



*Section de l'Ingénieur*

---

POZZI-ESCOT

---

# ANALYSE CHIMIQUE

## QUALITATIVE

GAUTHIER-VILLARS

MASSON ET C<sup>ie</sup>

# ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

## Section de l'Ingénieur

MM.	MM.	MM.
Alain-Abadie.	Gassaud.	Margerie.
Alheilg.	Gastine.	Meyer (Ernest).
Ariès (Comm <sup>t</sup> ).	Gautier (Henri).	Michel-Lévy.
Armengaud jeune.	Godard.	Minel (P.).
Arnaud.	Gossot (L <sup>t</sup> -C <sup>t</sup> ).	Minet (Ad.).
Barillot.	Gouilly.	Miron.
Bassot (G <sup>al</sup> ).	Grouvelle (Jules).	Moëssard (C <sup>t</sup> ).
Baume-Pluvinel (dela)	Guenez.	Moissan.
Bérard (A.).	Guye (C. Eug.).	Moissenet.
Bergeron (J.).	Guye (Ph.-A.).	Monnier.
Berthelot.	Guillaume (Ch.-Ed.).	Moreau (Aug.).
Bertin.	Guyou (Comm <sup>t</sup> ).	Müller (Ph. T.).
Bertrand (L.)	Haller (A.).	Niewenglowski (G. H.).
Biglia.	Hatt.	Naudin (Laurent).
Billy (Ed. de).	Hébert.	Ocagne (d').
Bloch (Fr.).	Hennebert (C <sup>t</sup> ).	Otto (M.).
Blondel.	Henriet.	Ouvrard.
Boire (Em.).	Hérisson.	Paloque.
Bordet.	Hospitalier (E.).	Périsssé (L.).
Bornecque.	Hubert (H.).	Perrin.
Boucheron (H.).	Hutin.	Perrotin.
Bourlet.	Jacométy.	Picou (R.-V.).
Boursault (H.)	Jacquet (Louis).	Poulet (J.).
Boussac (A.)	Jaubert.	Prud'homme.
Candlot.	Jean (Ferdinand).	Rateau.
Caspari.	Labbé (H.).	Resal (J.).
Charpy (G.).	Launay (de).	Ricaud.
Clerc (L.-P.).	Laurent (H.).	Rocques (X.).
Clugnet.	Laurent (P.).	Rocques-Desvallées.
Croneau.	Laurent (Th.).	Rouché.
Damour.	Lavergne (Gérard)	Sarrau.
Dariès.	Léauté (H.).	Sartiaux (E.).
Defforges (L <sup>t</sup> -Col.).	Le Chatelier (H.).	Sauvage.
Delafond.	Lecornu.	Seguela.
Drzewiecki.	Lecomte.	Seyrig (T.).
Dudebout.	Lefèvre (J.).	Sidersky.
Dufour (A.).	Lejeal.	Simart.
Dumont (G.).	Leloutre.	Sinigaglia.
Duquesnay.	Lenicque.	Sorel (E.).
Durin.	Le Verrier.	Trillat.
Dwelshauvers-Dery.	Lindet (L.).	Urbain.
Fabre (Ch.).	Lippmann (G.).	Vallier (Comm <sup>t</sup> ).
Fabry.	Loppé.	Vermard.
Fourment.	Lumière (A.).	Viaris (de).
Fribourg (C <sup>t</sup> ).	Lumière (L.).	Vigneron.
Frouin.	Madamet (A.).	Vivet (L.).
Gages (Cap.)	Magnier de la Source.	Wallon (E.).
Garnier.	Marchena (de).	Widmann.
		Witz (Aimé).

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

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

Pozzi-Escot — Analyse chimique qualitative

1

*Ce volume est une publication de l'encyclopédie  
scientifique des Aide-Mémoire : L. Isler, Secrétaire  
Général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.*

N° 246 B

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

-PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

---

# ANALYSE CHIMIQUE

## QUALITATIVE

PAR

M.-E. POZZI-ESCOT

Chimiste

Rédacteur au *Praticien Industriel*

Membre de la Société Française de Physique



PARIS

GAUTHIER-VILLARS

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)



# ANALYSE CHIMIQUE QUALITATIVE

---

## AVANT-PROPOS

---

Le but de l'analyse chimique qualitative est la détermination de la nature des divers éléments qui entrent dans la composition des corps.

Elle s'applique, soit à l'examen des minéraux, des eaux, des gaz, soit à l'essai des produits obtenus artificiellement dans les laboratoires ou dans les usines, et, de ce fait, elle est devenue l'auxiliaire indispensable d'un grand nombre de sciences et d'arts industriels.

Les opérations à l'aide desquelles on est parvenu à caractériser les différents corps sans les matières plus ou moins complexes que l'on peut avoir à analyser, se ramènent à deux types : ce sont les opérations de *voie sèche*, et les opérations de *voie humide*.

La *voie sèche*, qui fut longtemps seule employée, consiste à soumettre la substance à

l'action de la chaleur seule, où bien à combiner cette action avec celle de l'air, ou de certains gaz, ou encore à l'action de substances destinées à entrer en fusion avec la matière à essayer.

Ces essais de *voie sèche* ont l'avantage d'une grande simplicité et d'une exécution rapide. Ils ne sont satisfaisants cependant qu'avec un très petit nombre d'éléments, et l'industriel, tout comme le chimiste, est forcé de recourir aux essais de voie humide susceptible de donner des indications beaucoup plus complètes et plus exactes.

Dans la méthode de *voie humide*, on s'efforce de dissoudre la matière au moyen de réactifs appropriés et de produire, ensuite, au sein même du liquide obtenu, des transformations permettant de reconnaître les parties constituantes de la substance.

Il ne faudrait pourtant pas considérer les méthodes de voie sèche et de voie humide comme des méthodes exclusives et opposées, l'une à l'autre. L'analyse par voie humide emprunte à chaque instant à la voie sèche certaines opérations essentielles. C'est ainsi que les substances insolubles dans les divers dissolvants, sont souvent amenées à l'état de combinaison soluble par fusion avec divers fondants.

Les méthodes de voie sèche sont caractérisées par les appareils qu'elles mettent en avant, le *chalumeau*, la *lampe à gaz*, le *spectroscope*. Ici, nous n'étudierons que les deux premiers, réservant la *spectroscopie* pour un ouvrage ultérieur (1).

Dans l'étude qui suit nous n'avons pas cherché à faire œuvre de novateur, nous nous sommes contenté de suivre la voie déjà tracée par un maître, nous avons nommé M. Ad. Carnot, membre de l'Institut, professeur et directeur des laboratoires de l'École Supérieure des Mines.

M. Ad. Carnot a tracé en effet, dans son *Traité d'Analyse des Substances minérales* (Paris, juillet 1898), un tableau fidèle de l'état actuel de l'analyse qualitative.

C'est à son ouvrage que nous avons emprunté la plus grande partie des documents qui nous ont servi à écrire cet aide-mémoire.

Nous avons puisé aussi, et avec succès dans le *Traité d'Analyse qualitative* de M. A. Ditte et dans les divers autres ouvrages dont nous donnons la liste à la fin de ce volume.

Donc, résumer et coordonner la masse consi-

---

(1) *Analyse micro-chimique et spectroscopique.*

dérable de documents que nous avons pu trouver, et dans notre expérience personnelle, et dans les ouvrages que nous avons consultés, tel est le but que nous nous sommes assigné.

On nous reprochera, peut-être, d'être trop complet, de n'avoir pas omis, par exemple, la recherche des éléments rares; rappelons seulement que les progrès de la science et de l'industrie ne permettent plus de négliger désormais, ces *éléments rares*.

M.-E. Pozzi-Éscot.

Mont-de-Neyrac (Bergerac), septembre 1899.

---

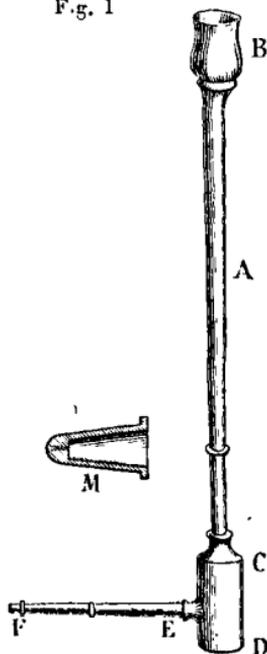
## CHAPITRE PREMIER

### OPÉRATIONS PAR LA VOIE SÈCHE

Les opérations analytiques de voie sèche s'effectuent au moyen du chalumeau et de la lampe à gaz non éclairante.

Le chalumeau le plus souvent employé est formé de trois pièces : un tube légèrement conique A en laiton ou en maillechort muni d'une embouchure B en corne ou en os (*fig. 1*), qu'on appuie contre les lèvres entr'ouvertes de façon à pouvoir souffler sans fatigue ; une boîte cylindrique CD de 2 centimètres de hauteur sur 12 à 15 millimètres de diamètre ; un tube presque cylindrique EF terminé par un petit ajutage conique en platine, percé d'un trou bien rond de 4 ou 5 dixième

F.g. 1



de millimètre de diamètre. Les extrémités du tube A et EF entrent à frottement dans la boîte CD.

Pour faire usage du chalumeau, il faut souffler d'une façon très régulière ; pour cela, il faut s'emplir la bouche d'air, de manière que les joues, soient bien gonflées et lancer cet air dans l'embouchure de l'instrument à l'aide d'une contraction naturelle des muscles, tout en respirant par le nez.

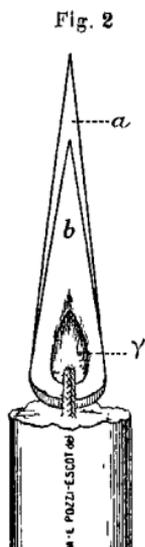
La boîte CD a pour but de retenir une grande partie de la vapeur d'eau qui sature l'air avec lequel on alimente le chalumeau.

La flamme qu'on emploie avec le chalumeau est généralement celle d'une bougie stéarique.

**Structure de la flamme.** — Pour comprendre le fonctionnement du chalumeau, il est absolument nécessaire de connaître la structure des flammes ordinaires, celle d'une bougie par exemple.

A un premier examen, on observe, dans une telle flamme, des parties très inégalement éclairantes et de teintes très diverses. Au centre (*fig. 2*), tout autour de la mèche, un cône sombre *a* surmonté d'un cône très lumineux *b* qui est lui-même enveloppé d'une gaine mince peu éclairante *a*, cette gaine fait place, à la base, à une calotte sphérique bleue.

La partie centrale de la flamme contient les vapeurs combustibles, résultat de la distillation de l'hydrocarbure ; l'oxygène n'arrivant que fort peu dans cette partie de la flamme, le carbone reste au-dessous du rouge. Mais à mesure que les particules de charbon s'éloignent de cette partie de la flamme, elles rencontrent de l'oxygène, en quantité toujours croissante, c'est ainsi que dans le cône *b* le carbone devient incandescent, enfin, dans la gaine *a* la combustion est complète. Le cône *c*'est formé d'oxyde de carbone.



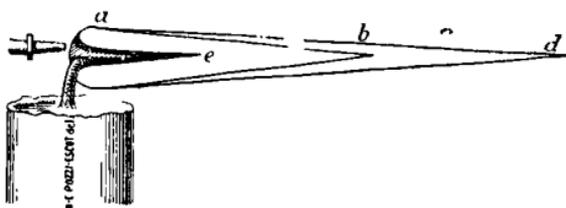
**Température de la flamme.** — Si l'on coupe la flamme par un fil d'amiante, on voit qu'il prend beaucoup plus d'éclat à mesure que l'on s'éloigne du centre de la flamme et qu'on se rapproche de l'enveloppe extérieure. Donc, et c'était à prévoir, la partie la plus chaude de la flamme est, malgré le rayonnement, la partie extérieure et la partie la plus froide est le cône obscur.

**Flammes d'oxydation et de réduction.** — Il ressort de ce que nous venons de voir que, dans l'enveloppe non éclairante de la flamme, là où afflue l'oxygène de l'air, on doit pouvoir pro-

duire des *oxydations* ; et dans la partie éclairante, formée d'oxyde de carbone et de carbone, on doit pouvoir déterminer des *réductions*. Par l'emploi du chalumeau, on modifie la flamme en activant la combustion, et en élevant la température des différentes zones.

Ainsi, si on dirige un courant d'air très vif dans la flamme d'une bougie, la pointe du cha-

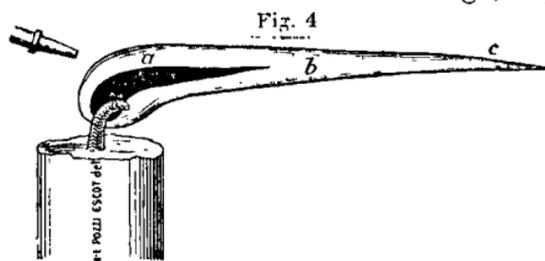
Fig. 3



lumeau étant placée presque au milieu de la flamme, et la mèche inclinée du côté opposé, le mélange des gaz combustibles et de l'air, se fait rapidement, la combustion s'active, et la température s'élève. Il se forme un cône bleu tout autour du jet comburant et dans lequel le principe oxydant domine (*fig. 3*). La partie la plus chaude se trouve en *b* ; au delà et en deçà, la température diminue, mais demeure beaucoup plus considérable en *d* qu'en *e*. Toute cette flamme est oxydante ; c'est le feu oxydant : F.O.

Si on dirige un courant d'air en plaçant la pointe du chalumeau au-dessus de la mèche et

un peu en dehors de la flamme, (*fig. 4*) et qu'on souffle modérément la flamme s'allonge, et pré-



sente, en *b*, une zone réductrice où la chaleur est très élevée.

**Supports.** — Pour soumettre une substance à l'action de la flamme du chalumeau, il faut la placer sur un corps n'exerçant aucune action chimique sur elle et capable de la supporter sans fondre.

Les substances qui satisfont le mieux à ces conditions sont : le charbon, la platine, la terre de pipe.

**Charbon.** — Le charbon, outre le rôle de support, peut agir parfois comme réducteur. On emploie des charbons homogènes faits avec des bois légers : saule, tilleul, aulne, ou des charbons artificiels formés de poussier de charbon, de finesse moyenne, agglutiné au moyen d'amidon, et qui se trouve dans le commerce, il affecte, toujours la forme plus ou moins achevée, de prismes à base carrée.

Au moyen d'une fraise, on y pratique de

petites cavités ayant la forme de calottes sphériques, dans lesquelles on introduit une parcelle de la substance que l'on veut soumettre à l'action de la flamme du chalumeau ; le charbon tenu de la main gauche, doit être un peu incliné dans la flamme, de telle sorte que si le corps donne naissance à une substance volatile celle-ci puisse, en se condensant, retomber sur le charbon et y constituer un *enduit*. On met souvent, dans les trous creusés sur le charbon, les coupelles de terre de pipe.

**Platine.** — Le platine s'emploie sous forme de fils, de lames, de pinces à bout de platine, de cuillers,

Le fil de platine doit avoir 0<sup>mm</sup>,4 d'épaisseur, on le coupe en morceaux de 9 centimètres environ, et l'on fait une boucle à chaque extrémité. Dans un de ces anneaux, on fait fondre le borax ou le sel de phosphore qui doit servir à l'essai, après incorporation de la substance à étudier.

Les fils de platine, ainsi que les pinces servent à porter une parcelle de la substance dans les diverses flammes.

Les lames de platine, servent à fondre certaines substances avec du carbonate de sodium, etc.

Il importe d'observer que certains corps peuvent se combiner au platine et le détériorer

rapidement (soufre, phosphore, arsenic, antimoine, plomb) en présence de semblables substances, on ne doit pas faire usage d'instruments en platine.

**Coupelles de terre de pipe.** — Elles sont employées pour soumettre les corps à l'action de fondants vitreux ; on les obtient en étendant de la pâte d'argile sur une feuille de papier, recouvrant d'une seconde feuille, et découpant à l'aide d'un emporte-pièce, dans la pâte encore humide, une série de petites rondelles que l'on rend légèrement concaves en les pressant avec le doigt. Une fois sèches, on fait disparaître le papier par un grillage au rouge à l'air (A, Carnot).

**Tablettes en plâtre.** — Le Dr Haanel <sup>(1)</sup> recommande des tablettes en plâtre, dans le but de faire apparaître sur un fond blanc la couleur des iodures, on les prépare en coulant, sur une plaque de verre huilée, du plâtre de Paris, divisant en tablettes de 10 × 3 millimètres et faisant cuire au rouge, après dessèchement.

**Tubes de verre.** — Ils servent pour les températures peu élevées et sont de deux sortes, les *tubes ouverts* et les *tubes fermés*,

Les tubes ouverts forment un angle obtus, on met la substance dans l'angle et on dirige une

---

(1) *Transactions de la Société Royale du Canada.*

des branches du tube vers le haut, en chauffant la substance ; il se fait un vif appel d'air et il peut se former des produits d'oxydation.

Les *tubes fermés* sont de petits tubes à essai, ils sont surtout employés, quand on veut éviter l'intervention de l'air.

### RÉACTIFS

**Fondants acides.** — Le *borax*,  $\text{Na}^2\text{B}^4\text{O}^7$   $10\text{H}^2\text{O}$ , s'emploie tel que le livre le commerce sous le nom de borax raffiné. Il doit donner des perles incolores.

L'*anhydride borique*,  $\text{B}^2\text{O}^3$ , est employé tel que le livre le commerce ; il sert à la recherche de l'acide phosphorique, du cuivre en présence du plomb, etc.

Le *sel de phosphore* ou *phosphate ammoniacosodique*,  $11\text{NaAmPO}^4$ , est employé à la place du borax, dans certains essais.

Le *bisulfate de potassium*,  $\text{KHSO}^4$ , sert pour la recherche des silicates, des acides titanique, tantalique, tungstique, et d'une façon générale, de presque tous les acides.

**Oxydants.** *Nitre*,  $\text{KAzO}^3$ . — On emploie celui du commerce qui est suffisamment pur.

C'est un réactif oxydant employé comme tel, seul ou en présence de soude.

**Fondants basiques.** *Carbonates alcalins*,  $M^2CO^3$ . — Servent à la recherche du soufre, à la réduction de certains oxydes, à la fusion et à la désagrégation des silicates.

**Réducteurs.** — Le *cyanure de potassium* ; on emploie le sel du commerce, quoique celui-ci renferme des cyanates. C'est un réducteur très puissant.

L'*oxalate de potassium*,  $K^2C^2O^4$ . — Il remplace souvent le précédent, surtout pour la recherche de l'arsenic, par suite de la propriété qu'il a de dégager de l'oxyde de carbone, au rouge naissant.

Le *persulfate d'ammonium*,  $AmSO^4$ , est un puissant réducteur et sert à ce titre.

REACTIFS SPECIAUX

*Hyposulfite de soude*,  $Na^2S^2O^3$ . — Sert à la transformation des oxydes en sulfures, des cyanures et ferro-cyanures en sulfocyanures.

*Azotate de cobalt*,  $Co(AzO^3)^2$ . — Employé pour la caractérisation de quelques terres et oxydes métalliques à la F.O. Il le faut pur.

*Spath fluor*,  $CaF^2$ . — Recherche de l'acide borique et de la lithine.

*Sulfate ferreux*,  $FeSO^4$ . — Colore en rouge sang les perles contenant du niobium, du tungstène, du titane.

*Oxyde de cuivre*,  $\text{CuO}$ . — Recherche du chlore, brome, iode.

*Silice*,  $\text{SiO}^2$ . — Caractérisation des acides sulfurique et phosphorique.

*Argent ; étain ; plomb ; or ; sodium ; magnésium*.

**Papiers à réactifs.** — De *tourne-sol bleu et rouge*, de *curcuma*, de *georgine* (il s'obtient en trempant des bandes de papier dans la solution alcoolique des pétales du *georgina-purpurea*) ; de *phthaléine du phénol*, etc. Ces papiers, qui se trouvent dans le commerce, doivent être conservés à l'abri de la lumière, dans des boîtes fermées.

Comme *réactifs dissous*, citons les acides *sulfurique*, *chlorhydrique*, *azotique*, *oxalique* ; l'*ammoniaque* ( $\text{Am OH}$ ) le *carbonate d'ammonium*, le *sulfure d'ammonium*, le *molybdate d'ammoniac*, l'*azotate d'argent*, etc.

#### ESSAIS AU CHALUMEAU

L'examen d'une substance minérale par le chalumeau, comporte une série d'opérations variées. Nous allons passer en revue, avec MM. Ad. Carnot et A. Dilte, les différentes réactions qui peuvent se produire, et les phénomènes caractéristiques qui les accompagnent.

On distingue deux sortes d'opérations ; les opé-

rations qui s'effectuent avec l'intervention de la chaleur seule, ou avec le concours de l'air de la flamme oxydante ou réductrice et sans le secours de réactifs proprement dits, et celles qui demandent des fondants et, en général, les réactifs ordinaires de voie sèche, parfois même ceux de voie humide.

Nous diviserons donc notre étude comme suit :

I. — *Opérations sans réactifs.*

- a) Essai au tube fermé ;
- b) Essai au tube ouvert ;
- c) Essai sur le charbon avec la F.O et la F.R ;
- d) Essai sur le fil de platine.

II. — *Opérations avec réactifs.*

- e) Fusion avec le borax (F.O et F.R) ;
- f) Fusion avec le sel de phosphore (F.O et F.R) ;
- g) Fusion avec la soude, le nitre, un oxalate, un cyanure, un hyposulfite ;
- h) Essai avec l'azotate de cobalt.

a) **Essai au tube fermé.** — Le tube à essai a environ 4 à 5 millimètres de diamètre (jamais plus) ; après y avoir introduit la substance à essayer, avec précaution, on le chauffe avec une lampe à alcool, progressivement et jusqu'au rouge, si besoin est. On observe : 1° Si la matière décrépite ou fond, et, dans ce cas, s'il s'agit d'une *fusion aqueuse* ou d'une *fusion ignée*.

2° S'il y a de l'eau, celle-ci se dépose en goutte-

lettes sur les parois froides du tube, on constate si elle est abondante (eau de constitution); si elle est alcaline (sels ammoniacaux ou acides).

3° S'il se produit un changement de couleur, provenant soit d'un changement d'état d'hydratation (cobalt) soit qu'il y ait charbonnement de matières organiques. Les sels organiques des bases alcalines et alcalins terreuses, donnent des carbonates. Les bases métalliques sont parfois complètement réduites, certains sels ou oxydes changent de couleur sous la seule action de la chaleur. Tels :

L'*oxyde de zinc*,  $ZnO$ . — Blanc à froid, jaune à chaud.

L'*oxyde d'étain*,  $SnO^2$ . — Blanc jaune à froid, jaune brun à chaud.

L'*oxyde de bismuth*. — Jaune pâle à froid, jaune orange à chaud.

Le *protoxyde de plomb*,  $PbO$ . — Jaune à froid, brun rouge à chaud.

L'*oxyde d'indium*,  $In^2O^3$ . — Jaune à froid, rouge noir à chaud.

L'*oxyde de mercure*. — Jaune à froid, rouge noir à chaud.

Le *minium*,  $Pb^3O^4$ . — Rouge orangé à froid, noir à chaud.

L'*oxyde de fer anhydre*. — Rouge brun à froid, noir à chaud.

Le *chromate de plomb*,  $\text{PbCrO}_4$ . — Jaune vif à froid, orange à chaud.

L'*iodure mercurique*,  $\text{HgI}_2$ . — Rouge vermillon à froid, jaune à chaud.

Les *sels de cobalt* deviennent bleus à chaud.

Les *sels de nickel* verts passent au jaune.

Les *sels de cuivre* bleus deviennent jaunes, etc.

4° S'il se dégage certains gaz, tels :

*Oxygène*. — Rallume une allumette qui présente encore un point en ignition (oxydes d'argent, de mercure, de manganèse, de plomb, chlorates, chromates, iodates, azotates alcalins, etc.).

*Anhydride carbonique*. — Trouble l'eau de baryte (oxalates, carbonates).

*Oxyde de carbone*,  $\text{CO}$ . — Brûle avec une flamme bleu (oxalates, formiates).

*Cyanogène*,  $\text{Cy}^2$ . — Brûle avec une flamme pourpre (cyanures).

*Chlore, Brome, Iode*. — Ils se reconnaissent à leur couleur et à leur odeur.

5° Si on a un sublimé, reconnaissable à son aspect, etc. :

L'*anhydride tellureux*,  $\text{TeO}_2$ . — Donne des gouttelettes blanches et une odeur pénétrante (dangereuse).

L'*anhydride sélénieux*,  $\text{SeO}_2$ . — Un dépôt blanc.

L'*oxyde d'antimoine*. — Un sublimé blanc.

*L'anhydride molybdique*,  $\text{MoO}_3$ . — Une poudre blanche cristalline.

*Les sels ammoniacaux*. — Un sublimé blanc.

*Le mercure natif ou oxydé*. — Un sublimé gris, on caractérise avec l'iode ; très sensible <sup>(1)</sup>.

*Le sulfure de mercure*,  $\text{HgS}$ . — Un sublimé noir.

*Le séléniure de mercure*. — Un sublimé gris lustré.

*Chlorure mercurieux*,  $\text{HgCl}$ . — Sublimé jaune à chaud ; blanc à froid.

*Chlorure mercurique*,  $\text{HgCl}_2$ . — De même, mais devient liquide, avant.

*Iodure mercurique*,  $\text{HgI}_2$ . — Sublimé jaune.

*Soufre*,  $\text{S}$ . — Gouttelettes jaune brun, à chaud, jaune, à froid.

*Sélénium*,  $\text{Se}$ . — Sublimé rouge ; odeur de chou pourri.

*Iode*,  $\text{I}$ . — Vapeur violette, sublimé noir.

*Arsenic*,  $\text{As}$ . — Seul ; sublimé noir ; oxydé, sublimé blanc ; sulfuré, sublimé jaune.

En faisant intervenir un réactif, on a, souvent, de précieuses indications, ainsi, avec le bi-sulfate de potassium.

*Azotites et azotates*. — Vapeurs rutilantes.

*Arsénites et arséniates*. — Dépôt blanc, très volatil.

---

<sup>(1)</sup> CHARLTON. — *Chem. News*, t. IV, XII, p. 41 ;  
ALEX JOONSTONE. — *Chem. News*, t. IV, XIII, p. 293.

*Chlorures.* — Vapeurs d'acide chlorhydrique ou dégagement de chlore si on ajoute du bioxyde de manganèse.

*Chlorites, chlorates et perchlorates.* — Chlore libre.

*Bromures.* — Vapeurs de brome et d'acide bromhydrique, ou de brome seul avec le bioxyde de manganèse.

*Bromates* — Vapeurs de bromes.

*Iodures et Iodates.* — Vapeurs d'iode.

*Fluorures.* — Vapeurs d'acide fluorhydrique.

*Sulfures et hyposulfites.* — Soufre et hydrogène sulfuré.

*Sélénieuses, sélénites, séléniates.* — Dépôt de sélénium rouge.

*Carbonates.* — Dégagement de  $\text{CO}^2$ .

*Cyanates.* — Dégagement de  $\text{HCy}$ .

b) **Essai au tube ouvert.** — Nous avons indiqué la manière dont on procède à l'essai dans le tube ouvert (p. 15) ; le plus souvent, on pulvérise au préalable la substance.

Le soufre natif ou des sulfures (hyposulfites) donne  $\text{SO}^2$ .

Le sélénium, une odeur de raifort et un sublimé rouge et blanc.

Le tellure, des fumées blanches et un dépôt blanc fondant en gouttes incolores.

L'*arsenic*, un sublimé blanc et une odeur alliagée.

L'*antimoine*, des fumées blanches et un dépôt blanc.

Le *mercure*, du mercure métallique, facilement caractérisable par l'iode.

Le *molybdène*, lentement, de l'anhydride molybdique blanc.

Le *sulfure de zinc*, très lentement,  $\text{SO}^2$  et  $\text{ZnO}$ .

Les *sulfures de bismuth et de plomb*,  $\text{SO}^2$  et sulfates blancs.

Les *fluorures*, avec addition de  $\text{KHSO}^4$  HF, qui attaque le verre.

**Essai sur le charbon.** — On met, comme nous l'avons dit, la substance sur le charbon, après l'avoir légèrement humectée d'eau et on observe, à la F.O : changement de couleur, incandescence, boursoufflement, fusion, déflagration, production de matières volatiles, odorantes, condensables (enduit). La matière peut demeurer infusible, ou fondre et pénétrer le charbon, ou, encore, donner une perle :

*Le résidu infusible est blanc.* — Terres alcalines, terres proprement dites, oxyde de zinc, silice.

*Le résidu infusible est coloré.* — On chauffe à la F.R avec  $\text{Na}^2\text{CO}^3$  ; on a un grain métallique jaune ou rouge (pas d'enduit) : *or* ou *cuiivre* (ce

dernier colore la flamme) ; on a un grain blanc : *étain*, *argent* (il y a un petit enduit) ; on a une poudre grise : *fer*, *cobalt*, *nickel*, *platine*, etc.

*Enduit.* — Blanc ou gris F.R. ; coloration bleu, odeur d'ail : *arsenic* ; coloration vert pâle, disparaît en chauffant : *antimoine*.

*Jaune* à chaud, peu volatil à F.R., reste éclatant à F.O. : *zinc*.

Également *jaune* à chaud et fixe (réduit par  $\text{Na}^2\text{CO}^3$  et F.R.) : *étain*.

D'autres corps rares donnent aussi des enduits blancs.

*Tellure.* — Volatil à la F.R., se colore en vert.

*Sélénium.* — Colore à la F.R. en bleu d'azur, odeur de raifort.

*Thallium.* — Colore à la F.R. en vert.

*Molybdène.* — Oxyde salin devenant bleu à la F.R. (ou rouge de cuivre).

Le *plomb* donne avec un grain métallique, une auréole blanche.

Le *bismuth*, un enduit jaune orangé.

Le *cadmium*, un enduit brun rouge.

L'*argent*, un culot métallique et enduit brun rouge, très rapproché.

Dans la majeure partie des cas, il y aura avantage à s'aider de la loupe, pour examiner les résultats obtenus, soit à la F.O., soit à la F.R.

d) **Essai au fil de platine.** — On met un fragment de la substance à essayer dans la boucle du fil de platine et on introduit dans la flamme. On note l'odeur et la fusibilité (échelle de von Kobell), puis la coloration de la flamme qui peut être :

### I. ROUGE

*Sels de lithium.* — Rouge cramoisi (on exalte avec le spath fluor et  $\text{KHSO}^4$ ).

*Sels de strontium.* — Rouge carmin, moins foncé que la précédente (En regardant avec un verre bleu, on atténue la coloration parasitaire du sodium).

*Sels de calcium.* — Rouge orangé.

### II. VIOLET

*Sels de césium et de rubidium.* — On emploie un verre bleu pour éviter la coloration jaune, parasitaire, de la soude.

*Sels ammoniacaux.* — Teinte bleue livide.

*Sels de potassium.* — Violet pâle.

*Oxyde mercureux,  $\text{Hg}^2\text{O}$ .* — Coloration violet vif.

### III. VERT

*Iodure cuivrique,  $\text{CuI}^2$ .* — Vert émeraude.

*Acide borique et borates* (en solution chlorhydrique). — Vert émeraude.

*Sels de baryum* — Vert jaune (Id :  $\text{HCl}$ ).

*Sels de thallium.* — Vert émeraude caractéristique.

*Sels de cuivre.* — Vert bleuâtre.

*Composés molybdiques.* — Vert jaune.

#### IV. BLEU

*Tellures.* — Bleu vert (vapeurs blanches).

*Sélénieuses.* — Bleu azur, odeur de raifort.

*Composés arséniés.* — Bleu livide.

*Sels d'indium.* — Bleu violacé.

*Sels d'antimoine.* — Bleu pâle.

*Chlorure de cuivre.* — Bleu pourpré.

#### V. JAUNE

*Sels de soude.* — La coloration jaune de la soude se retrouve dans un grand nombre de flammes et nuit à la netteté des autres colorations. Les verres bleus au cobalt, absorbant cette coloration rendent de grands services.

e) **Essai avec le borax.** — Cet essai permet de déterminer, d'une façon générale, la nature des oxydes métalliques. Pour cela, on fait adhérer du borax à la boucle du fil de platine (en plongeant celle-ci encore chaude dans la poudre de borax) et par fusion, on transforme en une perle incolore. La perle, encore chaude, est appliquée sur une petite quantité de la substance à examiner, réduite en poudre, de façon à y en faire adhérer quelques parcelles. On chauffe

alors au feu d'oxydation et au feu de réduction (on complète parfois l'action réductrice par une parcelle d'étain métallique) et on observe les diverses colorations de la perle, soit à chaud, soit à froid. On a ainsi au F.O.

Corps	A chaud	A froid
Uranium.	Jaune orangé.	Jaune d'or, opaque avec excès.
Molybdène.	Jaune.	Incolore.
Fer en grande quantité.	Jaune rouille.	Jaune clair.
Fer en petite quantité.	Jaune.	Incolore.
Vanadium grande quantité.	Jaune brun.	Jaune clair.
Vanadium petite quantité.	Jaune.	Incolore.
Nickel.	Jaune brun.	Jaune brun clair.
Bismuth.	Jaune.	Incolore.
Cerium.	Rouge brun.	Jaune clair.
Chrome.	Jaune vert.	Vert jaune.
Cuivre.	Vert.	Bleu clair.
Cobalt.	Bleu.	Bleu.
Didyme.	Bleu violet.	Rose violet.
Manganèse.	Violet foncé.	Violet foncé.
Iridium.	Grise.	Grise.
Indium.	Grise.	Grise.
Titane.	Jaune.	Incolore.
Tungstène.	Jaune.	Incolore.
Plomb.	Jaune.	Incolore.
Antimoine.	Jaune.	Incolore.

## Au F. R.

Corps	A chaud	A froid
Uranium.	Vert sale.	Vert.
Fer en grande quantité.	Vert sale.	Vert bouteille.
Vanadium.	Vert sale.	Vert émeraude.
Cobalt.	Bleu.	Bleu.
Didyme.	Bleu violet.	Rose violet.
Iridium.	Grise.	Grise.
Indium.	Grise.	Grise.
Manganèse.	Rose (incolore).	Rose (incolore).
Cerium.	Incolore.	Incolore.
Nickel.	Jaune gris.	Grise.
Titane.	Brun clair.	Teinte violacée.
Tungstène.	Incolore.	Grise.
Bismuth.	Grise.	Grise.
Plomb.	Grise ou noire.	Grise.

