorsque la liqueur à essayer ne précipite ni par l'hydrogène sulfuré, ni par le sulfhydrate d'ammoniaque, on la traite par le *carbonate de soude*; si ce réactif détermine un précipité blanc, cela indique que la liqueur contient un des quatre métaux du deuxième groupe :

Baryum ;

Strontium ;

Calcium ;

Magnésium.

Pour distinguer ces métaux entre eux, on doit employer d'abord une dissolution de *sulfate de chaux* qui les divise en deux groupes : ceux qui donnent un précipité blanc avec ce réactif (baryum et strontium) et ceux qui ne donnent rien (calcium et magnésium).

Le précipité de sulfate de baryte que détermine le sulfate de chaux dans les dissolutions du baryum, se fait instantanément. La précipitation du sulfate de strontiane dans les dissolutions de cette base, se fait au contraire assez lentement et l'on doit toujours attendre quelques instants, avant de se prononcer sur la précipitation de la liqueur.

Lorsque le sulfate de chaux produit un précipité dans la liqueur, on distingue le baryum du strontium, tout simplement à la coloration que la dissolution communique à la flamme; la coloration verte indique le baryum, la coloration rouge indique le strontium; on peut encore distinguer ces métaux l'un de l'autre, à l'aide d'une dissolution étendue de *bichromate de potasse*, qui précipite en jaune clair les sels de baryte, et qui ne donne rien avec les sels de strontiane.

Quand le sulfate de chaux ne donne point de précipité dans la liqueur, cela indique que celle-ci contient un sel de chaux ou un sel de magnésie; pour dis-

tinguer ces deux bases l'une de l'autre, il faut employer l'*oxalate d'ammoniaque*; ce dernier précipite en blanc les sels de chaux, et ne donne rien avec les sels de magnésie.

*Soins à prendre dans l'emploi du carbonate de soude.* — Les liqueurs sur lesquelles on opère étant toujours acides, les premières portions de carbonate de soude que l'on ajoute, saturent d'abord l'acide libre avant de réagir sur le sel, et ce fait pourrait causer des erreurs, si l'opérateur se contentait d'ajouter seulement quelques gouttes du réactif, pour s'assurer qu'il n'y a point formation de précipité; dans ce cas, on doit toujours se rendre compte de la réaction que la liqueur présente au papier de tournesol après l'addition du carbonate de soude, et ne porter un jugement définitif, que lorsque la liqueur bleuit le papier rouge de tournesol.

Le carbonate de soude se transforme assez facilement en bicarbonate en absorbant l'acide carbonique de l'air; et lorsque cette transformation est opérée, ce réactif ne précipite plus à froid les sels de magnésie, mais si l'on chauffe légèrement le mélange, le carbonate de magnésie se précipite. Donc, lorsqu'on suppose que le carbonate de soude a pu passer à l'état de bicarbonate, il est important, dans le cas où il n'y aurait pas de précipité, de chauffer légèrement la liqueur, pour s'assurer que la chaleur ne détermine pas la précipitation du carbonate de magnésie.

5° Lorsqu'une dissolution saline ne précipite ni l'hydrogène sulfuré, ni le sulfhydrate, ni le carbonate de soude, cela indique que le métal en dissolution appartient au premier groupe :

Potassium;

Sodium;

Lithium;

Ammonium.

Dans ce cas le premier réactif à employer est le *chlorure de platine*, qui précipite en jaune clair le potassium et l'ammonium, et ne produit rien avec le sodium et le lithium.

Lorsque le sel de platine précipite en jaune clair, on distingue le potassium de l'ammonium en versant dans la liqueur ou même sur le précipité jaune formé par le platine, de la *potasse*; si le sel en dissolution est ammoniacal, il se dégage immédiatement de l'ammoniaque, reconnaissable à son odeur caractéristique, et aussi aux vapeurs blanches qui se produisent lorsqu'on approche du liquide une baguette de verre trempée dans de l'acide chlorhydrique un peu étendu d'eau; avec les sels de potasse il ne se produit rien.

Quand le sel de platine n'a produit aucun précipité, il reste à distinguer la soude de la lithine, distinction qui se fait tout simplement, d'après la coloration que la liqueur communique à la flamme :

La soude colore la flamme en jaune;

La lithine colore la flamme en rouge pourpre.

*Précautions à prendre dans l'emploi du chlorure de platine comme réac-*

*tif.* — Lorsqu'on emploie le chlorure de platine pour déceler la présence des sels de potasse et des sel ammoniacaux, il faut se rappeler que les chloro-platinates de potassium et d'ammonium qui se produisent ont une certaine solubilité; ce qui fait que dans les liqueurs un peu étendues, la précipitation du chloroplatinate jaune est assez lente à se faire, principalement pour les sels de potasse; on active ordinairement cette précipitation en frottant le verre où se fait l'essai, avec l'agitateur en verre, ou mieux en ajoutant un peu d'alcool à la liqueur. Dans tous les cas, le précipité se manifeste toujours, après quelques minutes d'attente.

Lorsque le sel en dissolution est un iodure, la liqueur se colore fortement en rouge brun, presque noir, sous l'influence du sel de platine, ce qui empêche souvent de voir le précipité jaune caractéristique; si l'on opère sur un verre de montre, il suffit de regarder le dessous du verre, en élevant celui-ci au-dessus des yeux, pour apercevoir le précipité jaune au fond, ou de décantier le liquide et de laver le précipité avec de l'eau mélangée d'alcool. Le même incident se produit avec les sels de potasse et les sels ammoniacaux à acides colorés, chromates, manganates, ferricyanures, etc.

*Cas particuliers dans lesquels la dissolution d'un sel à réaction neutre ou acide, précipite en blanc lorsqu'on l'acidifie par l'acide chlorhydrique.* — Lorsqu'un sel métallique en dissolution précipite en blanc par l'addition de l'acide chlorhydrique, le métal en dissolution est l'argent, le mercure au minimum d'oxydation ou le plomb. On distingue immédiatement le précipité fourni par ces métaux à l'aide de l'ammoniaque, employée en excès pour saturer l'acide.

Si le précipité se dissout dans l'ammoniaque, argent;

Si le précipité devient noir, mercure;

Si le précipité reste blanc, plomb.

D'autre part, le chlorure d'argent précipité est complètement insoluble dans l'eau et dans l'eau régale. Le protochlorure de mercure est insoluble dans l'eau, mais il se dissout dans l'eau régale. Le chlorure de plomb est soluble dans l'eau bouillante, d'où il se dépose sous forme d'aiguilles par le refroidissement. Les dissolutions très étendues des sels de plomb ne précipitent pas par l'acide chlorhydrique.

Lorsqu'on acidifie la dissolution d'un sel de baryte, soit par l'acide chlorhydrique, soit par l'acide azotique, il peut se produire un précipité blanc cristallin de chlorure ou d'azotate de baryum, insolubles dans les liqueurs acides; ce précipité disparaît lorsqu'on étend la liqueur de beaucoup d'eau. Ce caractère doit toujours être présent à la pensée, principalement lorsqu'on emploie le chlorure de baryum pour la recherche des acides.

Une dissolution saline neutre ou à réaction acide, peut encore présenter les caractères suivants lorsqu'on l'acidifie par l'acide chlorhydrique :

Un chlorate dégage du chlore;

Un sulfite dégage de l'acide sulfureux;

Un hyposulfite dégage de l'acide sulfureux en même temps qu'il se fait un dépôt de soufre.

*Des dissolutions contenant un sel insoluble dissous dans un acide.* — Lorsqu'on veut embarrasser un élève dans la détermination de la base d'un sel en dissolution, on lui donne une liqueur qui contient un sel alcalino-terreux ou terreux, insoluble dans l'eau, mais dissous dans l'acide azotique ou dans l'acide chlorhydrique; une pareille liqueur se comporte avec les trois principaux réactifs comme un sel d'alumine ou comme un sel de zinc: elle précipite en blanc plus ou moins pur, par le sulfhydrate d'ammoniaque, et par le carbonate de soude. Les phosphates et les borates alcalino-terreux ou à base de magnésie, sont les seuls qui peuvent entrer dans la composition de ces liqueurs; les arsénates précipitant par l'hydrogène sulfuré, ne peuvent être employés.

