

LIVRE III. — MÉTAUX ET SELS

CHAPITRE I

Métaux.

§ I. — FER ET COMPOSÉS.

1. *État naturel.* — Le fer se trouve à l'état naturel en combinaison dans de nombreux minerais : oxydes anhydres ou hydratés (hématite, fer oligiste, limonite, etc.), carbonate de fer ou fer spathique et sulfures de fer; ces derniers sont ramenés par grillage à l'état d'oxyde : le gaz carbonique se dégage et le soufre uni à l'oxygène s'en va à l'état de gaz ou anhydride sulfureux.

2. *Métallurgie du fer.* — a) Suivant la proportion de carbone allié au fer, on distingue : la fonte, l'acier, le fer doux.

Fontes. — Ce sont des produits riches en carbone (2 à 5 %), caractérisés par une température de fusion relativement basse (1200 à 1300°), une très grande fluidité, ce qui les rend propres au moulage; mais elles ont une faible résistance à la rupture, une grande fragilité et une malléabilité nulle.

Fers et Aciers. — Ils forment une gamme continue de métaux depuis le fer pur ou extra-doux ne contenant que des traces de carbone jusqu'aux aciers extra-durs contenant de 0,8 à 1 % de carbone.

La température de fusion de ces corps et la plupart de

leurs autres propriétés varient d'une manière continue avec la teneur en carbone. Le point de fusion descend de 1650 à 1400, la malléabilité diminue, la résistance croît quand la proportion de carbone augmente.

Il n'y a donc pas de différence absolument tranchée entre les fers et les aciers; et les aciers extra-doux peuvent être considérés comme intermédiaires entre les fers et les aciers. Aujourd'hui on réserve le nom d'aciers à ceux de ces alliages qui ont été fondus, et le nom de fers à ceux qui ont été obtenus à une température inférieure à leur point de fusion.

Les aciers durs ont de plus une propriété que ne possèdent pas les fers, celle d'être modifiés considérablement par la trempe.

b) Haut fourneau. — Il faut extraire le fer de l'oxyde et en outre l'isoler de la gangue argileuse qui est mélangée au minerai. Pour obtenir le premier résultat, il faut réduire l'oxyde par le charbon; pour le deuxième, il faut amener la gangue à former un produit fusible qu'on séparera facilement.

Si la gangue argileuse contient de la silice SiO_2 , on ajoute du carbonate de chaux de façon à former avec la chaux un silicate; ce carbonate est dit castine. Si le minerai avait une gangue basique (carbonate de chaux), on ajouterait de la silice (erbue) pour former encore un silicate¹.

Ces opérations s'effectuent dans les hauts fourneaux (seuls usités actuellement). La figure 249 représente le schéma d'un haut fourneau :

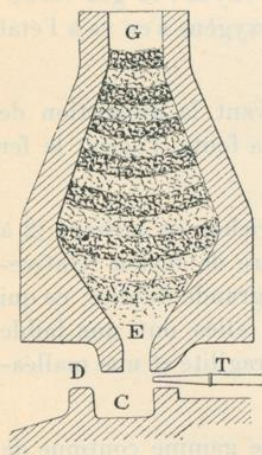


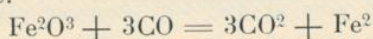
Fig. 249.

neau : en G est le gueulard, V est la cuve, E les étalages; en T des tuyères amènent de l'air; C est le creuset.

1. Ces silicates ou laitiers sont des verres à base de chaux et d'alumine.

On remplit d'abord le haut fourneau de combustible et on envoie l'air de façon à le brûler et à échauffer le haut fourneau. Ceci ne se fait qu'au début de sa mise en marche, car ensuite il doit servir très longtemps sans être éteint.

Quand il est suffisamment chaud, on verse alternativement le charbon et le minerai mélangé de castine ou d'erbue. Le charbon donne de l'oxyde de carbone qui réduit le fer de l'oxyde.



Mais le fer se combine partiellement au carbone et il se rassemble dans le creuset de la fonte liquide surmontée d'une couche de silicates fondus ou laitier.

Les gaz qui sortent des hauts fourneaux sont chargés d'oxyde de carbone et combustibles; on les utilise souvent actuellement.

Quand une quantité suffisante de fonte est rassemblée en C, on fait écouler d'abord le laitier puis la fonte qui est envoyée dans des moules en sable à ciel ouvert; la fonte s'y solidifie en formant des gueuses.

La fonte ainsi obtenue renferme de 2 à 5 % de carbone, un peu de soufre, de silicium, de phosphore et souvent du manganèse.

Cette fonte est utilisée directement pour fondre des objets ou indirectement pour fabriquer le fer et l'acier. Dans le premier cas elle est fondue dans des appareils appelés cubilots et versée dans des moules en sable.

c) Puddlage du fer. — La fonte est portée sur la sole d'un four à puddler S, et chauffée sur cette sole par un foyer F qui envoie ses flammes sur la fonte.

Celle-ci en présence de l'air en excès à haute température se décarbure et ainsi se transforme en fer.

La fonte, remuée par des ringards en fer que l'on passe par une porte P, est d'abord fluide, puis s'épaissit; et quand l'opération est terminée, on rassemble le fer en une masse spongieuse contenant des scories et portée à haute température. Cette masse est soumise au corroyage que lui fait

subir un marteau pilon et souvent laminée ensuite; on expulse ainsi les scories et on obtient le fer.