7) **Essai au sel de phosphore.** — On opère comme avec le borax ; les colorations sont plus vives et s'affaiblissent beaucoup plus par le refroidissement.

La silice soluble dans le borax, est insoluble dans le sel de phosphore et demeure opaque. Certaines colorations sont tout à fait différentes de celles données par le borax.

Avec  $\text{CaO}$ ,  $\text{AlO}$ ,  $\text{ZnO}$ , on obtient, au F.O., des perles opaques.

Au F.O., l'*uranium* donne des perles vert jaune; le *vanadium*, jaune clair; le *molybdène*, vert; le *cérium*, jaune clair; le *chrome*, vert émeraude (à froid).

Au F.R., l'*oxyde de zinc*, l'*oxyde de cadmium*, la *chaux*, etc., donnent des perles incolores; les *oxydes ferrique* et *chromique*, vertes; l'*oxyde de nickel*, rouges; l'*oxyde de cuivre*, brun rouge; l'*oxyde de cobalt*, bleues; l'*oxyde de plomb* et l'*oxyde mercureux*, grises; l'*oxyde titanique*, violettes, etc.

*Recherche du Brome, du Chlore et de l'Iode.*

— La perle de sel de phosphore, permet de caractériser facilement les *chlorures*, *bromures* et *iodures*.

Pour cela, on sature une perle d'oxyde de cuivre et on la pose, encore chaude, sur la matière à essayer; qui y adhère. Portant alors le tout dans la flamme oxydante, on observe: une teinte bleu pourpre, *chlore*; une teinte bleu verdâtre, *brome*; une teinte vert émeraude, *iode*.

Il est facile de reconnaître ainsi dans un mélange, le chlore et l'iode, par ces différentes colorations successives qui, pour un mélange des

trois sels haloïdes, apparaissent dans l'ordre précédent.

*g) Fusion avec le carbonate de soude.* — On opère sur le charbon, ou sur la lame de platine.

*Essai sur le charbon.* — On place la substance avec du  $\text{Na}^2\text{CO}^3$  et  $\text{KCy}$  sur le charbon et on soumet, tangentiellement, au dard du chalumeau.

Quand la matière est fondue, on redresse le charbon de façon à ce que le dard frappe normalement. On observe :

*a) Disparition de la substance du fondant dans le charbon.* — On a affaire à des sels alcalins, à du baryum, ou du strontium.

*b) La substance reste intacte.* — Oxyde de calcium, d'aluminium, de magnésium, de glucinium, d'uranium, de thorium, de zirconium, d'ytinium, de cérium, de lanthane et de didyme.

*c) Une effervescence.* — Acides tantalique, niobique, hyponiobique.

*d) Une perle vitreuse.* — Silice et silicates ; acide borique  $\text{H}^3\text{Bo}^3$ , et borates ;  $\text{H}^3\text{PO}^3$  et phosphates ; l'acide titanique (jaune).

*e) Réduction et auréoles : Bismuth.* — Auréole jaune brun à chaud (clair à froid), grains métalliques, gris cassant.

*Plomb.* — Auréole jaune foncé à chaud ; clair à froid ; grains métalliques malléables.

*Zinc.* — Auréole jaune à chaud, blanche à froid, pas de culot métallique (est volatil).

*Cadmium.* — Enduit rouge bigarré, caractéristique ; sans culot métallique.

- *f) Réduction sans auréoles : Argent.* — Culot blanc malléable et non oxydable.

*Étain.* — Culot blanc, malléable facilement oxydable.

*Or.* — Culot jaune vif malléable.

*Cuivre.* — Globule rouge noir très malléable.

*Platine.* — Poudre grise inoxydable.

*Fer.* — Poudre noire, attirable à l'aimant après lévigation.

*Nickel et Cobalt.* — Idem.

*Molybdène.* — Poudre grise (après lévigation).

*Tungstène.* — Poudre grise, parfois jaune d'or (après lévigation).

*Recherche du soufre.* — Les composés du soufre, fondus sur le charbon avec des carbonates de soude et du borax donnent une masse rouge brun qui, placée sur une lame d'argent et légèrement humectée d'eau, produit sur le métal une tache noire de sulfure.

*Recherche du Manganèse, du Chrome, du Vanadium, du Cobalt et du cuivre.* — Les sels de manganèse, fondus sur une lame de platine avec quatre parties de soude et une de nitre, donnent un manganate vert, que les acides transforment en permanganate rouge.

Les sels de chrome, donnent, dans les mêmes conditions, un chromate jaune, facile à caractériser (eau oxygénée) (1).

Les sels de vanadium donnent aussi un vanadate jaune, qui précipite le plomb en jaune (ne pas confondre avec Cr).

L'oxyde de cobalt colore la masse en bleu.

L'oxyde de cuivre, donne, à chaud, une masse verte, limpide.

h) **Examen au Cobalt.** — On emploie le cobalt, chaque fois qu'une substance calcinée ou fondue sur le charbon, laisse un résidu fixe, blanc résistant à une flamme oxydante.

Pour cela, après avoir humecté l'essai d'une goutte d'une solution d'azotate de cobalt  $\text{Co}(\text{AzO}^3)^2$ , au dixième, on la porte à la plus haute température possible; on laisse refroidir,

---

(1) S'il y a du manganèse, la coloration jaune peut être masquée; il suffit alors de filtrer au papier.

on gratte légèrement l'essai, et on observe la coloration.

La plupart des réactions colorées susceptibles de se produire, sont les suivantes :

*Phosphates, borates, silicates fusibles.* — Perles transparentes colorées en bleu.

*Alumine.* — Si la matière reste infusible : coloration bleue caractéristique.

*Sels de zinc.* — A froid, belle coloration verte caractéristique.

*Oxyde d'étain.* — Coloration vert jaune.

*Composés oxygénés de l'antimoine.* — Teinte gris jaune.

*Glucine pur.* — Coloration bleu lilas clair.

*Zircone.* — Coloration noir violet.

*Acide tantalique.* — Coloration gris clair ou légèrement rosée.

*Magnésie.* — Coloration vert pâle caractéristique.

#### ESSAIS A LA LAMPE A GAZ

Les réactions que nous venons de voir peuvent être réalisées, avec moins de fatigue, avec la lampe à gaz, en même temps que celle-ci se prête en outre, à quelques autres essais, très utiles pour les recherches qualitatives.

La lampe à gaz est le bec Bunsen. Celui-ci est disposé de façon que l'air et le gaz se mélangent avant d'arriver à l'endroit où s'opère la combustion ; on obtient alors une flamme bleuâtre et très chaude.

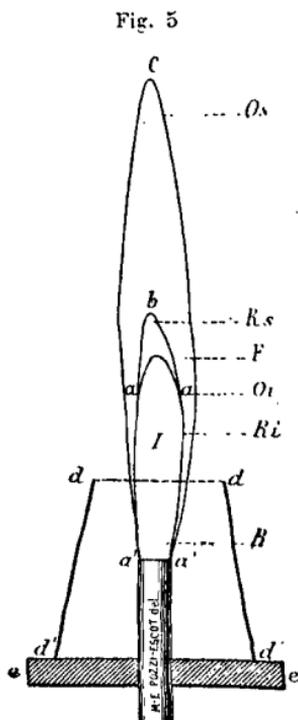
Nous ne décrivons pas le bec Bunsen bien connu de tous ceux qui font tant soit peu de chimie ; la constitution de la flamme seule nous regarde. Bunsen a montré que celle-ci pouvait se diviser en six régions (fig. 5) jouissant de propriétés différentes.

1° La zone B, située tout au bas de la flamme, caractérisée par une température relativement basse.

2° La zone de fusion en F, un peu au-dessous du premier tiers de la flamme.

3° La zone d'oxydation inférieure qui se trouve au bord extérieur de la zone de fusion, en  $O_i$ .

4° La zone de réduction inférieure située sur le bord interne  $R_i$  du champ de fusion.



5° La zone d'oxydation supérieure en Os formé par la pointe, non éclairante de la flamme.

6° Quand on diminue la rentrée de l'air, on aperçoit en Rs un cône sombre ; c'est la zone de réduction supérieure.

On le voit donc le brûleur Bunsen peut donner une flamme ayant comme celle du chalumeau, différentes zones et comme elle, une très haute température.

**Supports.** — La substance à essayer doit être portée dans la flamme à l'aide de supports capables de résister à une haute température et représentant en même temps de très faibles dimensions, et aussi une faible conductibilité calorique. On emploie le platine (fils de 3 ou 4 dixièmes de millimètre et de fines tiges d'amiante. Les fils de platine sont terminés par une boucle ou une spirale.

Pour certains essais, on emploie des tubes de verre très mince fermés à une extrémité. Lorsque les corps doivent être chauffés longtemps on fait usage de porte-supports.

**Réactifs.** — Les réactifs en usage dans ces essais, sont le carbonate de sodium, le magnésium, le noir de fumée (voie sèche).

L'iodure de phosphore déliquescent, le sulfure ammonique, l'ammoniaque, l'acide azotique

étendu, une solution neutre ou alcaline de protochlorure d'étain, et une solution d'azotate d'argent (voie humide).

## MARCHE SYSTÉMATIQUE

Les essais, au tube bouché ou ouvert, avec perles de borax, ou de sel de phosphore, etc., déjà signalés au sujet de l'emploi du chalumeau, s'effectuent, avec une extrême facilité au brûleur Bunsen.

Nous distinguerons cinq cas <sup>(1)</sup> :

**1. Réduction au tube.** — On réserve ces essais pour les substances qui ne peuvent être directement soumises à l'action de la flamme. La substance pulvérisée, seule ou mélangée de carbonate de sodium, ou de magnésium, est chauffée, après introduction dans le tube, jusqu'à ramollissement du verre (phénomène d'incandescence). Le tube, refroidi, on le casse et on observe : le *soufre*, le *sélénium*, le *tellure*, dans ces conditions, donnent une masse (sulfure, séléniate, tellurate) qui, humectée d'eau, et

---

(1) AD. CARNOT. — *Loc. cit.*, p. 91.

mise sur une lame d'argent, y produit une tache noire.

Le *mercure*, donne un sublimé de mercure métallique.

Les *phosphates*, réduits par le magnésium, donnent un phosphure, dégageant de l'hydrogène phosphoré, quand on l'humecte d'eau.

**2. Réduction sur le charbon.** — C'est la méthode la plus générale. La substance, réduite en poudre, est mélangée, à poids égal, de carbonate de soude, et humectée d'eau. On en prend une petite parcelle, et on la met sur le charbon.

On la fond en *Oi* (oxydation) puis on la porte en *Ki*. Quand on a reconnu que la réaction est terminée, on ramène dans le cône obscur, où on laisse refroidir. On sépare la partie du charbon où s'est fait l'essai, on la broie, et on sépare le charbon par une lévigation soignée. On se rendra alors compte de la couleur et de la malléabilité du métal obtenu, etc.

Certains métaux sont réduits sans subir la fusion, et se présentent sous forme de poudre. Ce sont :

Le *Fer*. — Il se présente sous forme de poudre noire. On dissout par l'acide azotique sur une feuille de papier et on caractérise par le ferrocyanure.

Le *Nickel*. — Il se présente sous forme de paillettes métalliques, se dissout dans l'acide azotique et se caractérise par la potasse ou le sulfo-carbonate de potasse.

Le *Cobalt*. — Même aspect, se dissout en rose dans l'acide azotique.

L'*Iridium*. — Poudre grise, inattaquable.

Le *Rhodium*. — Même aspect; est attaqué par le sulfate acide de potassium,  $KHSO_4$ , au rouge, et donne alors avec l'eau, une dissolution rouge.

Le *Palladium*. — Masse grise, spongieuse, soluble dans l'acide azotique, à chaud; le chlorure stanneux colore cette solution en bleu ou brun.

Le *Platine*. — Masse spongieuse, soluble dans l'eau régale. La solution, précipite en jaune, par le cyanure de mercure et l'ammoniaque.

Les métaux suivants sont réduits sous forme de globules fondus. Ce sont :

L'*Or*. — Culot malléable, soluble en bleu, dans l'acide azotique,  $HAzO_3$ , caractérisable par le ferro-cyanure de potassium.

L'*Argent*. — Culot malléable, soluble dans l'acide azotique,  $HAzO_3$ , caractérisable par l'acide chlorhydrique,  $HCl$ .

L'*Étain*. — Culot malléable blanc, soluble dans l'acide chlorhydrique.

**3. Production de taches métalliques.** — Introduites dans la flamme, certaines substances se vaporisent (sont surtout essayées de cette façon, les substances réduites au préalable par le charbon), et peuvent être obtenues sous forme de dépôt, d'*enduit*, ou d'*auréole*, si immédiatement au-dessus de l'essai, on introduit dans la flamme un corps froid (capsule de porcelaine, tube à essai plein d'eau). Le dépôt obtenu est plus épais au centre que sur les bords. Dans ces conditions, le *tellure*, l'*antimoine*, et l'*arsenic* donnent un dépôt noir, à bords bruns, le *sélénium*, un dépôt rouge ; le *bismuth*, un dépôt noir ; le *mercure*, une auréole grise ; le *plomb* et le *cadmium* un dépôt brun noir.

**4. Coloration de la flamme.** — Les colorations communiquées à la flamme du brûleur Bunsen, par les différents sels sont les mêmes que pour le chalumeau.

Nous n'avons donc rien à ajouter, si ce n'est que les silicates alcalins, généralement impropres à colorer les flammes, les coloreront si on les mélange à du *sulfate de calcium* pur, et si on les humecte d'acide chlorhydrique.

La prise d'essai, devra être placée tangentiellement à la base de la flamme.

**5. Production de taches d'oxyde et leur transformation en sulfures et iodures. —**

La substance est placée dans la partie Os de la flamme, et on condense les vapeurs au moyen d'une soucoupe froide.

On obtient ainsi une tache généralement blanche, d'oxyde, qu'on caractérise par le chlorure stanneux ou par l'azotate d'argent et soufflant sur le mélange avec de l'air chargé d'ammoniaque.

Dans ces conditions, les corps suivants donnent :

Le *tellure*, un oxyde blanc, devenant noir avec le chlorure stanneux.

Le *sélénium*, un oxyde blanc, que le chlorure stanneux fait passer au rouge brique.

L'*antimoine*, un oxyde blanc fixe.

L'*arsenic*, un oxyde blanc, qui passe au rouge par l'azotate d'argent.

Le *thallium*, un oxyde blanc fixe.

Le *zinc*, un oxyde blanc fixe.

L'*indium*, un oxyde blanc fixe.

Le *cadmium*, une tache brune, noire avec l'azotate d'argent.

Le *plomb*, un oxyde blanc fixe.

On caractérise facilement ces oxydes en les transformant en *iodures* ou en *sulfures*. Pour les transformer en iodures, on expose la tache

au-dessus du goulot d'un flacon contenant de l'iodure de phosphore, déliquescent.

Dans ces conditions :

Le *tellure* donne un iodure brun, soluble dans l'ammoniaque.

Le *sélénium* de même, mais insoluble dans l'ammoniaque.

L'*antimoine*, un iodure rouge orangé soluble dans l'ammoniaque.

L'*arsenic*, un iodure rouge soluble, AmOH.

Le *bismuth*, iodure bleu brun.

Le *mercure*, iodure jaune ou rouge.

Le *plomb*, iodure jaune.

Le *thallium*, iodure jaune citron.

Pour transformer les taches d'iodures en sulfures, on les soumet à un courant d'air saturé de vapeurs de sulfure ammonique ; dans ces conditions :

Le *tellure* donne un sulfure noir brun.

L'*antimoine*, un sulfure orangé ;

L'*arsenic*, un sulfure jaune citron.

Le *bismuth*, un sulfure brun marron.

Le *thallium*, un sulfure noir.

Le *cadmium*, un sulfure jaune.

Le *zinc*, un sulfure blanc.

Les divers essais que nous venons d'indiquer, devront servir de préliminaires aux essais de voie humide, qu'ils ont pour but de simplifier dans de très larges limites.

## CHAPITRE II

### RÉACTIFS

#### 1. DISSOLVANTS

1. *Eau*,  $H^2O$ . — On l'emploie constamment comme dissolvant d'un très grand nombre de substances. C'est avec la fusion, l'intermédiaire obligé d'un grand nombre de réactions.

Elle doit être incolore, inodore, sans saveur, et ne laisser aucun résidu par évaporation sur une lame en platine.

Elle ne doit, ni se colorer, ni précipiter par les réactifs suivants : *chlorure de baryum* ; *oxalate d'ammonium* ; *azotate d'argent* ; *eau de baryte* ; réactif de Nessler ; *chlorhydrate de métaphénylène-diamine* ; sulfate de *diphénylaniline*, enfin, elle ne doit pas décolorer le *permanganate de potasse* à l'ébullition.

2. *Alcool*,  $C^2H^6O$ . — Doit être neutre, entière-

ment volatil. Étendu d'eau, ne doit pas précipiter par  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{AgAzO}_3$ , Am SII. On emploie un alcool à 98 % dit absolue, et un alcool à 90 % dit ordinaire.

3. *Éther*,  $\text{C}^2\text{H}^4\text{O}$ . — Doit être entièrement volatil.

4. *Chloroforme*,  $\text{CHCl}_3$ . — Doit être limpide, incolore en présence de l'acide sulfurique et ne pas précipiter par l'azotate d'argent,  $\text{AgAzO}_3$ .

5. *Sulfure de carbone*,  $\text{CS}_2$ . — Ne doit pas noircir le carbonate de plomb.

## II. CORPS SIMPLES

6. *Hydrogène*. — Agent de réduction à température élevée. On le prépare en traitant le fer ou le zinc par l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique étendus. Les appareils de production sont très nombreux ; l'un des plus simples est celui de Deville. L'appareil Kipp, est aussi, aujourd'hui très répandu.

On le purifie en le faisant barbotter dans une solution sulfurique concentrée de bichromate de potasse, et en le faisant passer ensuite sur de la ponce potassée.

Il doit brûler avec une flamme incolore qui ne

doit pas donner de dépôt quand on l'écrase avec une soucoupe froide.

7. *Oxygène*, O. — On le prépare par calcination du bioxyde de manganèse ou du chlorate de potasse. On emploie, parfois, le procédé Cl. Winkler, qui repose sur l'oxydation du chlorate de chaux,  $\text{Ca}(\text{OCl})^2$ , par le chlorure de cobalt ou le procédé G. Neumann. En dernier lieu, on emploie souvent l'oxygène du commerce qu'on se procure avec facilité dans les grandes villes.

8. *Chlore*, Cl. — Permet la production de phénomènes d'oxydation très énergiques. On l'emploie, soit à l'état gazeux, soit en dissolution. On le prépare, en oxydant l'acide chlorhydrique par le bi-oxyde de manganèse, ou en décomposant le chlorate de potasse par le même acide. Sa solution doit être conservée à l'abri de la lumière, elle sert à décomposer les iodures et les bromures, à dissoudre l'or, le platine et différents sulfures.

9. *Brome*, Br. — On emploie le brôme du commerce, il remplace parfois, avantageusement le chlore, comme agent d'oxydation.

10. *Iode*, I. — Agit comme oxydant indirect, et, à ce titre, est employé en analyse qualitative et quantitative.

11. *Soufre*, S. — Est employé pour fournir par calcination des sulfures.

12. *Zinc.* — Employé pour la réduction des persels de fer en vue de dosages volumétriques ; précipitation du cuivre, de l'étain, etc. On doit s'assurer si le métal est pur, et surtout s'il ne contient pas trace d'arsenic.

13. *Fer.* — Sert à précipiter le cuivre, et à établir le titre des solutions permanganiques.

14. *Cuivre.* — S'obtient pur électrolytiquement. Il sert pour la réduction des sels de mercure, pour la séparation de l'arsenic, pour le dosage du fer (méthode Fuchs), etc.

15. *Étain.* — Sert à précipiter l'antimoine.

16. *Plomb.* — Sert aux essais de voie sèche.

17. *Or.* — S'emploie en feuilles pour la recherche du mercure.

18. *Platine.* — A parfois une heureuse action de présence.

### III. MATIÈRES COLORANTES

19. *Teinture de Tournesol.* — On la prépare en dissolvant une partie de tournesol réduit en poudre, dans cinq ou six parties d'eau, et filtrant, neutralisant l'excès d'alcali par l'acide azotique, et ajoutant à la liqueur rouge obtenue de la

dissolution alcaline bleue, jusqu'à ce que la teinte bleue persiste.

20. *Indigo*. — Solution d'indigo dans l'acide sulfurique au vingtième.

21. *Papier de Curcuma*. — S'obtient en trempant du papier non collé, dans la teinture de racine de curcuma.

22. *Empois d'amidon*. — On le prépare au moment de s'en servir en dissolvant une partie d'amidon dans 200 parties d'eau bouillante.

23. — *Phénol-phtaléine*. — Au centième, se colore en rouge vif, sous l'influence des bases.

24. *Diméthyle-orange*. — Au centième, vire au rouge en présence des acides forts.

#### IV. OXYDES. BASES

25. *Eau oxygénée*. — Elle est susceptible d'un grand nombre d'applications; elle remplace avec avantage, le chlore, le brome. On la prépare encore par le procédé Thénard : décomposition du bi-oxyde de baryum par l'acide chlorhydrique.

Si l'on emploie de l'eau oxygénée du commerce, il est bon de s'assurer qu'elle ne renferme pas d'acide phosphorique, de magnésie, de fluor, d'acides sulfurique,  $H^2SO^4$ , ou chlorhydrique.

26. *Potasse et Soude*, KOH et NaOH. — Leurs applications analytiques sont innombrables : Précipitation d'oxydes insolubles ; dissolution d'oxydes insolubles, dans l'eau ou les acides ; absorption des gaz ; dissolution de certains sels, etc. Traitée par l'acide azotique, leur solution ne doit pas faire effervescence, et après évaporation à sec, ne pas laisser de résidu insoluble.

27. *Peroxyde de sodium*,  $\text{Na}^2\text{O}^2$ . — Propriétés oxydantes qui, jointes à sa réaction alcaline, en font un des plus puissants agents de désagrégation connus. S'obtient, en oxydant, par l'oxygène pur, le sodium, vers  $500^\circ$ .

28. *Ammoniaque*, AmOH. — Emplois multiples : saturation des acides ; séparation d'un grand nombre d'oxydes, etc. La solution doit être complètement volatile, et ne pas précipiter par l'addition d'eau de chaux.

29. *Baryte*, BaO et Ba (OH)<sup>2</sup>. — A l'état solide, sert à la désagrégation des silicates. En solution, on l'emploie pour précipiter la magnésie, et éliminer d'un liquide les acides sulfurique et phosphorique.

30. *Chaux*, CaO et Ca (OH)<sup>2</sup>. — Surtout employée pour reconnaître l'anhydride carbonique.

31. *Oxyde de mercure*, HgO. — C'est un oxydant énergique.

32. *Peroxyde de plomb*,  $\text{PbO}^2$ . — Oxydant ; transforme les sels de protoxyde de manganèse en composés suroxydés.

33. *Tétroxyde de bismuth*,  $\text{Bi}^2\text{O}^4$ . — Oxydant, même usage que le précédent.

## V. ACIDES

34. *Acide chlorhydrique*,  $\text{HCl}$ . — Dissolvant et chlorurant. Il doit être incolore ; ne pas précipiter par le chlorure de baryum, l'hydrogène sulfuré  $\text{H}^2\text{S}$ , ni décolorer l'indigo et l'empois d'amidon bleui par l'iode.

35. *Acide perchlorique*,  $\text{HClO}^4$ . — Précipite le potassium.

36. *Acide fluorhydrique*,  $\text{HF}$ . — Décomposition des silicates ou borates.

37. *Acide hydrofluosilicique*,  $\text{H}^2\text{SiF}^6$ . — Séparation de quelques bases. Il ne doit laisser aucun résidu par évaporation et ne pas précipiter le chlorure de baryum.

38. *Acide sulfhydrique*,  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipitation d'un grand nombre de sulfures ; c'est aussi un agent réducteur ; on l'emploie gazeux ou en dissolution, mais celle-ci s'altère par oxydation.

39. *Acide sulfureux*. — Gazeux ( $\text{SO}^2$ ) ou dis-

sous ( $\text{H}^2\text{SO}^3$ ) est un réducteur précieux et facilement éliminable par l'ébullition.

40. *Acide sulfurique*,  $\text{H}^2\text{SO}^4$ . — Usages multiples, doit être incolore et ne pas précipiter par l'azotate d'argent,  $\text{AgAzO}^3$  et l'acide sulfhydrique.

41. *Acide azotique*,  $\text{HAzO}^3$ . — Dissolvant et oxydant. Doit être volatil sans résidu et ne pas précipiter le chlorure de baryum et l'azotate d'argent.

42. *Eau régale*. — Dissolvant et oxydant :



43. *Anhydride phosphorique*,  $\text{P}^2\text{O}^5$ . — Sert à dessécher les gaz.

44. *Anhydride arsénieux*,  $\text{As}^2\text{O}^3$ . — Dosage du chlore, de l'iode et des matières oxydantes.

45. *Anhydride chromique*,  $\text{CrO}^3$ . — Oxydant énergétique.

46. *Acide acétique*,  $\text{CH}^3, \text{CO}^2\text{H}$ . — Dissolvant, remplace souvent les acides minéraux.

47. *Acide tartrique*,  $\text{C}^4\text{H}^4\text{O}^6\text{H}^2$ . — Dissout certains oxydes en donnant des tartrates doubles solubles.

48. *Acide oxalique*,  $\text{C}^2\text{O}^4\text{H}^2$ . — Précipitation d'oxalates insolubles.

49. *Acide pyrogalique*,  $\text{C}^6\text{H}^6\text{O}^3$ . — Absorbe l'oxygène lorsqu'on l'additionne d'un alcali fixe.

## VI. SELS

50. *Chlorure d'ammonium*,  $\text{AmCl}$ . — Précipitation des sels doubles ; substitution de  $\text{AmOH}$  à  $\text{KOH}$  dans une solution saline.

51. *Fluorure d'ammonium*,  $\text{AmF}$ ,  $\text{HF}$ . — Remplace l'acide fluorhydrique.

52. *Sulfure d'ammonium*,  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipitation de sulfures ; se prépare au laboratoire en saturant d'acide sulfhydrique un certain volume d'ammoniaque, que l'on mélange ensuite avec un volume égal d'ammoniaque pure.

53. *Bisulfite d'ammonium*,  $\text{AmHSO}^3$ . — Réducteur.

54. *Azotate d'ammonium*,  $\text{AmAzO}^3$ . — Oxydant.

55. *Carbonate d'ammonium*,  $\text{Am}^2\text{CO}^3$ . — Nombreuses applications. Dissout des oxydes et des sulfures.

56. *Oxalate d'ammonium*,  $\text{Am}^2\text{C}^2\text{O}^4$ . — Précipitation d'oxalates insolubles, notamment celui de calcium.

57. *Molybdate d'ammoniaque*,  $\text{Am}^2\text{MoO}^4$ . — Réactif de l'acide phosphorique.

58. *Sulfocyanure d'ammonium*,  $\text{AmCyS}$ . — Réactif des sels ferriques.

59. *Phosphate ammonique*,  $\text{Am}^3\text{PO}^4$ . — Réactif des terres alcalines.

60. *Acétate d'ammonium*,  $\text{AmC}^2\text{II}^3\text{O}^2$ . — Saturation des acides libres; précipitation d'acétates, etc.

61. *Chlorure de sodium*,  $\text{NaCl}$ . — Dosage de l'argent.

62. *Bromure de sodium*,  $\text{NaBr}$ . — Dosage de l'argent.

63. *Hypochlorite de soude*,  $\text{NaClO}$ . — Oxydant.

64. *Sulfure de sodium*,  $\text{Na}^2\text{S}$ . — Précipitation de sulfures.

65. *Hyposulfite de sodium*,  $\text{Na}^2\text{S}^2\text{O}^3$ . — Réducteur et sulfurant énergique.

66. *Bisulfite de sodium*,  $\text{NaHSO}^2$ . — Réducteur.

67. *Azotate de sodium*,  $\text{NaAzO}^3$ . — Oxydant.

68. *Bisulfate de sodium*,  $\text{HNaSO}^4$ . — Réactif de voie sèche.

69. *Chlorate de potasse*,  $\text{KClO}^3$ . — Oxydant et chlorurant.

70. *Iodure de potassium*,  $\text{KI}$ . — Dissolvant de l'iode; donne des iodures insolubles et caractéristiques.

71. *Fluorure de potassium*,  $\text{KF}$ . — Désagrégation de certains minéraux.

72. *Sulfate de potasse*,  $K^2SO^4$ . — Précipitation de sulfates insolubles.

73. *Bisulfate de potasse*,  $KHSO^4$ . — Désagré-gations de certains composés difficilement atta-quables.

74. *Azotate de potassium*,  $KAzO^3$ . — Oxydant.

75. *Chromate de potassium*,  $K^2CrO^4$ . — Mêmes usages, précipitation de chromates insolubles.

76. *Bichromate de potassium*,  $K^2Cr^2O^7$ . — Mêmes usages.

77. *Permanganate de potassium*,  $KMnO^4$ . — Oxydant qui trouve de nombreuses applications.

78. *Pyroantimoniate de potassium*,  $H^2K^2Sb^3O^7$ . — Réactif des sels de sodium.

79. *Cyanure de potassium*,  $KCy$ . — Agent de réduction par voie sèche. Donne par voie hu-mide, des cyanures insolubles.

80. *Sulfocyanure de potassium*,  $KCyS$ . — Re-cherche du fer et du cuivre.

81. *Ferrocyanure de potassium*,  $K^4FeCy^6$ . — Réactif des sels de fer et de cuivre, solution au  $\frac{1}{10}$ .

82. *Ferricyanure de potassium*,  $K^6Fe^2Cy^{12}$ . — Réactif des sels ferreux. Solution au  $\frac{1}{10}$  (oxy-dable).

83. *Chlorure de baryum*,  $BaCl^2$ . — Réactif de l'acide sulfurique. Solution au  $\frac{1}{10}$ .

84. *Azotate de baryum*,  $\text{Ba}(\text{AzO}^3)^2$ . — De même.

85. *Carbonate de baryum*,  $\text{BaCO}^3$ . — (Voir 88).

86. *Sulfate de calcium*,  $\text{CaSO}^4$ . — Réactif du strontium et du baryum.

87. *Sulfate de strontium*,  $\text{SrSO}^4$ . — Réactif du baryum.

88. *Carbonate de calcium*,  $\text{CaCO}^3$ . — Sert à neutraliser les solutions acides.

89. *Sulfate de magnésium*,  $\text{MgSO}^4 \cdot 7\text{H}^2\text{O}$ . — Précipitation des acides phosphorique et arsénique sous forme de sels doubles ammoniacomagnésiens.

90. *Perchlorure de fer*,  $\text{Fe}^2\text{Cl}^6 \cdot 11\text{H}^2\text{O}$ . — Recherche de l'acide ferro-cyanhydrique.

91. *Sulfate ferreux*;  $\text{FeSO}^4 \cdot 7\text{H}^2\text{O}$ . — Réducteur énergique.

92. *Sulfate ferro-ammonique*,  $\text{FeSO}^4$ ,  $\text{Am}^2\text{SO}^4$   $6\text{H}^2\text{O}$ . — Réducteur recommandé par F. Mohr.

93. *Chromate de plomb*,  $\text{PbCrO}^4$ . — Oxydant.

94. *Acétate de plomb*,  $\text{Pb}(\text{C}^2\text{H}^3\text{O}^2)^2$ . — Réactif particulier de certains acides.

95. *Bichlorure de mercure*,  $\text{HgCl}^2$ . — Réactif particulier de certains acides.

96. *Azotate mercurieux*,  $\text{Hg}^2(\text{AzO}^3)^2 \cdot 2\text{H}^2\text{O}$ . — Réactif particulier de certains acides.

97. *Azotate d'argent*,  $\text{AgAzO}_3$ . — Comme le précédent.

98. *Chlorure de cuivre et de potassium*,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{KCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . — Dissolvant de la fonte.

99. *Sulfate de cuivre*,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . — Ferrocyanures.

100. *Chlorure de bismuth*,  $\text{BiCl}_3$ . — Réactif du potassium.

101. *Chlorure stanneux*,  $\text{SnCl}_2$ . — Réducteur.

102. *Chlorure aurique*,  $\text{AuCl}_3 \cdot 3\text{HCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

103. *Acide chloroplatinique*,  $\text{PtCl}_4 \cdot 2\text{HCl}$ . — Donne, avec les sels des métaux suivants, des chlorures doubles : potassium, ammonium, césium, rubidium.

104. *Chlorure de palladium*,  $\text{PdCl}_2$ . — Réactif des iodures.

---

## CHAPITRE III

### CARACTÈRES PRINCIPAUX DES BASES ET DES ACIDES (1)

ALUMINIUM : Al = 27

1. *Sulfures alcalins*, M<sup>n</sup>S. — Précipité blanc d'hydrate; dégagement d'H<sup>2</sup>S.
2. KOH et NaOH. — Précipité blanc. Soluble dans un essai de réactif.
3. AzH<sup>4</sup>OH ou AmOH. — Précipité blanc.
4. *Phosphate de soude ou d'ammonium*.  
A l'ébullition, en liqueur faiblement acétique, donnent un précipité blanc.

ANTIMOINE : Sb = 120

I. **Sels antimoniaux** : Sb<sup>2</sup>O<sup>3</sup>.

1. *Eau*. — Précipité blanc, en l'absence des acides tartriques (C<sup>4</sup>O<sup>6</sup>H<sup>6</sup>) et oxalique (C<sup>2</sup>O<sup>4</sup>H<sup>2</sup>):

---

(1) Les réactifs d'usage courant sont représentés par leur formule dualiste; pour ceux dont l'interprétation pouvait prêter à équivoque, nous avons conservé la traduction en langage ordinaire.

2.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité jaune orangé, soluble dans l'acide chlorhydrique bouillant.

3.  $\text{M}^2\text{S}$ . — Précipité jaune orangé, soluble dans un excès de réactif.

4.  $\text{M}'\text{OH}$  et  $\text{M}^2\text{CO}^3$ . — Donnent un précipité blanc soluble dans les alcalis fixes.

5. *Hyposulfite de sodium*,  $\text{Na}^2\text{S}^2\text{O}^3$ . — A l'ébullition, précipité rouge vif.

## II. Antimoniates : $\text{Sb}^2\text{O}^5$ .

1. *Hydrogène sulfuré*,  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité jaune en l'absence d'alcalis libres.

2. *Acide chlorhydrique*,  $\text{HCl}$ . — Précipité blanc, soluble dans un excès.