Donc, lorsqu'un élève se trouve en présence d'une liqueur qui précipite en blanc par le *sulfhydrate*, par le *carbonate de soude*, ou par l'*ammoniaque*, il devra, avant de se prononcer, essayer sa liqueur par un excès de potasse, et si le précipité blanc qui se forme reste insoluble dans l'excès de potasse, cela indique que la base n'est ni du zinc ni de l'alumine.

Voici maintenant comment il faut procéder pour distinguer la base et l'acide dans ces conditions :

1° Dans une partie de la liqueur, on ajoute une goutte d'acide sulfurique, ou d'un sulfate; s'il y a un précipité, cela indique la présence de la baryte ou de la strontiane; dans ce cas, on recueille le précipité et on l'essaie à la flamme pour constater la coloration qu'il communique à cette flamme :

Coloration vert pâle, baryte<sup>1</sup>,

Coloration rose, strontiane.

2° Si la liqueur ne précipite ~~point~~ par l'acide sulfurique, on en sature une autre portion par l'*ammoniaque*, puis on redissout le précipité qui se forme, dans l'*acide acétique*, enfin on y ajoute de l'*oxalate d'ammoniaque* qui précipite en blanc, lorsque la base est la chaux, et qui ne donne rien lorsque la base est la magnésie.

Pour déterminer l'acide, on sature une certaine quantité de la liqueur par l'*ammoniaque*, on jette le précipité qui se forme, sur un filtre, on l'y lave à l'eau distillée, jusqu'à ce que l'azotate d'argent ne précipite plus la liqueur qui filtre, puis on met une portion du précipité sur un verre de montre, et on le mouille avec l'*azotate d'argent*: si le précipité devient jaune, l'acide est de l'acide phosphorique si le précipité reste blanc et prend une teinte brun clair, l'acide est de l'acide borique.

On peut encore distinguer l'acide contenu dans le précipité donné par l'*ammoniaque*, en desséchant ce précipité et en le chauffant à la flamme du chalumeau, après l'avoir mélangé avec du bisulfate de potasse et du spath fluor: si la flamme ne se colore pas, ou présente seulement une légère teinte jaune verdâtre, on est en présence de l'acide phosphorique.

Si la flamme se colore en vert émeraude, on est en présence de l'acide borique.

*Observations sur les dissolutions à réaction alcaline, ou contenant un sel à acide métallique.* — Une liqueur qui présente une réaction alcaline au papier

de tournesol doit être saturée par un léger excès d'acide chlorhydrique, avant d'être soumise aux réactifs qui doivent caractériser la base en dissolution.

L'alcalinité d'une liqueur est ordinairement due à la potasse, à la soude ou à l'ammoniaque : soit que ces bases soient en combinaison avec des acides faibles, comme dans les carbonates, borates, etc., ou avec des acides métalliques, comme dans les tungstates, les stannates, etc., soit que ces bases servent de dissolvants à certains oxydes métalliques.

Lorsqu'on sature une liqueur alcaline par l'acide chlorhydrique, il arrive souvent que l'on voit se produire un précipité ; lorsque ce précipité se redissout dans un excès d'acide, on opère à la manière ordinaire, pour caractériser la base métallique, en dehors des alcalis qui servaient de dissolvants ou de bases aux acides métalliques.

Lorsque le précipité ne se redissout pas dans l'excès d'acide, cela indique un acide métallique, tel que les acides tungstique, molybdique, stannique, antimonique, etc. ; du chlorure de plomb si ce métal est dissous dans de la potasse ou dans de la soude ; ou du chlorure d'argent, si la liqueur doit son alcalinité à de l'ammoniaque ; dans ce cas l'élève spécifiera l'acide métallique ou le métal de la manière suivante :

Dans la liqueur rendue acide, mettre quelques morceaux de zinc qui réduisent le précipité métallique, et on constate :

Si la liqueur devient bleue et reste bleue, tungstène ;

Si la liqueur devient bleue, puis brune, molybdène ;

Si la liqueur reste incolore, tandis que le précipité devient noir gris métallique, et que le zinc se recouvre lui-même du métal réduit, étain, plomb, antimoine, argent.

Pour distinguer dans ce cas ces derniers métaux, on sature de la liqueur alcaline par l'hydrogène sulfuré : si l'hydrogène sulfuré produit un précipité noir, le métal est du plomb, si la liqueur est alcaline par la potasse ou la soude ; le métal est de l'argent, si l'alcalinité de la liqueur est due à l'ammoniaque. Lorsque l'hydrogène sulfuré n'a pas donné de précipité, on précipite le sulfure métallique formé par l'acide chlorhydrique :

Précipité blanc jaunâtre, étain ;

Précipité orangé, antimoine.

Une liqueur contenant de la potasse ou de la soude libre peut contenir les métaux suivants :

Aluminium, chrome, zinc, tungstène, molybdène, étain, antimoine, plomb et arsenic.

Toutes ces dissolutions sont incolores, à l'exception de celle du chrome qui est d'un beau vert, et cette dissolution est également la seule qui se décompose lorsqu'on la fait bouillir ; elle dépose de l'oxyde vert de chrome et devient incolore.

Une liqueur qui contient de l'ammoniaque libre peut contenir les métaux suivants, en dehors des métaux alcalins :

Baryum, strontium, calcium, magnésium, manganèse, nickel, cobalt, zinc, cadmium, cuivre, argent et arsenic.

Une dissolution ammoniacale peut également contenir du protoxyde de fer en dissolution, mais au contact de l'air, cet oxyde se précipite instantanément en noir verdâtre, puis passe à la couleur rouille ensuite.

La dissolution du manganèse dans l'ammoniaque dépose aussi de l'oxyde de manganèse qui est brun, lorsque la liqueur ne contient pas assez de sel ammoniac pour retenir tout le manganèse en solution.

La dissolution ammoniacale du cuivre est bleu azur très foncé; celle du nickel est bleu violacé; celle de cobalt, jaune d'abord, brunit à l'air. Toutes les autres dissolutions sont incolores.

Une dissolution ammoniacale peut également contenir des traces d'alumine et d'oxyde de plomb.

Les dissolutions dont l'alcalinité est due à du carbonate d'ammoniaque, peuvent encore contenir de l'urane; dans ce cas la liqueur est jaune clair.

## MARCHE MÉTHODIQUE

### A SUIVRE DANS L'ANALYSE QUALITATIVE DES MÉTAUX

La marche méthodique à suivre dans l'analyse qualitative, que je donne ici pour reconnaître les métaux, est simple; elle est faite de telle sorte que, en supposant, ce qui n'arrive jamais, qu'une liqueur contienne tous les métaux, et je n'en excepte que quelques-uns très rares, tels que le niobium, le thorium, le didyme et autres métaux de la même famille, le chimiste le moins exercé pourra les séparer les uns des autres et les caractériser, s'il suit avec soin toutes les opérations qui y sont décrites.

Je fais figurer dans ma méthode certains métaux que l'on considère comme rares, mais qui cependant se rencontrent quelquefois dans les matières les plus communes, et qui échappent souvent à l'analyse.

### EXAMEN PHYSIQUE

Quand la matière à analyser est solide, on examine d'abord ses propriétés physiques : *couleur, éclat, densité, dureté, forme cristalline*, etc., etc. Les propriétés physiques des liquides doivent également être examinées.

### ESSAIS AU CHALUMEAU <sup>1</sup>

Lorsque la matière est solide, il est bon, avant de la dissoudre, de la soumettre aux divers réactifs du chalumeau pour apprécier *à priori* les principaux métaux et les principaux acides dont elle est composée.

On commencera toujours par introduire, gros comme un grain de millet, de



la matière dans un petit tube bouché à une de ses extrémités. On essuie la paroi interne du tube avec du papier à filtre enroulé, de manière à enlever toute poussière et toute humidité; on introduit dans le tube un papier rouge de tournesol et un papier bleu, ensuite l'on chauffe légèrement d'abord, puis enfin fortement, en s'aidant même du chalumeau. Pendant cette opération, on examine comment se comporte la matière: par exemple, si elle change de couleur, et si ce changement se maintient après le refroidissement, si elle est fusible, si elle se boursoufle avant de fondre, si elle est volatile, si elle dégage de l'eau (on s'assure si cette eau est acide, alcaline, ou neutre), si elle contient des matières organiques reconnaissables à leur odeur de *brûlé*, si elle dégage des vapeurs colorées ou odorantes, etc., etc.

Les autres essais que l'on doit faire au chalumeau sont décrits au chapitre des essais au chalumeau.

#### PARTIE SOLUBLE DANS L'EAU

On met un peu de la matière de côté pour répéter les essais, si cela devenait nécessaire, puis on pulvérise le reste et on le fait bouillir avec de l'eau distillée, pour séparer la partie soluble dans l'eau de la partie insoluble, lorsqu'il y en a une; on filtre, et la liqueur est traitée par les réactifs ordinaires, comme il va être dit plus loin, après toutefois s'être assuré si elle contient quelque chose, ce que l'on reconnaît en évaporant quelques gouttes sur la lame de platine.

La partie insoluble est lavée sur le filtre, jusqu'à ce que les eaux de lavage passent bien pures.

#### ATTAQUE DES MATIÈRES INSOLUBLES DANS L'EAU PAR LES ACIDES

La partie insoluble dans l'eau, bien lavée, est traitée par les acides. Lorsque le chalumeau aura décelé la présence de l'argent et du plomb, on emploiera l'acide azotique seul; dans tous les autres cas, on attaque la matière par l'eau régale. On évapore à sec, on reprend de nouveau la matière par le même acide, on fait bouillir pendant quelque temps, on évapore le plus possible l'excès d'acide, puis on étend d'eau distillée en observant bien si cette eau qu'on ajoute ne détermine point de précipité, comme cela arrive lorsqu'on opère en présence de l'étain, de l'antimoine, du bismuth, etc. Dans le cas où il y a précipité, on redissout celui-ci au moyen de l'acide employé pour dissoudre la matière. Enfin l'on filtre la liqueur pour séparer la partie insoluble dans les acides: cette partie insoluble est lavée sur le filtre avec de l'eau distillée; on la dessèche ensuite pour lui faire subir plus tard le traitement à la potasse qui sera décrit plus loin.

Après avoir ainsi opéré la dissolution de la matière dans l'eau et dans les acides, on fait subir aux liqueurs les traitements qui vont suivre.

Il faut se rappeler qu'on doit toujours mettre de côté une partie de la

liqueur qu'on essaye, afin de pouvoir contrôler au besoin les premiers essais, et, comme on le verra plus loin, pour servir à caractériser la présence des sels ammoniacaux. On ne doit opérer que sur des liqueurs légèrement acides.

#### TRAITEMENT PAR L'HYDROGÈNE SULFURÉ

Après s'être assuré que la dissolution de la matière précipite par l'hydrogène sulfuré en dissolution, on fait passer dans la liqueur un courant d'hydrogène sulfuré, jusqu'à ce que quelques gouttes de la liqueur filtrée ne précipitent plus par ce réactif. Alors on filtre pour séparer les sulfures qui ont pris naissance, on lave ensuite ces sulfures avec de l'eau distillée contenant un peu d'hydrogène sulfuré, pour empêcher la sulfatation de certains métaux.

Les métaux qui sont précipités dans cette opération sont :

Le *cadmium*, le *plomb*, le *bismuth*, le *cuivre*, le *mercure*, l'*argent*, le *molybdène*, l'*arsenic*, l'*étain*, l'*antimoine*, l'*or*, le *platine* et tous les métaux qui accompagnent ce dernier métal dans sa mine; *palladium*, *rhodium*, *ruthénium*, *iridium* et *osmium*, enfin du *soufre*.

#### SULFURES SOLUBLES DANS LE SULFHYDRATE D'AMMONIAQUE

Les sulfures des métaux précédents, une fois bien lavés, sont mis en digestion, à une douce chaleur, dans un excès de sulfhydrate d'ammoniaque, qui a la propriété de dissoudre les sulfures d'*arsenic*, d'*étain*, d'*antimoine*, de *molybdène*, d'*or*, de *platine* et d'*iridium*. Quelquefois cependant, le sulfure de platine ne se dissout pas dans le sulfhydrate.

On filtre la liqueur, les sulfures insolubles dans le sulfhydrate restent sur le filtre, sur lequel on les lave avec beaucoup de soin avec de l'eau distillée contenant un peu de sulfhydrate d'ammoniaque.

On sature le sulfhydrate d'ammoniaque qui a filtré, par un petit excès d'acide chlorhydrique étendu; les sulfures en dissolution se précipitent de nouveau, mêlés d'un excès de soufre; on les jette sur un filtre où on les lave à l'eau distillée; enfin, on les caractérise de la manière suivante :

*Arsenic*. — On verse sur le filtre où sont les sulfures, de l'ammoniaque qui filtre en entraînant le sulfure d'arsenic s'il y en a dans le précipité.

La liqueur ammoniacale filtrée est saturée par l'acide chlorhydrique qui reprécipite le sulfure d'arsenic avec sa couleur jaune caractéristique et qui doit être complètement volatil lorsqu'on le chauffe sur la lame de platine ou dans un petit tube bouché.

Les sulfures qui restent sur le filtre sont lavés de nouveau, séchés et calcinés dans une petite capsule pour chasser le soufre; après refroidissement de la capsule, on traite par de l'acide chlorhydrique bouillant qui transforme les sulfures d'*étain* et d'*antimoine* en chlorures de ces métaux. Le molyb-

dène, l'or, le platine et l'iridium restent sous forme de poudre noire, qu'on lave à l'eau distillée.

*Antimoine.* — A la dissolution des chlorures d'étain et d'antimoine, on ajoute de l'acide tartrique et l'on étend d'eau; puis, dans une partie de la liqueur, on plonge une lame d'étain bien propre; s'il y a de l'antimoine, il se précipite sur l'étain, sous forme de poudre noire qui, réunie en culot, donne un métal cassant.

*Étain.* — On caractérise l'étain en précipitant l'antimoine et l'étain de l'autre partie de la liqueur, à l'aide d'une lame de zinc; la poudre noire métallique qu'on obtient ainsi est lavée, puis traitée par de l'acide chlorhydrique étendu d'un quart d'eau, qui dissout l'étain seul. La dissolution précipite alors en brun par l'hydrogène sulfuré; on peut encore y caractériser l'étain, en précipitant par un excès de potasse qui redissout le protoxyde d'étain qui se forme d'abord, puis on s'assure si la dissolution alcaline réduit le réactif cupro-potassique (réactif du sucre), ce que fait le protoxyde d'étain en dissolution alcaline.

Il est bon de rappeler aussi que les dissolutions d'étain et d'antimoine donnent, avec l'hydrogène sulfuré, des précipités colorés caractéristiques.

*Molybdène.* — Le molybdène, l'or, le platine et l'iridium se trouvent dans le résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique, comme il a été dit plus haut. On attaque donc ce résidu, d'abord par de l'acide sulfurique concentré et bouillant; s'il existe du molybdène dans le résidu, la liqueur prend une coloration bleue des plus intenses, due à un sulfate de molybdène qui se forme.

*Iridium.* — On décante la liqueur bleue et on lave le résidu avec de l'eau distillée, puis on le traite avec de l'eau régale de moyenne concentration qui dissout l'or et le platine, et laisse l'iridium comme résidu.

*Or, platine.* — On évapore l'eau régale presque à siccité, on reprend par quelques gouttes d'eau, puis on caractérise l'or en versant dans la moitié de la liqueur un peu de protochlorure d'étain, qui donne naissance à un précipité de pourpre de Cassius. L'autre moitié de la liqueur est additionnée de sel ammoniac qui forme un précipité jaune caractéristique s'il y a du platine.

#### SULFURES INSOLUBLES DANS LE SULFHYDRATE D'AMMONIAQUE

Les métaux précipités par l'hydrogène sulfuré, et dont les sulfures ne se sont point dissous dans le sulfhydrate d'ammoniaque, sont caractérisés de la manière suivante :

*Osmium.* — On caractérise les sulfures par l'acide azotique concentré et bouillant, dans un vase de porcelaine; s'ils contiennent de l'osmium, il se dé-

gage à l'état d'acide osmique, facile à reconnaître à son odeur particulière et à l'irritation qu'il produit sur les yeux. On évapore le plus possible l'excès d'acide azotique, puis on reprend par de l'eau distillée : il est bon d'observer ici si l'eau que l'on ajoute ne détermine point de précipité comme il a déjà été dit plus haut, ce qui serait l'indice de la présence du bismuth; dans ce cas on ferait disparaître le précipité au moyen de quelques gouttes d'acide azotique.