3.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité d'oxyde gris brun.

## ARGENT : $\text{Ag} = 108$

1.  $\text{H}^2\text{S}$  et  $\text{M}^2\text{S}$ . — Précipité noir, soluble dans une solution de cyanure de potassium bouillante.

2.  $\text{KOH}$  et  $\text{NaOH}$ . — Précipité brun, soluble dans l'ammoniaque.

3.  $\text{M}^2\text{CO}^3$ . — Précipité blanc jaune.

4.  $\text{HCl}$  et  $\text{M}'\text{Cl}$ . — Précipité blanc ; devenant noir à la lumière, soluble dans  $\text{AmOH}$ ,  $\text{Na}^2\text{S}^2\text{O}^3$  et  $\text{K}'\text{Cy}$ .

5.  $\text{K}^2\text{CrO}^4$ . — Précipité rouge brique, soluble dans l'ammoniaque ( $\text{AmOH}$ ).

## ARSENIC : As = 75

I. Arsénites :  $\text{HAsO}^3$ .

1. *Acide sulfhydrique*,  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité jaune, en solution chlorhydrique ; soluble KOII et AmOII.

2. *Azotate d'argent*,  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité jaune, soluble dans AmOH et  $\text{HAzO}^3$ .

3. *Sulfate de cuivre*,  $\text{CuSO}^4$ . — Précipité vert clair, soluble dans AmOII.

II. Arséniates :  $\text{HAsO}^4$ .

1.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité jaune, soluble dans les alcalis, les carbonates et sulfures alcalins.

2.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité rouge brique, soluble dans AmOII et  $\text{HAzO}^3$ .

3.  $\text{CuSO}^4$ . — Précipité vert bleu.

4. Les composés *oxygénés* de l'arsenic, introduits dans un appareil à hydrogène donnent, si on écrase la flamme de l'hydrogène par un corps froid, un dépôt d'arsenic ; attaquable par l'acide azotique et caractérisable par l'azotate d'argent ammoniacal (Marsh).

## AZOTE : Az = 14,04

I. Azotates :  $\text{HAzO}^3$ .

1. *Sulfate ferreux*,  $\text{FeSO}^4$ . — Réduit en pou-

dre et arrosé d'acide sulfurique se colore en rouge brun en présence d'un azotate.

2. La *brucine* en suspension dans l'acide sulfurique pur, se colore en rouge intense.

3. La *diphénylamine* en solution dans l'acide sulfurique pur se colore en bleu.

## II. Azotites : $\text{HAzO}^2$ .

1.  $\text{H}^2\text{SO}^4$ . — Dégagement à froid de bioxyde d'azote ( $\text{AzO}$ ) qui se transforme en vapeurs rutilantes ( $\text{AzO}^2$ ) à l'air.

2. *Iodure de potassium*, KI. — Additionné d'empois d'amidon, donne une coloration bleue, lorsqu'on acidule par l'acide acétique.

3. Le *sulfate de métaphénylène-diamine* donne, en solution sulfurique, une coloration brune.

## III. Sels ammoniacaux.

1. Chauffés avec un *alcali* ou une *terre alcaline*, ils dégagent de l'ammoniaque.

2. *Chlorure de platine*,  $\text{PtCl}^4$ . — Donne un précipité jaune cristallin.

3. Le *réactif de Nessler* donne une coloration ou un précipité brun jaune. Réaction très sensible.

## BARYUM : Ba = 137

1.  $\text{H}^2\text{SO}^4$  et  $\text{M}^2\text{SO}^4$  donnent un précipité blanc.
2. *Chromate et dichromate de potassium*,  $\text{K}^2\text{CrO}^4$  et  $\text{K}^2\text{Cr}^2\text{O}^7$ . — Donnent un précipité jaune.
3. *Oxalate d'ammonium*,  $\text{Am}^2\text{C}^2\text{O}^4$ . — Un précipité blanc, soluble dans les acides.
4. *Acide hydrofluosilicique*,  $\text{H}^2\text{SiF}^6$ . — Un précipité blanc, lourd :  $\text{Ba}^2\text{F}^6$ .

## BISMUTH : Bi = 208

1.  $\text{H}^2\text{S}$  et  $\text{M}^2\text{S}$ . — Précipité noir ;
2. *Alcalis*. — Précipité blanc insoluble dans un excès de réactif.
3. *Eau*. — Décompose les sels peu acides, il se précipite un sel blanc, basique.
4. *Iodure de potassium*, KI. — Précipité rouge; soluble dans un excès.
5.  $\text{Fe}^2\text{K}^6\text{Cy}^{12}$ . — Précipité jaune.
6.  $\text{K}^2\text{CrO}^4$  et  $\text{K}^2\text{Cr}^2\text{O}^7$ . — Précipité jaune.

## BORE : B = 11

Borates :  $\text{H}^3\text{B}^3\text{O}^3$ .

1. *Chlorure de baryum*,  $\text{BaCl}^2$ . — Précipité blanc.

2. Ils colorent la flamme de l'alcool en vert quand on les additionne d'acide sulfurique.

3. Ils colorent le papier de *curcuma* en rouge même en solutions alcalines.

4. *Azotate de mercure*,  $\text{Hg}(\text{AzO}^3)^2$ . — Précipité orangé.

BROME : Br = 80

**I. Bromates :  $\text{HBrO}^3$ .**

1.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité blanc sale. sol. AmOH;

2. *Acide sulfurique*  $\text{H}^2\text{SO}^4$ . — Dégagement de vapeurs de brome sous l'action de la chaleur.

**II. Bromures : HBr.**

1.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité blanc jaune ; soluble AmOH et le cyanure de potassium.

2. *Azotate de palladium*,  $\text{Pd}(\text{AzO}^3)^2$ . — Précipité brun rouge.

3. Pour caractériser la présence du brome dans un mélange salin, on chauffe une dissolution concentrée de celui-ci avec du permanganate de potassium dans un tube à essai, on ajoute ensuite quelques centimètres cubes d'une solution saturée de *sulfate de cuivre* et on place à l'ouverture du tube un papier de fluorescéine<sup>(1)</sup>

---

(1) Ce papier s'obtient en trempant du papier écolier dans une solution acétique de fluorescéine (Baubigny).

mouillé. La plus légère trace de brome donne une coloration rose au papier.

CADMIUM : Cd = 112

1.  $H^2S$  et  $M^2S$ . — Précipité jaune vif.
2. *Alcalis*. — Précipité blanc.
3.  $M^2CO^3$ . — Précipité blanc, soluble KCy.
4. Zn donne du Cd cristallisé.
5. *Ammoniaque*. — Précipité blanc soluble dans un excès.

CÆSIUM : Cs = 133

1.  $PtCl^4$ . — Précipité jaune clair, cristallin.
2. *Acide perchlorique*  $HClO^4$ . — Précipité blanc.
3. *Acide picrique*. — Précipité jaune.

CALCIUM : Ca = 40

1. KOH et NaOH. — Précipité blanc.
2.  $Am^2C^2O^4$ . — Précipité blanc.
3.  $H^2SO^4$ ;  $M^2SO^4$ . — Précipité blanc.
4.  $M^2CO^3$ . — Précipité blanc.

CÉRIUM : Ce = 92

I. Sels cériques.

1.  $Am^2S$ . — Précipité blanc; dégagement  $H^2S$ .

2. KOH ; NaOH ; AmOH. — Précipité blanc, insoluble dans un excès.

3. *Acide oxalique*,  $C^2O^4H^2$ . — Précipité blanc, insoluble dans les acides très étendus.

4.  $K^2SO^4$ . — Précipité blanc cristallin.

## II. Sels céroso-cériques.

1.  $Am^2S$ , AmOH *et les alcalis*. — Donnent un précipité jaune d'oxyde.

2.  $C^2O^4H^2$ . — Précipité jaune.

3. La chaleur, les acides ou l'alcool les ramènent facilement à l'état de sels céreux.

CHLORE: Cl = 35,5

## I. Perchlorates : $HClO^4$ .

1.  $H^2SO^4$ . — Chauffé avec le sel sec, donne un dégagement de fumées blanches.

2. KOH. — Précipité blanc, augmenté par addition d'alcool.

Pour rechercher les perchlorates en présence de *chlorates* et de *composés nitrés*, on détruit ces derniers par l'ébullition après addition de KOH et de Zn en poudre jusqu'à disparition de toute odeur ammoniacale. Le liquide refroidi, additionné d'acide chlorhydrique est porté à l'ébullition jusqu'à cessation de tout dégagement de chlore. La solution concentrée donne un pré-

cipité de perchlorate de potasse qu'on caractérise par sa déflagration sur un charbon ardent et sa transformation en chlorure.

### II. Chlorates : $\text{HClO}^3$ .

1.  $\text{H}^2\text{SO}^4$  donne un dégagement de peroxyde de chlore jaune foncé, gaz explosif, colorant la solution.

2. Pour la recherche des chlorates en présence de perchlorates et de composés nitrés, on détruit ce dernier par Zn et  $\text{KHO}$ . On sature d'acide sulfurique la solution refroidie, et on la colore par quelques gouttes de sulfate d'indigo. S'il y a des chlorates, la solution est décolorée par l'addition de sulfate de soude.

### III. Chlorites : $\text{HClO}^2$ .

1.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité blanc.

2. *Azotate de plomb*,  $\text{Pb}(\text{AzO}^3)^2$ . — Précipité blanc, qui détonne vers 100 ( $\text{PbCl}^2\text{O}^4$ ).

3. Le *permanganate de potasse* ( $\text{KMnO}^4$ ) est décoloré.

### IV. Hypochlorites : $\text{HClO}$ .

*Ils sont peu stables et laissent dégager du chlore.*

1.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité blanc, soluble  $\text{KCy}$ .

2.  $\text{H}^2\text{SO}^4$ . — Dégagement d'acide hypochloreux.

3. *Sulfate d'indigo*. — Décoloration lente.

V. **Chlorures** : HCl.

1.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité blanc; caillebotté, soluble dans  $\text{AmOH}$ , le  $\text{KCy}$  et  $\text{Na}^2\text{S}^2\text{O}^3$ .

2. *Sels de thallium ou de plomb*. — Précipité blanc, soluble dans l'eau bouillante.

3. Additionnés de *bichromate de potassium*, ils donnent, sous l'influence combinée de l'acide sulfurique et de la chaleur de l'anhydride. Chloro-chromique  $\text{CrO}^2\text{Cl}^2$ . Gazeux, qui, condensé dans de l'eau se dédouble en acide chromique et acide chlorhydrique. On caractérise l'acide chromique par l'eau oxygénée (très sensible).

CHROME : Cr = 5,21

### I. Sels chromeux.

1. *Sulfures alcalins*,  $\text{M}^2\text{S}$ . — Précipité noir.

2. *Ammoniaque*. — Précipité blanc verdâtre.

3. *Acétate de soude*,  $\text{CH}^3\text{CO}^2\text{Na}$ . — Précipité cristalin rouge, soluble dans  $\text{HCl}$ .

4. *Phosphate de soude*. — Précipité bleu.

### II. Sels chromiques.

1.  $\text{KOII}$  et  $\text{NaOH}$ . — Précipité verdâtre, soluble dans un excès.

2. *Ammoniaque*,  $\text{AmOH}$ . — A l'ébullition, décoloration de la liqueur et précipitation complète de l'oxyde.

3. A l'ébullition, en présence d'un excès de potasse, le *peroxyde de plomb* produit une liqueur jaune qui donne du chromate de plomb par l'addition d'acide acétique.

4. A l'ébullition, l'eau oxygénée  $H^2O^2$  et un alcali, donnent un chromate.

### III. Chromates.

1.  $H^2S$ . — Réduction du chromate, avec dépôt de soufre.

2.  $HCl$ . — Transformation en sel chromique à chaud.

3. *Azotate de baryum*,  $Ba(AzO^3)^2$ . — Précipité jaune clair, sol.  $HAzO^3$ .

4. *Azotate ou acétate de plomb*. — Précipité jaune, soluble dans la potasse  $KOH$  en excès.

5. *Eau oxygénée*,  $H^2O^2$ . — Colore les solutions acides des chromates en bleu fugace. En solution étendue, la coloration est un peu plus stable. Si l'on agite avec de l'éther, c'est l'éther qui devient bleu, et la coloration est alors beaucoup plus stable; très sensible.

6. On reconnaît un chromate d'un bichromate en ce que la solution de celui-ci ne change pas de couleur par addition de  $H^2SO^4$ . Les chromates neutres, au contraire, se transforment en bichromates.

COBALT : Co = 59

1. H<sup>2</sup>S. — Précipité noir. Total dans les solutions acéliques.

2. Am<sup>2</sup>S. — Précipité noir, insoluble dans un excès, soluble dans l'acide chloro-azotique.

3. KOH et NaOH. — Précipité bleu. Soluble dans le chlorure ammoniacque, AmCl.

4. *Ammoniaque*, AmOH. — Précipité bleu vert, soluble en jaune dans un excès, l'addition de sel ammoniacque (AmCl) et d'eau oxygénée (H<sup>2</sup>O<sup>2</sup>) provoque la formation d'une solution rouge pourpre, de sel ammoniacco-cobaltique.

Si on neutralise par l'acide acétique et qu'on additionne de molybdate d'ammoniaque, on obtient un précipité de molybdate roséo-cobaltique.

5. *Azotite de potasse*, KAzO<sup>2</sup>. — Précipité jaune cristallin.

6. *Ferrocyanure de potassium*, FeK<sup>4</sup>Cy<sup>6</sup>. — Précipité vert.

7. *Ferricyanure de potassium*, Fe<sup>2</sup>K<sup>0</sup>Cy<sup>12</sup>. — Précipité rouge brun.

CUIVRE : Cu = 63,3

#### I. Sels cuivreux.

1. *Acide sulfhydrique*, M<sup>2</sup>S. — Précipité noir.

2. KOH et NaOH. — Précipité jaune. Soluble dans  $\text{Na}^2\text{S}^2\text{O}^3$ .

3. AmOH. — Liqueur incolore, bleuissant à l'air.

4. KI. — Précipité blanc d'iodure cuivreux.

5. *Ferrocyanure de potassium*,  $\text{FeK}^4\text{Cy}^6$ . — Précipité marron.

6. *Sulfocyanure de potassium*,  $\text{KSCy}$ . — Précipité blanc.

## II. Sels cuivriques.

1.  $\text{H}^2\text{S}$  et  $\text{M}^2\text{S}$ . — Précipité noir soluble dans KCy (très sensible).

2. *Ammoniaque*. — Précipité verdâtre, soluble dans un excès avec une belle couleur bleue (ammoniaque).

3. KOH, NaOH. — Précipité bleu; noir à l'ébullition.

4. *Carbonates alcalins*,  $\text{M}^2\text{CO}^3$ . — Précipité bleu, soluble dans AmOH en bleu.

5. *Sulfocyanure de potassium*,  $\text{KSCy}$ . — Coloration brune.

6. *Ferrocyanure de potassium*,  $\text{FeK}^4\text{Cy}^6$ . — Précipité ou coloration rouge (caractère très sensible).

7. *Fer métallique*. — Dépôt rouge de cuivre (très sensible).

CYANOGENÈ :  $Cy^2 = 52,08$

**I. Cyanures : HCAz.**

1.  $AgAzO^3$ . — Précipité blanc, soluble dans un excès de réactif, dans  $AmOH$  et  $Na^2S^2O^3$ .

2. *Sels ferroso-ferriques*. — En solution acide précipité bleu vif; le précipité s'obtient en liqueur alcaline et on acidifie ensuite.

3. *Acide picrique*. — Coloration rouge à l'ébullition.

**II. Ferrocyanures :  $FeII^4(CAz)^6$ .**

1.  $AgAzO^3$ . — Précipité blanc, soluble dans le cyanure de potassium,  $KCy$ .

2.  $Fe^2Cl^6$ . — Précipité de bleu de Prusse.

3. *Sulfate de cuivre*,  $CuSO^4$ . — Précipité rouge brun, soluble dans les acides concentrés.

**III. Ferricyanures :  $Fe^3H^6(CAz)^{12}$ .**

1.  $AgAzO^3$ . — Précipité rouge brun, soluble dans  $AmOH$  et  $KCy$ .

2. *Sulfate ferreux*,  $FeSO^4$ . — Précipité bleu  $Fe^5Cy^{12}$ .

3. *Sulfate de cuivre*,  $CuSO^4$ . — Précipité jaune.

**IV. Sulfocyanates : HCAzS.**

1.  $AgAzO^3$ . — Précipité blanc, soluble dans  $KCy$ ;  $AmOH$  et un excès de sulfocyanure.

2.  $\text{Fe}^2\text{Cl}^6$ . — Coloration rouge sang, soluble dans l'éther;  $\text{HCl}$  favorise parfois cette coloration.

3. *Acétate de plomb*,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{CO}_2)^2$ . — Précipité blanc.

4. *Sulfate de cuivre*,  $\text{CuSO}_4$ . — Précipité blanc.

5. *L'acide molybdique*, en solution chlorhydrique, coloration rouge, soluble dans l'éther.

#### V. Nitro-prussiates.

1. *Azotate d'argent*. — Précipité couleur chair.

2. *Azotate de cobalt*. — Précipité saumon.

3. *Sulfures alcalins*. — Coloration pourpre.

#### DIDYME : Di = 142.

1. *Sulphydrate d'ammoniaque*,  $\text{AmSH}$ . — Précipité blanc d'hydrate et dégagement de  $\text{H}^2\text{S}$ .

2. *Alcalis*. — Précipité blanc, insoluble dans un excès.

3. *Carbonates*. -- Précipité blanc.

4. *Acide oxalique*,  $\text{C}^2\text{H}^2\text{O}^4$ . — Précipité blanc.

5. *Sulfates alcalins*. — Précipité lent de sulfates doubles.

6. *Ferrocyanure de potassium*. — Précipité violet gris de ferrocyanure didymico-potassique.

ERBIUM : Er = 166.

1. *Sulphydrate ammonique*, AmSH. — Précipité blanc d'hydrate, dégagement de H<sup>2</sup>S.

2. Les *alcalis caustiques et carbonatés*, l'*acide oxalique* et les *sulfates alcalins* agissent, comme avec les sels de didyme; le précipité de sulfate est moins soluble à chaud qu'à froid.

ÉTAIN : Sn = 118.

#### I. Sels stanneux.

1. H<sup>2</sup>S. — Précipité brun chocolat; soluble dans KOH et les polysulfures à chaud.

2. *Sulfures alcalins*. — Agissent de même.

3. *Alcalis*. — Précipité blanc d'hydrate (SnOH)<sup>2</sup> soluble dans un faible excès d'alcali.

4. M<sup>2</sup>CO<sup>3</sup>. — Précipité blanc, avec dégagement de CO<sup>2</sup>.

5. HgCl<sup>2</sup>. — Précipité blanc de calomel et réduction totale à la longue.

6. *Chlorure d'or*, AuCl<sup>3</sup>. — Pourpre de Cassius.

7. *Permanganate de potasse*, KMnO<sup>4</sup>. — Décoloration immédiate.

8. KI. — Précipité jaune rougeâtre d'iodure double.

9. *Tanin*. — Précipité jaune clair.

10.  $\text{CuCl}^2 + \text{AmSCy}$ . — Précipité blanc.

## II. Sels stanniques.

1.  $\text{H}^2\text{S}$  et  $\text{M}^2\text{S}$ . — Précipité jaune, soluble dans les alcalis et les sulfures alcalins.

2. *Alcalis caustiques*. — Précipité blanc, soluble dans un excès.

3.  $\text{M}^2\text{CO}^3$ . — Précipité blanc, légèrement soluble dans un excès et dégagement de  $\text{CO}^2$ .

4. *Ferrocyanure de potassium*. — Précipité blanc gélatineux.



## I. Sels ferreux.

1.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité noir en présence d'acétate de soude.

2.  $\text{M}^2\text{S}$ . — Précipité noir de sulfure, soluble dans l'acide chlorhydrique,  $\text{HCl}$ .

3. *Potasse de soude*. — Précipité blanc verdâtre de l'hydrate,  $\text{Fe}(\text{OH})^2$ ; soluble dans  $\text{AmOH}$ .

4. *Ferrocyanure de potassium*. — Précipité blanc bleuisant sous l'action d'un oxydant.

5. *Ferricyanure de potassium*. — Précipité bleu foncé  $\text{Fe}^5\text{Cy}^{12}$ , insoluble  $\text{HCl}$ .

6. *Acide iodique*,  $\text{HIO}^3$ . — Précipité rouge clair.

7. *Permanganate de potassium*,  $\text{KMnO}^4$ . — Décoloration complète.

## II. Sels ferriques.

1.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Réduction, dépôt blanc de soufre.

2.  $\text{M}^2\text{S}$ . — Précipité noir de sulfure, mêlé de soufre libre.

3. *Alcalis*. — Précipité rouille d'hydrate de peroxyde de fer,  $\text{Fe}^3(\text{OH})^6$ .

4.  $\text{M}^2\text{CO}^3$ . — Précipité rouille; dégagement de  $\text{CO}^2$ .

5. *Ferrocyanure de potassium*. — Précipité bleu, soluble dans l'acide oxalique et le sulfate de sodium,  $\text{Na}^2\text{SO}^4$ .

6. *Sulfite de soude*,  $\text{Na}^2\text{SO}^3$ . — Coloration rouge. —

7. *Sulfocyanures alcalins*,  $\text{M}^1\text{SCy}$ . — Coloration rouge sang.

FLUOR : F = 19.

## Fluorures : $\text{HF}$ .

1. *Chlorure de baryum*,  $\text{BaCl}^2$ . — Précipité blanc.

2. *Chlorure de calcium*,  $\text{CaCl}^2$ . — Précipité blanc gélatineux.

3.  $\text{H}^2\text{SO}^4 + \text{SiO}^2$ . — Dégagement de fluorure de silicium décomposable par l'eau en acide hydrofluosilicique et silice.

## GALLIUM : Ga = 70.

1. *Acide sulfhydrique*,  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité de sulfures en solutions acétiques.
2. *Sulfure ammonique*,  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipité blanc de sulfure, soluble dans les acides.
3. *Alcalis caustiques*. — Précipité blanc, soluble dans un excès.
4. *Ferrocyanure de potassium*,  $\text{FeK}^4\text{Cy}^6$ . — Précipité blanc, réaction très sensible.
5. Le *cuivre* et le *sous-oxyde de cuivre* donnent, à l'ébullition, une précipitation complète du gallium à l'état d'oxyde.
6. *Zinc*. — Précipité blanc d'hydrate.

## GLUCINIUM : Gl = 9,1 (Be).

1. *Sulfhydrate ammonique*,  $\text{AmSH}$ . — Précipité d'oxyde blanc et dégagement d' $\text{H}^2\text{S}$ .
2. *Potasse*,  $\text{KOH}$ . — Précipité blanc de glucine  $\text{Gl}(\text{OH}^2)$  soluble dans un excès.
3. *Ammoniaque*,  $\text{AmOH}$ . — Précipité blanc soluble dans le carbonate d'ammonium.
4. *Phosphate de soude*,  $\text{HNa}^3\text{PO}^4$ . — Précipité volumineux  $\text{PO}^4\text{HGl}^2$ ; en présence de sel ammoniac, c'est un phosphate triple,  $\text{Am}^3\text{GlNa}^3(\text{PO}^4)^2, 5\text{H}^2\text{O}$ .

5.  $M^2CO^3$ . — Précipité blanc soluble dans un excès.

INDIUM : In = 113,4.

1. KOH ou AmOH. — Précipité blanc, gélatineux d'hydrate,  $In^2(OH)^6$ , soluble dans la potasse.

2.  $M^2CO^3$ . — Précipité blanc gélatineux fixe.

3.  $H^2S$ . — Précipité jaune  $In^2S^3$ , en solution acétique, le sulfhydrate d'ammoniaque, AmSH, le décolore.

4. *Sulfure ammonique*,  $Am^2S$ . — Précipité blanc soluble dans les polysulfures.

5. *Chromate de potasse*,  $K^2CrO^4$ . — Précipité jaune.

6. *Bisulfite de sodium*,  $NaHSO^3$ . — Précipité blanc,  $In^2(SO^3)^3$ ,  $In^2(OH)^6$ ,  $5H^2O$ .

7. *Oxalate d'ammonium*. — Précipité blanc, cristallin.

8. *Zinc*. — Dépôt d'indium en cristaux lamelleux blancs.

IODE : I = 127.

I. Iodures : III.

1. *Azotate d'argent*,  $AgAzO^3$ . — Précipité jaune d'iodure d'argent.

2. *Azotate mercurieux*,  $\text{HgAzO}^3$ . — Précipité blanc (jaune vert).

3. *Azotate de palladium*,  $\text{Pd}(\text{AzO}^3)^2$ . — Précipité brun rouge très foncé.

4. *Chlorure mercurique*,  $\text{HgCl}^2$ . — Précipité rouge, soluble dans un excès.

5. *L'eau de chlore* déplace l'iode qui colore en violet le *sulfure de carbone*, ou en jaune le *chloroforme* et donne avec l'amidon une coloration bleue intense d'une extrême sensibilité.

6. *L'acide sulfurique* et le *bioxyde de manganèse* ( $\text{H}^2\text{SO}^4 + \text{MnO}^2$ ) dégagent des vapeurs violettes d'iode.

7. *Sels de thallium*. — Précipité jaune.

## II. Iodates : $\text{HIO}^3$ .

1.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité blanc, soluble dans l'ammoniaque.

2.  $\text{BaCl}^2$ . — Précipité blanc d'iodate.

3. *Acide chlorhydrique*,  $\text{HCl}$ . — Dégagement de chlore.

4. *Acide sulfureux* et *empois d'amidon*. — Coloration bleue de l'iodure d'amidon, extrême sensibilité.

## IRIDIUM : Ir = 198.

1. *Alcalis*. — Liqueur et dépôt violets à l'ébullition.

2. *Carbonate ammoniacque ; acide sulfureux*,  $\text{H}^2\text{SO}^3$ ; *acide oxalique*,  $\text{C}^2\text{O}^4\text{H}^2$ ; *sulfate ferreux*,  $\text{FeSO}^4$ . — Décoloration de la liqueur.

3. *Hydrogène sulfuré*,  $\text{H}^2\text{S}$ . — Réduction, puis dépôt de soufre et de sulfure brun,  $\text{Ir}^2\text{S}^3$ .

4. *Sulfure ammonique*,  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipité brun, soluble dans un excès.

5.  $\text{KCl}$ . — Précipité noir de chlorure double.

6.  $\text{AmCl}$ . — Précipité brun rouge.

7. *Phosphate de soude*. — Liqueur et précipité bleus à l'ébullition.

8. *Cyanure mercurique*,  $\text{HgCy}^2$ . — Rien.

LANTHANE :  $\text{La} = 138$ .

1. *Alcalis caustiques*. — Précipité blanc, gélatineux.

2.  $\text{AmOH}$ . — Précipité blanc laiteux.

3.  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipité blanc d'oxyde et dégagement de gaz sulfhydrique.

4. *Carbonates alcalins*,  $\text{M}^2\text{CO}^3$ . — Précipité blanc, insoluble dans un excès.

5. *Oxalate d'ammonium*,  $\text{Am}^2\text{C}^2\text{O}^4$ . — Précipité blanc, soluble dans  $\text{HA}^2\text{O}^3$ .

6. *Sulfate de potassium*,  $\text{K}^2\text{SO}^4$ . — Précipité blanc.

7. Si l'on sature d'acétate de soude une dis-

solution d'un sel de lanthane et qu'on précipite par un *excès d'ammoniaque*, il se forme un précipité qui, après lavage, se colore en bleu par addition d'*iode en poudre*. Réaction caractéristique.

LITHIUM : Li = 7.

1.  $H^2S$  et  $Am^2S$  — Rien.
2.  $M^2CO^3$  — Précipité blanc peu abondant.
3. *Phosphate de sodium*,  $HNa^2PO^4$  — Précipité blanc à l'ébullition.
4. *Acide hydrofluosilicique*. — Précipité blanc.
5. *Fluorure d'ammonium*,  $AmF$ . En liqueur concentrée ammoniacale, précipité blanc gélatineux.

MAGNÉSIMUM : Mg = 24.

1.  $H^2S$  et  $Am^2S$ . — Sans action.
2. *Alcalis*. — Précipité blanc, insoluble dans un excès.
3. *Ammoniaque*,  $AmOH$ . — Précipité blanc soluble dans un excès.
4. *Carbonates alcalins*,  $M^2CO^3$ . — Précipitation complète à l'ébullition.

5. *Carbonate ammonique.* — Précipité, lent à se former, de carbonate ammoniaco-magnésien.

6. *Hypoiodite de sodium* (1). — Précipité rouge brun, ou simple coloration rougeâtre (Schlagdenhauffen).

MANGANÈSE : Mn = 55

### I. Sels manganoux.

1. *Sulfure ammonique*,  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipité chair de sulfure hydraté, soluble dans les acides chlorhydrique, azotique et acétique.

2. *Potasse et soude*,  $\text{KOH}$  et  $\text{NaOH}$ . — Précipité blanc, devenant rapidement brun par oxydation.

3. *Ammoniaque*,  $\text{AmOH}$ . — Précipité blanc, incomplet.

4.  $\text{M}^2\text{CO}^3$ . — Précipité blanc, soluble  $\text{AmCl}$ .

5. *Phosphate de sodium*,  $\text{Na}^3\text{PO}^4$ . — Précipité blanc.

6.  $\text{Fe}^2\text{K}^4\text{Cy}^6$ . — Précipité blanc rose, soluble dans l'acide chlorhydrique.

7.  $\text{Fe}^2\text{K}^6\text{Cy}^{12}$ . — Précipité rougeâtre, insoluble.

---

(1) L'hypoiodite se prépare en dissolvant jusqu'à forte coloration jaune de l'iode en poudre, dans une solution de soude à 2 0/0 (E. PÉCHARD. — *C. R. de l'Ac. des Sc.*, t. CXXXVII, p. 1453 et SCHÖENBEIN. — *Journ. für prakt. Chem.*, t. LXXXIV, p. 385).

8. *L'acide azotique et le peroxyde de plomb* donnent à chaud une coloration pourpre due à la formation d'acide permanganique.

## II. Sels manganiques.

1. *Hydrogène sulfuré*. — Réduction et dépôt de soufre.

2. *Sulfure d'ammonium*,  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipité chair.

3. *Alcalis caustiques*. — Précipité brun foncé.

4.  $\text{M}^2\text{CO}^3$ . — Précipité brun d'hydrate de sesquioxyde et dégagement d'anhydride carbonique  $\text{CO}^2$ .

5. *Ferricyanure de potassium*,  $\text{Fe}^2\text{K}^6\text{Cy}^{12}$ . — Précipité brun.

6. *Ferrocyanure de potassium*,  $\text{FeK}^4\text{Cy}^6$ . — Précipité gris vert.

## III. Manganates alcalins : $\text{H}^2\text{MnO}^4$ .

1. *Acides azotique et sulfurique*,  $\text{HAzO}^3$  et  $\text{H}^2\text{SO}^4$ . — Coloration rouge (transformation en permanganates).

2.  $\text{H}^2\text{S}$  et  $\text{M}^2\text{S}$ . — Précipité de sulfure de manganèse mêlé de soufre.

3. *Acides sulfureux*,  $\text{H}^2\text{SO}^3$ . — Décoloration ; la solution neutralisée par l'ammoniaque donne un précipité rose par l'acide sulfhydrique.

IV. Permanganates :  $\text{HMnO}^4$ .

1. KOH et NaOH. — Coloration verte (transformation en permanganates.

2.  $\text{H}^2\text{S}$  et  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Réduction et précipité rose de sulfure manganoux mêlé de soufre.

3. *Ammoniaque* :  $\text{AmOH}$ . — Précipitation d'oxyde brun et décoloration.

4. *Acides azotique et sulfurique*,  $\text{HAzO}^3$  et  $\text{H}^2\text{SO}^4$ . — Dégagement d'oxygène à chaud.

5. *Acide sulfureux*,  $\text{H}^2\text{SO}^3$  et les réducteurs en général. — Décolorent la solution acide du permanganate.

MERCURE :  $\text{Hg} = 200$ 

## I. Sels mercurieux.

1. *L'hydrogène sulfuré*,  $\text{H}^2\text{S}$  et le *sulfure ammonique*,  $\text{Am}^3\text{S}$ , donnent un précipité noir de bi-sulfure et de mercure métallique.

2. *Alcalis*, KOH.NaOH.AmOH. — Précipité noir.

3. *Carbonates alcalins*. — Précipité blanc sale.

4.  $\text{Am}^2\text{CO}^3$ . — Précipité gris noir.

5. *Iodure de potassium*, KI. — Précipité jaune vert d'iodure mercurieux, soluble dans un excès.

6. *Acide chlorhydrique et chlorures*, HCl et

MCl. — Précipité blanc, que l'ammoniaque noircit.

## II. Sels mercuriques.

1. H<sup>2</sup>S. — Précipité d'abord blanc, puis jaune de plus en plus foncé et enfin noir, soluble dans l'eau régale.

2. *Sulfure ammonique*, Am<sup>2</sup>S. — Même précipité.

3. *Alcalis*, KOH et NaOH. — Précipité d'oxyde jaune.

4. *Ammoniaque*, AmOH. — Précipité blanc de chloro-amidure mercurique AzH<sup>2</sup>(HgCl)<sup>2</sup>Cl.

5. *Iodures alcalins*, KI. — Précipité d'un très beau rouge soluble dans un excès de l'un des réactifs.

6. *Carbonates alcalins*, M<sup>2</sup>CO<sup>3</sup>. — Précipité rouge brun.

7. *Chlorure stanneux*, SnCl<sup>2</sup> et les *réducteurs*. — Un précipité blanc et, à la longue, du mercure métallique.

8. K<sup>2</sup>CrO<sup>4</sup>. — Précipité rouge de chromate de mercure.

9. *Cuivre*. — Dépôt brillant de mercure métallique.

## MOLYBDÈNE : Mo = 96.

### I. Molybdates.

1. Les *acides forts* donnent un précipité volu-

mineux d'acide  $\text{H}^2\text{MoO}_4$  soluble dans un excès.

2.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité brun rouge; sol.  $\text{Am}^2\text{S}$ ,

3. *Chlorure de baryum*. — Précipité blanc.

4. *Zinc*. — En présence d'acide chlorhydrique, coloration bleue, devenant verte, puis brune.

5. Si, dans un tube à essai contenant une solution de *molybdate d'ammoniaque*, additionné d'*hyposulfite de soude*, on introduit, à l'aide d'une pipette, de l'*acide sulfurique* concentré, il se produit une coloration *lie de vin* et même même un précipité; cette réaction est d'une extrême sensibilité; avec des dissolutions très diluées, on l'accélère en chauffant (M-E. Pozzi-Escot).

## II. Sels sesquimolybdiques.

Les solutions sont brunes.

1. *Potasse, soude*. — Précipité noir :  $\text{Mo}^3(\text{OH})^6$ .

2. *Acide sulfhydrique*,  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité noir.

NICKEL : Ni = 5g.

1.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité noir ( $\text{NiS}$ ) en solution acétique ou neutre.

2. *Sulfure ammonique*,  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipité noir.

3. *Potasse*. — Précipité vert d'oxyde hydraté.

4. *Ammoniaque*,  $\text{AmOH}$ . — Précipité vert soluble en bleu dans un excès.

5. *Carbonates alcalins*,  $\text{M}^2\text{CO}^3$ . — Précipité vert clair.

6. *Cyanure de potassium*,  $\text{KCy}$ . — Précipité vert jaune.

7. *Acide oxalique*,  $\text{C}^2\text{O}^4\text{H}^2$ . — Précipité vert clair.

8. L'*ammoniaque* ( $\text{AmOH}$ ) et le *sulfocarbonate de potasse* ( $\text{K}^2\text{CS}^3$ ), versés simultanément, donnent une coloration rose ou rouge.

#### NIORIUM : Nb = 94

1. *Acide azotique*. — Précipité blanc.

2. *Tanin*. — Précipité rouge orangé foncé.

3. *Zinc et acide chlorhydrique*. — Coloration bleu.

4. *Cyanures*,  $\text{M}^1\text{Cy}$ . — Précipité blanc, rapide.

5. *Azotate d'argent*,  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité jaune, soluble à l'ébullition.

6. *Acide oxalique*,  $\text{C}^2\text{O}^4\text{H}^2$ . — Rien.

#### OR : Au = 197

1.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité noir, soluble dans les polysulfures et l'acide chloro-azotique.

2.  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipité noir :  $\text{Au}^2\text{S}^3$ .
3.  $\text{KOH}$ . — Précipité jaune foncé, soluble dans un excès.
4.  $\text{AmOH}$ . -- Précipité jaune de fulminate d'or.
5.  $\text{H}^2\text{SO}^3$  ;  $\text{C}^2\text{O}^4\text{H}^2$  ;  $\text{FeO}^4$  ;  $\text{HgAzO}^3$ . — Précipité d'or réduit. La solution vue par transparence est bleue.
6. Un mélange de *bi* et de *tétrachlorure d'étain* donne un précipité pourpre (dit de Cassius).

## OSMIUM : Os = 199

**I. Sels sesquiosmiques.**

1. *Potasse*,  $\text{KOH}$ . — Précipité brun rouge ; soluble dans un excès.
2. *Acide sulfhydrique*,  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité brun.

**II. Sels osmiques.**

1.  $\text{KOH}$ . — Précipité noir, gélatineux, à l'ébullition  $\text{Os}(\text{OH})^4$ , soluble dans  $\text{HCl}$ .

**III. Osmites.**

1. *Acide sulfhydrique*,  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité noir.
2. *Azotate d'argent*,  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité vert olive.
3. *Iodure de potassium*,  $\text{KI}$ . — Coloration rouge.
4. *Zinc*. — Dépôt métallique noir.

## PALLADIUM : Pd = 106

1. H<sup>2</sup>S et Am<sup>2</sup>S. — Précipité noir PdS.
2. KOH ; NaOH. — Précipité brun PdO, H<sup>2</sup>O solution dans un excès.
3. AmOH. — Précipité rouge, soluble dans un excès.
4. M<sup>2</sup>CO<sup>3</sup>. — Précipité brun, soluble dans un excès.
5. *Chlorure de potassium*. — Précipité brun rouge.
6. *Iodure de potassium*, KI. — Précipité noir, un peu soluble, devenant jaune par AmOH.
7. KCy. — Précipité gélatineux, sol. AmOH.
8. *Réducteurs*. — Dépôt de palladium métallique.

## PHOSPHORE : P = 31

I. Orthophosphates : H<sup>3</sup>PO<sup>4</sup>.

1. BaCl<sup>2</sup>. — Précipité blanc, soluble HCl.
2. AgAzO<sup>3</sup>. — Précipité jaune, sol. HAzO<sup>3</sup>.
3. CaCl<sup>2</sup>. — Précipité blanc, sol. CH<sup>3</sup>CO<sup>2</sup>H.
4. *Sulfate de magnésium*, MgSO<sup>4</sup>. — Précipité blanc.
5. *Mélange magnésien*. — Précipité blanc.

6. *Molybdate d'ammoniaque en solution azotique.* — Précipité jaune de phosphomolybdate.

7. *Chlorure ferrique, Fe<sup>2</sup>Cl<sup>6</sup>.* — Précipité blanc jaune.

#### II. Pyrophosphates : H<sup>4</sup>P<sup>2</sup>O<sup>7</sup>.

1. BaCl<sup>2</sup>. — Précipité blanc, soluble HCl.

2. AgAzO<sup>3</sup>. — Précipité blanc, sol. HAzO<sup>3</sup>.

3. MgSO<sup>4</sup>. — Précipité blanc, soluble dans un excès.

4. *Chlorure lutéocobaltique.* — Précipité rougeâtre.

5. *Acétate de plomb.* — Précipité blanc.

#### III. Métosphosphates : HPO<sup>3</sup>

1. BaCl<sup>2</sup>. — Précipité blanc, soluble HCl.

2. AgAzO<sup>3</sup>. — Précipité blanc, sol. HAzO<sup>3</sup>.

3. *Sulfate de magnésium.* — Rien.

4. *Albumine.* — Elle est coagulée (on additionne les métosphosphates d'acide acétique).

#### IV. Phosphates.

1. *Eau de chaux.* — Précipité blanc.

2. BaCl<sup>2</sup>. — Précipité blanc, soluble CH<sup>3</sup>CO<sup>2</sup>H.

3. *Azotate d'argent ammoniacal.* — Dépôt d'argent métallique noir.

4. *Acétate de plomb.* — Précipité blanc.

5. *Zinc et acide sulfurique.* — Production d'hydrogène phosphoré.

### V. Hypophosphates.

1.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité blanc ; devient noir.
2. *Chlorure mercurique*,  $\text{HgCl}^2$ . — Est réduit.
3.  $\text{CuSO}^4$ . — Précipité rouge d'hydrure  $\text{Cu}^2\text{H}^2$ , soluble dans l'acide chlorhydrique vers  $60^\circ$ .
4. *Appareils de Marsh*. — Production de phosphure d'hydrogène réduisant les sels de cuivre et d'argent.

### PLATINE : Pt = 197

1.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Dépôt noir ; soluble dans les polysulfures.
2. *Sulfure ammonique*,  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipité noir.
3. *Alcalis*. — Précipité jaune, de chlorure double.
4.  $\text{KCl}$  ou  $\text{AmCl}$ . — Un chloroplatinate insoluble,  $\text{M}^2\text{PtCl}^6$ .
5.  $\text{KI}$ . — Coloration rouge et précipité brun.
6. *Chlorure stanneux*,  $\text{SnCl}^2$ . — Coloration acajou.
7. *Acides oxalique et acétique*. — Rien.
8. *Acides formique et tartrique, alcool, sucre, zinc*. — Dépôt de platine.

PLOMB : Pb = 207

1. *Hydrogène sulfuré*,  $H^2S$ . — Précipité noir.
2. *Sulphydrate d'ammoniaque*,  $AmSH$ . — Précipité noir.
3. *Alcalis*. — Précipité blanc, soluble dans un excès de réactif.
4. *Carbonates alcalins*. — Précipité blanc.
5.  $HCl$ . — Précipité blanc, soluble à l'ébullition.
6.  $H^2SO^4$  et  $M^2SO^4$ . — Précipité blanc, soluble dans l'hyposulfite de soude  $Na^2S^2O^3$ .
7.  $K^2CrO^4$ . — Précipité jaune, soluble  $KOH$ .
8.  $KI$ . — Précipité jaune, sol.  $KI$  en excès.
9. *Cyanure de potassium*. — Précipité blanc.
10. *Zinc*. — Dépôt de plomb gris.

POTASSIUM : K = 39,14

1. *Chlorure de platine*,  $PtCl^4$ . — Précipité jaune cristallin.
2. *Acide tartrique*. — Précipité blanc.
3. *Acide perchlorique*,  $HClO^4$ . — Précipité blanc.
4. *Acide hydrofluosilicique*. — Précipité cristallin.

5. *Sulfate d'alumine*. — Précipité cristallin.

6. *Hyposulfite double de sodium et de bismuth et alcool*. — Précipité jaune volumineux (Ad. Carnot).

RHODIUM : Rh = 104

1.  $H^2S$ . — Précipité brun, formation lente.

2.  $Am^2S$ . — Précipité brun, soluble  $K^2S$ .

3.  $AmOH$ . — Coloration, puis précipité jaune.

4.  $KOH$ . — Précipité jaune, décomposé par l'ébullition avec dépôt d'hydrate brun noir.

5.  $KI$ . — Coloration et précipité brun d'hydrate.

6. *Zinc*. — Précipité noir de rhodium métallique.

RUBIDIUM : Rb = 85

1. *Acide perchlorique*. — Précipité blanc.

2. *Acide tartrique*. — Précipité blanc.

3. *Acide hydrofluosilicique*. — Précipité opalin.

4. *Acide picrique*. — Précipité jaune.

5. *Chlorure platinique*. — Précipité jaune.

6. *Hyposulfite de soude et alcool*. — Précipité jaune.

RUTHÉNIUM : Ru = 104 ; O

I. Trichlorures.

1. *Potasse*. — Précipité brun noir.

2.  $\text{AmOH}$ . — Précipité brun noir, soluble en brun vert dans un excès.

3.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Coloration bleue et dépôt brun.

4.  $\text{Am}^2\text{S}$ . — Précipité brun.

5.  $\text{KI}$ . — Précipité noir, à chaud.

6. *Azotate mercureux*,  $\text{HgAzO}^3$ . — Précipité rose et coloration brune.

7. *Chlorure de potassium*. — Précipité brun.

8.  $\text{Pb}(\text{CH}^2\text{CO}^2)^2$ . — Coloration rose et précipité brun.

9. *Sulfocyanure de potassium*,  $\text{KCyS}$ . — Coloration rouge puis pourpre, puis violette.

10. *Zinc*. — Coloration bleue et dépôt noir.

## II. Tétrachlorures.

1. *Ammoniaque*. — Précipité brun.

2. *Azotate mercureux*. — Précipité jaune.

3. *Azotate d'argent*. — Précipité rouge.

4. *Hydrogène sulfuré*,  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité noir.

5. *Iodure de potassium*,  $\text{KI}$ . — Coloration brune.

## SÉLÉNIUM : $\text{Se} = 79,4$

I. *Séléntures*,  $\text{H}^2\text{Se}$ . — Solutions rouges.

1. *Acide sulfurique*. — Dégagement d'hydrogène sélénié à odeur de chou pourri.

II. *séléntites*,  $\text{H}^2\text{SeO}^3$ .

1.  $\text{H}^2\text{SO}^3$ . — Dépôt de sélénium rouge.

2.  $H^2S$ . — Précipité jaune, sol.  $Am^2S$ .
3.  $Ba(AzO^3)^2$ . — Précipité blanc, sol.  $HAz^2O^3$ .
4.  $AgAzO^3$ . — Précipité blanc, sol.  $HAzO^3$ .
5.  $K^2Cr^2O^7$ . — Donne un séléniate.
6. *Cuivre*. — Noircit fortement.

### III. Séléniates : $H^2SeO^4$ .

Mêmes réactions que les sulfates, le séléniate de baryum est soluble dans l'acide chlorhydrique.

L'acide chlorhydrique et le sulfite de soude, donnent à l'ébullition un précipité rouge.

## SILICIUM : $Si = 28$

### Silicates.

1. *Chlorure de baryum*. — Précipité blanc.
2. *Acides*. — Dépôt de silice gélatineux.
3. Sous l'action de l'*acide fluorhydrique*, il se dégage du *fluorure de silicium* ( $SiF_4$ ), qui, au contact de l'eau, donne de la silice gélatineuse.

## SODIUM : $Na = 23$

1. Le *sodium* ne forme que très peu de sels insolubles ou peu solubles dans l'eau, aussi le *chlorure de platine*, l'*acide tartrique*, etc., qui précipitent les sels de potassium, ne donnent-ils rien.

2. *Pyroantimoniate de potassium*. — En liqueur neutre précipité blanc, cristallin.

3. *Hyperiodate basique de potasse*. — Précipité blanc.

4. *Acide hydrofluosilicique*. — Précipité gélatineux.

SOUFRE : S = 32,07

**I. Sulfures : M<sup>n</sup>S.**

1. *Acides*. — Dégagement d'hydrogène sulfuré (les polysulfures déposent du soufre).

2. *Azotate d'argent*. — Précipité noir.

3. *Acétate de plomb*. — Précipité noir.

4. *Sulfate de manganèse*. — Précipité rose.

5. *Nitro-prussiate de soude*. — Coloration rouge pourpre, instable, mais caractéristique.

**II. Hydrosulfites : M<sup>2</sup>SO<sup>2</sup>.**

1. *Acides*. — Coloration jaune.

2. *Sulfate d'indigo*. — Décoloration.

3. *AgAzO<sup>2</sup>*. — Argent métallique noir.

4. *Sulfate de cuivre ammoniacal*. — Précipité jaune.

**III. Hyposulfites : M<sup>2</sup>S<sup>2</sup>O<sup>3</sup>.**

1. *Acide*. — Dégagement d'acide sulfureux et dépôt de soufre blanc très léger.

2. *BaCl<sup>2</sup>*. — Précipité blanc, soluble HCl.

3. *Azotate mercureux*. — Précipité noir.
4.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité blanc, soluble excès.
5. *Azotate de plomb*. — Précipité blanc.
6.  $\text{Fe}^2\text{Cl}^6$ . — Coloration violette, instable.
7. Traités par le zinc et un acide, ils dégagent  $\text{H}^2\text{S}$ .

IV. **Sulfites** :  $\text{M}^4\text{SO}^3$ .

1. *Acides*. — Dégagement de gaz sulfureux.
2.  $\text{BaCl}^2$ . — Précipité blanc, soluble  $\text{HCl}$ .
3.  $\text{AgAzO}^3$ . — Précipité blanc gris.
4. *Azotate de plomb*. — Précipité blanc.
5. *Perchlorure de fer*. — Coloration rouge.
6. Le *nitro-prussiate de soude* donne en liqueur alcaline et en présence de  $\text{ZnSO}^4$  une coloration rouge.
7. Ce sont de puissants agents de réduction.

V. **Sulfates** :  $\text{M}^6\text{SO}^4$ .

1. *Chlorure de baryum*. — Précipité blanc.
2. *Acétate de plomb*. — Précipité blanc, soluble dans la potasse et la soude caustiques.

VI. **Dithionates** :  $\text{M}^6\text{S}^2\text{O}^6$ .

1. *Chlorure de baryum*,  $\text{BaCl}^2$ . — Rien.
2. *Acide sulfurique*. — Dégagement de  $\text{SO}^2$ .
3. La potasse, à chaud, donne un sulfate et un sulfite.

VII. Trithionates :  $M^{\prime\prime}S^3O^6$ .

1. *Azotate d'argent.* — Précipité blanc, devenant jaune, puis noir.
2. *Chlorure mercurique.* — Précipité blanc.
3. *Sulfate de cuivre.* — Précipité noir, à chaud.

VIII. Tétrathionates :  $M^{\prime\prime}S^4O^6$ .

1. *Acide azotique.* — Formation de sulfate.
2. *Azotate d'argent.* — Précipité jaune, puis noir.
3. *Chlorure mercurique.* — Précipité jaune.
4. *Sulfate de cuivre.* — Précipité brun après ébullition.

IX. Pentathionates :  $M^{\prime\prime}S^5O^6$ .

1. *Azotate mercurieux.* — Précipité jaune.
2. *Azotate d'argent ammoniacal.* — Précipité brun, devenant noir.

## STRONTIUM : Sr = 87,6

1. *Carbonates alcalins.* — Précipité blanc.
2. *Alcalis.* — Précipité blanc.
3.  $H^2SO^4$  et  $M^2SO^4$ . — Précipité blanc.
4. *Oxalate d'ammonium.* — Précipité blanc, soluble HCl.
5. *Phosphate de soude.* — Précipité blanc.
6. *Chromate de potasse.* — Précipité jaune.

## TANTALE : Ta = 182

1.  $\text{HAzO}^3$ . — Précipité blanc, soluble dans un excès mais reprecipitable par l'acide sulfurique.
2.  $\text{H}^2\text{SO}^4$ . — Précipité blanc à l'ébullition.
3. *Acide oxalique*,  $\text{C}^2\text{O}^4\text{H}^2$ . — Précipité blanc.
4. *Fluorure de potassium*. — Fluotantalate en fines aiguilles caractéristiques.

## TELLURE : Te = 128

## I. Tellurates.

1. *Acide chlorhydrique*. — Formation à l'ébullition d'oxyde tellureux précipitable par l'acide sulfureux.

2. *Chlorure de baryum*. — Précipité blanc.

## II. Tellurites.

1. *Chlorure stanneux*. — Dépôt noir de tellure.

2.  $\text{H}^2\text{S}$ . — Précipité brun, soluble  $\text{Am}^3\text{S}$ .

3.  $\text{BaCl}^2$ . — Précipité blanc, soluble  $\text{HAzO}^3$ .

## III. Tellures.

1. *Acides forts*. — Dégagement d'acide tellurhydrique (odeur de raves pourries) donnant un dépôt de tellure par combustion incomplète.

## THALLIUM : Tl = 204

## I. Sels thalleux.

1. HCl et M'Cl. — Précipité blanc fixe.
2. H<sup>2</sup>S. — Précipité noir en solution acétique.
3. *Iodure de potassium*. — Précipité jaune.
4. P(Cl<sup>+</sup>)<sub>2</sub>HCl. — Précipité orangé pâle de chlorure double.
5. *Zinc*. — Dépôt de thallium en lamelles noires.
6. *Acide periodique*. — Précipité blanc.

## II. Sels thalliques.

1. *Potasse*. — Précipité brun.
2. KI. — Précipité noir mélangé d'iode.
3. HCl. — Formation de protochlorure à chaud.
4. H<sup>2</sup>S. — Réduction et dépôt de S.

## THORIUM : Th = 231

1. *Alcalis*. — Précipité blanc, d'oxyde hydraté.
2. M<sup>2</sup>CO<sup>3</sup>. — Précipité blanc, soluble excès.
3. *Acide oxalique*. — Précipité blanc, soluble dans l'acétate d'ammonium.
4. *Acide fluorhydrique*. — Précipité blanc, insoluble dans un excès de réactif.
5. *Sulfate de potassium*. — Précipité blanc.
6. *Eau oxygénée*. — Précipité blanc à 60.

## TITANE : Ti — = 50

## I. Minimum.

1. *Potasse*. — Précipité brun bleuissant.
2. *Ferrocyanure de potassium*. — Précipité gris.

## II. Maximum.

1. *Alcalis*. — Précipité blanc, insoluble dans un excès.
2.  $H^2O^3$ . — Coloration jaune orangé (1).
3. *Ferrocyanure de potassium*. — Précipité brun.
4. *Acide hydrosulfureux*,  $H^2SO^2$  (2). — Coloration rouge que l'éther enlève.
5. *Zinc, étain, fer*. — Coloration violet pâle, puis bleue, enfin, précipité bleu qui blanchit à l'air.
6. *Hydroquinone et acide sulfurique*. — Teinte rouge cramoisi (L. Lévy).
7. *Carmin*. — Précipité rouge ; orangé en présence d'acide tartrique.

## TUNGSTÈNE : Tu ou W = 184

1. *HCl et HAzO<sup>3</sup>*. — Précipité gélatineux, blanc  $TuO^2(OH)^2$ .

(1) Décoloré par le zinc en poudre ou  $SuCl^2$  (Puciné et L. Lévy).

(2)  $Zn + H^2SO^3$  on filtre, très altérable.

2.  $H^2S$  et  $Am^2S$ . — Coloration jaune, précipité noir si on acidifie.
3.  $AgAzO^3$ . — Précipité blanc, soluble  $AmOH$ .
4. *Chlorure de baryum*. — Précipité blanc.
5.  $SnCl^2$ . — Précipité jaune, devenant bleu à chaud avec l'acide  $HCl$ .
6. *Zinc et acide phosphorique*. — Coloration bleue.
7. *Sulfate ferreux*. — Précipité brun.

## URANIUM : U = 240

## I. Sels uraneux.

1.  $Am^2S$ . — Précipité noir, soluble  $HAzO^3$ .
2. *Alcalis*. — Précipité brun, puis jaune  $U(OH^2)^4$ , soluble dans l'acide chlorhydrique.
3. *Azotate d'argent*. — Il est réduit.
4. *Carbonates alcalins*. — Précipité brun vert.
5. *Phosphate de soude*. — Précipité vert foncé.

## II. Sels uraniques.

1. *Alcalis*. — Précipité orangé jaune.
2. *Sulfures alcalins*. — Précipité rouge brun.
3.  $HMCO^3$ . — Précipité jaune, soluble excès.
4. *Phosphate de soude*. — Précipité jaune, en solution acétique et à chaud.

5.  $H^2O^2$ . — Précipité jaune (très sensible).
6. *Ferrocyanure de potassium*. — Précipité ou coloration brun rouge (grande sensibilité).
7. *Carmin*. — Précipité brun foncé.

VANADIUM : Va = 102,6

I. **Solutions vanadiques acides.**

1.  $H^2S$ . — Coloration bleue (hydrovanadate).
2.  $Am^3S$ . — Précipité brun, donnant un liquide rouge brun, avec un excès de réactif.
3. *Acide oxalique et les réducteurs*. — En général, coloration bleue.
4. *Zinc ; cadmium*. — Coloration bleue.
5. *Ferrocyanure de potassium*. — Précipité vert.

II. **Vanadates.**

1. *Les réducteurs* colorent en bleu.
2. *Hydrogène sulfuré*. — Coloration rouge.
3.  $BaCl^2$ . — Précipité blanc, en liqueur ammoniacale.
4. *Acétate de plomb*. — Précipité jaune.
5. *Azotate d'argent*. — Précipité jaune.
6.  $H^2O^2$ . — Coloration rouge, en solution acide.
7. *Tanin*. — Précipité ou bien coloration bleu noir (extrêmement sensible).
8. *L'acide sulfurique*, tenant en solution de

la *brucine* colore en rouge ou en rose la solution d'un vanadate (réaction très sensible) (M.·E. Pozzi-Escot).

YTRIUM : Y = 9.

1. *Alcalis*. — Précipité blanc.
2. *Carbonates alcalins*,  $M^2CO^3$ . — Précipité blanc.
3. *Acide fluorhydrique*, HF. — Précipité blanc gélatineux.
4. *Acide oxalique*,  $C^2O^4H^2$ . — Précipité blanc.

ZINC : Zn = 65,0

1.  $H^2S$ . — Précipité blanc : ZnS, soluble HCl.
2.  $M^2S$ . — Précipité blanc, soluble HCl.
3. *Alcalis*. — Précipité blanc soluble dans un excès de réatif.
4.  $M^2CO^3$ . — Précipité blanc, soluble dans le *carbonate ammonique*  $Am^2CO^3$ .
5.  $FeK^4Cy^6$ . — Précipité blanc.
6.  $Fe^2K^6Cy^{12}$ . — Précipité blanc.
7. *Phosphate de soude*. — Précipité blanc.

ZIRCONIUM : Zr = 90

1. *Alcalis*. — Précipité blanc d'hydrate.

2.  $\text{Na}^2\text{CO}^3$ . — Précipité blanc, soluble excès.
  3. *Hyposulfite de soude*. — Précipité blanc.
  4. *Sulfate de potassium*. — Précipité blanc.
  5. *Acide oxalique*. — Précipité blanc, soluble dans l'oxalate d'ammonium.
  6.  $\text{FeK}^4\text{Cy}^6$ . — Précipité jaune, soluble dans les acides.
  7.  $\text{Fe}^2\text{K}^6\text{Cy}^{12}$ . — Précipité vert foncé.
-

## CHAPITRE IV

---

### RECHERCHES QUALITATIVES PAR LA VOIE HUMIDE

Les recherches qualitatives par la voie humide, peuvent avoir pour but, soit de s'assurer de la nature d'une substance simple, soit la détermination de tous les éléments contenus dans un minéral ou un mélange complexe.

Le premier genre de recherches se résout par des essais et des réactions fondés sur la connaissance des propriétés particulières des corps en question ; nous venons d'y consacrer un chapitre.

Le second genre de recherches est celui qui nous occupe présentement. Appliqué dans toute sa généralité, c'est-à-dire, si on n'a aucune connaissance sur la nature du mélange, il exige l'application de méthodes rationnelles permettant d'arriver, par divisions et subdivisions, à

simplifier les recherches, tout en ne laissant échapper aucun des éléments que peut contenir le mélange.

On aura donc recours à des réactions, partageant les éléments en groupe bien distincts puis à des réactions ayant pour but de subdiviser chacun des groupes, et permettant d'arriver de subdivision en subdivision, à isoler chaque élément dans des combinaisons simples où il sera facile de les caractériser définitivement d'une façon tout à fait certaine.

Avant d'aborder le problème général, nous allons exposer un certain nombre de réactions préliminaires, qui nous fourniront d'utiles résultats et les moyens de simplifier de beaucoup la marche générale.

**Essai sommaire par la voie sèche.** — Nous avons développé, dans le Chap. 1<sup>er</sup>, les essais de voie sèche, rappelons les ici, d'une façon générale.

On chauffe au tube fermé, et on observe s'il y a changement de couleur, dégagement de gaz ou de vapeur, décrépitation, s'il se forme un sublimé. De même au tube ouvert.

Au chalumeau, on essaie sur le charbon, successivement à la flamme oxydante et à la flamme réductrice, avec ou sans addition de réactifs, et

on constate s'il se forme des vapeurs odorantes, des fumées, une auréole, un résidu métallique.

Avec le fil de platine, on essaie d'obtenir la coloration de la flamme, ou celle d'une perle, si la matière est fusible, si l'azotate de cobalt agit. Enfin, d'une façon générale, on s'aide des essais indiqués à l'occasion du chalumeau et du brûleur Bunsen, voir même, du spectroscope.

**Essai par la voie humide. Examen préliminaire.** — Pour pouvoir soumettre une substance aux recherches de la voie humide, il est nécessaire de pouvoir la faire entrer en solution aqueuse ou acide. Si donc, la substance se présente à l'état solide, la première opération doit consister à la dissoudre.

Pour cela, on la soumet à l'action des principaux dissolvants, savoir :

L'eau pure ;

Les acides chlorhydrique, azotique, fluorhydrique, et parfois sulfurique ;

L'eau régale, le fluorure d'ammonium ;

Les solutions alcalines, avec le chlore et le brome.

Si la substance demeure insoluble, sous l'action de ces divers dissolvants, on la désagrège par fusion, soit avec les alcalis ou carbonates

alcalins, soit avec la baryte, les azotates et bisulfates alcalins.

Au point de vue qualitatif, l'action des divers dissolvants pouvant donner de précieuses indications, il est donc utile d'y consacrer une étude spéciale.

### DISSOLUTION

**1. Traitement par l'eau pure.** — Ne se traitent de cette façon que les substances qui ne sont pas visiblement métalliques.

Elles doivent être réduites en poudre, et agitées avec de l'eau, dans un tube à essai, que l'on chauffe, au besoin.

a) Il peut ne pas y avoir dissolution ; on s'en assure en évaporant une goutte du liquide sur une lame de platine.

b) Il peut y avoir dissolution partielle ; la substance est alors, soit faiblement soluble, soit constituée par un mélange dont une partie seule est soluble ; on s'en assure facilement par une série de lavages. Les substances faiblement solubles sont traitées ultérieurement, comme les substances insolubles.

Sont solubles dans l'eau :

1. Les *oxydes alcalins et alcalino-terreux.*

2. Les *acides*, sauf les acides titanique, silicique, molybdique, stannique, antimonique, tungstique, tantalique.

3. Les *azotites*.

4. Les *azotates* (sauf quelques basiques).

5. Les *chlorates*.

6. Les *sulfates* (sauf  $\text{BaSO}^4$ ;  $\text{SrSO}^4$ ;  $\text{PbSO}^4$ ;  $\text{CaSO}^4$ ).

7. Les *chlorures*, *bromures* et *iodures*; sauf ceux d'argent, mercureux, de plomb, de thallium, l'iodure de palladium; les bromures et iodures cuivreux.

8. Les *cyanures alcalins* et *alcalino-terreux*.

9. Les *sulfures alcalins* et *alcalino-terreux* (sauf  $\text{CaS}$  et  $\text{MgS}$ .)

10. Les *sels alcalins*, d'une façon générale.

11. Les *silicates alcalins*, à la condition qu'il y ait un excès d'alcali.

Certains sels, tels que les azotates mercuriques et bismuthiques, le sulfate mercurique, sont décomposés par l'eau, avec formation d'un sous-sel insoluble. Il peut arriver que ces décompositions s'effectuent, comme l'a montré M. Ditte, suivant des lois analogues à celles de la dissociation des systèmes hétérogènes (1).

---

(1) E. GAUDIN. — *Notions de chimie générale*, p. 318. *Dissociation et transformations allotropiques*.

**2. Résultats pratiques.** — De ce qui précède, on conçoit que l'examen d'une solution aqueuse peut donner d'utiles renseignements.

I. — Si, par évaporation lente, l'eau de lavage ne donne aucun résidu, c'est que la matière est insoluble, ou bien que l'eau ne lui a enlevé que des éléments très volatils ( $\text{HCl.HAzO}^3$ . $\text{C}^2\text{H}^4\text{O}^2$ . $\text{Am}^2\text{CO}^3$ ,  $\text{AmOH}$ ).

II. — S'il y a un résidu, on cherche si la solution ne présente aucune réaction acide ou basique, et on applique à la solution, la marche générale (voir plus loin).

Certains sels peuvent être reconnus ou tout au moins soupçonnés par leur couleur; ce sont :

Les sels de nickel, *verts*.

Les sels ferreux, *verts* ou *incolores*.

Les sels cuivriques, *verts* ou *bleus*.

Les sels de chrome, *verts* ou *violet*s.

Les chromates, *jaunes* ou *orangés*.

Les sels ferriques, *jaunes*.

Les manganates alcalins, *verts*.

Les permanganates, *pourpres*.

Les sels manganoux, *roses*.

**Traitement par l'acide chlorhydrique.** — Se traite par l'acide chlorhydrique, tout ce qui a résisté à l'action dissolvante de l'eau.

1. On observe s'il y a effervescence, le gaz dégagé pouvant être :

*a*) de l'anhydride carbonique,  $\text{CO}^2$  (carbonates).

*b*) de l'acide sulfurique,  $\text{H}^2\text{S}$  (sulfures).

*c*) de l'acide cyanhydrique,  $\text{CyH}$  (cyanures).

*d*) du chlore,  $\text{Cl}^2$  (peroxydes ou oxydes facilement réductibles ( $\text{MnO}^2\text{CO}^2\text{O}^3$ ,  $\text{PbO}^2\text{CrO}^3$ ,  $\text{Mn}^2\text{O}^3$ )).

*e*) de l'hydrogène,  $\text{H}^2$  (métaux Zn ; Ni ; Id ; Sa ; Fe).

*f*) de l'anhydride sulfureux (sulfites, hypsulfites).

2. Il n'y a pas attaque ; on a alors recours aux essais suivants.

3. Il y a attaque, mais partielle. On sépare la partie soluble qui est traitée comme (4) et la partie insoluble traitée comme (2).

4. Il y a attaque et dissolution totale. On expulse l'excès d'acide et on étend d'eau.

On a :

*a*) Un trouble blanc de chlorures ou d'oxychlorures insolubles ( $\text{AgCl}$ ,  $\text{Hg}^2\text{Cl}^2$ ,  $\text{Cu}^2\text{Cl}^2$ ,  $\text{PbCl}^2$ ,  $\text{BiOCl}$ ,  $\text{SbOCl}$ ).

*b*) Rien, ou changement de couleur (sels de cobalt, de cuivre), on applique la marche générale.

**3. Traitement par l'acide azotique.** — La substance doit être lavée avec soin, afin

d'éliminer  $\text{HCl}$ ; et on attaque par  $\text{HAzO}^3$ , de 1,20 de densité.

1. *La substance est insoluble.* — Dans ce cas, on essaie l'eau régale (acide chloro-azotique).

2. *Elle est partiellement soluble.* — On étend d'eau, et la partie insoluble est traitée comme 1; la partie soluble comme 3.

3. *Elle est totalement soluble.* — On chasse l'acide, on reprend par l'eau pure, et on traite par la méthode générale.

Il arrive parfois dans le second cas, que la partie insoluble contienne du soufre; si cela est, on le chasse par la chaleur.

**4. Traitement par l'eau régale.** — L'eau régale agissant comme oxydants et comme chlorurants attaque un grand nombre de substances résistantes séparément, soit à l'acide chlorhydrique, soit à l'acide azotique. Il est bon, quand on veut traiter ensuite la solution par l'hydrogène sulfuré, de chasser, une fois l'attaque terminée, tout l'acide azotique; pour cela, on évapore à sec, et on traite, une ou deux fois, par l'acide chlorhydrique.

**5. Traitement des substances insolubles dans les dissolvants précédents.** — Les substances qui peuvent avoir résisté aux traitements précédents, sont :

- Le charbon ;
- La silice et les silicates ;
- Certains fluorures ;
- Les sulfates de baryum, strontium, calcium, plomb ; certains oxydes de fer ;
- Certains oxydes et sulfures naturels d'antimoine ;
- La cassitérite (oxyde d'étain naturel) ;
- L'alumine et les aluminates ;
- Des titanates, tantalates, niobiates ;
- Des composés hallogénés de l'argent ;
- Des ferro et ferri-cyanures métalliques ;
- Certains oxydes de chrome, le fer chromé ;

**Charbon.** — Il brûle et disparaît quand on le chauffe à la flamme oxydante du chalumeau ; il donne  $\text{CO}^2$  quand on le chauffe dans un tube à essai, en présence d'oxyde de cuivre ; il déflagre, et donne un carbonate avec  $\text{KAzO}^3$ .