*Plomb.* — Le plomb reste à l'état de sulfate de plomb qui est blanc, le mercure, le rhodium, le ruthénium, et souvent le *platine* à l'état de sulfures non attaqués, le tout mélangé à du soufre mou. On décante la liqueur acide, on lave le résidu à plusieurs reprises avec de l'eau distillée, et on y caractérise le plomb en versant dessus de la potasse qui dissout le sulfate de plomb, on décante la potasse, et on y verse de l'hydrogène sulfuré, qui détermine un précipité noir de sulfure de plomb.

*Mercure.* — Les sulfures de mercure, de ruthénium et de *platine* lorsqu'il y en a, sont lavés de nouveau à l'eau distillée pour enlever la potasse qui les mouille, puis on les fait sécher. Enfin, on les introduit dans un petit tube bouché et on les chauffe fortement; s'il y a du mercure son sulfure se volatilise complètement et se condense dans la partie froide du tube, sous forme d'enduit couleur de cinabre et cristallin; comme de petites quantités de sulfure de mercure pourraient être masquées par du soufre qui se volatilise; en même temps, il est bon de caractériser le mercure en faisant dissoudre la partie volatilisée dans de l'eau régale : la dissolution filtrée doit précipiter en jaune par la potasse.

*Platine.* — Lorsque le sulfure de platine ne s'est pas dissous dans le sulfhydrate, il reste à l'état de sulfure noir, non volatil; on le traite par l'eau régale, on évapore à sec, on reprend par une goutte d'eau, puis on ajoute du sel ammoniac qui détermine la précipitation du chloroplatinate d'ammoniac qui est caractéristique.

*Rhodium.* — Le résidu non volatil est fondu avec du bisulfate de potasse qui n'attaque que le rhodium en prenant une teinte rose, qu'il communique à la liqueur lorsqu'on reprend par l'eau.

*Ruthénium.* — Le ruthénium reste insoluble à l'état d'oxyde brun; cet oxyde se dissout dans la potasse en fusion en formant un ruthéniate de potasse qui colore l'eau en brun.

*Argent.* — On verse quelques gouttes d'acide chlorhydrique dans la liqueur acide séparée du sulfate de plomb et des sulfures de mercure, de rhodium et de ruthénium; s'il se forme un précipité blanc cailleboté, soluble dans l'ammoniacque, on est assuré de la présence de l'argent.

*Cuivre.* — La liqueur est bleue lorsqu'elle renferme du cuivre; elle devient verte lorsqu'on y ajoute l'acide chlorhydrique pour caractériser l'argent; enfin, lorsqu'on a séparé, par décantation, le chlorure d'argent quand il y en a, on reconnaît le cuivre à la teinte bleue très intense que prend le liquide lorsqu'on y verse de l'ammoniaque en excès. Lorsque la liqueur ne contient pas assez de cuivre pour être colorée en bleu, on s'assure quand même de la présence de ce métal en versant, dans quelques gouttes de la liqueur, du ferrocyanure de potassium qui colore la dissolution en rose pourpre.

*Bismuth.* — Si l'ammoniaque que l'on a versée dans le liquide pour y caractériser le cuivre, y détermine un précipité blanc insoluble dans un excès d'ammoniaque et insoluble dans la potasse, c'est l'indice de la présence du bismuth; si le précipité se dissolvait dans la potasse, il serait dû à du plomb, car le sulfate de plomb n'étant pas tout à fait insoluble dans les liqueurs acides, il en reste souvent en dissolution; il est donc important de s'assurer si le précipité obtenu par l'ammoniaque est soluble ou non dans la potasse.

*Palladium.* — Le cadmium et le palladium restent en dissolution dans la liqueur ammoniacale, et, lorsque celle-ci est incolore, on s'assure de la présence de ces métaux en y versant de l'iodure de potassium, qui précipite tout le palladium à l'état d'iodure ammoniacal jaune orangé lorsqu'on sature l'excès d'ammoniaque par l'acide chlorhydrique.

*Cadmium.* — Lorsqu'on a séparé l'iodure de palladium ammoniacal par filtration, on verse dans la liqueur de l'hydrogène sulfuré qui précipite alors du sulfure de cadmium, dont la couleur jaune est caractéristique.

Lorsque le cuivre existe dans la liqueur, il faut, avant d'y verser l'hydrogène sulfuré, y ajouter du cyanure de potassium en quantité suffisante pour décolorer le liquide; on peut alors y verser l'hydrogène sulfuré, qui précipite le sulfure jaune de cadmium sans agir sur le cuivre.

#### TRAITEMENT PAR LE SULFHYDRATE D'AMMONIAQUE

La liqueur mère qui a été traitée par de l'hydrogène sulfuré, et séparée par filtration des sulfures précédents, est soumise à l'action du sulfhydrate d'ammoniaque employé en petit excès. Il peut se précipiter alors les corps suivants: du soufre, des sulfures de fer, de manganèse, de cobalt, de nickel, de zinc et d'uranium, des oxydes de chrome et de cérium, de l'acide titanique, de l'alumine, de la glucine, des phosphates, borates et oxalates terreux et alcalino-terreux.

*Nickel, cobalt.* — On lave le précipité avec de l'eau contenant un peu d'hydrogène sulfuré pour empêcher la sulfatation, puis on le fait digérer à une douce chaleur dans l'acide chlorhydrique étendu de 7 à 8 fois son volume d'eau, qui dissout tout, à l'exception des sulfures de cobalt et de nickel, qui

restent mélangés avec le soufre. On filtre la liqueur acide, on lave le résidu insoluble qui reste sur le filtre, on le dessèche et on le calcine dans une capsule de porcelaine pour chasser le soufre qui brûle ou se volatilise; puis, après avoir laissé refroidir la capsule, on traite le résidu par de l'eau régale, on évapore le plus possible l'excès d'acide et on reprend par l'eau. On verse alors dans la liqueur de l'ammoniaque qui redissout le précipité qui se forme d'abord et qui colore le liquide soit en bleu violacé très beau quand il n'y a que du nickel, soit en brun clair, fonçant beaucoup à l'air, si c'est du cobalt.

Pour s'assurer si la liqueur ammoniacale ne renferme pas les deux métaux à la fois, on y ajoute d'abord quelques gouttes de permanganate de potasse jusqu'à ce que la liqueur soit colorée en rose, puis on sursature par un excès d'acide chlorhydrique; ensuite, on additionne la liqueur d'un peu d'alcool. Dans ces conditions, si la liqueur contient une quantité sensible de cobalt, elle dépose immédiatement un précipité rose vif de chlorhydrate roséocobaltique, précipité qui n'est complet qu'après vingt-quatre heures si le cobalt n'existe qu'en très petite quantité dans la dissolution. On caractérise ensuite le nickel en filtrant, puis on sature la liqueur par un léger excès d'ammoniaque, on y verse de nouveau du permanganate de potasse, qui précipite le manganèse; on porte à l'ébullition pour décomposer l'excès de permanganate employé, on filtre et dans la liqueur filtrée on constate le nickel soit par le précipité noir que l'hydrogène sulfuré y détermine, soit par la couleur bleu violacé de la liqueur ammoniacale elle-même lorsque le nickel est abondant.

La liqueur chlorhydrique, qui a dissous les sulfures et les oxydes dont il est question dans ce deuxième traitement, est additionnée de quelques gouttes d'acide azotique, portée à l'ébullition, opération qui a pour but de faire passer le fer au maximum d'oxydation, puis on y caractérise les métaux de la manière suivante :

On ajoute à la liqueur du chlorhydrate d'ammoniaque pour empêcher que l'ammoniaque ne précipite le manganèse, puis on y verse de l'ammoniaque; il se fait alors un précipité d'un jaune pur avec l'urane, jaune rouille avec le fer, gris verdâtre avec le chrome et blanc avec l'oxyde titanique, l'oxyde de cérium (celui-ci jaunit à l'air), la glucine, l'alumine et les phosphates, borates et oxalates terreux et alcalino-terreux, ou bien un mélange de tous ces corps.

*Manganèse, zinc.* — On jette le précipité sur un filtre et la liqueur ammoniacale qui filtre contient le manganèse et le zinc; on s'assure que ces métaux existent dans la dissolution en versant du sulfhydrate d'ammoniaque dans quelques gouttes de la liqueur; s'il y a un précipité, on verse un excès de potasse dans le liquide ammoniacal et l'on fait bouillir tant qu'il se dégage de l'ammoniaque; on voit alors se former un précipité blanc qui brunit rapidement s'il y a du manganèse; ce précipité doit colorer les fondants en violet améthyste au feu d'oxydation. La liqueur potassique retient le zinc d'où on le précipite en blanc par le sulfhydrate d'ammoniaque.