**Silice et silicates.** — Donnent avec la perle de sel de phosphore, un squelette infusible ; le spath fluore, de l'acide sulfurique, donnent du fluorure de silicium (formation de  $\text{SiO}^2$  avec l'eau).

Fondus avec un mélange, molécule à molécule, de carbonate de sodium et de carbonate de potassium, ils sont rendus attaquables par l'acide chlorhydrique. La solution évaporée à sec, et

reprise par l'acide chlorhydrique, donne une solution renfermant les *bases du silicate*, de la silice reste insoluble.

On emploie souvent la baryte hydratée qui permet la recherche des alcalis ; on opère au creuset d'argent, et la masse obtenue, traitée par l'acide chlorhydrique, évaporée à sec, et reprise par le même acide laisse la silice insoluble (1).

On emploie parfois le fluorure d'ammonium.

**Fluorures.** — On essaie les fluorures par la voie sèche comme nous l'avons dit. Leur désagrégation, s'obtient, soit par fusion avec du carbonate de sodium (4 parties), reprise de la matière par l'eau bouillante et traitement du résidu par l'acide chlorhydrique, soit par attaque, avec l'acide sulfurique concentré.

**Sulfates insolubles.** — On les reconnaît en transformant en sulfures (voir voie sèche). Leur désagrégation s'obtient, en les fondant au creuset platiné, avec du carbonate de sodium ; on reprend par l'eau bouillante, et on traite le résidu insoluble par l'acide chlorhydrique.

**Oxydes de fer.** — L'attaque se fait, soit en les réduisant par l'hydrogène au rouge, et attaquant

---

(1) M. E. Pozzi-Escot. — *Le Praticien industriel* n<sup>os</sup> 106, 4168. Col. 256g.

le fer métallique par l'acide chlorhydrique, soit en les attaquant par l'acide chlorhydrique concentré, additionné d'iodure de potassium, qui agit comme réducteur.

**Oxydes et sulfures d'antimoine.** — On caractérise par voie sèche; la désagrégation est obtenue, soit en les attaquant par l'acide chlorhydrique additionné d'iodure de potassium <sup>(1)</sup>, soit en les transformant en sulfures ordinaires, attaquables par l'acide chlorhydrique, en les chauffant dans un courant d'hydrogène sulfuré <sup>(2)</sup>.

**Oxyde d'étain** (Voir voie sèche). — Après traitement par l'eau régale, on introduit le mélange dans un tube ou un creuset de H. Rose; on fait passer un courant d'hydrogène tout en chauffant progressivement jusqu'au rouge vif. On reprend par l'acide chlorhydrique ( $\text{SnCl}_2$ ).

**Oxyde de chrome.** — On les dégagère par fusion, avec 4 parties de carbonate de sodium, et on les reprend par l'eau, qui dissout le chromate alcalin.

**Fer chromé.** — On le fond avec 6 à 8 parties de bisulfate de potassium (creuset de platine);

---

<sup>(1)</sup> DAMOUR.

<sup>(2)</sup> AD. CARNOT. — *Nouvelles méthodes d'analyse minérale*, p. 7. C. R. de l'Académie des sciences, 21 juillet 1879.

on ajoute, en fin d'opération, 4 parties de carbonate de sodium, et on dissout par l'eau, etc.

**Alumine.** — La désagrégation se fait, par fusion, avec le carbonate de sodium, et reprise par l'eau, qui laisse insolubles les carbonates et oxydes métalliques.

**Tungstates, niobates, tantalates, titanates.** — Leur désagrégation s'obtient par fusion avec 6 ou 8 parties de bisulfate de potassium. On reprend par l'eau froide, et on sépare le liquide du résidu.

**Sels halogènes de l'argent.** — On fond avec du carbonate de sodium. Le sel d'argent est réduit. Par lavage, on obtient le métal et un sel alcalin où il est facile de reconnaître la nature de l'halogène (1).

**Combinaison métallique insoluble du cyano-gène.** — On désagrège par simple ébullition, avec une lessive concentrée d'alcali caustique; après quelques minutes, on fait une addition de carbonate de sodium; on maintient encore pendant quelques minutes à l'ébullition, puis on filtre. Le résidu insoluble est traité par les divers dissolvants. On précipite les oxydes

---

(1) On peut souvent transformer les sels halogènes par le zinc et l'ammoniaque; l'argent métallique se sépare et l'halogène est contenu dans la dissolution.

qui auraient pu être dissous par  $\text{Am}^2\text{S}$  ; on filtre ; on étend d'eau, on rend chlorhydrique, (nouvelle précipitation) et on cherche le fer, le cobalt, le chrome, le manganèse, etc., et les différentes combinaisons du cyanogène qui peuvent exister en solution (voir Cyanogène).

#### EXAMEN DES DIFFÉRENTES DISSOLUTIONS

Les opérations que nous venons de voir, nous ont donné, soit directement, soit indirectement, quatre sortes de liqueurs, mais on peut avoir d'autres cas à examiner, par exemple :

- a) dissolutions ammoniacales.
- b) dissolutions de sulfures.
- c) dissolutions de cyanures.
- d) dissolution de gaz dans l'eau.
- e) substances liquides par elles-mêmes.

Dans ce dernier cas, rentrent le mercure, les hydrocarbures (huiles et essences minérales), le brome, le sulfure de carbone, le chlorure stannique, etc.

Les recherches nécessitées par le cas *a* sont assez simples pour être abordées directement.

Les dissolutions gazeuses peuvent contenir : de l'*anhydride carbonique*,  $\text{CO}^2$  ; de l'*anhydride*

*sulfureuse*,  $\text{SO}^2$ , de l'hydrogène sulfuré,  $\text{H}^2\text{S}$ , les acides *chlorhydrique*,  $\text{HCl}$ ; *bromhydrique*,  $\text{HBr}$ ; *iodhydrique*,  $\text{HI}$ ; *fluorhydrique*,  $\text{HF}$ ; l'ammoniaque,  $\text{AzH}^3$ , etc.

**Caractères de ces divers éléments (1).**

$\text{CO}^2$ . — Donne un trouble blanc, avec l'eau de baryte, que  $\text{HAzO}^3$  fait disparaître.

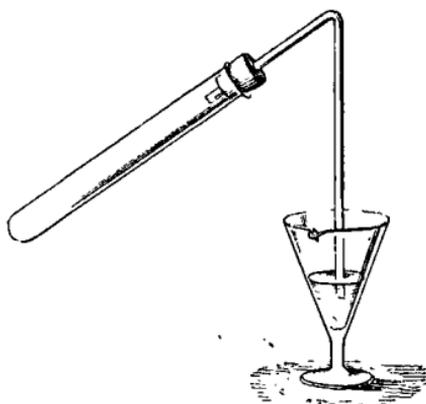
$\text{SO}^2$ . — Son odeur ; décolore le permanganate de potassium, et la solution précipite  $\text{BaCl}^2$ .

$\text{H}^2\text{S}$ . — Son odeur ; noircit l'acétate de plomb, décolore l'iodure bleu d'amidon.

$\text{HCl}$ . — Précipite  $\text{AgAzO}^3$  en blanc, soluble

(1) Pour constater la réaction des divers gaz, on se sert de l'appareil représenté par la *fig. 6*; le gaz qui se

Fig. 6



dégage par le tube abducteur barbotte dans une solution de réactif.

dans  $\text{KC}_y$ ,  $\text{AmOH}$ , devenant rose, violet, puis noir (voir Chlore).

$\text{HBr}$ . — Précipite  $\text{AgAzO}^3$  en blanc ; peu soluble dans  $\text{AmOH}$  ; se colore en gris à la lumière (voir Brome).

$\text{HI}$ . — Précipite  $\text{AgAzO}^3$  en jaune serin, devient blanc avec  $\text{AmOH}$  (voir Iode).

$\text{HCl}$ . — Précipite  $\text{BaCl}^2$  en blanc (soluble  $\text{HAzO}^3$ ) ; attaque le verre.

$\text{HCy}$ . — Précipite  $\text{AgAzO}^3$  en blanc fixe (voir Cyanogène).

$\text{H}^2\text{Se}$ . — Enflammé dans une éprouvette ou dirigé dans une solution d'acide sulfureux, il donne un dépôt rouge.

$\text{H}^2\text{Te}$ . — Donne dans les mêmes conditions que le précédent un dépôt gris.

$\text{AzH}^3$  (gaz)  $\text{AmOH}$  (dis.). — Alcalin au tournesol, précipite en brun jaune, avec le réactif de Nessler.

$\text{AsH}^3$ . — La chaleur le décompose, les sels de  $\text{Cu}$  et d' $\text{Ag}$  l'absorbent en donnant un arséniure noir.

$\text{AzO}$ . — Se transforme en  $\text{AzO}^2$  à l'air.

*Solutions alcalines ou neutres.* — Elles seront ramenées au cas des solutions acides ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HAzO}^3$ ) que nous allons étudier dans le chapitre suivant. On préférera l'acide chlorhydrique à l'acide

azotique; toutefois, c'est ce dernier qu'on devra employer avec les solutions pouvant contenir des éléments précipitables par l'acide chlorhydrique (Ag.Th.Pb.Cu.Hg.). Si, dans cette opération, il se dégage un gaz, on en détermine la nature. Il peut aussi se précipiter certains corps tels que : *soufre* (persulfures, hyposulfites), précipité d'apparence laiteuse, se rassemblant à chaud, et se reconnaissant à sa combustion; des *sulfures d'arsenic, d'antimoine, d'étain* (décomposition de sulfo-sels); de la *silice gélatineuse*; de l'*alumine*; des *acides arsénieux, antimonique, borique, molybdique, tungstique, tantalique, du chlorure et du cyanure d'argent* (précipités en solution ammoniacale par un acide); du chlorure de plomb et du chlorure mercurieux.

Pour la recherche systématique, il peut se faire qu'on ne désire opérer qu'avec des solutions chlorhydriques. Pour tout ramener à un cas unique, on additionne la solution azotique d'acide chlorhydrique, on évapore plusieurs fois, reprenant toujours, en fin d'opération, par une dissolution chlorhydrique.

Dans ces conditions, il peut se faire un précipité de *chlorure d'argent*,  $\text{AgCl}$ ; de chlorure *mercurieux*,  $\text{Hg}^2\text{Cl}^2$ ; de chlorure de plomb,  $\text{PbCl}^2$ ; de *chlorure thalleux*,  $\text{TeCl}$ ; ou d'*oxychlorure de*

*bismuth*,  $\text{BiCl}_2$  ; la précipitation de ces deux derniers étant d'autant plus incomplète que la solution est plus acide.

Le précipité lavé et traité par l'eau, à l'ébullition, il se dissout : c'est du *chlorure de plomb* ou de *thallium* ; de *thallium*, si  $\text{PtCl}_4$  donne un précipité de chloroplatinate, de *plomb*, si  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  donne un précipité jaune. Le précipité est soluble dans l'ammoniaque, et le cyanure de potassium : c'est du *chlorure d'argent* ; l'ammoniaque le noircit, c'est du *chlorure mercuroux*.

---

## CHAPITRE V

---

### RECHERCHE DES MÉTAUX ANALYSE D'UN MÉLANGE DE SELS RENFERMANT PLUSIEURS BASES.

Nous ne nous occuperons que des solutions chlorhydriques, nous avons précédemment vu comment on pouvait ramener tous les cas à ce cas général. Nous appliquerons à cette solution des *réactifs généraux*, qui nous permettront de classer les métaux en groupes, et ensuite des *réactifs spéciaux* nous permettant de caractériser, dans l'un ou l'autre groupe, tel ou tel élément, par une réaction particulière, indépendante des autres composés ou éléments qui peuvent se trouver en présence.

Ces réactifs devront être employés en quantité modérée mais suffisante, néanmoins, pour obtenir une précipitation totale. Il faudra donc, après séparation du précipité sur un filtre, vérifier si le réactif employé n'agit plus sur le filtratum. Au cas où une nouvelle précipitation

se produirait, on ferait une nouvelle addition du réactif jusqu'à précipitation complète.

Le précipité recueilli sur un filtre, doit être lavé, jusqu'à ce que l'eau de lavage ne donne plus de résidu par évaporation, et pour ne pas accrottre indéfiniment la dilution du liquide, on ne recueille et on n'ajoute au filtratum que les premières eaux de lavage.

Les réactifs généraux sont les suivants :

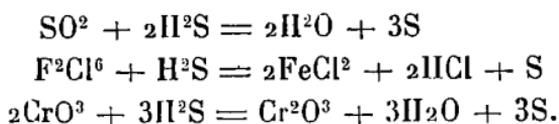
a) *L'hydrogène sulfuré* qu'on fait agir sur une solution légèrement acide (HCl).

b) *Le sulfure de sodium* ou *d'ammonium* que l'on fait agir, soit sur le précipité donné par a, soit sur une solution ammoniacale.

c) *Le carbonate d'ammonium* que l'on fait agir en solution ammoniacale.

La précipitation par l'hydrogène sulfuré se fait dans une petite fiole, on sature par un courant régulier du gaz. Le liquide est saturé quand la partie claire n'éprouve plus aucun effet et que l'absorption du gaz cesse.

*L'acide sulfhydrique* peut agir comme réducteur; il donne alors, avec changement de couleur de la solution un dépôt de soufre blanc :



Mais il détermine, le plus souvent un précipité de sulfure métallique, de coloration souvent caractéristique. Avec certains métaux, la précipitation est lente et n'est complète que si on chauffe la dissolution (Pt ; Ir). La précipitation terminée, on filtre et on lave le précipité; soient A, le précipité et B, le filtratum auquel on ajoute les premières eaux de lavage du précipité.

Le précipité A est mis en digestion avec du *sulfure de sodium* ou *d'ammonium*, les sulfacides se dissolvent; soient C, le précipité insoluble et D, le filtratum auquel on ajoute les premières eaux de lavage du précipité C.

Les métaux dont les sulfures sont contenus dans la solution D, c'est-à-dire qui sont solubles dans les sulfures d'ammonium ou de sodium, forment le groupe I. Ce sont :

Arsenic	Molybdène
Antimoine	Sélénium
Étain (eux et ique)	Tellure
Germanium	Or
Platine	Iridium

Le précipité C, composé des sulfures des métaux précipitables en solution acide, par l'hydrogène sulfuré, mais insoluble dans les sulfures précipités, forme le groupe II.

Ce sont :

Argent	Zinc
Mercure	Palladium
Plomb	Osmium
Bismuth	Rhodium
Cuivre	Ruthénium
Cadmium	

Il convient de faire les remarques suivantes :

Le sulfure de cuivre est un peu soluble dans le sulfure d'ammonium, surtout en présence des sulfures d'antimoine, d'étain, d'arsenic, de molybdène; il sera donc préférable de faire usage du sulfure de sodium, quand on soupçonnera la présence de cet élément.

Le sulfure de mercure est, au contraire, plus soluble dans le sulfure de sodium, c'est donc le sulfure ammonique qu'il faudra employer avec ce sulfure.

La solution B est neutralisée, et additionnée de sulfure ammonique; il se forme un précipité E qu'on sépare par filtration.

A la liqueur, qui reste parfois, colorée en bleu noir, on ajoute un excès d'acide chlorhydrique; il se forme un précipité qui peut renfermer du soufre et des sulfures de tungstène,  $TuS^2$ , ou de vanadyle,  $Va^2O^3S^3$ .

Le groupe III comprendra donc les métaux dont les sulfures ne sont pas précipités par l'hy-

drogène sulfuré et le sulfure ammonique, mais qui s'isolent quand on décompose les sulfo-sels par l'acide chlorhydrique. Ce sont :

Tungstène  
Vanadium

Soit F, le filtratum de l'opération précédente.

Le précipité E (sulfures, hydrates, phosphates) produit par l'addition d'ammoniaque et de sulfure ammonique, à la solution B, est mis, après lavage, avec de l'eau saturée d'hydrogène sulfuré, en digestion dans une solution neutre de citrate d'ammonium.

Les hydrates et phosphates entrent en dissolution, et ne restent insolubles que les sulfures des métaux suivants :

GROUPE IV :

Fer	Manganèse
Cobalt	Thallium
Nickel	Indium
Zinc	Uranium

Le filtratum G renferme les métaux du groupe V (métaux terreux et des terres rares) à savoir :

Aluminium	Gallium
Chrome	Lanthane
Tantale	Didyme
Titane	Thorium
Glucinium	Yttrium
Niobium	Cérium
Zirconium	

Du filtratum F (solution chlorhydrique, d'où ont été séparés le tungstène et le vanadium) on chasse par la chaleur toute trace d'hydrogène sulfuré ; on additionne ensuite d'ammoniaque et de carbonate ammonique, et on chauffe aux environs de 70°. Se précipitent :

## GROUPE VI :

Baryum	Strontium	Calcium
--------	-----------	---------

Le filtratum H de cette dernière opération peut contenir :

## GROUPE VII :

Sodium	Magnesium
Rubidium	Lithium
Cesium	Potassium
Ammonium	

(Voir le tableau résumé des p. 128 et 129).

## SUBDIVISION DE CHACUN DES GROUPEs

## GROUPE I

Ce premier groupe comprend, comme nous le savons, les sulfacides précipités par  $H^2S$ , mais solubles dans  $Am^2S$ .

La dissolution que nous avons appelée D, est

saturée d'acide chlorhydrique et vivement agitée. Il se forme un dépôt de sulfure, et parfois de soufre (avec les réactifs renfermant des polysulfures).

Si le précipité de soufre n'est pas trop abondant, il est facile de distinguer la coloration du précipité.

S'il est jaune, orange, ou rouge brun clair, il ne renferme que de l'étain, de l'arsenic, de l'antimoine et du sélénium. Le cuivre se révèle par une coloration rouge brun. Si la solution primitive était jaune ou brune, on se trouverait en présence d'or, de platine ou d'iridium, etc.

Nous allons étudier chaque cas en particulier, commençant par le plus ordinaire, celui où il y a de l'arsenic, de l'antimoine et de l'étain.

**PREMIER CAS : Arsenic, Antimoine, Étain.** — La recherche de ces éléments peut se faire par voie sèche ou par voie humide.

Par *voie sèche*, on mélange les sulfures desséchés avec du carbonate de sodium et du cyanure de potassium, et on chauffe au chalumeau sur le charbon. On a :

Une odeur alliagée . . . . .	Arsenic
Un enduit blanc . . . . .	Antimoine
Un grain malléable . . . . .	Étain

Par voie humide, on traite à chaud par l'acide

chlorhydrique (60-70°), l'antimoine et l'étain passent en dissolution. S'il y a un résidu, c'est du sulfure d'arsenic. On le caractérise en le traitant par le carbonate ammonique : il se dissout et une addition d'acide chlorhydrique le précipite de nouveau en jaune. Traité par l'acide azotique, puis par l'ammoniaque, il donne une dissolution qui, traitée par  $\text{AmCl}$  et  $\text{MgSO}^4$ , donne un précipité cristallin d'arséniate ammoniaco-magnésien se colorant en rouge brique par  $\text{AgAzO}^3$ .

Pour caractériser les sulfures dissout dans l'acide chlorhydrique, on l'introduit dans un creuset en platine, dans lequel on met un petit fragment de zinc pur. L'antimoine se précipite sur le platine, en formant une tache noire, adhérente. On la lave et on la dissout par l'acide azotique, la solution obtenue, présente les caractères de l'antimoine.

La solution d'où on a précipité l'antimoine est de nouveau traitée par le zinc.

L'étain se précipite sur le zinc. On dissout par l'acide chlorhydrique étendu le zinc; on lave le précipité métallique d'étain et on le dissout à chaud par l'acide chlorhydrique concentré. On obtient une solution de chlorure stanneux facile à caractériser ( $\text{HgCl}^2$  ou  $\text{AuCl}^3$ ).

TABLEAU RÉSUMÉ DE LA MÉTHODE GÉNÉRALE

Dissolution faiblement chlorhydrique ou azotique soumise à l'action d'un courant de gaz H <sub>2</sub> S, donne un précipité A et une solution B			
B neutralisée par AmOH est traité par Am <sub>2</sub> S, on a un précipité E et une solution à laquelle on ajoute un excès d'acide chlorhydrique, on a un précipité F et une solution G.			
A est mis en digestion avec Am <sub>2</sub> S ou Na <sub>2</sub> S, on obtient un précipité C et une solution D.	Le précipité E est mis en digestion avec du citrate d'Am; on a une liqueur G et un précipité.		
D renferme les sulfures suivants	Ce dernier précipité renferme		
	Le précipité E est traité par AmOH et Am <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , on a un précipité et une solution H.		
C renferme les sulfures de	Le précipité renferme		
Arsenic Antimoine	Le précipité renferme	La solution H contient	
	Argent Mercure	Le précipité renferme	La solution II contient
	Tungstène Vanadium	Aluminium Chrome	Calcium Strontium
		Fer Manganèse	Magnésium Lithium

Étain Germanium Molybdène Sélénium Tellure Métaux du groupe I	Plomb Bismuth Cuivre Cadmium Palladium Osmium Rhodium Ruthénium Métaux du groupe II	Métaux du groupe III	Cobalt Nickel Zinc Indium Thallium Uranium Métaux du groupe IV	Titane Tantale Niobium Glucinium Gallium Zirconium Thorium Yttrium Cérium Didyme Lanthane Métaux du groupe V	Baryum Métaux du groupe VI	Sodium Potassium Ammonium Rubidium Césium Métaux du groupe VII
---	--	-------------------------	---	--	----------------------------------	--

2° *La dissolution renferme toutes les bases du groupe.* — Le cuivre se reconnaît au *dépôt rouge* qui se forme sur le zinc, dans la précipitation de l'étain et à la *couleur rouge lie de vin* que prend la solution chlorhydrique et azotique en présence de ferrocyanure de potassium.

Une coloration plus ou moins *jaune* de la solution primitive indiquerait de l'*or*, du *platine*, de l'*iridium*, et la précipitation par l'acide chlorhydrique donne un précipité plus ou moins complexe et noir. On le grille et on le traite par l'eau régale et on évapore à sec. On reprend par HCl.

Quelques gouttes de la solution donnent une coloration rouge brun, avec l'iode de potassium, s'il y a du platine. S'il y a du platine, on le précipite complètement par AmCl, à l'état de  $\text{Am}^2\text{PtCl}^6$ ; s'il n'y a que du platine, le précipité est jaune; s'il y a de l'iridium, le précipité est rouge orangé. Une nouvelle addition de AmCl et une concentration achèvent la précipitation de l'iridium ( $\text{Am}^2\text{IrCl}^6$ ).

On caractérise ces deux métaux l'un de l'autre en calcinant le chloroplatinate et reprenant par l'eau régale faible; seul, le platine se dissout.

En additionnant la solution primitive de sulfate ferreux ( $\text{FeSO}^4$ ), il se forme, en présence de l'*or*, un précipité brun d'*or* métallique.

Pour caractériser le *sélénium* et le *tellure*, on précipite la solution A par HCl, on dissout le précipité par l'eau régale faible, on évapore, on ajoute du bi-sulfite de sodium et on chauffe.

Un précipité rouge, devenant noir à l'ébullition, indique du *sélénium*, un précipité noir avec coloration passagère bleue de la liqueur, indique du *tellure*. Comme vérification, on dissout par  $H^2SO^4$ , le *sélénium* donne une coloration verte, le *tellure* une coloration rouge; dans le cas du *sélénium*, l'addition d'eau donne un précipité rouge; avec le *tellure*, le précipité est vert noir.

Pour caractériser le *molybdène*, on traite le sulfure par l'eau régale; on évapore à sec; on reprend par de l'acide HCl étendu; la dissolution se colore en bleu, par l'introduction d'une lame de zinc, l'addition de phosphate de sodium donne, en solution azotique, une coloration jaune et, vers  $50^\circ$ , un précipité cristallin.

La présence du *germanium* est excessivement rare, sa recherche n'aura donc lieu que dans des cas exceptionnels. Il se comporte à peu près comme l'antimoine. L'hydrogène sulfuré le précipite en blanc de sa solution chlorhydrique fortement acide.

**Autre méthode** (*Arsenic, antimoine, étain, or, platine, iridium, sélénium, tellure, molybdène*). — Les sulfures desséchés sont traités par voie sèche, dans un creuset en porcelaine, par un mélange, parties égales de carbonate, d'azotate de sodium. On reprend par l'eau, on filtre et on lave le résidu à l'alcool faible.

A. — La dissolution des sels fondus peut renfermer des arséniates, séléniates, tellurates et molybdates de sodium.

Pour précipiter le *sélénium* et le *tellure*, on met le liquide dans une capsule de porcelaine on acidifie par l'acide HCl, on chauffe et on concentre en ajoutant du bisulfite de soude ; le tellure et le sélénium se précipitent.

Pour l'*arsenic*, on chasse  $\text{SO}^2$  par l'ébullition et on fait passer un courant de  $\text{H}^2\text{S}$  qui donne un précipité jaune.

On caractérise le molybdène en introduisant dans la solution un fragment de zinc métallique, qui donne en présence de cet élément, une coloration bleue.

B. — Le résidu insoluble peut contenir, à l'état métallique, de l'*or*, du *platine*, de l'*iridium*, du *bioxyde d'étain* et de l'*antimoniate de sodium*. On traite par l'acide chlorhydrique, concentré, et on précipite l'*antimoine* et l'*étain*

par le zinc, le précipité qu'on obtient est traité, après lavage, par de l'acide chlorhydrique à 100° et, dans la solution obtenue, on caractérise l'étain par la méthode ordinaire ( $\text{H}_2\text{gCl}_2$  ou  $\text{AuCl}_3$ ). Le résidu métallique est traité par de l'acide azotique avec de l'acide tartrique, l'antimoine, seul, entre en dissolution, on le caractérise ( $\text{H}_2\text{S}$ , précipité de sulfure orangé).

On traite la poudre métallique restant par l'eau régale, on précipite le platine et l'iridium par le chlorure ammonique; l'or, par l'acide oxalique.

## GROUPE II

Le groupe II comprend les métaux précipitables par  $\text{H}_2\text{S}$  en solutions faiblement acides, mais dont les sulfures sont insolubles dans les sulfures alcalins.

Si le précipité C est blanc, on aura affaire à du zinc; s'il est jaune, à du cadmium; s'il est noir, ce sera, généralement, un mélange complexe. Après l'avoir lavé à l'eau sulfhydrique, on le traite, à l'ébullition par de l'acide azotique étendu, il se forme des azotates, parfois même, quelque peu de sulfates. On étend d'eau et on filtre; soient *a*, la solution, *b*, la partie insoluble.

*a* peut contenir : *argent*, *plomb*, *bismuth*, *cuivre*, *cadmium*, *zinc*, *palladium* et *osmium*.

On verse quelques gouttes d'acide HCl, un précipité blanc soluble dans l'ammoniaque et le cyanure de potassium caractérise l'*argent*.

On additionne d'acide sulfurique étendu d'eau, un précipité blanc soluble dans la solution ammoniacale de tartrate d'ammonium, caractérise le *plomb* ( $K^2Cr^{2}O^7$ , précipité jaune).

On sursature d'ammoniaque, un précipité blanc, caractérise le *bismuth* ; une coloration bleue caractérise le *cuivre* ; on porte à l'ébullition un précipité noir caractérise l'*osmium*. Pour isoler le cuivre, on évapore à sec, on traite par HCl, on additionne d'eau et d'hyposulfite de sodium  $Na^2S^2O^3$  ; le cuivre se précipite totalement en noir  $Cu^2S$ .

La solution neutralisée par l'oxalate d'ammonium, donne à l'ébullition, avec  $Na^2S^2O^3$ , un précipité jaune qui caractérise le *cadmium*.

On sature d'ammoniaque, puis d'acide acétique et on traite par  $H^2S$  ; un précipité blanc, caractérise le *zinc*. Pour caractériser le *palladium*, on traite *a* par KCy, on filtre, on reprend le précipité par HCl, on ajoute de l'eau, on filtre et on additionne le filtratum d'iodure de potassium KI. S'il y a du palladium, il se forme

un précipité noir soluble en rouge dans KI en excès.

*b* peut contenir du *soufre*, du *sulfure de plomb*, du *sulfure de mercure*, du *rhodium*, du *ruthénium* et quelquefois du *platine*.

On chauffe au tube ouvert. Le *soufre* est caractérisé par  $\text{SO}_2$ ; le *sulfure de mercure*,  $\text{HgS}$ , donne  $\text{SO}_2$  et du mercure ( $\text{Hg}$ ) métalliques qu'on caractérise par l'iode.

On traite par le tartrate d'ammonium ammoniacal, qui élimine  $\text{PbS}$ .

On fond le résidu au creuset de platine avec de la potasse et du chlorate de potasse; on traite par beaucoup d'eau. La solution saturée par  $\text{H}_2\text{AzO}_3$  laisse déposer de l'oxyde noir de *ruthénium*, soluble en orangé dans  $\text{HCl}$  et se colorant en rouge cramoisi par un mélange d'ammoniacque et d'azotate de potasse.

On traite le résidu par l'eau régale; s'il y a du platine, il se dissout et on traite la solution par  $\text{AmCl}$ , qui détermine la précipitation du chloro-platinate,  $\text{Am}^2\text{PtCl}_6$ .

Le résidu fondu avec du bi-sulfate de potassium, repris par l'acide chlorhydrique, à l'ébullition donne une coloration rose, s'il y a du *rhodium*.

## GROUPE III

Ce groupe comprend le *tungstène* et le *vanadium*.

On traite le précipité brun noir de ces sulfures par de l'eau régale faible, à chaud, on obtient un précipité et une solution.

Le précipité lavé, est dissous par l'ammoniaque; on évapore à sec; on reprend par l'acide chlorhydrique, on ajoute un fragment de zinc, une coloration bleue caractérise le *tungstène*.

La solution est traitée à l'ébullition par  $\text{AmOH}$ , laissée en repos, puis filtrée; s'il y est formé un précipité, c'est probablement un *uranate*, on le caractérise par le ferrocyanure de potassium (précipité rouge brun).

Dans la solution, on caractérise le *vanadium* après expulsion de l'excès d'ammoniaque par le tanin ou l'eau oxygénée.

## GROUPE IV

*Cobalt, nickel, zinc, thallium, manganèse, fer, indium, uranium.*

On traite par une solution de  $\text{H}_2\text{S}$  dans l'acide chlorhydrique; on a un résidu *a* et une solution *b*. *b* est traité par  $\text{H}_2\text{O}_2$  et  $\text{AmOH}$  en excès;

on porte à l'ébullition, on filtre : on a une solution *c* et un précipité *d*.

On examine séparément *a*, *c* et *d*.

*a* peut contenir du cobalt et du nickel ; on dissout par l'eau régale faible et on traite par l'eau oxygénée et l'ammoniaque vers 40 ou 50°. une coloration rouge ou violette caractérise le *cobalt* (sel ammonio-cobaltique), une coloration bleue caractérise le *nickel*.

En cas d'incertitude, on neutralise exactement par l'acide azotique ; on additionne d'une solution neutre de molybdate d'ammonium, le *cobalt* est caractérisé par un dépôt rose (Ad. Carnot l'addition d'alcool). Dans la solution obtenue après filtration, on caractérise le *nickel* par l'ammoniaque.

*c*) *Zinc et thallium*. — On sature d'acide acétique et on ajoute de l'iodure de potassium, un précipité jaune (iodure thalleux) passant au noir, par le sulfure d'ammonium, (sulfure) caractérise le *thallium*.

Le filtratum, soumis à un courant d' $\text{H}^2\text{S}$ , donne un précipité blanc : *zinc*.

*d*) *Peroxyde de fer, manganèse, indium et uranium*. — On dissout une partie du précipité par l'acide chlorhydrique, on caractérise le *fer* par le sulfocyanure de potassium.

Une autre partie du précipité dissout par l'acide azotique, additionné de quelques gouttes d'eau oxygénée est traité par de l'oxyde pure de plomb; une coloration rouge pourpre caractérise le *manganèse* (Hoppe-Seyler).

On dissout une nouvelle quantité du mélange par l'acide chlorhydrique; on traite par le carbonate ammonique, on filtre et on additionne le filtratum de sulfure ammonique; un précipité blanc, devenant jaune par l'acide acétique, caractérise l'*indium*.

On filtre et on peroxyde le filtratum par quelques gouttes d'acide azotique, on met un excès d'ammoniaque, et on porte à l'ébullition; un précipité jaune caractérise l'*uranium*.

#### GROUPE V

Le groupe V renferme les bases des métaux terreux et des terres rares (voir tableau général).

On éprouve de très grandes difficultés à caractériser toutes les bases contenues dans le mélange, car les propriétés de certains de ces corps se trouvent sensiblement modifiées par la présence d'autres éléments.

Indiquons toutefois la méthode la plus généralement suivie (1).

---

(1) AD. CARNOT. — *Loc. cit.*

On évapore à sec la solution G, on fond le résidu avec du nitre et du carbonate de soude (4 p.) on reprend par une lessive chaude de soude caustique (NaOH), les chromates, les phosphates alcalins et l'aluminate entrent en solution et les titanate, tantalate et niobate de soude et les terres rares restent insolubles.

**Chrome.** — Pour caractériser le chrome, on acidifie la solution par l'acide chlorhydrique, et dans cette solution, qui contient un bichromate, on caractérise l'acide chromique par l'eau oxygénée et l'éther.

**Aluminium.** — Pour caractériser cet élément, on additionne la solution rendue azotique par du phosphate et de l'acétate de sodium, et on porte à l'ébullition ; un précipité bleu de phosphate indique la présence de l'aluminium.

II. Rose a donné une méthode permettant la recherche du *tantale* et du *niobium*, en l'absence du titane. Ce procédé, quoique relativement simple, ne pouvant pas être appliqué d'une façon générale, nous aurons recours aux travaux de M. Marignac, pour l'établissement d'une méthode générale. Celle-ci consiste à transformer les titanates, tantalates et niobates de sodium en acides correspondants et à transformer ces

acides en *chlorures* ou *fluosels* qu'on caractérise ultérieurement.

Pour transformer les titanates, tantalates, niobates en acides correspondants, on les traite par de la potasse caustique et du carbonate de potassium à l'ébullition.

Reprenant par de l'eau, on obtient une solution contenant les titanates et niobates de sodium et un résidu insoluble de titanate.

La solution soumise à l'ébullition, après acidification par l'acide sulfurique, précipite les acides niobique et titanique; le résidu est fondu avec du bisulfate de potassium et repris par l'eau, l'acide tantalique reste insoluble.

Pour les caractériser, on les traite par l'acide fluorhydrique, qui les dissout; on ajoute du fluorure de potassium et on évapore; il se précipite des *fluosels* caractéristiques (Marignac).

Le tantale donne un fluotantalate ( $K^2TaF^7$ ) soluble dans 200 parties d'eau cristallisant en fines aiguilles rhomboïdales.

Le titane donne un fluotitanate ( $2KF, TiF^4, H^2O$ ) soluble dans 96 parties d'eau (fluorhydrique) cristallisé en paillettes octogonales.

Le niobium donne un fluoxyniobate cristallisé en minces lamelles rhomboïdales, soluble dans 13 parties d'eau. La soude NaOH donne un nio-

bate ( $\text{NbO}^3\text{Na}$ ,  $3\text{H}^2\text{O}$ ) soluble dans 200 parties d'eau froide. La teinture de noix de Galles colore en rouge orangé l'acide niobique hydraté en présence de l'acide chlorhydrique. Cette réaction n'a aucune valeur quand il y a du tantale.

Ces différentes solubilités et ces différents aspects permettent de reconnaître et même de séparer au point de vue purement qualitatif, ces divers éléments. On ajoute le fluorure de potassium à la solution fluorhydrique par petites portions et on concentre jusqu'à ce qu'il se dépose, par refroidissement, de fines aiguilles de fluotantalate; décantant, au moment où apparaissent les lamelles cristallines de fluotitanate, et de même une seconde fois pour recueillir le fluoxyniobate, on sacrifie les portions indéciées où il y a mélange de sels (Ad. Carnot). Ainsi séparés, on les caractérise comme suit :

Le *fluotitanate* traité par l'acide sulfurique est étendu d'eau. On additionne d'eau oxygénée : coloration jaune orangé; de zinc : coloration bleue.

Le *fluotantalate*, traité par l'acide sulfurique donne un composé insoluble dans l'eau.

Le *fluoxyniobate* est fondu avec du bisulfate de potassium et lessivé à l'eau bouillante, l'acide niobique reste insoluble, on le fond avec de la

potasse caustique, on obtient ainsi un verre soluble ; on dissout par l'eau et on précipite par une lessive de soude ; le *niobate de soude* obtenu est dissous par l'acide chlorhydrique ; cette solution se colore en bleu en présence du zinc (la coloration n'a pas lieu avec un fluorure alcalin) (1).

**Terres rares.** — Nous nous trouvons ici en présence des résidus des opérations précédentes. La solution chlorhydrique devra être saturée d'ammoniaque qui éliminera les terres et laissera en dissolution les *terres alcalines*. On dissout le précipité et les recherches s'effectuent comme suit :

**Gallium.** — On traite par la potasse caustique à froid.

Les hydrates des terres rares sont précipités à l'exception de la *glucine* et de la *galline*, on acidifie la solution par HCl. On ajoute  $As^2O^3$ , et  $AmC^2H^3O^2$ . On fait passer un courant de  $H^2S$  le sulfure d'arsenic est précipité, entraînant tout le *gallium* (Lecoq de Boisbaudran). On dissout par de l'eau régale chlorhydrique ; on chasse  $HAzO^3$  ; on réduit  $As^2O^3$  par  $SO^2$  et on précipite de nouveau par  $H^2S$  (Ad. Carnot) ; tout l'arsenic est précipité.

---

(1) Voir notre ouvrage sur les *Analyses microchimiques*.

On évapore presque à sec, et on recherche le gallium au spectroscope (on emploie l'étincelle d'induction de 2 millimètres).

**Glucinium.** — On soumet à l'ébullition la solution acétique d'où a été précipité le sulfure d'arsenic gallifère, et on neutralise par l'ammoniaque, faisant toujours bouillir. Il doit se précipiter de la *glucine* qu'on caractérise comme suit :

On redissout par l'acide chlorhydrique, on ajoute du phosphate d'ammonium, on neutralise par l'ammoniaque, et on fait bouillir ; on obtient ainsi un précipité floconneux blanc, se transformant subitement en un dépôt cristallin, de phosphate, de glucinium et d'ammonium (C. Rössler).

**Zirconium. Yttrium. Thorium.** — Les terres insolubles (voir plus haut) sont mises en digestion avec une solution concentrée de carbonate d'ammonium. On agite souvent, et on remplace au bout de quelques heures, ce liquide, par un autre. On dissout ainsi complètement la thoria, la zircone et l'yttria.

On porte à l'ébullition, le  $\text{Am}^2\text{CO}^3$  est chassé et les hydrates ci-dessous, se déposent ; on les introduit dans une capsule de platine, et on les traite par l'acide fluorhydrique.

La zircone, seule, entre en dissolution, les

autres fluorures sont insolubles ; on les lave, et les eaux de lavage, ajoutées au fluorure de zircon sont traitées par  $H^2SO^4$  ; on évapore. On obtient ainsi du *sulfate de zirconium*, qu'on caractérise par l'acide oxalique (précipité blanc) ; l'hyposulfite de sodium (précipité blanc partiel) ; par le papier de curcuma (rouge brun en présence de  $H^2SO^4$ ).

Le résidu est traité par l'acide sulfurique et évaporé à sec. On dissout les sulfates dans beaucoup d'eau ; on ajoute du sulfate de potassium, en solution et en cristaux. Le sulfate double de thorium se précipite ; celui d'*yttria* reste en solution. On sature la solution d'ammoniac qui précipite l'hydrate d'yttrium insoluble. On dissout par un acide, et on caractérise par l'acide oxalique (précipité blanc, dissout à l'ébullition par l'oxalate d'ammonium).

Le sulfate double de thorium peut contenir du cérium ; on arrive à une séparation nette, par la méthode de MM. G. Wyruboff et A. Verneuil<sup>(1)</sup> qui met en pratique la curieuse réaction signalée par M. Clève<sup>(2)</sup>.

On additionne d'eau oxygénée, la solution

---

(1) *Comptes rendus de l'Ac. des Sc.*, 24 janvier 1898. t. CXXVI, p. 340-343.

(2) *Bull. Soc. Ch.*, t. XLIII, p. 57, 1885.

*neutre* de thorium, on chauffe vers  $60^{\circ}$ , il se précipite un sel de peroxyde de thorium ( $\text{Th}^4\text{O}^7\text{SO}^3$ ); tout le thorium est ainsi précipité avec une très petite partie de cérium.

On reprend par l'acide azotique; on évapore à sec, on reprend par l'eau, et on précipite de nouveau par  $\text{H}^2\text{O}^2$ ; le précipité doit être *blanc*, s'il est exempt de cérium.

**Cérium, didyme, lanthane.** — Le résidu laissé insoluble par la potasse et par le carbonate d'ammonium renferme la totalité du didyme et du lanthane et la plus grande partie du cérium. C'est encore à la méthode de MM. Wyruboff et Verneuil que nous aurons recours <sup>(1)</sup> pour la séparation du cérium.

On dissout le mélange des trois oxydes (cérium, lanthane, didyme) par  $\text{HAzO}^3$ , on ajoute de l'eau oxygénée, puis de l'ammoniaque, et on porte à l'ébullition; il se précipite des peroxydes des trois métaux (rouge brun). Bientôt après, il se dégage de l'oxygène, et le précipité prend une teinte jaune. Il renferme, alors, de l'oxyde cérosocérique et des protoxydes de lanthane et de didyme. On lave, on traite par l'acide azotique; on concentre, on additionne de 30 parties

---

(1) *Bull. Soc. Chim. de Paris*, 1897, I., p. 681.

Pozzi-Escor — Analyse chimique qualitative

d'une solution d'azotate d'ammonium à 5 %, et on porte à l'ébullition. On ajoute alors, goutte à goutte, de l'ammoniaque, en dissolution étendue, qui donne, après agitation, du nitrate céroso-cérique,  $Ce^2O^4Az^2O^5$ . On maintient le liquide en ébullition jusqu'à disparition complète de la teinte *jaune*. Le nitrate céroso-cérique peut être séparé et filtré (Ad. Carnot).

Les sels de didyme et de lanthane, restés en dissolution, sont précipités par l'acide oxalique, on calcine les oxalates, on dissout par  $HAzO^3$  et on évapore jusqu'à fusion. On reprend par l'eau qui dissout les sels de didyme et de lanthane (Clève).

On les sépare de la façon suivante : on additionne la solution chaude des azotates d'acide azotique et ensuite d'acide oxalique, on obtient bientôt un précipité lilas, qui augmente à froid. On décante, et on opère une nouvelle cristallisation avec l'acide oxalique, et on neutralise par de l'ammoniaque. L'oxalate de lanthane, beaucoup plus soluble que celui de didyme dans l'acide reste en dissolution et la poudre cristalline renferme tout le didyme (Marignac).

On caractérise les *sels de lanthane* par l'eau oxygénée et le bioxyde de baryum, qui donnent un peroxyde peu stable (Mosander).

Les *sels de didyme*, avec les mêmes réactifs

( $\text{H}^2\text{O}^2 + \text{BaO}^2$ ) donnent un précipité vert (Brauner).

Les sels de cérium aussi avec  $\text{H}^2\text{O}^2$  et  $\text{BaO}^2$ , donnent un précipité rouge orangé, d'hydrate de peroxyde (Lecoq de Boisbaudran); sensibilité  $0^{\text{sr}},001$  par litre).

## GROUPE VI

Le précipité blanc est lavé à l'eau chaude dissout par  $\text{HAzO}^3$ , étendu. On évapore à  $100^{\circ}$ ; on reprend par l'alcool absolu. Les azotates de baryum et de strontium restent insolubles (en l'absence de ceux-ci, on n'aurait aucun résidu). On caractérise le calcium par l'acide sulfurique ou par l'oxalate d'ammonium (précipités blancs). On reprend le résidu par l'acide chlorhydrique, et on précipite le baryum par l'acide hydrofluosilicique en excès et l'alcool.

Dans le liquide filtré, on caractérise le strontium (par l'acide sulfurique).

On peut encore caractériser le baryum en présence du strontium, par l'acétate d'ammonium et le bichromate de potassium; par le vanadate d'ammonium (le vanadate de baryum est insoluble), ou encore au chalumeau, par la coloration de la flamme.

Baryum . . . . .	flamme verte.
Strontium . . . . .	flamme rouge.

De même, on peut se souvenir qu'une solution de sulfate de calcium ne précipite que les sels de strontium et de baryum, et qu'une solution de sulfate de strontium ne précipite que les sels de baryum, et fonder sur ces propriétés une méthode qualitative.

#### GROUPE VII

Le liquide est traité par un sel soluble de baryum, afin d'éliminer toute trace d'acide sulfurique. On évapore à sec ; on chasse les sels d'ammonium par une calcination modérée ; on reprend le résidu par un grand excès d'acide oxalique (4 fois) ; on évapore et on calcine.

De cette façon, on obtient des carbonates alcalins (décomposition des oxalates alcalins) et le magnésium passe à l'état d'oxyde. On sépare, par filtration et lavage, et on transforme les carbonates alcalins en chlorure.

On dissout la magnésie par l'acide chlorhydrique, et on caractérise le magnésium à l'état de phosphate *ammoniaco-magnésium*.

Les chlorures alcalins desséchés sont traités par l'alcool absolu et l'éther, lavage par succion. Le liquide, qui ne peut contenir que le *chlorure de lithium* est évaporé à sec, repris par quelques

gouttes d'eau. On caractérise le lithium par la coloration rouge carmin qu'il communique à un brûleur Bunsen, par le spectroscope ( $\lambda = 670,5$ , raie carmin;  $\lambda = 589$  orangé pâle), et par le précipité qu'y donne, en solution concentrée, le phosphate d'ammonium.

Les chlorures insolubles dans l'alcool sont dissous par l'eau et précipités par l'acide *chloro-platinique* et l'alcool. On obtient un précipité de chlorures doubles (potassium, rubidium, césium) et une solution qui contient le sodium.

Le *sodium* est caractérisé par la cristallisation cubique de son chlorure (vu à la loupe) et par la coloration jaune qu'il communique au bec de Bunsen.

Les chloroplatinates de *césium*, *rubidium*, *potassium*, sont caractérisés spectroscopiquement<sup>(1)</sup>.

On peut précipiter le césium dans la dissolution chlorhydrique, par le chlorure de bismuth et l'alcool; précipité blanc<sup>(2)</sup>. Après précipitation du césium, l'addition d'hyposulfite de calcium et d'alcool, précipite le potassium et le rubidium<sup>(3)</sup>.

---

(1) Ou microchimiquement.

(2) AD. CARNOT.

(3) Cette méthode de précipitation a été indiquée par M. AD. CARNOT (*C. R. de l'Ac. des Sc*, juillet et août 1876, juin et juillet 1877, février 1878. *Congrès des Sta-*

On reprend ces précipités par l'eau, et on chauffe à l'ébullition ; le bismuth est précipité à l'état de sulfure, et on précipite les métaux alcalins, à l'état d'aluns (add  $\text{Al}^2(\text{SO}^4)^3$ ).

L'alun de césium est 4 fois moins soluble que celui de rubidium, lui-même 4 fois moins que celui de potassium.

Par cristallisations fractionnées, on enrichit assez les précipités pour les retrouver au spectroscope ou microchimiquement.

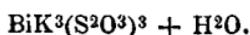
#### CONSIDÉRATIONS SUR LA MÉTHODE GÉNÉRALE

La méthode que nous venons d'exposer, la méthode de M. Ad. Carnot, passe pour être fort longue et même trop compliquée, elle n'est praticable, me disait il y a encore quelque temps un professeur de chimie, que dans les laboratoires du Collège de France ou de l'École des Mines !

---

*tions agronomiques*, 1881, p. 112. *Ann. des Mines*, août 1898, et dans ses nouvelles méthodes, p. 25).

Elle permet de reconnaître le potassium dans une dissolution, d'une façon à peu près certaine ; le composé répond à la formule



Qu'elle soit longue, et même délicate dans une application générale, on ne peut le contester, mais elle est sûre et permet de retrouver dans une même dissolution plus de cinquante éléments. Mais ce n'est là qu'un cas absolument exceptionnel, et tout théorique, peut-on dire; jamais, en pratique, on n'aura à rechercher plus de six à huit éléments; et, dans ce cas, la méthode devient simple et rapide, tout en conservant une grande exactitude.

Il est, en effet, facile de le comprendre; par les essais préliminaires, on arrive à déterminer approximativement, la nature des éléments qui se trouvent en présence, et leur caractérisation devient, dès lors, facile. En outre, dans le cas d'un petit nombre d'éléments, par l'application de la méthode générale, on arrive à limiter les recherches à l'un ou l'autre groupe. Ainsi, soit une dissolution. Nous la soumettrons à l'action d'un courant d'hydrogène sulfuré; elle ne donne aucun précipité; d'ores et déjà nous savons qu'elle ne peut contenir aucun des métaux des groupes I ou II. Nous neutralisons alors par de l'ammoniaque, et nous traitons par le sulfure ammonique; nous obtenons un précipité qui peut renfermer les métaux des groupes IV et V. Mais la solution obtenue après filtration, peut

aussi contenir les éléments des groupes III, VI et VII. Pour nous en assurer, nous suivons les essais, et, pour cela, nous ajoutons de l'acide chlorhydrique; nous n'avons pas de précipité. Donc, les métaux du groupe III font défaut; mais il faut encore considérer la possibilité d'existence, dans la dissolution de ceux des groupes VI et VII. Saturons d'ammoniaque et de carbonate ammonique; deux cas se présentent : ou nous avons un précipité, ou nous n'en avons pas. Prenons cette dernière hypothèse. Dans ce cas, la solution peut encore contenir les éléments du groupe VII, ce qu'il sera facile de vérifier.

Revenons maintenant au précipité que nous avons obtenu en traitant la solution pour l'ammoniaque et le sulfure ammonique, et mettons le en digestion avec du citrate ammonique; nous savons que, dans ces conditions, les métaux du groupe V vont entrer en dissolution. Une fois séparés, il sera facile de caractériser les éléments de ces deux groupes : ceux du groupe IV qui restent insolubles et ceux du groupe V qui entrent en dissolution.

## ANALYSE D'UN SEL EN DISSOLUTION

Ce cas qui se présente assez souvent exigerait un grand nombre d'essais, si on appliquait la méthode générale; il est donc intéressant de rechercher une méthode plus simple, permettant de rechercher rapidement la base du sel.

A cet effet, nous donnons dans le tableau suivant l'exposé de la méthode la plus pratique (emprunté à M. A. Ditte); elle est suffisamment simple pour nous dispenser d'en faire une étude détaillée :

---

## RECHERCHE DE LA BASE D'UN SEL (D'APRÈS A. DITTE)

On acidule par HCl on a :	
Une liqueur. On fait passer un courant de H <sub>2</sub> S, on obtient :	
Un précipité blanc	Une solution qu'on neutralise par l'ammoniaque et qu'on traite par le sulfure ammoniac. on a :
	Un précipité, On le traite par Am <sup>2</sup> S, il est :
	Pas de précipité
	On ajoute à la liqueur du carbonate de potassium. On a :
	Un précipité
	Pas de précipité
	On chauffe la liqueur avec KOH on a :
	Dégagement d'AzH <sub>3</sub>
	Ammonium
	(Précipité jaune avec le réactif de Nessler ou simple coloration)
	On le dissout dans HCl et on ajoute un excès de AmCO <sub>2</sub> on a :
	Pas de précipité
	Magnésium
	Un précipité
	On ajoute à la liqueur
	On ajoute Am <sup>2</sup> S, on a un précipité noir
	On le dissout par HAzO <sub>3</sub> et on précipite par AmOH en excès.
	On a : un précipité
	Rouille : Fer
	Violet ou vert :
	Chrome
	Blanc :
	On ajoute Am <sup>2</sup> CO <sub>3</sub> .
	Le précipité formé est :
	soluble dans
	Jaune : Cadmium.
	Noir, l'eau précipite la solution primitive :
	Bismuth.
	L'eau ne précipite pas, l'ammoniaque donne :
	une solution
	Noir. FeSO <sup>4</sup> donne un précipité :
	Or
	Noir. FeSO <sup>4</sup> rien :
	Platine
	Orangé et volatil :
	Antimoine
	Brun marron. KOH
a) soluble dans l'eau bouillante :	
Plomb	
b) soluble dans l'ammoniaque et le cyanure de potassium :	
Argent	

<p>c) norci par l'ammoniaque : <i>Mercur</i> (eux)</p> <p>d) Inattaqué par l'ammoniaque : <i>Thallium</i></p>	<p>précipite la solution primitive et le précipité est soluble dans un excès :</p> <p><i>Étain</i> (eux) jaune sale insoluble dans AmOH :</p> <p><i>Étain</i> (ique). Jaune clair soluble dans l'AmOH d'où <math>\text{HAzO}_3</math> précipite en rouge brique :</p> <p><i>Arsenic</i> (arséniates) jaune : <i>Arsenic</i> (arsénites)</p>	<p>bleue : <i>Cuivre</i>. Un précipité blanc : <i>Mercur</i>.</p>	<p>un excès de réactif : <i>Glucinium</i> insoluble : <i>Aluminium</i></p>	<p>rouille : <i>Fer</i> Un précipité jaune : <i>Uranium</i> rien, on ajoute KHO, on a un précipité vert : <i>Nickel</i> bleu : <i>Cobalt</i>.</p>	<p>primitive de <math>\text{CaSO}_4</math> rien : <i>Calcium</i> Un précipité on ajoute à la liqueur du sulfate de strontium rien : <i>Strontium</i> un précipité <i>Baryum</i>.</p>	<p>Rien, on ajoute <math>\text{PtCl}_4</math> et on reprend par l'alcool, il reste : Rien. Le liquide colore la flamme : en rouge <i>Lithium</i> en jaune <i>Calcium</i> Un chloro-platinaté cristallisé jaune : <i>Potassium</i>. <i>Cæstum</i>. rouge : <i>Rubidium</i>.</p>
---	---	---	--	---	--	--

## CHAPITRE VI

### RECHERCHE DES MÉTALLOÏDES

Deux méthodes peuvent être employées pour la recherche des acides métalloïdiques (nous n'avons pas à nous occuper ici des acides résultant de la peroxydation des métaux) l'une conduit à une marche systématique, c'est celle adoptée par MM. Silva-Engel, Ditté, etc.; l'autre oblige à recourir à plusieurs réactions successives, ne constituant pas une méthode générale, exige une plus grande attention, mais est aussi plus sûre : c'est la méthode de M. Ad. Carnot.

Nous les exposerons toutes deux. Constatons auparavant que la détermination préalable des métaux contenus dans un mélange, donne souvent d'utiles indications, certains acides ne pouvant coexister avec certaines bases. Par exemple, l'existence d'un sel d'argent dans une

solution acide exclue la possibilité d'existence des acides *chlorhydrique*, *bromhydrique*, *iodhydrique*, *cyanhydrique* ou *sulphhydrique*. De même, en présence de sels de plomb, de baryum ou de strontium, il ne pourra exister de l'acide sulfurique.

Rappelons aussi les phénomènes de *voie sèche* que nous avons signalés.

**1. Dégagement gazeux** (*tube ouvert à un bout*).

O. — Oxydes, chlorates, bromates, iodates, azotates.

AzO<sup>2</sup>. — Azotates.

SO<sup>2</sup>. — Sulfates et sulfites.

H<sup>2</sup>S. — Sulfures.

CO<sup>2</sup>. — Carbonates et matières organiques.

Cy<sup>2</sup>. — Cyanures.

PII<sup>3</sup>. — Phosphites et hypophosphites.

HF. — Fluorures hydratés.

**2. sublimé** (*au tube fermé à un bout*).

Soufres; sels ammoniacaux; oxydes d'antimoine, d'arsenic, arséniures, acide arsénieux, sulfure d'arsenic; chlorure de plomb; halogène du mercure, etc.

**3. Dans le tube ouvert.** — On peut caractériser le fluor, le soufre, le sélénium, le tellure, l'arsenic, l'antimoine, etc.

**4. Sur le charbon.** — On peut produire divers phénomènes.

*Déflagration* : Azotates, chlorates, bromates, iodates.

*Odeur* : Soufre, sélénium, arsenic.

*Enduit* : Sélénium, tellure, arsenic, antimoine.

**5. Coloration de la flamme.** — Tellure, arsenic, antimoine, acides phosphorique et borique.

**6. Bec Bunsen et Condensation.** — Arsenic, antimoine, sélénium, tellure.

**Recherche des acides minéraux.** *Méthode de M. Ad. Carnot (absence d'acides organiques).* — Les principaux essais à effectuer sont les suivants :

1° Traitement par l'acide sulfurique faible ;

2° Traitement par l'acide sulfurique concentré ;

3° Traitement par l'hydrogène sulfuré ;

4° Traitement par l'azotate de baryum ;

5° Traitement par l'azotate d'argent ;

**1. Traitement par  $H^2SO^4$  étendu.** — On opère au tube à essai.

A. — On a une effervescence, il se dégage :

a) Des vapeurs nitreuses : *acide azoteux*.

b) Un gaz jaune, à odeur chlorée : *acide hypochloreux*.

- c) De l'anhydride carbonique : *carbonates*.
- d) De l'hydrogène sulfuré s'il y a dépôt de soufre : *polysulfures* <sup>(1)</sup>.
- e) De l'hydrogène sulfuré seul : *sulfures*.
- f)  $\text{SO}^2$  et dépôt de soufre : *acide hyposulfureux*.
- g)  $\text{SO}^3$  seul : *sulfites*.

B. — On a un précipité sans effervescence :

- a) Blanc gélatineux, insoluble dans un excès d'acide : *acide silicique*.
- b) Blanc gélatineux, insoluble dans un excès d'acide : *alumine*.
- c) Blanc, bleu et noir avec le zinc : *acide molybdique*.
- d) Blanc, bleu avec le zinc : *acide tungstique*.

**2. Traitement par  $\text{H}^2\text{SO}^4$  concentré.** — On opère au tube à essai, et on chauffe avec précaution. On a

- A. — Un gaz incombustible, fumant à l'air :
  - a) Corrodant le verre : *acide fluorhydrique*.
  - b) Passant au rouge brun avec le cuivre : *acide azotique*.
  - c) Rouge, brun ou violet : *brome, iode*.

---

(1) Il est bon de remarquer que les sulfites et hyposulfites dégagent de même  $\text{H}^2\text{S}$  quand on les traite par  $\text{H}^2\text{SO}^4$  en présence de l'hydrogène naissant.

d) Rouge brun, odeur nitreuse : *acide azoteux*.

e) Incolore, donne des fumées blanches avec l'ammoniaque : *acide chlorhydrique*.

B. — Un gaz incombustible, ne fumant pas à l'air.

a) Vert, à odeur suffocante : *acide chloreux*.

b) Rouge orange : *acide bromhydrique*.

c) Odeur sulfureuse : *acide hyposulfurique*.

d) Odeur sulfureuse à froid : *acide sulfureux*.

e) Odeur sulfureuse, dépôt de soufre : *acide hyposulfureux*.

f) Jaune, fait explosion à chaud : *acide chlorique*.

g) Odeur sulfureuse, dépôt de soufre à chaud : *acide hypophosphoreux*.

C. — Un gaz combustible.

a) Odeur d'œufs pourris :  $H^2S$ .

b) Odeur de raves pourries : *acide tellurhydrique*,  $H^2Te$ .

c) Odeur de choux pourris,  $H^2Se$  : *acide sélénhydrique*.

d) Odeur d'amandes amères,  $CyH$  : *acide cyanhydrique*.

Dans ce dernier cas, on caractérisera le composé cyanurique en traitant par l'azotate d'argent :

1° Précipité orangé : *acide ferricyanhydrique*.

2° Précipité chair, pourpre, avec les sulfures alcalins : *acide nitro-prussique*.

3° Précipité blanc : *acide ferrocyanhydrique*.

4° Précipité blanc : *acide sulfocyanique*.

**3. Traitement par  $H^2S$ .** — On précipite les bases métalliques par l'ébullition avec du carbonate de soude, et acidification par l'acide acétique.

L'hydrogène sulfuré, précipité dans le filtratum, les acides *arsénieux* et *arsénique*, *antimoniaux* et *antimonique*, *stannique*, *molybdique*, *tungstique*, *vanadique*.

Si le mélange contient de l'iode, celui-ci sera mis en liberté et facilement caractérisé.

**4. Traitement par  $Ba(AzO^3)^2$ .** — La liqueur acétique de l'opération précédente neutralisée par un faible excès d'ammoniaque est additionnée à chaud d'azotate de baryum (à éviter un excès de réactif) ; il se forme un précipité qui, après lavage, est soumis aux essais suivants :

**A.** — Traitement par l'acide sulfurique concentré, dégagement de gaz.

a) Fumant et corrodant le verre : *acide fluorhydrique*.

b) Fumant, donne de la silice avec l'eau : *acide fluorhydrique et silicique*.

c) A odeur de soufre brûlé : *acide hyposulfureux et sulfureux*.

d) Trouble l'eau de chaux : *acide oxalique*.

B. — Une partie du précipité est mis en digestion avec une solution d'azotate d'ammonium.

Après décantation, si le liquide précipite en blanc par l'acide sulfurique, on est en droit de soupçonner la présence du borate de baryum et, par conséquent, de l'*acide borique*.

C. — On dissout une autre portion dans l'acide chlorhydrique, on sépare la partie insoluble et dans le liquide on recherche :

L'*acide phosphorique* : par le molybdate d'ammonium, en solution azotique de l'azotate d'ammonium.

L'*acide phosphoreux*. — Par le zinc et l'acide sulfurique, dégagement de  $\text{PH}_3$  (réduction de  $\text{Ag.AzO}^3$ ). Le résidu est fondu au creuset de platine, avec du carbonate de sodium ; on lave, on acidifie par l'acide chlorhydrique et on évapore à sec.

En reprenant par de l'eau faiblement acide, on obtient l'*acide silicique*.

Le liquide filtré précipite en blanc, par le

chlorure de baryum, après l'ébullition avec l'acide chlorhydrique : *acide sulfurique*.

La liqueur chlorhydrique, traitée par un courant de gaz sulfureux, précipite en rouge : l'*acide sélénique*.

5. **Emploi de  $\text{AgAzO}_3$ .** — On traite ainsi la solution acétique précédente, s'il se forme un précipité, on le prend, on le lave, et on l'introduit dans une cornue, munie d'un tube à dégagement, avec de l'acide sulfurique et un peu de zinc. On chauffe légèrement et on condense les vapeurs dans de l'eau.

Cette eau est additionnée ensuite de potasse caustique. Dans cette liqueur, on recherchera :

L'*acide cyanhydrique* par un mélange de sels ferroso-ferriques et d'acide chlorhydrique en excès.

L'*acide sulfhydrique* par l'azotate d'argent (précipité noir).

Le liquide restant dans la cornue peut contenir les trois acides suivants : *chlorhydrique*, *bromhydrique*, *iodhydrique*. La méthode de recherche est fondée sur les réactions suivantes<sup>(1)</sup> :

(1) AD. CARNOT. — *C. R. de l'Ac. des Sc.*, 14 janv. 1898. *Nouvelles méthodes d'analyse minérale*, 1898, p. 10-16.

FRÉSENSIUS. — *Traité d'analyse quantitative*, 6<sup>e</sup> éd., p. 331, t. II.

DÉCHAU. — *Chim. Soc.*, t. 49, p. 682.

BAUBIGNY. — *C. R. de l'Ac. des Sc.*, t. CXXV, p. 654.

« Dans un mélange de chlorures, de bromures, d'iodures en dissolution, l'acide sulfurique, chargé de vapeurs nitreuses peut déplacer entièrement l'iode à froid, sans agir, en aucune manière sur les acides bromhydrique et chlorhydrique ; l'iode peut être alors, entièrement dissous et enlevé par le sulfure de carbone ».

En ajoutant de l'acide sulfurique et de l'acide chromique, on peut isoler le brome entièrement en chauffant au voisinage de 100° pendant une demi-heure à une heure, puis laissant refroidir et dissolvant par le sulfure de carbone ; le chlore reste en solution.

La méthode consiste à observer la coloration du sulfure de carbone par le brome (on rend cette coloration plus visible en remplaçant le Br par de l'I en ajoutant de l'iodure de potassium), ou bien, en essayant à la fluorescéine (papier jauné, vire au rose en présence de trace de brome) l'iode seul colore le sulfure de carbone en violet et enfin, le chlore se caractérise par l'azotate d'argent.

**Présence d'acides organiques.** — L'essai au tube fermé a indiqué la présence de matières organiques.

On applique tout d'abord, sans changement, la méthode par l'*hydrogène sulfuré*.

On remplace l'essai par l'azotate de baryum par un essai au *chlorure de calcium* et  $\text{AmCl}$ . On a un précipité A et une solution B.

Le précipité A est mis en digestion avec une solution de soude. La solution alcaline filtrée, donne un précipité à l'ébullition : *acide tartrique* (on s'en assure par la réduction  $\text{AgAzO}^3$ ).

La solution de l'essai précédent est additionnée d'alcool et de chlorure de calcium, on a une solution C et un précipité D. On dissout D par l'acide chlorhydrique, on neutralise par un excès d'ammoniaque, et on porte à l'ébullition ; il se forme un précipité blanc : *acide citrique*.

On filtre et on ajoute 3 volumes d'alcool, s'il se forme un précipité, on le traite à chaud par de l'acide azotique ; on sature de carbonate de soude, puis d'acide acétique et dans une portion de la liqueur, on cherche :

L'*acide malique*, par le sulfate de calcium, dépôt blanc.

L'*acide succinique* par  $\text{Fe}^2\text{Cl}^6$ , précipité rouge.

La solution B, neutralisée par l'acide chlorhydrique et additionné de perchlorure de fer, donne, en présence de l'*acide benzoïque*, un précipité floconneux brun clair

## MÉTHODE II

**Méthode de MM. Silva et Engel** <sup>(1)</sup>. — La méthode suivante, conduit à une marche systématique et donne comme la méthode de M. Carnot, de bons résultats.

Les acides sont ici, comme les métaux, divisés en groupes ; ce sont :

1<sup>er</sup> Groupe. — Acides précipitables par le chlorure de baryum seul : fluorures, sulfates, hydrofluosilicates.

2<sup>e</sup> Groupe. — Acides précipitables par le chlorure de baryum et l'azotate d'argent : Arsénites, arséniates, azotites, orthophosphates, pyrophosphates, métaphosphates, sulfites, hyposulfites, carbonates, borates, iodates, oxalates, silicates.

3<sup>e</sup> Groupe. — Précipité par l'azotate d'argent seulement : sulfures, sulfhydrates, polysulfures, cyanures, chlorures, iodures, bromures.

4<sup>e</sup> Groupe. — L'azotate d'argent et le chlorure de baryum ne précipitent pas : acides dithionique, perchlorique, chlorique, azotique.

---

(1) SILVA et ENGEL. — *Traité d'analyse Chimique.*

## GROUPE I

a) Le précipité correspond à un fluorure, s'il est soluble dans l'acide chlorhydrique et donne HF avec l'acide sulfurique.

b) A un *sulfate*, s'il est insoluble dans l'acide chlorhydrique et donne un sulfure avec le sodium.

c) C'est un *hydrofluosilicate* si l'ammoniaque précipite la solution primitive.

## GROUPE II

A. — Le précipité est jaune, avec  $\text{AgAzO}^3$ , blanc avec  $\text{BaCl}^2$ .

a) C'est un *arsénite* si  $\text{H}^2\text{S}$  précipite la solution primitive en jaune, et si  $\text{K}^2\text{MnO}^4$  est décoloré.

b) C'est un *orthophosphate* si le mélange magnésien donne un précipité blanc.

B. — Les précipités sont blancs.

a) Un *iodate*, si l'acide sulfureux et l'empois d'amidon colorent en bleu.

b) Un *carbonate*, si les précipités sont solubles dans l'acide azotique (dégagement de  $\text{CO}^2$ ).

c) Un *oxalate*, comme b, mais sans  $\text{CO}^2$ .

d) Un *métaphosphate* si la solution primitive acétique coagule l'albumine.

e) Un *borate* si la solution fortement chlorhydrique colore en rouge foncé le papier de curcuma.

f) Un *sulfite* si les précipités traités par l'acide chlorhydrique, donnent à chaud du gaz sulfureux.

g) Un *bisulfite*, si la solution primitive est acide et à l'odeur de l'acide sulfureux.

h) Un *hyposulfite*, si le précipité par l'azotate d'argent est soluble dans un excès et se précipite en noir à l'ébullition.

k) Un *azotite*, si la solution primitive rendue acétique donne avec l'iodure de potassium et l'empois d'amidon, une coloration bleue.

l) Un *silicate*, si l'acide chlorhydrique précipite de la silice (on peut évaporer à sec, et reprendre par l'eau ; la silice reste insoluble).