*Uranium.* — Le précipité obtenu avec l'ammoniaque est lavé avec soin sur le filtre avec de l'eau distillée, puis on le fait digérer à une douce température

dans le bicarbonate d'ammoniaque qui dissout l'urane, la glucine et l'oxyde de cérium. On filtre, et la liqueur filtrée, portée à l'ébullition, abandonne, à l'état de carbonates, les oxydes qu'elle avait dissous; les carbonates de glucine et de cérium sont blancs, le carbonate double d'urane et d'ammoniaque qui prend naissance dans cette réaction, est d'un beau jaune caractéristique; la coloration plus ou moins jaune du précipité est donc un indice de la présence de l'urane; ce précipité doit, du reste, colorer les fondants en vert émeraude au feu de réduction, et en vert jaunâtre au feu d'oxydation. Il ne faut point oublier que l'oxyde de fer se dissout un peu dans les carbonates alcalins.

*Glucine.* — On s'assure de la présence de la glucine en traitant le précipité par une dissolution de potasse qui dissout la glucine. On filtre, on sature la liqueur filtrée par l'acide chlorhydrique, et on précipite la glucine par l'ammoniaque.

*Cérium.* — On sépare le cérium de l'urane en dissolvant les deux carbonates séparés de la glucine, comme il vient d'être dit, dans l'acide chlorhydrique étendu; on verse ensuite dans la liqueur de l'acide oxalique, qui forme immédiatement un précipité blanc d'oxalate de cérium lorsque ce métal existe dans la liqueur.

*Chrome.* — On lave de nouveau le précipité séparé des bases précédentes par le bicarbonate d'ammoniaque, puis on l'arrose sur le filtre avec de la potasse qui dissout l'alumine et l'oxyde de chrome. Quand la liqueur potassique qui filtre est verte, c'est l'indice qu'elle renferme du chrome; il suffit alors de la faire bouillir pour que l'oxyde de chrome se précipite entièrement avec sa teinte verdâtre.

*Alumine.* — La liqueur potassique, séparée de l'oxyde de chrome par filtration, peut renfermer de l'alumine dont on caractérise la présence en saturant la potasse par l'acide chlorhydrique, puis en y versant du carbonate d'ammoniaque qui précipite l'alumine.

*Fer.* — Après le traitement du précipité par la potasse, le fer et le titane restent sur le filtre avec les phosphates, les borates et les oxalates terreux et alcalino-terreux; on les lave à l'eau distillée pour enlever la potasse, puis on dissout une partie de ce résidu dans l'acide chlorhydrique étendu. Quelques gouttes de la liqueur donnent un précipité de bleu de Prusse avec le ferrocyanure de potassium, ce qui caractérise le fer.

*Titane.* — Dans une partie de la liqueur acide on plonge une lame de zinc qui détermine une coloration bleue, lorsque le titane existe dans la dissolution.

*Oxalates.* — Enfin, dans l'autre partie de la liqueur acide, on fait dissoudre de l'acide tartrique en excès, puis on y verse de l'ammoniaque qui détermine la précipitation des oxalates de chaux, de baryte et de strontiane s'il y en avait

dans la matière. Les bases de ces oxalates se caractérisent en calcinant le précipité séparé par filtration; le résidu de la calcination est repris par l'acide chlorhydrique étendu, et on opère la séparation des bases alcalino-terreuses et terreuses comme il va être dit plus loin.

*Phosphates.* — On verse dans la liqueur ammoniacale, séparée des oxalates, s'il y en a, du sulfate de magnésie saturé de sel ammoniac, de manière qu'il ne précipite point par l'ammoniaque, et on laisse la liqueur en repos après l'avoir agitée vivement; s'il y a de l'acide phosphorique, il se précipite à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien cristallin, qui adhère fortement aux parois des vases où se fait la précipitation, et qui doit devenir jaune en présence de l'azotate d'argent.

Le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien ne se forme quelquefois que vingt-quatre ou quarante-huit heures après.

*Borates.* — On caractérise les borates en desséchant l'autre partie du résidu laissée sur le filtre (voy. le fer), puis, après avoir mélangé ce résidu avec du bisulfate de potasse et du fluorure de calcium en poudre très fine, on chauffe le mélange au chalumeau sur le fil de platine; s'il y a de l'acide borique dans le résidu, la flamme se colore en vert; cette réaction est très sensible, et permet de retrouver des traces d'acide borique.

*Vanadium.* — La liqueur mère, précipitée par le sulfhydrate d'ammoniaque et séparée, par filtration, des sulfures et des oxydes dont il vient d'être parlé, est colorée en brun pourpre plus ou moins foncé lorsqu'elle renferme du vanadium dont le sulfure est soluble dans le sulfhydrate: on caractérise ce métal en versant dans la liqueur de l'acide chlorhydrique qui précipite du sulfure de vanadium brun mélangé avec un grand excès de soufre qui masque souvent sa présence; on filtre, on lave le précipité, on le dessèche, puis on le calcine dans une petite capsule de porcelaine; le soufre se volatilise et le sulfure de vanadium se grille ensuite et laisse un résidu brun très fusible d'acide vanadique très soluble dans l'ammoniaque, et les alcalis fixes.

#### TRAITEMENT PAR LE CARBONATE D'AMMONIAQUE

*Baryte, strontiane, chaux.* — Les métaux précédents ayant été séparés par l'hydrogène sulfuré et par le sulfhydrate d'ammoniaque, de la liqueur mère, on porte celle-ci à l'ébullition pour chasser l'excès de sulfhydrate. On filtre après pour séparer le soufre qui se dépose pendant l'ébullition, puis, dans la liqueur filtrée, on verse un petit excès de carbonate d'ammoniaque, ou plutôt de bicarbonate de la même base, qui précipite à l'état de carbonates: la baryte, la strontiane et la chaux; mais qui retient en dissolution la magnésie. On filtre, on lave les carbonates avec de l'eau distillée, puis on les traite par de l'acide hydrofluosilicique employé en excès. La baryte reste à l'état d'hydrofluosilicate de baryte insoluble, tandis que la strontiane et la chaux se dissolvent. On s'assure



de la présence de ces deux bases en versant d'abord dans une partie de la liqueur acide de la dissolution saturée de sulfate de chaux, qui précipite la strontiane à l'état de sulfate. On caractérise la chaux en versant dans l'autre partie de la liqueur une dissolution d'oxalate de strontiane.

*Magnésie.* — La liqueur mère, après avoir précipité les carbonates de baryte, de strontiane et de chaux, est évaporée à siccité, puis calcinée pour volatiliser tous les sels ammoniacaux qu'elle renferme. On reprend le résidu par l'eau distillée, et s'il reste une partie blanche insoluble, on peut être assuré de la présence de la magnésie, facile à reconnaître en la dissolvant dans un acide et en traitant la liqueur par les réactifs particuliers de la magnésie.

Il arrive toujours que, lorsque la matière contenait du manganèse, le résidu de magnésie est coloré en brun foncé par du manganèse qui a échappé au sulfhydrate d'ammoniaque; il devient donc nécessaire de bien caractériser la magnésie, au moyen des réactifs qui lui sont propres, lorsque le résidu est coloré en brun, car ce résidu pourrait bien n'être que de l'oxyde de manganèse.

#### RECHERCHE DES MÉTAUX ALCALINS

Quand on a évaporé la liqueur et calciné pour chasser les sels ammoniacaux comme il vient d'être dit pour rechercher la magnésie, s'il reste un résidu qui soit soluble en entier ou en partie dans l'eau, on peut être assuré de la présence de la potasse, de la soude ou de la lithine, ou bien de ces diverses bases ensemble; on opère alors de la manière suivante :

*Lithine, potasse.* — On sature, aussi exactement que possible, les carbonates alcalins par de l'acide chlorhydrique, on concentre la dissolution, puis on l'essaye au chalumeau avec un fil de platine, afin de s'assurer de la présence de la lithine qui est caractérisée par la coloration rouge carmin que prend la flamme.

— Ensuite, on divise la liqueur en deux parties: dans l'une, on verse du bichlorure de platine qui donne un précipité jaune cristallin de chloroplatinate de potasse, quand cette base existe dans la liqueur; pour que cette réaction soit nette, il faut se rappeler que la liqueur doit être assez concentrée; le précipité ne se forme quelquefois que vingt-quatre heures après.