C. — Le précipité est rouge brique avec  $\text{AgAzO}^3$ .

a) Un *arséniat*e, si la solution chlorhydrique donne, à l'ébullition un précipité jaune, avec  $\text{H}^2\text{S}$ .

#### GROUPE III

A. — Le précipité est noir.

a) Un *sulfure*, si la solution primitive est alcaline, jaune et donne, avec un dégagement d'hydrogène sulfuré, un dépôt de soufre, quand on traite par un acide.

b) Un *polysulfure*, si la solution, traitée comme

*a*, ne donne qu'un dégagement d' $\text{H}^2\text{S}$ , sans dépôt de soufre.

*c*) Un *sulphhydrate*, si le sulfate de manganèse précipite en rose clair et donne un dégagement d' $\text{H}^2\text{S}$ .

B. — Le précipité est blanc.

*a*) Un *cyanure*, si, chauffé avec du *sulphhydrate ammonique*, elle se transforme en *sulfo-cyanure*.

*b*) Un *chlorure*, si la solution chauffée avec  $\text{MnO}^2$  et  $\text{H}^2\text{SO}^4$  dégage du chlore (KI et amidon).

*c*) Le précipité est jaune.

*a*) Un *iodure* si traité par l'eau de chlore, elle colore en bleu, l'empois d'amidon.

*b*) Un *bromure* si, traité par du  $\text{MnO}^2$  et  $\text{H}^2\text{SO}^4$ , il se dégage du brome (papier à la fluorescéine).

#### GROUPE IV

*a*) Un *dithionate*, si la solution chauffée avec de l'acide chlorhydrique, donne un dégagement d'acide sulfureux et renferme ensuite de l'acide sulfurique.

*b*) Un *chlorate*, si la solution additionnée d'acide sulfureux décolore l'indigo.

*c*) Un *azotate*, si la solution sulfurique se colore en rouge avec la *brucine* ou en bleu par la *diphénylamine*.

## CHAPITRE VII

—

### ANALYSE DES EAUX

Des eaux douces, crues ou dures, séléniteuses ou minérales en général, nous ne dirons rien ; on trouvera la question, convenablement développée dans les traités de chimie, et dans l'*Annuaire des eaux de France*. Nous n'allons étudier la question qu'au point de vue *qualitatif*, en indiquant la méthode à suivre pour chaque élément.

**Sulfates.** — On reconnaît les sulfates au précipité blanc que donne le *chlorure de baryum*, dans l'eau fortement acidulée à l'acide chlorhydrique.

**Chlorures.** — L'azotate d'argent donne, en présence des chlorures, un précipité blanc, caillebotté. Il faut aciduler l'eau à l'acide azotique.

**Acide carbonique et carbonates.** — Précipité blanc, avec de l'eau de chaux.

**Sulfures.** — Le nitro-prussiate de soude,

donne une coloration rouge pourpre qui diminue peu à peu. L'hydrogène sulfuré libre, ne donne pas cette coloration ; il précipite les sels de plomb en noir.

**Azotates.** *Essai avec la brucine.* — Ils n'existent le plus souvent, qu'à l'état de traces ; le mieux est de faire usage de la méthode de Nicholson ; on dissout de la brucine dans de l'eau distillée, de façon à obtenir une solution brucique au  $\frac{1}{800}$ . On évapore plusieurs centimètres cubes de l'eau à essayer dans un verre de montre ; et on reprend par quelques gouttes de la solution brucique. Sur ce mélange, on fait tomber successivement 1, 2, 3..... jusqu'à dix gouttes d'acide sulfurique exempt d'azotates. Si l'eau contient des azotates, il se produit une coloration rouge.

*Essai à la diphénylamine.* — On met dans quelques gouttes d'acide sulfurique pur une parcelle de diphénylamine et l'on verse dessus quelques gouttes de l'eau à analyser ; une coloration bleue décelle des traces d'azotates.

**Azotites.** *Essai avec la métaphénylène-diamine.* — Ce procédé exige la préparation préalable de la solution de métaphénylène-diamine. On dissout 2<sup>gr</sup>,5 de la base dans 5<sup>cm</sup><sup>3</sup> d'acide sulfurique et on étend de 500<sup>em</sup><sup>3</sup> d'eau. Cette solution obtenue, on verse 1<sup>cm</sup><sup>3</sup> dans 2<sup>cm</sup><sup>3</sup> de l'eau

à essayer, et on ajoute  $1\text{ cm}^3$  d'acide sulfurique ; une coloration bleue, est l'indice certain de la présence des azotites (1).

*Méthode de Trommsdorff.* — On verse dans 50 centimètres cubes de l'eau à essayer, 1 centimètre cube d'acide sulfurique étendu de deux fois son volume d'eau, et 1 centimètre cube d'une solution obtenue en faisant bouillir pendant plusieurs heures, 5 grammes d'amidon avec 20 grammes de chlorure de zinc.

Après disparition de tout l'amidon, on ajoute 2 grammes d'iodure de potassium ; on filtre, et on étend à un litre (Réactif de Trommsdorff).

S'il y a des azotites, au bout d'un temps variant de 30 secondes à 4 minutes, le liquide se colore en bleu (noir).

**Acide phosphorique.** — On évapore 3 litres d'eau de façon à réduire à 50 centimètres cubes, et maintenant la température aux environs de  $50-60^\circ$ , on ajoute du molybdate d'ammoniaque dissout dans l'acide azotique. Au bout de 4 à 6 heures, tout l'acide phosphorique est précipité à l'état de phospho-molybdate.

**Arsenic.** — On évapore 30 à 40 litres d'eau après addition de carbonate de sodium, on re-

---

(1) La réaction met parfois, un certain temps à s'établir.

prend par l'acide sulfurique, on étend d'un peu d'eau, et on recherche l'arsenic par l'appareil de Marsh.

**Iode.** — On évapore environ 3 litres d'eau après addition de potasse caustique ; on calcine le résidu très légèrement après l'avoir dissout dans l'alcool à 90°. On reprend par quelques gouttes d'eau, et par un peu d'empois d'amidon et on ajoute une goutte d'acide azotique qui met l'iode en liberté qui colore alors l'empois d'amidon en bleu (1).

**Métaux. Calcium.** — On traite par du chlorure ammonique, de l'ammoniaque, et de l'oxalate d'ammonium ; un précipité blanc signale du calcium.

**Magnésium.** — Le liquide d'où le calcium a été précipité donne, après filtration et addition de phosphate de sodium, un précipité en présence de magnésium.

**Potassium, rubidium, cæsium, lithium, strontium.** — Pour la recherche de ces métaux, le seul moyen réellement sûr est l'examen spectroscopique ou microchimique (2).

---

(1) Ce procédé est le seul qui donne des résultats certains (GAUTIER. — *L'iode dans l'eau de mer*. C. R. de l'Ac. des Sciences, t. CXXVIII, p. 1069). L'iode se trouvant souvent dans l'eau, à l'état organique.

(2) Voir notre traité d'*Analyse microchimique*.

*Ammonium.* — On additionne l'eau de carbonate de soude, et après un repos de quelques heures, on décante le liquide clair, et on caractérise l'ammoniaque par le réactif de Nessler.

*Plomb, cuivre, zinc.* — On réduit 5 à 6 litres d'eau, après addition d'acide acétique et d'acétate d'ammonium, à environ 50 centimètres cubes. Le liquide précipité en jaune, après addition d'iodure de potassium, dans le cas de la présence du plomb; en brun, sous l'action de quelques gouttes de ferro-cyanure de potassium, s'il y a du cuivre; le zinc se caractérise par la formation de son sulfure blanc.

**Matières organiques.** — Deux méthodes se présentent. La méthode de Wauklyn, et celle de Schulze-Trommsdorff. La première consiste à transformer les matières organiques en ammoniaque; pour cela, on prend 500 centimètres cubes d'eau, on évapore jusqu'à 300 centimètres cubes. A ces 300 centimètres cubes, on ajoute 50 centimètres cubes d'une solution potassique de permanganate de potasse, et on distille de façon à recueillir 50 centimètres cubes du liquide dans lequel on recherchera l'ammoniaque par le réactif de Nessler. La méthode Schulze-Trommsdorff consiste à oxyder les matières organiques par une dissolution de permanganate de potas-

sium. On réduit par l'ébullition, 100 centimètres cubes d'eau, au tiers, on traite par un excès connu de permanganate de potasse, et on fait bouillir. On laisse bouillir 10 minutes, on retire, et on ajoute à la liqueur une quantité d'acide oxalique telle qu'elle aurait juste oxydé la totalité du permanganate introduit ; comme une partie du permanganate a été détruite par les matières organiques, il reste un excès d'acide oxalique.

On titre cet excès, à l'aide du permanganate, et le volume de la solution de permanganate nécessaire, est précisément celui qui a été employé pour l'oxydation des substances organiques.

---

## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS . . . . .	5

### CHAPITRE PREMIER

#### *Opérations par la voie sèche*

Généralités . . . . .	9
Structure de la flamme . . . . .	10
Température de la flamme . . . . .	11
Flamme d'oxydation et de réduction. . . . .	11
Supports : charbon, platine, terre de pipe . . . . .	13
Réactifs. Fondants acides et basiques . . . . .	16
Réducteurs . . . . .	17
Réactifs spéciaux. . . . .	17
Essais au chalumeau . . . . .	18
Essais au tube fermé . . . . .	19
Essais au tube ouvert . . . . .	23
Essais sur le charbon . . . . .	24
Essais sur le platine . . . . .	26
Fusion avec le borax . . . . .	27
Essai au sel de phosphore . . . . .	29
Fusion avec le carbonate de sodium. . . . .	31
Essais avec l'azotate de cobalt . . . . .	33
Essais à la lampe à gaz . . . . .	34
Support, réactifs. . . . .	36

	Pages
Marche systématique . . . . .	37
Réduction au tube . . . . .	37
Réduction sur le charbon. . . . .	38
Production de taches métalliques. . . . .	40
Coloration de la flamme . . . . .	40
Production de sulfures et iodures . . . . .	41

## CHAPITRE II

*Réactifs*

Dissolvants . . . . .	43
Corps simples. . . . .	44
Matières colorantes . . . . .	46
Oxydes, bases . . . . .	47
Acides . . . . .	49
Sels . . . . .	51

## CHAPITRE III

*Caractères principaux des bases et des acides*

Aluminium . . . . .	56
Antimoine . . . . .	56
Argent . . . . .	57
Arsenic . . . . .	58
Azote . . . . .	58
Baryum . . . . .	60
Bismuth . . . . .	60
Bore . . . . .	60
Brome (acides bromique et bromhydrique) . . . . .	61
Cadmium. . . . .	62
Cæsium . . . . .	62
Calcium . . . . .	62

	Pages
Cérium . . . . .	62
Chlore. (Acides perchlorique, chlorique, chloroux, hypochloreux, chlorhydrique) . . . .	63
Chrome. (Sels chromeux et chromiques) . . . .	65
Chromates . . . . .	66
Cobalt. . . . .	67
Cuivre . . . . .	67
Cyanogène (Acide cyanhydrique, ferrocyanures, ferricyanures, sulfocyanures, nitro-cyanures).	69
Didyme . . . . .	70
Erbium . . . . .	71
Étain . . . . .	71
Fer. . . . .	72
Fluor. (Acide fluorhydrique). . . . .	73
Gallium . . . . .	74
Glucinium . . . . .	74
Indium . . . . .	75
Iode. (Acides iodhydrique et iodique) . . . .	75
Iridium . . . . .	76
Lanthane. . . . .	77
Lithium . . . . .	78
Magnésium . . . . .	78
Manganèse et ses acides . . . . .	79
Mercure . . . . .	81
Molybdène . . . . .	82
Nickel. . . . .	83
Niobium . . . . .	84
Or . . . . .	84
Osmium . . . . .	85
Palladium . . . . .	86
Phosphore et ses dérivés . . . . .	86

	Pages
Platine . . . . .	88
Plomb . . . . .	89
Potassium . . . . .	89
Rhodium. . . . .	90
Rubidium . . . . .	90
Ruthénium. . . . .	90
Sélénium . . . . .	91
Silicium . . . . .	92
Sodium . . . . .	92
Soufre . . . . .	93
Strontium . . . . .	95
Tantale . . . . .	96
Tellure . . . . .	96
Thallium . . . . .	97
Thorium. . . . .	97
Titane. . . . .	98
Tungstène . . . . .	98
Uranium. . . . .	99
Vanadium . . . . .	100
Yttrium . . . . .	101
Zinc . . . . .	101
Zirconium . . . . .	101

#### CHAPITRE IV

##### *Recherches qualitatives par la voie humide*

Essai sommaire par la voie sèche. . . . .	103
Essai par la voie humide. . . . .	105
Dissolution . . . . .	106
Résultats pratiques . . . . .	108
Examen des différentes dissolutions . . . . .	115

## CHAPITRE V

*Recherche des métaux. Analyse d'un mélange de sels*

	Pages
Division en groupes. . . . .	120
Subdivisions de chacun des groupes. . . . .	125
Considérations sur la méthode générale . . . . .	150
Analyse d'un seul sel en dissolution. . . . .	153

## CHAPITRE VI

*Recherche des métalloïdes*

Méthode de M. Ad. Carnot . . . . .	156
Méthode de MM. Silva et Engel. . . . .	166

## CHAPITRE VII

*Analyse des eaux*

Sulfates . . . . .	170
Chlorures . . . . .	170
Sulfures . . . . .	171
Azotates . . . . .	171
Azotites . . . . .	171
Acide phosphorique. . . . .	172
Arsenic . . . . .	172
Iode . . . . .	173
Métaux. Calcium, magnésium, potassium, ammonium, etc. . . . .	173
Matières organiques. . . . .	174

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS.

---

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

---

ŒUVRES MATHÉMATIQUES  
**DE RIEMANN,**

TRADUITES

Par **L. LAUGEL,**

Avec une Préface de M. HERMITÉ et un Discours de M. Félix KLEIN.

---

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

---

TRAITÉ  
**D'ALGÈBRE SUPÉRIEURE**

Par **Henri WEBER,**

Professeur de Mathématiques à l'Université de Strasbourg.

Traduit de l'allemand sur la deuxième édition

Par **J. GRIESS,**

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

---

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

---

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

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LES MÉTHODES NOUVELLES  
DE LA  
MÉCANIQUE CÉLESTE,

Par H. POINCARÉ,

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

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

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

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

TOME III : Invariants intégraux. Stabilité. Solutions périodiques du deuxième genre. Solutions doublement asymptotiques; 1898..... 13 fr.

LEÇONS

SUR LA

THÉORIE DES MARÉES,

PROFESSÉES AU COLLÈGE DE FRANCE

Par Maurice LÉVY,

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

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

I<sup>re</sup> PARTIE : Théories élémentaires. Formules pratiques de la prévision des marées, avec figures; 1898..... 14 fr.

II<sup>e</sup> PARTIE : Théorie de Laplace. Marées terrestres..... (*En préparation.*)

LEÇONS NOUVELLES

D'ANALYSE INFINITÉSIMALE

ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES.

Par M. MÉRAY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

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

4 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I<sup>re</sup> PARTIE : Principes généraux; 1894..... 13 fr.

II<sup>e</sup> PARTIE : Étude monographique des principales fonctions d'une variable; 1895..... 14 fr.

III<sup>e</sup> PARTIE : Questions analytiques classiques; 1897..... 6 fr.

IV<sup>e</sup> PARTIE : Applications géométriques classiques; 1898..... 7 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES  
SUR LA THÉORIE DES FORMES  
ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES,

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

Par **H. ANDOYER.**

Maitre de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris.

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

COURS DE PHYSIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX ÉCOLES SPÉCIALES  
(conforme aux derniers programmes),

PAR

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

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

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

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

DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE  
PAR COURANTS POLYPHASÉS,

Par **J. RODET,**  
Ingénieur des Arts et Manufactures.

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

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES  
D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE

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

Par **Ch. FABRY,**  
Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille.

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

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

## LEÇONS

SUR LA

# DÉTERMINATION DES ORBITES

PROFESSÉES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS,

Par **F. TISSERAND**,

Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes.

RÉDIGÉES ET DÉVELOPPÉES POUR LES CALCULS NUMÉRIQUES,

Par **J. PERCHOT**,

Docteur ès Sciences. Astronome-adjoint à l'Observatoire.

AVEC UNE PRÉFACE DE **H. POINCARÉ**, membre de l'Institut.

UN VOLUME IN-4, AVEC FIGURES: 1899..... 6 FR. 50 C.

## COURS DE GÉOMÉTRIE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

LEÇONS SUR LA THÉORIE GÉNÉRALE DES

# SURFACES

ET LES

APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES DU CALCUL INFINITÉSIMAL

Par **G. DARBOUX**,

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

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

I<sup>o</sup> PARTIE : Généralités. Coordonnées curvilignes. Surfaces minima; 1887.. 15 fr.

II<sup>o</sup> PARTIE : Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles. Des lignes tracées sur les surfaces; 1889..... 15 fr.

III<sup>o</sup> PARTIE : Lignes géodésiques et courbure géodésique. — Paramètres différentiels.

— Déformation des surfaces; 1894..... 15 fr.

IV<sup>o</sup> PARTIE : Déformation infiniment petite et représentation sphérique; 1896. 15 fr.

LEÇONS SUR LES

# SYSTÈMES ORTHOGONAUX

ET LES COORDONNÉES CURVILIGNES,

Par **G. DARBOUX**,

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

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

TOME I : Volume de vi-338 pages; 1898..... 10 fr.

TOME II..... (*Sous presse.*)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

# COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

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

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (\*) 1<sup>er</sup> fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.  
2<sup>e</sup> fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

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

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

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

TOME IV (1<sup>re</sup> Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

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

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

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

TOME IV (2<sup>e</sup> Partie). — **MAGNÉTISME; APPLICATIONS.** — 13 fr.

3<sup>e</sup> fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.

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

**TABLES GÉNÉRALES.**

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

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

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

2<sup>e</sup> SUPPLÉMENT. — **Électricité. Ondes hertziennes. Rayons X**; par E. BOUTY. In-8, avec figures; 1899..... 3 fr. 50 c.

---

**PREMIERS PRINCIPES**

**D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE**

PILES, ACCUMULATEURS, DYNAMOS, TRANSFORMATEURS,

**Par M. Paul JANET,**

Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris,  
Directeur de l'École supérieure d'Électricité.

Troisième édition entièrement refondue. — In-8, avec 169 figures; 1899. 6 fr.

---

**UNE EXCURSION ÉLECTROTECHNIQUE  
EN SUISSE,**

**PAR LES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ,**

**AVEC UNE PRÉFACE DE P. JANET,**

Directeur de l'École supérieure d'Électricité.

Un volume grand in-8 avec 48 figures; 1899..... 2 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

MÉTÉOROLOGIE

Par Alfred ANGOT,

Météorologiste titulaire au Bureau Central météorologique,  
Professeur à l'Institut national agronomique et à l'École supérieure  
de Marine.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 103 FIG. ET 4 PL.; 1899. 12 FR.

---

LEÇONS

SUR LA

THÉORIE DES FONCTIONS

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

Par Émile BOREL,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

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

---

LES RECETTES DU DISTILLATEUR

Par Ed. FIERZ,

Liquoriste.

In-18 Jésus de vi-150 pages; 1899..... 2 fr. 75 c.

---

LA BICYCLETTE

SA CONSTRUCTION ET SA FORME,

Par C. BOURLET,

Docteur ès Sciences,

Membre du Comité technique du Touring-Club de France.

Un volume grand in-8, avec 263 figures; 1899..... 4 fr. 50 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

# TRAITÉ D'ASTRONOMIE STELLAIRE

Par **CH. ANDRÉ**,

Directeur de l'Observatoire de Lyon, Professeur d'Astronomie  
à l'Université de Lyon.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

- I<sup>o</sup> PARTIE : Étoiles simples, avec 29 figures et 2 planches; 1899..... 9 fr.  
II<sup>o</sup> PARTIE : Étoiles doubles et multiples..... (*Sous presse.*)  
III<sup>o</sup> PARTIE : Photométrie, Photographie. Spectroscopie ..... (*En préparation.*)

---

# MANUEL DE L'EXPLORATEUR

PROCÉDÉS DE LEVERS RAPIDES ET DE DÉTAILS  
DÉTERMINATION ASTRONOMIQUE DES POSITIONS GÉOGRAPHIQUES,

PAR

**E. BLIM**,  
Ingénieur-chef du service  
des Ponts et Chaussées de Cochinchine.

**M. ROLLET DE L'ISLE**,  
Ingénieur hydrographe  
de la Marine.

UN VOLUME IN-18 JÉSUS, AVEC 90 FIGURES MODÈLES D'OBSERVATIONS  
OU DE CARNETS DE LEVERS; CARTONNAGE SOUPLE; 1899.. 5 FR.

---

PRINCIPES

DE LA

# THÉORIE DES FONCTIONS ELLIPTIQUES ET APPLICATIONS,

PAR

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

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

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

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

# ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

---

## TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

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

PAR

**ALHEILIG,**  
Ingénieur de la Marine.

**Camille ROCHE,**  
Ancien Ingénieur de la Marine.

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

**TOME I :** Thermodynamique. Puissance des machines, diagrammes et formules. Indicateurs. Organes. Régulation. Épures. Distribution et changement de marche. Alimentation etc. ; XI-604 pages, avec 412 figures ; 1895..... 20 fr.

**TOME II :** Volants régulateurs. Classification des machines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints. Montage et essais. Passation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction ; IV-560 pages, avec 281 figures ; 1895. 18 fr.

---

## CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

**E. DEHARME,**  
Ing<sup>r</sup> principal à la Compagnie du Midi.

**A. PULIN,**  
Ing<sup>r</sup> Insp<sup>r</sup> p<sup>ri</sup> aux chemins de fer du Nord.

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

---

## VERRE ET VERRERIE

PAR

**Léon APPERT et Jules HENRIVAUX, Ingénieurs.**

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

---

## INDUSTRIES DU SULFATE D'ALUMINIUM, DES ALUNS ET DES SULFATES DE FER,

Par **Lucien GESCHWIND, Ingénieur-Chimiste.**

Un volume grand in-8, de viii-364 pages, avec 195 figures ; 1899 (E. I.). 10 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

## COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **M. C. BRICKA,**

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

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

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

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

## COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

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

## CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

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

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

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

## ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **M. AI. GOUILLY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

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

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS  
TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

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

F. DOMMER,

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

E. GRANDMOUGIN,

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

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-  
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E. I.)..... 30 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par M. A. CRONEAU,

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

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

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

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

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

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par Ernest HENRY,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

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

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

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.

PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par E. BOURRY,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

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

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

**RÉSUMÉ DU COURS**

DE

**MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES**

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

**Par M. HIRSCH,**

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

DEUXIÈME ÉDITION.

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

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

**Par Henri DE LAPPARENT,**

Inspecteur général de l'Agriculture.

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

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

**TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE**

**Par M. A. JOANNIS,**

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

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

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

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

**MACHINES FRIGORIFIQUES**

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

**Par H. LORENZ,**

Ingénieur, Professeur à l'Université de Halle.

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

PAR

**P. PETIT,**

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

**J. JAQUET,**

Ingénieur civil,

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

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

## MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

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

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

TOME I; 1899; 20 fr. — TOME II (1<sup>re</sup> partie; 1893); 10 fr. 2<sup>e</sup> partie; 1898; 10 fr.

## COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **M. Maurice D'OCAGNE**,

Ing<sup>r</sup> et Prof<sup>r</sup> à l'École des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École Polytechnique.

GR. IN-8, DE XI-428 P., AVEC 340 FIG.; 1896 (E. T. P.).... 12 FR.

## LES ASSOCIATIONS OUVRIÈRES ET LES ASSOCIATIONS PATRONALES,

Par **P. HUBERT-VALLEROUX**,

Avocat à la Cour de Paris, Docteur en Droit.

GRAND IN-8 DE 361 PAGES; 1899 (E. I.)..... 10 FR.

---

# BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

---

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

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

### PETITS CLICHÉS ET GRANDES ÉPREUVES.

GUIDE PHOTOGRAPHIQUE DU TOURISTE CYCLISTE.

Par Jean BERNARD et L. TOUCHÉBEUF.

In-18 jésus; 1898..... 2 fr. 75 c.

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

**LES PAPIERS PHOTOGRAPHIQUES AU CHARBON,**

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE.

(COURS PROFESSÉ A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE.)

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

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

**LA PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE.**

Par R. COLSON.

Brochure in-8, avec figures; 1899..... 1 fr.

**LA RETOUCHE DU CLICHÉ.**

Retouche chimique, physique et artistique.

Par A. COURRÈGES, Praticien.

In-18 jésus; 1898..... 1 fr. 50 c.

**LE PORTRAIT EN PLEIN AIR.**

Par A. COURRÈGES.

In-18 jésus, avec figures et 1 planche en photocollographie; 1898... 2 fr. 50 c.

**LA PRATIQUE DE LA PHOTOTYPOGRAVURE AMÉRICAINE.**

Par Wilhelm CRONENBERG. — Traduit par C. FÉRY.

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

**LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.**

Par A. DAVANNE.

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

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

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

**PRINCIPES ET PRATIQUE D'ART EN PHOTOGRAPHIE,**

LE PAYSAGE,

Par Frédéric DILLAYE.

Un volume in-8 avec 32 figures et 34 photogravures de paysages; 1899. 5 fr.

**TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,**

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

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

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

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

1<sup>er</sup> Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

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

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

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

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

Par Ch. FÉRY et A. BURAI.

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

**LE FORMULAIRE CLASSEUR DU PHOTO-CLUB DE PARIS.**

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

Par H. FOURTIER, P. BOURGEOIS et M. BUCQUET.

Première Série; 1892..... 4 fr.

Deuxième Série; 1894..... 3 fr. 50 c.

**CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE A L'USAGE DES DÉBUTANTS.**

Par R.-Ed. LIESEGANG.

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

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

**TRAITÉ PRATIQUE DE RADIOGRAPHIE  
ET DE RADIOSCOPIE.**

TECHNIQUE ET APPLICATIONS MÉDICALES.

Par Albert LONDE,

Directeur du Service photographique et radiographique à la Salpêtrière,  
Lauréat de l'Académie de Médecine, de la Faculté de Médecine de Paris,  
Officier de l'Instruction publique.

Un beau volume grand in-8, avec 113 figures; 1899..... 7 fr.

**LA PHOTOGRAPHIE INSTANTANÉE,  
THÉORIE ET PRATIQUE,**

Par Albert LONDE.

3<sup>e</sup> édition, entièrement refondue. In-18 jésus, avec figures; 1897. 2 fr. 75 c.

**TRAITÉ PRATIQUE DU DÉVELOPPEMENT.**

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

Par Albert LONDE.

3<sup>e</sup> édition. In-18 jésus, avec figures; 1898..... 2 fr. 75 c.

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

**MANUEL DU PHOTOGRAPHE AMATEUR,**

Par F. PANAJOU,

Chef du Service photographique à la Faculté de Médecine  
de Bordeaux.

3<sup>e</sup> ÉDITION COMPLÈTEMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

Petit in-8, avec 63 figures; 1899..... 2 fr. 75 c.

**LES ÉLÉMENTS D'UNE PHOTOGRAPHIE ARTISTIQUE,**

Par H.-P. ROBINSON.

Traduit de l'anglais par H. COLARD.

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

**MANUEL PRATIQUE D'HÉLIOGRAVURE EN TAILLE-DOUCE,**

Par M. SCHILTZ,

Un volume in-18 jésus; 1899..... 1 fr. 75 c.

**LE DÉVELOPPEMENT DE L'IMAGE LATENTE EN PHOTOGRAPHIE**

Par A. SEYEWETZ,

Sous-Directeur et chef des travaux à l'École de Chimie industrielle  
de Lyon.

Un volume in-18 jésus; 1899..... 2 fr. 75 c.

**LA PHOTOGRAPHIE ANIMÉE,**

Par E. TRUTAT.

Avec une Préface de M. MAREY.

Un volume grand in-8, avec 146 figures et 1 planche; 1899..... 5 fr.

**DIX LEÇONS DE PHOTOGRAPHIE,**

Par E. TRUTAT.

Un volume in-18 jésus, avec figures; 1899..... 2 fr. 75 c.

**LA PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES.**

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

Par Julius VERFASSER.

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

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

27091 — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Gr.-Augustins.

**MASSON & C<sup>ie</sup>, Éditeurs**  
**LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE**  
**120, Boulevard Saint-Germain, Paris**  
P. n<sup>o</sup> 159.

**EXTRAIT DU CATALOGUE**  
(Août 1899)

**VIENT DE PARAÎTRE**

# Traité de Chirurgie d'urgence

Par **FÉLIX LEJARS**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris  
Chirurgien de la Maison municipale de Santé, Membre de la Société de Chirurgie.

*Avec 482 figures, dont 180 dessinées d'après nature  
par le Dr DALEINE, et 103 photographies originales.*

1 volume grand in-8°. Relié toile. . . . . 22 fr.

Le *Traité de chirurgie d'urgence* de M. Félix Lejars répond à un besoin qui se faisait sentir; il examine, il discute et il expose la conduite que le chirurgien doit tenir dans tous les cas qui sont de son ressort et qui exigent une solution immédiate.

Le champ de cette importante portion de la pratique chirurgicale s'est beaucoup augmenté, ses moyens se sont entièrement modifiés depuis une quinzaine d'années; l'intervention d'urgence est devenue la règle dans une quantité d'affections du crâne, de la cavité thoracique, de l'abdomen, où l'expectative seule semblait jusqu'à présent possible. Nos moyens d'action se sont accrus d'une foule de procédés techniques et scientifiques nouveaux, l'instrumentation elle-même se transforme en se perfectionnant sans cesse; il était nécessaire non seulement de poser les indications nouvelles, mais d'en préciser le mode d'exécution. C'est ce qu'a fait M. Lejars; son livre est plus qu'un manuel, qu'un guide de praticien; c'est un ouvrage complet, appuyé sur des sources bibliographiques nombreuses et choisies avec soin, étudié et raisonné dans tous ses chapitres, et dont l'intelligence est rendue facile par une quantité de figures, pour la plupart originales et très claires, qui font assister le lecteur aux temps les plus importants des opérations décrites par l'auteur. Nous ne doutons nullement qu'il rende les plus réels services et qu'il ne soit accueilli avec la faveur qu'il mérite et qu'ont obtenue tous les autres ouvrages de M. Lejars.  
(Présentation par le professeur Berger à l'Académie de médecine.)

# Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

**Simon DUPLAY**

Professeur, à la Faculté de médecine  
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu  
Membre de l'Académie de médecine

**Paul RECLUS**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine  
Chirurgien des hôpitaux  
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

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

## DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

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

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

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.  
BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

QUÉNU. — Des tumeurs.  
LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

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

LEJARS. — Nerfs.  
MICHAUX. — Artères.  
QUÉNU. — Maladies des veines.

RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.  
PONCET. — Affections non traumatiques des os.

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

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.  
QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.  
GÉRARD MARCHANT. — Crâne.  
KIRMISSON. — Rachis.  
S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

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

DELENS. — L'œil et ses annexes.  
GÉRARD MARCHANT. — Nez, fosses

nasales, pharynx nasal et sinus.  
HEYDENREICH. — Mâchoires.

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

BROCA. — Face et cou. Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.  
HARTMANN. — Plancher buccal, glandes

des salivaires, œsophage et pharynx.  
WALTHER. — Maladies du cou.  
PEYROT. — Poitrine.  
PIERRE DELBET. — Mamelle.

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

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

HARTMANN. — Estomac.  
FAURE et RIEFFEL. — Rectum et anus.  
HARTMANN et GOSSET. — Anus contre nature. Fistules stercorales.  
QUÉNU. — Mésentère. Rate. Pancréas.  
SEGOND. — Foie.

**TOME VII. — 1 fort vol. gr. in-8° avec 297 figures dans le texte. 25 fr.**

WALTHER. — Bassin.  
FORGUE. — Urètre et prostate.  
RECIUS. — Organes génitaux de l'homme.

RIEFFEL. — Affections congénitales de la région sacro-coccygienne.  
TUFFIER. — Rein. Vessie. Uretères. Capsules surrénales.

**TOME VIII. — 1 fort vol. avec figures dans le texte (Sous presse).**

MICHAUX. — Vulve et vagin.  
P. DELBET. — Maladies de l'utérus.  
SEGOND. — Annexes de l'utérus,

ovaires, trompes, ligaments larges, péritoine pelvien.  
KIRMISSON. — Maladies des membres.

**CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD**

BABINSKI, BALLET, P. BLOCC, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE,  
 CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD,  
 L. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU  
 NETTER, OËTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT,  
 SOUQUES, THIBERGE, THOINOT, FERNAND WIDAL.

# Traité de Médecine

**DEUXIÈME ÉDITION**

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

**BOUCHARD**

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

**BRISSAUD**

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

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

*En souscription.* . . . . . 150 fr.

**TOME I<sup>er</sup>**

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

**Les Bactéries**, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur à l'École de Pharmacie de Paris. — **Pathologie générale infectieuse**, par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur de laboratoire de médecine expérimentale, médecin des hôpitaux. — **Troubles et maladies de la Nutrition**, par PAUL LE GENDRE, médecin de l'hôpital Tenon. — **Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers.

**TOME II**

1 vol. grand in-8° de 894 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

**Fièvre typhoïde**, par A. CHANTEMESSE, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies infectieuses**, par F. WIDAL, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Typhus exanthématique**, par L.-H. THOINOT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Fièvres éruptives**, par L. GUINON, médecin des hôpitaux de Paris. — **Erysipèle**, par E. BOIX, chef de laboratoire à la Faculté. — **Diphthérie**, par A. RUAULT. — **Rhumatisme**, par OËTINGER, médecin des hôpitaux de Paris. — **Scorbut**, par TOLLEMER, ancien interne des hôpitaux.

**TOME III**

**VIENT DE PARAÎTRE**

1 vol. grand in-8° de 702 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

**Maladies cutanées**, par G. THIBERGE, médecin de l'hôpital de la Pitié. — **Maladies vénériennes**, par G. THIBERGE. — **Maladies du sang**, par A. GILBERT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Intoxications**, par A. RICHARDIÈRE, médecin des hôpitaux de Paris.

**TOME IV**

**Pour paraître en octobre**

1 vol. grand in-8° avec figures dans le texte.

**Maladies de la bouche et du pharynx**, par A. RUAULT. — **Maladies de l'estomac**, par A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral. — **Maladies du pancréas**, par A. MATHIEU. — **Maladies de l'intestin**, par COURTOIS-SUFFIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies du péritoine**, par COURTOIS-SUFFIT.