*Soude.* — Dans l'autre partie du liquide, on verse du biméta-antimoniate de potasse et on l'agite fortement avec une baguette de verre; s'il y a de la soude, on obtient un précipité blanc, grenu, de biméta-antimoniate de soude. On peut aussi caractériser la soude à la coloration jaune qu'elle communique à la flamme du chalumeau.

*Ammoniaque.* — Enfin, on s'assure de la présence des sels ammoniacaux, en opérant sur la liqueur primitive dont on a fait une réserve.

Il suffit alors de traiter cette liqueur par un excès de potasse et de chauffer dans un tube; s'il existe des sels ammoniacaux, il se dégage de l'ammoniaque

gazeuse facile à reconnaître à son odeur et à son action sur le papier rouge de tournesol.

#### TRAITEMENT DE LA PARTIE INSOLUBLE DANS LES ACIDES

*Silice.* — La partie insoluble dans les acides est traitée par de la potasse fondue au creuset d'argent. On doit projeter la matière pulvérisée en poudre très fine par petites portions dans la potasse en fusion ; l'attaque est terminée après quelques minutes de contact avec l'alcali fondu. On laisse refroidir, puis on dissout la masse dans l'eau, on verse le tout dans une capsule de porcelaine, on sature par un excès d'acide chlorhydrique, puis on évapore à sec, on reprend de nouveau par de l'acide chlorhydrique, on fait bouillir quelques minutes, puis on filtre après avoir étendu d'eau distillée. On sépare ainsi la silice qui est devenue insoluble dans les acides.

La liqueur filtrée est soumise ensuite aux divers traitements qui ont été décrits précédemment.

On ne doit attaquer la matière, au creuset d'argent, qu'après s'être assuré, au moyen du chalumeau, qu'elle ne renferme point de métaux pouvant se réduire.

Les matières insolubles dans les acides renferment quelquefois de la potasse on doit donc caractériser celle-ci avant de faire l'attaque par la potasse ; pour cela, on pulvérise la matière en poudre aussi fine qu'on peut le faire, puis on attaque cette poudre par de l'acide sulfurique concentré au creuset de platine ; on chauffe d'abord légèrement, puis on volatilise l'excès d'acide, enfin on calcine au rouge sombre pendant quelques minutes ; quand le creuset est refroidi, on reprend la matière par de l'eau distillée bouillante, on filtre, on évapore la liqueur filtrée de manière à n'obtenir que quelques gouttes de liquide, dans lequel on verse du bichlorure de platine additionné d'acide chlorhydrique ; s'il y a de la potasse dans la matière, on obtient le précipité jaune caractéristique dont j'ai déjà parlé plus haut (voy. la potasse).

#### OBSERVATIONS

Dans la marche méthodique que je viens d'exposer, j'ai supposé qu'on opérerait sur une liqueur contenant tous les métaux qu'on peut rencontrer, et les quelques acides qui se précipitent en même temps que ces métaux sous l'influence des réactifs employés à les caractériser, mais, comme je l'ai déjà dit, cela n'arrive jamais, il est même rare qu'une liqueur contienne dix ou douze bases à la fois, on n'a donc ordinairement qu'un très petit nombre de métaux à caractériser dans une matière.

On sait aussi que la présence de certains acides dans les liqueurs à examiner est l'indice que tel ou tel métal n'y existe point : ainsi, là où il y a de l'acide sulfurique il n'y a point de baryte, de strontiane, de plomb, de même que là où il y a de l'acide chlorhydrique, il ne peut y avoir d'argent, que le plomb ne peut s'y trouver qu'en proportions minimes, etc., etc.

Sans s'arrêter à ces considérations, l'élève pourra caractériser toutes les bases contenues dans une substance, en suivant exactement la marche qui vient d'être décrite; il devra se rappeler surtout qu'il faut beaucoup de patience et surtout beaucoup de soin dans ce genre de travaux. Rien n'est plus difficile à bien faire en chimie, qu'une analyse qualitative. Il ne faut pas oublier que les filtrations ne doivent être faites qu'après que le réactif employé a complété son action; que les lavages des précipités doivent être complets, c'est-à-dire qu'on doit toujours s'assurer que les eaux de lavage passent pures avant de faire subir au précipité un nouveau traitement. Je rappellerai aussi que la présence d'un excès d'acide dans les liqueurs modifie quelquefois les réactions, il faut donc évaporer le plus qu'il est possible cet excès d'acide. Enfin, les liqueurs sur lesquelles on opère ne doivent pas être trop étendues.

Lorsqu'on aura reconnu, dans les essais préliminaires au chalumeau, que la matière à analyser contient des substances organiques, il faudra avoir le soin de calciner cette matière avant de la dissoudre dans l'eau ou dans les acides, pour brûler ces substances qui empêchent presque toujours l'action des réactifs sur les bases métalliques.

## MARCHE GÉNÉRALE

### A SUIVRE DANS L'ANALYSE QUALITATIVE DES ACIDES

Une marche méthodique pour l'analyse qualitative des acides présente beaucoup plus de difficultés à tracer que pour l'analyse qualitative des bases. Il m'a été impossible, du reste, de trouver une méthode qui permette de caractériser et de séparer les uns des autres tous les acides minéraux connus, en supposant une liqueur qui les contienne tous, comme je l'ai fait pour les métaux. Aussi je ne donne dans la marche qui va suivre, que les moyens de caractériser les principaux acides que l'on rencontre le plus souvent mélangés ou combinés ensemble; quant aux autres acides, l'élève pourra toujours bien les caractériser en consultant le tableau qui traite des caractères distinctifs des acides des sels solubles.

Les acides ne se caractérisent toujours qu'après avoir constaté la nature des bases avec lesquelles ils sont combinés, et la présence de certains métaux à l'état de sels solubles exclut nécessairement la présence de certains acides, comme je l'ai déjà fait observer en parlant des métaux; ainsi, dans une liqueur acide où il existe de l'argent en dissolution, il ne peut y avoir d'acide chlorhydrique, d'acide bromhydrique, d'acide iodhydrique, etc.; également la présence de la baryte exclut la présence de l'acide sulfurique, etc.

Dans les substances insolubles dans l'eau et dans les acides, on recherche les acides au moyen du chalumeau. Ce qui va suivre ne s'applique donc qu'aux sels en dissolution.

Pour caractériser les acides dans une dissolution, on opère de la manière suivante : on concentre la liqueur si elle paraît trop étendue, puis on la divise en quatre parties, dont l'une est mise en réserve pour servir de contrôle au besoin.

Dans la première partie on verse de l'acide sulfurique étendu qui sert à caractériser les acides volatils suivants :

*Acide carbonique.*—L'acide carbonique se dégage des carbonates avec effervescence sous forme d'un gaz qui n'a point d'odeur et qui précipite l'eau de chaux.

*Acide sulfureux.*—Les sulfites dégagent un gaz (l'acide sulfureux) reconnaissable à son odeur de soufre qui brûle.

*Acide hyposulfureux.*—Les hyposulfites dégagent également de l'acide sulfureux, mais il se fait en même temps un dépôt de soufre.

*Acide azoteux.*—Les azotites dégagent des vapeurs rutilantes caractéristiques.

*Acide sulfhydrique.*—Les sulfures sont caractérisés par le dégagement d'hydrogène sulfuré qu'ils produisent et qui est reconnaissable à son odeur; en même temps il se fait un dépôt de soufre.

*Acide cyanhydrique.*—Les cyanures dégagent de l'acide cyanhydrique reconnaissable à son odeur caractéristique d'amandes amères.

*Acide chlorique.*—Les chlorates traités par l'acide sulfurique étendu colorent la liqueur en jaune tandis qu'il se dégage une odeur désagréable d'acide hypochlorique.

*Acide hypochloreux.*—Les hypochlorites dégagent du chlore lorsqu'on les traite par l'acide sulfurique étendu.

*Acide acétique.*—Les acétates dégagent de l'acide acétique dont l'odeur est caractéristique; la réaction est plus nette lorsqu'on chauffe la liqueur.

Lorsque la liqueur contient des iodures et des bromures, l'acide sulfurique étendu peut aussi les caractériser; ainsi les iodures précipitent de l'iode sous forme de poudre brune ou qui colore la liqueur en jaune brun. Les bromures colorent la liqueur en jaune d'or, et si on l'agite avec l'éther, celui-ci dissout le brome et vient former au-dessus du liquide une couche d'éther colorée en jaune par le brome.