# Traité des Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

**J. GRANCHER**

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

**J. COMBY**

Médecin  
de l'hôpital des Enfants-Malades.

**A.-B. MARFAN**

Agrégé,  
Médecin des hôpitaux.

---

5 vol. grand in-8° avec figures dans le texte. . 90 fr.

---

## DIVISIONS DE L'OUVRAGE

**TOME I.** — 1 vol. in-8° de xvi-816 pages avec fig. dans le texte. 18 fr.  
Physiologie et hygiène de l'enfance. — Considérations thérapeutiques sur les maladies de l'enfance. — Maladies infectieuses.

**TOME II.** — 1 vol. in-8° de 818 pages avec fig. dans le texte. 18 fr.  
Maladies générales de la nutrition. — Maladies du tube digestif.

**TOME III.** — 1 vol. de 950 pages avec figures dans le texte. 20 fr.  
Abdomen et annexes. — Appareil circulatoire. — Nez, larynx et annexes.

**TOME IV.** — 1 vol. de 880 pages avec figures dans le texte. 18 fr.  
Maladies des bronches, du poulmon, des plèvres, du médiastin. — Maladies du système nerveux.

**TOME V.** — 1 vol. de 890 pages avec figures dans le texte. 18 fr.  
Organes des sens. — Maladies de la peau. — Maladies du fœtus et du nouveau-né. — Maladies chirurgicales des os, articulations, etc. —  
*Table alphabétique des matières des 5 volumes.*

CHAQUE VOLUME EST VENDU SÉPARÉMENT

---

# Traité de Thérapeutique chirurgicale

PAR

**Emile FORGUE**

Professeur de clinique chirurgicale  
à la Faculté de médecine de Montpellier,  
Membre correspondant  
de la Société de Chirurgie,  
Chirurgien en chef de l'hôpital St-Eloi,  
Médecin-major hors cadre.

**Paul RECLUS**

Professeur agrégé  
à la Faculté de médecine de Paris,  
Chirurgien de l'hôpital Laënnec,  
Secrétaire général  
de la Société de Chirurgie,  
Membre de l'Académie de médecine.

---

**DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE**

AVEC 472 FIGURES DANS LE TEXTE

2 volumes grand in-8° de 2116 pages. . . . . 34 fr.

**VIENT DE PARAÎTRE**

# Traité élémentaire de Clinique Thérapeutique

Par le **D<sup>r</sup> Gaston LYON**

Ancien chef de clinique médicale à la Faculté de médecine de Paris

**TROISIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE**

1 volume grand in-8° de VIII-1332 pages. Relié peau. 20 fr.

Nous voyons avec plaisir le public médical confirmer tout le bien que nous avons dit de cet ouvrage dès ses premières éditions. Il arrive aujourd'hui à sa troisième édition, et il comporte des améliorations et des additions telles qu'un nouveau succès lui est assuré.

M. G. Lyon a revu son livre avec la même conscience qu'il mit à l'élaborer. C'est toujours la même préoccupation d'être clair, précis et utile et d'appuyer les procédés thérapeutiques sur un exposé pathogénique et clinique de l'affection à laquelle ils s'adressent, et d'indiquer avec exactitude comment il faut s'y prendre pour que l'action médicale ait son efficacité maxima. Les livres ainsi conçus sont rares. Employez tel médicament, dit le Traité de pathologie et même de thérapeutique. Comment? Sous quelle forme? A quelle dose? Combien de temps? Il n'en parle souvent pas. La clinique thérapeutique de G. Lyon comble cette lacune. Les faits y sont exposés avec simplicité, toujours sous le couvert d'une autorité incontestable.... Bref, cette édition est le perfectionnement de ses devancières.

(Archives générales de médecine, juin 1899.)

## LES MÉDICAMENTS CHIMIQUES

Par **Léon PRUNIER**Pharmacien en chef des Hôpitaux de Paris,  
Professeur de pharmacie chimique à l'École de Pharmacie,  
Membre de l'Académie de Médecine.

2 volumes grand in-8° avec figures dans le texte . . . . 30 fr.

*On vend séparément :*

TOME I. Composés minéraux. 1 vol. grand in-8° avec 137 figures dans le texte . . . . . 15 fr.

TOME II. Composés organiques. 1 vol. grand in-8° avec 41 figures dans le texte . . . . . 15 fr.

Cet ouvrage n'est point un traité de chimie, pas plus qu'un traité de pharmacologie, et moins encore un formulaire ou un manuel. C'est un résumé technique et professionnel, dans lequel médecins, pharmaciens ou étudiants trouveront, rassemblés et coordonnés, les documents, dispersés un peu partout, qui peuvent intéresser l'étude chimique des médicaments. M. Prunier a groupé les nombreux médicaments chimiquement définis en consacrant à chacun d'eux une monographie plus ou moins condensée, mais, avant tout, rédigée au point de vue professionnel. C'est un ouvrage appelé à rendre de grands services; c'est le premier qui ait été conçu dans cet esprit pratique et M. Prunier était tout désigné pour le réaliser avec cette unité de vues et avec sa valeur technologique. Il est enrichi de nombreuses gravures et l'impression en a été particulièrement soignée.

- Leçons sur les Maladies nerveuses.** *Deuxième série :*  
**Hôpital Saint-Antoine**, par E. BRISSAUD, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-Antoine, recueillies et publiées par Henry MEIGE. 1 volume grand in-8° avec 165 figures dans le texte . . . . . 15 fr.
- Précis d'anatomie pathologique**, par L. BARD, professeur à la Faculté de médecine de l'Université de Lyon, médecin de l'Hôtel-Dieu. *Deuxième édition, revue et augmentée*, avec 125 figures dans le texte. 1 volume in-16 diamant, de XII-804 pages, cartonné toile, tranches rouges . . . . . 7 fr. 50
- Traité d'Ophthalmoscopie**, par Étienne ROLLET, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien des hôpitaux de Lyon. 1 volume in-8° avec 50 photographies en couleurs et 75 figures dans le texte, cartonné toile, tranches rouges. . . . . 9 fr.
- Traité pratique de la Tuberculose pulmonaire**, par le Dr P. BOUILLET, membre de la ligue contre la tuberculose. 1 volume in-12. . . . . 4 fr.
- Emplois thérapeutiques de l'Acide cacodylique et de ses dérivés**, par Armand GAUTIER, de l'Institut, membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de médecine de Paris. 1 brochure in-8° . . . . . 1 fr. 50
- Hygiène de l'Allaitement :** Allaitement au sein; allaitement artificiel; allaitement mixte; sevrage, par le Dr Henri de ROTHSCHILD, ancien externe des hôpitaux de Paris, lauréat de la Faculté de médecine. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50
- Les Enfants assistés de France**, par Henri MONOD, conseiller d'État, directeur de l'Assistance et de l'Hygiène publiques, membre de l'Académie de médecine. 1 volume in-8° . . . . . 3 fr.
- Consultations médicales sur quelques maladies fréquentes.** *Quatrième édition, revue et considérablement augmentée*, suivie de quelques principes de Déontologie médicale et précédée de quelques règles pour l'examen des malades, par le Dr J. GRASSET, professeur de clinique médicale à l'Université de Montpellier, correspondant de l'Académie de médecine. 1 volume in-16, reliure souple, peau pleine. . . . . 4 fr. 50

**Traité de la Cystostomie sus-pubienne chez les prostatiques. Création d'un urèthre hypogastrique ; application de cette méthode aux diverses affections des voies urinaires,** par Antonin PONCET, professeur de clinique chirurgicale à l'Université de Lyon, ex-chirurgien en chef de l'Hôtel-Dieu, membre correspondant de l'Académie de médecine, et Xavier DELORE, chef de clinique chirurgicale à l'Université de Lyon. 1 volume in-8°, avec 42 figures dans le texte. . . . . 8 fr.

**Traité clinique de l'Actinomyose humaine, des pseudo-Actinomyoses et de la Botryomyose,** par le professeur A. PONCET et L. BÉRARD, chef de clinique à la Faculté de médecine de Lyon, ancien interne des hôpitaux. 1 volume in-8°, avec 45 figures dans le texte et 4 planches hors texte en couleurs. . . . . 12 fr.

**Traité des maladies chirurgicales d'origine congénitale,** par le Dr E. KIRMISSON, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien de l'hôpital Trousseau, membre de la Société de Chirurgie. 1 volume grand in-8° avec 311 figures dans le texte et 2 planches en couleurs. . . . . 15 fr.

**Chirurgie opératoire de l'Oreille moyenne,** par A. BROCA, chirurgien de l'hôpital Trousseau, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. 1 volume in-8° avec 98 figures dans le texte. . . . . 3 fr. 50

**Manuel de Pathologie externe. Tome III. Maladies des régions : Cou, Poitrine, Abdomen,** par J.-J. PEYROT, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, membre de la Société de chirurgie. *Sixième édition*, entièrement refondue, avec figures dans le texte. 1 volume in-8°. . . . . 10 fr.

**Cliniques chirurgicales de l'Hôtel-Dieu,** par Simon DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, chirurgien de l'Hôtel-Dieu, recueillies et publiées par les Drs Maurice GAZIN, chef de clinique chirurgicale à l'Hôtel-Dieu, et S. CLADO, chef des travaux gynécologiques. *Deuxième série*. 1 volume grand in-8° avec figures. . . . . 8 fr.

## Bibliothèque

## d'Hygiène thérapeutique

DIRIGÉE PAR

## Le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu,  
Inspecteur général des Services sanitaires.

*Chaque ouvrage forme un volume in-16, cartonné toile, tranches rouges  
et est vendu séparément : 4 fr.*

Chacun des volumes de cette collection n'est consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils sont d'un maniement commode. D'un autre côté, en accordant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il a été facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.

L'hygiène thérapeutique s'appuie directement sur la pathogénie ; elle doit en être la conclusion logique et naturelle. La genèse des maladies sera donc étudiée tout d'abord. On se préoccupera moins d'être absolument complet que d'être clair. On ne cherchera pas à tracer un historique savant, à faire preuve de brillante érudition, à encombrer le texte de citations bibliographiques. On s'efforcera de n'exposer que les données importantes de pathogénie et d'hygiène thérapeutique et à les mettre en lumière.

## VOLUMES, PARUS

- L'Hygiène du Goutteux**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.
- L'Hygiène de l'Obèse**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.
- L'Hygiène des Asthmatiques**, par E. BRISSAUD, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.
- L'Hygiène du Syphilitique**, par H. BOURGES, préparateur au laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine.
- Hygiène et thérapeutique thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.
- Les Cures thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des Hôpitaux de Paris.
- L'Hygiène du Neurasthénique**, par le professeur PROUST et G. BALLEU, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris.
- L'Hygiène des Albuminuriques**, par le D<sup>r</sup> SPRINGER, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de laboratoire de la Faculté de médecine à la Clinique médicale de l'hôpital de la Charité.
- L'Hygiène du Tuberculeux**, par le D<sup>r</sup> CHUQUET, ancien interne des hôpitaux de Paris, avec une introduction du D<sup>r</sup> DARENBERG, membre correspondant de l'Académie de médecine.
- Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche**, par le D<sup>r</sup> CRUET, dentiste des hôpitaux de Paris, avec une préface de M. le professeur LANNÉ-LONGUE, membre de l'Institut.
- Hygiène des maladies du Cœur**, par le D<sup>r</sup> VAQUEZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, avec une préface du professeur POTAIN.
- Hygiène du Diabétique**, par A. PROUST et A. MATHIEU.

## VOLUMES EN PRÉPARATION

- L'Hygiène des Dyspeptiques**, par le D<sup>r</sup> LINOSSIER.
- Hygiène thérapeutique des maladies de la peau**, par le D<sup>r</sup> THIBIERGE

---

 PETITE BIBLIOTHÈQUE DE " LA NATURE "
 

---

**Recettes et Procédés utiles**, recueillis par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. *Neuvième édition*.

**Recettes et Procédés utiles. Deuxième série : La Science pratique**, par Gaston TISSANDIER. *Cinquième édition*, avec figures dans le texte.

**Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques. Troisième série**, par Gaston TISSANDIER. *Troisième édition*, avec 91 figures dans le texte.

**Recettes et Procédés utiles. Quatrième série**, par Gaston TISSANDIER. *Deuxième édition*, avec 38 figures dans le texte.

**Recettes et Procédés utiles. Cinquième série**, par J. LAFFARGUE, secrétaire de la rédaction de *la Nature*. Avec figures dans le texte.

Chacun de ces volumes in-18 est vendu séparément

Broché . . . . . 2 fr. 25 | Cartonné toile . . . . . 3 fr.

---

**La Physique sans appareils et la Chimie sans laboratoire**, par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. *Septième édition des Récréations scientifiques. Ouvrage couronné par l'Académie (Prix Montyon)*. Un volume in-8° avec nombreuses figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.

---

## Dictionnaire usuel des Sciences médicales

PAR MM.

DECHAMBRE, MATHIAS DUVAL, LEREBoullet

Membres de l'Académie de médecine.

**TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET COMPLÉTÉE**

1 vol. gr. in-8° de 1.800 pages, avec 450 fig., relié toile. 25 fr.

---

Ce dictionnaire usuel s'adresse à la fois aux médecins et aux gens du monde. Les premiers y trouveront aisément, à propos de chaque maladie, l'exposé de tout ce qu'il est essentiel de connaître pour assurer, dans les cas difficiles, un diagnostic précis. Les gens du monde se familiariseront avec les noms souvent barbares que l'on donne aux symptômes morbides et aux remèdes employés pour les combattre. En attendant le médecin, ils pourront parer aux premiers accidents, et, en cas d'urgence, assurer les premiers secours.

**Traité****VIENT DE PARAÎTRE****d'Analyse chimique****QUANTITATIVE PAR ÉLECTROLYSE****Par J. RIBAN**Professeur chargé du cours d'analyse chimique  
et maître de conférences à la Faculté des sciences de l'Université de Paris.*1 vol. grand in-8°, avec 96 figures dans le texte. 9 fr.*

L'analyse quantitative par électrolyse acquiert chaque jour une plus grande importance dans les laboratoires consacrés à la science ou aux essais industriels. Ses méthodes ont très heureusement simplifié bien des problèmes délicats et introduit dans les dosages ordinaires, tout en conservant l'exactitude indispensable, une grande rapidité d'exécution.

Le livre que l'auteur présente aujourd'hui sur ce sujet n'est que le développement d'une portion du cours d'analyse quantitative qu'il professe depuis bien des années à la Faculté des sciences de l'Université de Paris. Il a pour but, non seulement d'initier le lecteur à l'analyse chimique par électrolyse, mais encore de lui servir de guide dans ses applications journalières.

Tenu au courant des derniers progrès accomplis, il résume l'état actuel de la science sur la question qui en fait l'objet.

**Manuel pratique****VIENT DE PARAÎTRE****de l'Analyse des Alcools****ET DES SPIRITUEUX**

PAR

**Charles GIRARD**Directeur du Laboratoire municipal  
de la Ville de Paris.**Lucien CUNIASSE**Chimiste-expert  
de la Ville de Paris.*1 volume in-8° avec figures et tableaux dans le texte. Relié toile. 7 fr.*

Ce nouveau manuel pratique de l'analyse des alcools et des spiritueux forme un recueil dans lequel les nombreux procédés analytiques qui intéressent les produits alcooliques se trouvent condensés sous une forme brève et exacte, dans le but d'éviter les recherches au chimiste praticien.

Au début du livre, les auteurs divulguent les secrets de la dégustation; ils passent ensuite en revue les différentes méthodes et les appareils proposés pour le dosage direct de l'alcool. La méthode de distillation est décrite avec soins, en indiquant les précautions à prendre afin d'éviter les causes d'erreurs et d'unifier les résultats obtenus. De nombreuses tables très complètes accompagnent les différents chapitres. Les méthodes d'analyse des spiritueux sont exposées de façon à pouvoir être mises en œuvre pratiquement, et presque sans raisonnement; ces méthodes sont données avec les dernières modifications qui ont pu leur être apportées. Des tables et des courbes inédites, rigoureusement exactes, accompagnent les méthodes. Enfin des tableaux représentant les résultats de l'analyse d'un grand nombre d'échantillons en spiritueux terminent l'ouvrage.

## STATION DE CHIMIE VÉGÉTALE DE MEUDON

(1883-1899)

VIENT DE PARAÎTRE

# Chimie végétale et agricole

PAR

**M. BERTHELOT**Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences,  
Professeur au Collège de France.

---

*4 volumes in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 36 fr.*

---

Cet ouvrage renferme l'ensemble des recherches poursuivies depuis seize ans dans le laboratoire de chimie végétale de Meudon, en vue de poursuivre les problèmes relatifs à la chimie biologique, étroitement liée avec la synthèse chimique d'une part, et avec la chimie agricole d'autre part. C'est une œuvre personnelle et originale.

Le tome I<sup>er</sup> traite de la *fixation de l'azote libre sur la terre et sur les végétaux*, question controversée depuis un siècle, et à laquelle l'auteur a apporté des solutions et une doctrine définitive. Les expériences exposées dans ce volume démontrent, en effet, cette fixation par deux voies différentes : fixation électrique opérée sous l'influence de l'électricité atmosphérique silencieuse, et fixation microbienne opérée sous l'influence des microorganismes contenus dans le sol. Sous cette double influence, l'azote devient actif et entre dans la constitution des plantes et des animaux.

Le tome II est consacré à l'étude de la *marque général de la végétation*, et à la détermination de l'équation chimique pondérale d'une plante annuelle, depuis son ensemencement jusqu'à sa mort. Il se termine par l'examen des relations entre les énergies chimiques et les énergies lumineuses.

Dans le tome III sont exposées les *recherches spéciales sur la végétation* : présence et distribution du soufre, du phosphore, de la silice ; existence et formation des azotates, recherches sur les acides oxalique et carbonique, sur les transformations chimiques des sucres, enfin étude sur les principes oxydables doués de propriétés oxydantes, principes qui jouent un rôle essentiel en chimie physiologique.

Le tome IV comprend deux parties distinctes : une générale relative à la terre végétale, à l'analyse et au dosage de ses divers éléments, à l'examen des principes organiques qui la constituent et de leurs relations avec l'ammoniaque atmosphérique ; l'autre spéciale, concernant la formation des éthers et du bouquet des vins, leur oxydation, leurs changements lents, le dosage de l'acide tartrique, etc.

# La Photographie Française

REVUE MENSUELLE ILLUSTRÉE

*des Applications de la Photographie à la Science, à l'Art  
et à l'Industrie.*

Louis GASTINE, DIRECTEUR

TIRÉE sur beau papier de luxe, abondamment illustrée de magnifiques phototypies et de simili-gravures hors texte, ainsi que d'une foule de reproductions de tous genres intercalées dans le texte, **LA PHOTOGRAPHIE FRANÇAISE** est le journal le plus lu et le moins cher de tous les véritables journaux de photographie.

C'est un organe absolument indépendant, ouvert à toutes les communications intéressantes et fait dans un esprit absolument libéral pour contribuer au progrès de la photographie de la façon la plus élevée.

**La PHOTOGRAPHIE FRANÇAISE** peut être mise dans toutes les mains. En dehors de ses chroniques d'actualité illustrées, **La PHOTOGRAPHIE FRANÇAISE** publie des articles de fond sur toutes les plus récentes applications de la photographie à la science, à l'art et à l'industrie; des **relations de voyage**, des **nouvelles** et des **romans** illustrés par la photographie. — Elle rend compte de toutes les *nouvelles créations d'appareils et de produits photographiques*. — Elle signale tous les *procédés*, les *nouvelles recettes*, les *nouvelles formules*, les *nouveaux brevets* photographiques et publie dans ses *Echos* toutes les *informations* capables, à un titre quelconque, d'intéresser ceux qui s'occupent de photographie. Chaque numéro contient une **Revue** de tous les journaux de photographie. — Enfin, elle mentionne tous les *Concours*, les *Expositions*, les *excursions*, *Congrès* et *Conférences* photographiques ainsi que les travaux des Sociétés françaises et étrangères, sans préjudice des articles qu'elle consacre à la vulgarisation des innombrables applications de la photographie par de véritables traités pratiques sur tous les travaux spéciaux de cet art.

C'est un journal technique, mais rédigé de façon à être compris par les lecteurs les plus étrangers aux choses photographiques et dont la lecture est **très attrayante** parce que chaque numéro contient une part considérable de *Variétés littéraires, artistiques, industrielles et scientifiques* que tout le monde peut apprécier.

## ABONNEMENTS :

UN AN. — PARIS, 6 fr. 50. — PROVINCE, 7 fr. — ÉTRANGER, 8 fr.

*Prix spéciaux pour les abonnés de LA NATURE*

Paris : 5 fr. — Départ. : 5 fr. 50. — Étranger : 7 fr.

*Envoi de numéros spécimens à toute personne qui en fait la demande.*

# Traité de Zoologie

Par Edmond **PERRIER**

Membre de l'Institut et de l'Académie de médecine,  
Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle.

**VIENT DE PARAÎTRE**

## FASCICULE V

*Amphioxus — Tuniciers*

1 vol. gr. in-8° de 221 pages avec 97 figures dans le texte. **6 fr.**

### ONT DÉJÀ PARU :

- FASCICULE I : **Zoologie générale.** 1 vol. gr. in-8° de 412 p. avec 458 figures dans le texte. . . . . **12 fr.**  
 FASCICULE II : **Protozoaires et Phytozoaires.** 1 vol. gr. in-8° de 452 p., avec 243 figures. . . . . **10 fr.**  
 FASCICULE III : **Arthropodes.** 1 vol. gr. in-8° de 480 pages, avec 278 figures. . . . . **8 fr.**  
 Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol. in-8° de 1344 pages, avec 980 figures. . . . . **30 fr.**  
 FASCICULE IV : **Vers et Mollusques.** 1 vol. gr. in-8° de 792 pages, avec 566 figures dans le texte. . . . . **16 fr.**

**VIENT DE PARAÎTRE**

# COURS ÉLÉMENTAIRE DE ZOOLOGIE

Par Rémy **PERRIER**

Maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,  
Chargé du Cours de Zoologie  
Pour le certificat d'études physiques, chimiques et naturelles.

1 vol. in-8° de 774 pages avec 693 figures. Relié toile : **10 fr.**

Ce livre s'adresse à tous ceux qu'intéresse l'étude des sciences naturelles et des lois de l'évolution des êtres vivants. A notre époque les naturalistes ne se contentent plus de moissonner des faits; ils cherchent à coordonner ces faits, à connaître leur raison d'être, à les expliquer: l'histoire naturelle a, de nos jours, fait place aux sciences naturelles. Il importe à tous, aux futurs médecins, aux philosophes, de connaître, dans leurs grandes lignes, ces théories explicatives, ces lois générales de la Biologie. C'est pourquoi M. Rémy Perrier leur a fait une large place; sans négliger les descriptions des divers types d'animaux, l'auteur insiste particulièrement sur les faits qui peuvent mettre en lumière leurs rapports réciproques, leur parenté mutuelle, qui permettent de dresser leur arbre généalogique. Il tâche de faire surtout ressortir les lois générales de la Zoologie, dont l'exposé est fait dans les premières pages du livre, et dont les applications sont indiquées dans le corps de l'ouvrage.

L'ouvrage est richement illustré: il ne comporte pas moins de 693 figures, comprenant ensemble plus de 1100 dessins. En somme, ce livre comble une lacune importante. Il donne un résumé précis de l'état actuel de la Zoologie moderne, et convient à tous ceux qui ne peuvent aborder l'étude des grands traités de Zoologie.

VIENT DE PARAÎTRE

LA

# Distribution d'Énergie Électrique

## EN ALLEMAGNE

PAR

**Charles BOS**

Député de la Seine  
Ancien Conseiller municipal de Paris  
Ancien Rapporteur des questions  
d'énergie électrique à l'Hôtel de Ville.

**J. LAFFARGUE**

Ingénieur-Electricien  
Licencié ès sciences Physiques  
Attaché au Service Municipal  
d'Électricité de la Ville de Paris.

---

*Un beau volume très grand in-8°, illustré de 203 planches et figures  
avec de nombreux tableaux.*

Relié toile. . . . . 22 fr.

---

Cet ouvrage a été écrit à la suite d'un voyage en Allemagne, effectué par les auteurs, pour se rendre compte sur place des distributions d'énergie électrique existantes, soit pour l'alimentation de lampes à arc, à incandescence, moteurs électriques, soit pour la traction électrique. Les auteurs relatent tout ce qu'ils ont pu observer d'intéressant dans leur voyage à travers les grandes villes d'Allemagne : Francfort, Düsseldorf, Hambourg, Cologne, Berlin, Leipzig, Munich, etc., etc. Ils donnent la description des stations centrales, ainsi que les résultats d'exploitation obtenus depuis plusieurs années. Des chapitres spéciaux sont consacrés aux installations de traction électrique, aux renseignements sur les canalisations, aux appareils d'utilisation, aux règlements concernant les installations, etc., etc. C'est en résumé un ouvrage complet sur la distribution de l'énergie électrique en Allemagne; muni d'une élégante reliure, brillamment illustré de planches en phototypie, et de gravures dans le texte qui en font un véritable album, il a sa place marquée dans la bibliothèque de tout ingénieur electricien soucieux de se tenir au courant des progrès de la science.

(*La Revue Municipale*, 8 juillet 1899.)

---

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 16251.

# ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 300 volumes petit in-8 (24 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

## Ouvrages parus

### Section de l'Ingénieur

- PICOU. — Distribution de l'électricité. (2 vol.). — Canalisations électriques.
- A. GOUILLY. — Air comprimé ou raréfié. — Géométrie descriptive (3 vol.).
- DWELSHAUVERS-DERY. — Machine à vapeur. — I. Calorimétrie. — II. Dynamique.
- A. MADAMET. — Tiroirs et distributeurs de vapeur. — Détente variable de la vapeur. — Épures de régulation.
- M. DE LA SOURCE. — Analyse des vins.
- ALHEHLIG. — I. Travail des bois. — II. Corderie — III Construction et résistance des machines à vapeur
- AIMÉ WITZ. — I. Thermodynamique. — II. Les moteurs thermiques.
- LINDET. — La bière.
- SAUVAGE. — Moteurs à vapeur.
- LE CHATELIER. — Le grisou.
- DEDEBOUT. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.
- CRONEAU. — I. Canon, torpilles et cuirasse. — II. Construction du navire.
- H. GAUTIER. — Essais d'or et d'argent.
- BERTIN. — Etat de la marine de guerre.
- BERTHELOT. — Calorimétrie chimique.
- DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.
- GUILLAUME. — Unités et étalons.
- WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.
- MINEL (P.). — Électricité industrielle. (2 vol.). — Électricité appliquée à la marine. — Régularisation des moteurs des machines électriques.
- HÉBERT. — Boissons falsifiées.
- NAUDIN. — Fabrication des vernis.
- SINIGAGLIA. — Accidents de chaudières.
- VERMAND. — Moteurs à gaz et à pétrole.
- BLOCH. — Eau sous pression.
- DE MARCHENA. — Machines frigorifiques (2 vol.).
- PRUD'HOMME. — Teinture et impression.
- SOREL. — I. La rectification de l'alcool. — II. La distillation.
- DE BILLY. — Fabrication de la fonte.
- HENNEBERT (C'). — I. La fortification. — II. Les torpilles sèches. — III. Bouches à feu. — IV. Attaque des places. — V. Travaux de campagne. — VI. Communications militaires.
- CASPARI. — Chronomètres de marine.

### Section du Biologiste

- FAISANS. — Maladies des organes respiratoires.
- MAGNAN et SÉRISUX. — I. Le délire chronique. — II. La paralysie générale.
- AYCARD. — I. Séméiologie génitale. — II. Menstruation et fécondation.
- G. WEISS. — Electro-physiologie.
- BAZY. — Maladies des voies urinaires. (2 vol.).
- TROUSSEAU. — Hygiène de l'œil.
- PÉRRÉ. — Epilepsie.
- LAYERAN. — Paludisme.
- POLIN et LABIT. — Aliments suspects.
- BERGONIE. — Physique du physiologiste et de l'étudiant en médecine.
- MEGNIN. — I. Les acariens parasites. — II. La faune des cadavres.
- DEMELIN. — Anatomie obstétricale.
- TH. SCHLÆSSING fils. — Chimie agricole.
- CUENOT. — I. Les moyens de défense dans la série animale. — II. L'influence du milieu sur les animaux
- A. OLIVIER. — L'accouchement normal.
- BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.
- CHARBIN. — Poisons de l'organisme (3 v.).
- ROGER. — Physiologie du fœtus.
- BROCC et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie (5 vol.).
- HANOT. — De l'endocardite aiguë.
- DE BRUN. — Maladies des pays chauds. (2 vol.).
- BROCA. — Tumeurs blanches des membres chez l'enfant.
- DE CAZAL et CATRIN. — Médecine légale militaire.
- LAPERSONNE (DE). — Maladies des paupières.
- KÖHLER. — Applications de la photographie aux Sciences naturelles.
- BEAUREGARD. — Le microscope.
- LESAGE. — Le choléra.
- LANNELONGUE. — La tuberculose chirurgicale.
- CORNEVIN. — Production du lait.
- J. CHATIN. — Anatomie comparée (4 v.).
- CASTEX. — Hygiène de la voix.
- MERKLEN. — Maladies du cœur.
- G. ROCHÉ. — Les grandes pêches maritimes modernes de la France.
- OLLIER. — I. Résections sous-périostées. — II. Résections des grandes articulations.

# ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

## Ouvrages parus

### Section de l'Ingénieur

LOUIS JACQUET. — La fabrication des eaux-de-vie.  
 DUDEBOUT et CRONBAU. — Appareils accessoires des chaudières à vapeur.  
 C. BOURLET. — Bicycles et bicyclettes.  
 H. LÉAUTE et A. BÉRARD. — Transmissions par câbles métalliques.  
 HATT. — Les marées.  
 H. LAURENT. — I. Théorie des jeux de hasard. — II. Assurances sur la vie. — III. Opérations financières.  
 C<sup>t</sup> VALLIER. — Balistique (2 vol.). — Projectiles. Fusées. Ombrasses (2 vol.)  
 LKLOUTRE. — Le fonctionnement des machines à vapeur.  
 DARIÉS. — Cubature des terrasses. — Conduites d'eau.  
 SIDERSKY. — I. Polarisation et saccharimétrie. — II. Constantes physiques.  
 NIEWGLOWSKI. — Applications scientifiques et industrielles de la photographie (2 vol.).  
 ROCQUES (X.). — Alcools et eaux-de-vie.  
 MOESSARD. — Topographie.  
 BOURSALUT. — Calcul du temps de pose.  
 SEGUELA. — Les tramways.  
 LEFEVRE (J.). — I. La spectroscopie. — II. La spectrométrie. — III. Eclairage électrique. — IV. Eclairage aux gaz, aux huiles, aux acides gras.  
 BARILLOI (E.). — Distillation des bois.  
 MOISSAN et OUVRARD. — Le nickel.  
 URBAIN. — Les succédanés du chiffon en papeterie.  
 LOPPE — I. Accumulateurs électriques. — II. Transformateurs de tension.  
 ARIES. — I. Chaleur et énergie. — II. Thermodynamique.  
 FABRY. — Piles électriques.  
 HENRIET. — Les gaz de l'atmosphère.  
 LUMONT. — Electromoteurs. — Automobiles sur rails.  
 MINET (A.). — I. L'électro-metallurgie. — II. Les fours électriques. — III. L'électro-chimie. — IV. L'électrolyse.  
 DUFOUR. — Tracé d'un chemin de fer.  
 MIRON (F.). — Les huiles minérales.  
 BORNÉQUE. — Armement portatif.  
 LAVERGNE. — Les turbines.  
 PEBISSÉ. — Automobiles sur routes.  
 LECORNU. — Régularisation du mouvement dans les machines.  
 LE VERRIER. — La fonderie.  
 SEYRIG. — Statique graphique (2 vol.).  
 LAUREN (P.). — Découpage des bouches à feu. — Résistance des bouches à feu.  
 JAUBERT. — L'industrie du goudron de houille.

### Section du Biologiste

LETULLE. — Pus et suppuration.  
 CRITZMAN. — Le cancer. — La goutte.  
 ARMAND GAUTIER. — La chimie de la cellule vivante.  
 SÉGLAS. — Le délire des négations.  
 STANISLAS MEUNIER. — Les météorites.  
 GREHANT. — Les gaz du sang.  
 NOCARD. — Les tuberculoses animales et la tuberculose humaine.  
 MOUSSOTS. — Maladies congénitales du cœur.  
 BERTHAULT. — Les prairies (3 vol.).  
 TROUSSART. — Parasites des habitations humaines.  
 LAMY. — Syphilis des centres nerveux.  
 RECLUS. — La cocaïne en chirurgie.  
 THOULET. — Océanographie pratique.  
 HOUBAILLE. — Météorologie agricole.  
 VICTOR MEUNIER. — Sélection et perfectionnement animal.  
 HENOCQUE. — Spectroscopie biol.  
 GALIPPE et BARRE. — Le pain (2 v.).  
 LE DANTEC. — I. La matière vivante. — II. La bactériologie charbonneuse. — III. La forme spécifique.  
 L'HOTE. — Analyse des engrais.  
 LARBALETIER. — Les tourteaux. — Résidus industriels employés comme engrais (2 v.). — Beurre et margarine.  
 LE DANTEC et BÉRARD. — Les sporozoaires.  
 DRUMMLER. — Soins aux malades.  
 DALLEMAGNE. — Etudes sur la criminalité (3 vol.). — Etudes sur la volonté (3 vol.).  
 BRAULT. — Des artérites (2 vol.).  
 RAVAZ. — Reconstitution du vignoble.  
 EHLERS. — L'ergotisme.  
 BONNIER. — L'oroïde (5 vol.).  
 DESMOULINS. — Conservation des produits et denrées agricoles.  
 LOVERDO. — Le ver à soie.  
 DUBREUILH et BEILLE. — Les parasites animaux de la peau humaine.  
 KAYSER. — Les levures.  
 COLLET. — Troubles auditifs des maladies nerveuses.  
 LOUBIÉ. — Essences forestières (2 vol.).  
 MONOD. — L'appendicite.  
 DELOBEL et COZETTE. — La vaccine.  
 WURTZ. — Technique bactériologique.  
 BAU Y. — L'occlusion intestinale.  
 LAULANIE. — Énergétique musculaire.  
 MALPEAUX. — Culture de la pomme de terre.  
 GIRAudeau. — Péricardites.  
 BERTHELOT (M.). — Chaleur animale (2 vol.).