On fait bouillir pour chasser complètement les acides volatils, on sature ensuite très exactement l'acide sulfurique par de l'ammoniaque, puis on y verse de l'azotate d'argent qui précipite : les chlorures, les bromures, les

iodures, les arsénites, les arséniates, les phosphates, les borates, les chromates et les oxalates. On jette le précipité sur un filtre, on le lave, puis on le traite par de l'acide azotique très étendu qui laisse à l'état insoluble les chlorure, bromure et iodure d'argent. Lorsque ce résidu est entièrement blanc, il ne renferme que du chlorure; s'il a une légère teinte jaune, c'est qu'il contient du bromure ou de l'iodure d'argent.

*Iode.* — On lave ce résidu insoluble dans l'acide azotique, puis on le dissout dans de l'ammoniaque étendue d'un peu d'eau; s'il reste un résidu insoluble dans l'ammoniaque, c'est de l'iodure d'argent, dont la couleur jaune a été transformée en blanc par l'ammoniaque; on caractérise cet iodure au chalumeau.

*Brome.* — La liqueur ammoniacale est saturée par de l'acide chlorhydrique; après en avoir mis un peu en réserve, qui précipite l'argent à l'état de chlorure, on filtre, et dans la liqueur filtrée on verse quelques gouttes d'eau de chlore, puis on l'agite avec de l'éther qui dissout le brome mis en liberté et vient former à la surface de la liqueur une couche d'éther colorée en jaune.

*Chlore.* — Dans la partie mise en réserve on verse de l'acide azotique qui précipite le chlorure d'argent, qui possède une légère teinte jaune clair lorsqu'il renferme du brome. On le caractérise au chalumeau.

Après avoir caractérisé le chlore, le brome et l'iode, on verse dans la dissolution azotique des sels d'argent, de l'acide chlorhydrique qui précipite tout l'argent à l'état de chlorure, et la liqueur retient en dissolution les acides arsénieux, arsénique, phosphorique, borique, chromique et oxalique. On sature ces acides par de l'ammoniaque, on évapore ensuite à sec, mais sans calciner, puis on reprend par l'eau.

*Acide arsénique.* — Dans quelques gouttes de la dissolution, on verse de l'azotate d'argent pour s'assurer de la présence de l'acide arsénique qui donne un précipité brun clair caractéristique d'arséniate d'argent.

*Acide arsénieux.* — Dans quelques gouttes de la liqueur on verse un peu de sulfate ou plutôt d'acétate de cuivre qui donne un précipité d'un beau vert d'herbe, lorsqu'il y a de l'acide arsénieux.

Les acides de l'arsenic peuvent encore être caractérisés avec l'appareil de Marsh.

Lorsque la liqueur renferme de l'arsenic, on y fait passer de l'hydrogène sulfuré jusqu'à ce qu'il ne se précipite plus de sulfure jaune d'arsenic.

*Acide chromique.* — On filtre pour séparer le sulfure d'arsenic, lorsqu'il y en a; la liqueur filtrée est devenue verte, si elle renfermait un chromate avant le passage de l'hydrogène sulfuré, celui-ci le transformant en un sel de chrome.

L'acide chromique se caractérise surtout avec les sels de plomb qui donnent

un précipité jaune de chromate de plomb, soluble dans la potasse d'où les acides le reprécipitent.

*Acide oxalique.*—On fait bouillir la liqueur pour chasser l'acide sulfhydrique, on y ajoute ensuite de l'acide tartrique, on sature par un excès d'ammoniaque, puis on y verse du chlorure de calcium qui précipite l'acide oxalique à l'état d'oxalate de chaux.

*Acide phosphorique.*—Dans la liqueur ammoniacale, séparée de l'oxalate de chaux lorsqu'il y en a, on verse du sulfate de magnésie saturé de sel ammoniac, de manière qu'il ne précipite plus par l'ammoniaque; s'il y a des phosphates il se forme un précipité cristallin de phosphate ammoniaco-magnésien.

*Acide borique.*—On retrouve l'acide borique en évaporant la liqueur à sec, on calcine pour chasser les sels ammoniacaux, puis on mélange le résidu avec du bisulfate de potasse et du fluorure de calcium en poudre très fine; on chauffe alors le mélange au chalumeau sur le fil de platine: s'il y a de l'acide borique, la flamme se colore en vert.

*Acide sulfurique.*—Dans une deuxième partie de la liqueur mère, que l'on a acidifiée avec de l'acide azotique, on verse du chlorure de baryum qui forme un précipité blanc de sulfate de baryte lorsque la liqueur contient de l'acide sulfurique. Il faut ne pas oublier que le chlorure de baryum est insoluble dans l'acide azotique, et par conséquent il ne faut pas trop acidifier la liqueur avec cet acide.

*Acide azotique.*—La troisième partie de la liqueur sert à caractériser la présence de l'acide azotique. Pour cela il suffit d'introduire quelques gouttes seulement de la liqueur dans le mélange d'acide sulfurique et de sulfate de protoxyde de fer, qui se colore en violet foncé, lorsque la liqueur contient de l'acide azotique. Cet acide se caractérise encore en versant dans la liqueur un excès d'acide sulfurique concentré, puis des morceaux de rognures de cuivre; s'il y a de l'acide azotique, il se dégage des vapeurs rutilantes.

#### OBSERVATIONS

Dans les analyses chimiques ordinaires on ne caractérise souvent que les carbonates, les chlorures, les sulfates et les azotates; aussi la marche que je viens d'indiquer n'est jamais celle que l'on suit.

Ordinairement on divise la liqueur en deux parties; dans la première on verse de l'acide azotique; s'il y a des carbonates, il se fait une effervescence due au dégagement de l'acide carbonique. Dans la liqueur acide, on verse de l'azotate d'argent qui caractérise les chlorures par le précipité blanc cailleboté qui se forme et qui est soluble dans l'ammoniaque.

Dans la liqueur filtrée on verse de l'azotate de baryte qui décèle la présence

de l'acide sulfurique par le précipité blanc qui se produit, et qui est insoluble dans tous les réactifs.

L'autre partie de la liqueur est employée à caractériser l'acide azotique, au moyen du mélange d'acide sulfurique concentré et de sulfate de fer, ou au moyen de l'acide sulfurique et des rognures de cuivre.

## CHALUMEAU

Le chalumeau est un instrument précieux pour le chimiste ; il permet, dans quelques cas, de faire des analyses qualitatives complètes en quelques minutes, et souvent même des dosages quantitatifs.

Les essais au chalumeau, qu'on appelle *analyse par voie sèche*, ne demandent, pour être exécutés, qu'un petit nombre de réactifs et quelques instruments que je vais décrire.

### INSTRUMENTS

*Chalumeau.* — Le chalumeau le plus simple est un tube en métal ou en verre, recourbé et affilé à une de ses extrémités comme le montre la figure 1.

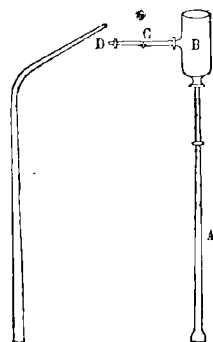


FIG. 1.

FIG. 2.

Le chalumeau en usage aujourd'hui est en cuivre jaune, il se compose de quatre pièces (fig. 2) : un tube droit A légèrement conique portant un bout en corne ou en os, qui sert d'embouchure ; un réservoir B portant deux ouvertures dans lesquelles s'ajustent le tube A et le tube C, formant avec le premier un angle droit ; ce dernier petit tube est terminé par un *bout de chalumeau* D en cuivre rouge ou, ce qui est mieux, en platine.

Pour se servir du chalumeau, on sait qu'il ne s'agit que de souffler dedans, en dirigeant le bout de platine dans la flamme d'une bougie ou de tout autre combustible ; mais, ce qui paraît simple au premier abord devient très difficile

à exécuter pour les commençants, lorsqu'il faut maintenir le vent pendant longtemps, attendu qu'il faut arriver à respirer en même temps que l'on souffle dans l'instrument, et cela sans qu'il y ait interruption dans le jet lumineux; une longue habitude peut seule faire acquérir cette faculté. Voici du reste comment on parvient à respirer tout en soufflant dans le chalumeau : on emplit la bouche d'air de manière que les joues soient bien gonflées, et l'on souffle dans l'instrument tout en respirant à la manière ordinaire, puis quand on veut remplir de nouveau la bouche avant qu'elle ne soit vide d'air, on fait un petit mouvement à l'arrière-gorge comme si l'on voulait avaler quelque chose; par ce mouvement la glotte s'ouvre et laisse arriver de l'air dans la bouche.

*Pince à bouts de platine.* — La pince à bouts de platine est un instrument destiné à tenir les corps qu'on veut chauffer seuls pour observer comment ils se comportent à la chaleur et s'ils colorent la flamme.

La forme qu'on donne à la pince à bouts de platine peut varier beaucoup; mais la plus usitée, comme la plus commode, est celle qui est représentée dans la figure 3. On doit nettoyer la pince après chaque expérience.

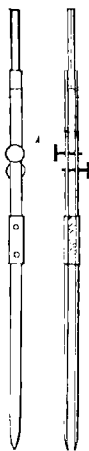


FIG. 3.

*Lame de platine.* — La lame de platine sert à chauffer les corps avec la soude et avec le nitre pour s'assurer de la présence du chrome et du manganèse; elle est employée aussi pour reconnaître si une liqueur laisse un résidu après l'évaporation de l'eau.

La lame de platine doit avoir environ 80 millimètres de longueur sur 25 millimètres de largeur.

*Lame d'argent.* — La lame d'argent est employée pour constater la présence des sulfures et des sulfates après qu'ils ont été chauffés avec de la soude sur le



charbon. Cette lame doit être de la même grandeur que celle de la lame de platine.

*Fil de platine.* — Le fil de platine sert à caractériser les oxydes métalliques



FIG. 4.

au moyen des fondants. Il doit être de la grosseur d'une aiguille à coudre ordinaire; pour s'en servir, on lui fait un œil à une extrémité et comme le montre la figure 4; on chauffe cette extrémité au rouge et on la trempe vivement dans le fondant réduit en poudre, qui s'attache après et que l'on fait fondre ensuite, de manière à obtenir une perle transparente qui remplit l'œil du fil. Lorsque la perle est encore rouge, on la pose sur la matière à essayer et qui est réduite en poudre; celle-ci adhère après la perle et l'on chauffe de nouveau pour fondre la matière avec le fondant; on obtient alors des perles dont la coloration indique la présence de telle ou telle base.

Le fil de platine est aussi employé pour caractériser certains corps d'après la coloration qu'ils communiquent à la flamme; pour cela, on dissout le corps dans quelques gouttes d'eau lorsqu'il est soluble; on trempe alors l'extrémité du fil de platine dans la dissolution, puis on la porte dans la flamme, on observe alors la teinte que prend celle-ci. Lorsque le corps est insoluble dans l'eau, on le fait adhérer au fil de platine en mouillant celui-ci avec de l'eau distillée. Enfin, pour obtenir certaines colorations, on est obligé de mouiller la matière avec de l'acide sulfurique concentré; c'est ainsi que l'on caractérise l'acide phosphorique et l'acide borique. D'autres fois, on n'obtient des colorations de flamme qu'en chauffant la matière avec une perle de sel de phosphore saturée d'oxyde de cuivre sur le fil de platine; on caractérise de cette manière les chlorures, les bromures et les iodures.

Il est urgent de nettoyer avec soin le fil de platine chaque fois qu'on veut s'en servir; pour cela, on le chauffe au rouge et on le plonge vivement dans l'acide sulfurique concentré; après quoi on le lave avec de l'eau distillée.

Enfin, lorsqu'il s'agit d'observer s'il y a coloration de la flamme avec le corps qu'on essaye, il faut toujours essayer le fil de platine à blanc pour s'assurer qu'il est propre et qu'il ne colore point lui-même la flamme.

Il faut se rappeler que les colorations de flamme sont souvent très fugitives; elles n'apparaissent quelquefois qu'au moment même où l'on plonge le fil dans la flamme; dans d'autres cas, elles n'apparaissent que lorsque le corps est porté à une très haute température.

*Mortier d'agate.* — Le mortier d'agate sert à réduire les substances en poudre ou à les mélanger intimement avec les réactifs; il ne doit pas être trop grand (de 5 à 6 centimètres de diamètre).

*Tas d'acier.* — Le tas d'acier sert à casser les minerais qu'on veut essayer. On l'emploie aussi à reconnaître la malléabilité ou la fragilité des culots métalliques qu'on obtient sur le charbon.

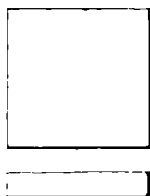


FIG. 5.

Le tas d'acier doit avoir environ de 40 à 45 millimètres de côté, et de 8 à 10 millimètres d'épaisseur (fig. 5).

*Mortier d'acier.* — Le mortier d'acier connu sous le nom de mortier d'Abich est employé pour casser et pulvériser les minéraux précieux ou trop durs pour être cassés sur le tas d'acier, sans risquer de les perdre; il sert aussi à essayer les culots métalliques, surtout lorsqu'ils sont très petits. Il suffit alors de faire tomber le petit culot dans l'anneau posé sur le tas et de frapper ensuite sur le pilon pour retrouver après le culot aplati ou brisé.

Le mortier d'Abich doit se composer de trois pièces (fig. 6) : un tas cylindrique en acier A, portant un évidement circulaire au centre; un anneau en acier B

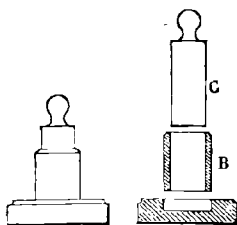


FIG. 6.

s'emboîtant dans l'évidement du tas, et un pilon également en acier C entrant à frottement dans l'anneau.

*Marteau d'acier.* — Le petit marteau d'acier sert à casser les minéraux, à pulvériser les matières dures ou à aplatir les culots métalliques, soit à la main, soit sur le tas d'acier, soit dans le mortier d'Abich.



FIG. 7.



FIG. 8.

Le marteau d'acier peut avoir une tranche comme le montre la figure 7 ou une pointe comme le porte la figure 8.

*Brucelles* (fig. 9). — Une brucelle en acier sert à saisir les parcelles de substance qu'on veut essayer, soit sur le charbon, soit sur tout autre support.

C'est avec les brucelles qu'on prend les petits grains métalliques sur le charbon lorsqu'ils sont trop petits pour être pris avec la main.

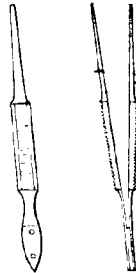


FIG. 9.

*Barreau aimanté.* — Le barreau aimanté est employé à caractériser le fer, le nickel et le cobalt, lorsqu'ils ont été réduits à l'état métallique sur le charbon.

*Aiguille aimantée avec son support* (fig. 10). — L'aiguille aimantée sert à constater le magnétisme de certains minéraux.

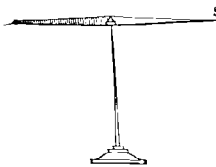


FIG. 10.

*Aiguille à tricoter.* — L'aiguille à tricoter sert à nettoyer les tubes après qu'on y a introduit les substances à essayer, de manière à enlever les poussières et l'humidité qui pourraient adhérer aux parois du tube; pour cela, on enroule sur l'aiguille du papier à filtre.

*Une paire de ciseaux.*

*Une forte loupe* (fig. 11). — La loupe sert à examiner la structure des minéraux, à déterminer la forme cristalline des cristaux trop fins pour être vus à l'œil nu, à retrouver dans les fondants et dans le charbon sur lequel on a fait des réductions, les petits grains métalliques qu'on ne voit pas toujours avec les yeux seuls.

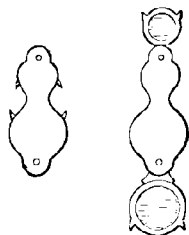


FIG. 11.

La meilleure forme qu'on doit choisir pour la loupe qui doit servir pour le chalumeau est celle que représente la figure 11.

*Verres de montre.* — Une douzaine de verres de montre est nécessaire pour contenir les matières pulvérisées et les réactifs qu'on doit employer.

*Tubes bouchés.* — Les tubes bouchés sont d'un grand usage dans les essais au chalumeau; ils ne doivent avoir que 2 ou 3 millimètres de diamètre et



FIG. 12.

50 millimètres de longueur; la partie bouchée doit être légèrement renflée (fig. 12).