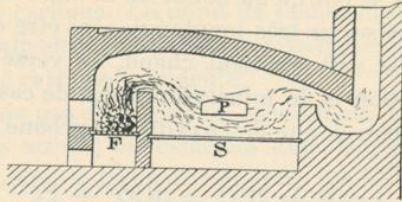


Fig. 250.

d) Fabrication de l'acier. — Il existe actuellement trois procédés de fabrication de l'acier: l'un en carburant le fer par cémentation; les deux autres par décarburation de la fonte: procédé Bessemer et procédé Martin-Siemens.

Acier de cémentation. — On chauffe des barres de fer dans une caisse contenant un mélange de charbon et de cendre, appelé cément. Après plusieurs jours de chauffage énergique, on obtient une dissolution du carbone dans le fer et par suite de l'acier. On retire les barres qui sont généralement cassées ensuite et fondues au creuset pour faire des objets moulés.

Acier Bessemer. — La fonte est amenée liquide dans une cornue de forme indiquée sur la figure 251; cette cornue est mobile autour de tourillons T et son fond est muni de tuyères par lesquelles vient l'air amené par l'un des tourillons.

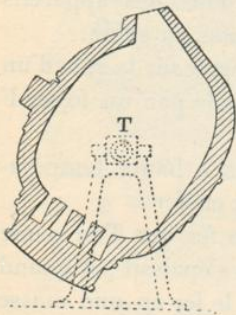


Fig. 251.

Quand la fonte est versée dans le Bessemer (qui en contient plusieurs tonnes), on lance l'air; cet air brûle le carbone, le silicium et le manganèse contenus dans la fonte et la chaleur de combustion maintient le tout liquide.

Comme on ne saurait s'arrêter exactement à la teneur en

carbone nécessaire pour avoir un acier déterminé, on décarbure complètement, puis on ajoute de la fonte en quantité suffisante pour avoir la proportion de carbone que l'on veut dans l'acier. On brasse un peu le mélange et on coule l'acier en renversant le Bessemer.

L'opération complète ne dure pas plus d'une demi-heure.

Acier Martin-Siemens. — Sur la sole S d'un four de forme spéciale (fig. 252), on met de la fonte souvent accom-

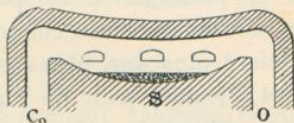


Fig. 252.

pagnée de déchets de fers (ribblons), parfois de minerais, et on fait arriver sur cette sole de l'air et de l'oxyde de carbone produit par les gazogènes.

Ces gaz, déjà échauffés quand ils arrivent au four, brûlent en donnant une forte chaleur ; il se produit une décarburation de la fonte, mais beaucoup plus lente que dans le Bessemer : il faut plusieurs heures pour la décarburation complète. On ajoute ensuite de la fonte ou des minerais divers ; on brasse le tout et on fait la coulée de l'acier.

Ce procédé, moins rapide que le Bessemer, permet d'arriver plus sûrement à la teneur en carbone désirée.

Utilisation des fontes, aciers et fers. — La fonte sert à fabriquer un grand nombre d'objets obtenus par moulage ; elle a le défaut d'être fragile et cassante.

Le fer pur est actuellement très peu employé (densité 7,7 à 7,8) ; le fer doux, c'est-à-dire contenant très peu de carbone, a la précieuse propriété de se forger et de se souder à lui-même par forgeage à une température suffisante. Le fer pur n'est plus guère fabriqué que pour les appareils

électriques (Dynamos) qui exigent des fers aussi doux que possible, ou pour des usages qui exigent une soudabilité très grande.

Les aciers comprennent sous ce nom une série de combinaisons de carbone et de fer qui, suivant leur proportion de carbone contenu, offrent des propriétés très différentes.

Les aciers extra-doux peu chargés en carbone ont remplacé le fer dans la plupart de ses applications. Viennent ensuite en augmentant la proportion de carbone : les aciers doux, mi-durs et durs.

L'acier présente la particularité de pouvoir prendre la trempe : chauffé à une température convenable et refroidi brusquement, il devient plus dur, plus cassant aussi. On le réchauffe légèrement (Recuit) pour lui faire perdre un peu de sa fragilité et on obtient un acier élastique moins fragile et ayant encore une grande dureté.

Il faut signaler aussi qu'à l'heure actuelle on fabrique des aciers contenant en outre du carbone, des métaux tels que le tungstène, le nickel, le chrome, etc. qui permettent d'obtenir des qualités de dureté et non fragilité impossibles à réaliser avec le carbone seul.

Pour différents usages, en tils, lames, le fer est couvert d'une couche superficielle de zinc ; on le fait pour cela passer dans un bain de zinc en fusion ; cette couche le protège contre l'oxydation et lui permet de séjourner indéfiniment dans l'air même humide. C'est le fer zingué ou galvanisé, comme on le dit souvent.

De même, les objets en fer battu, cuillers et ustensiles divers, sont passés dans un bain d'étain qui joue le même rôle : le fer ainsi recouvert constitue le fer-blanc.

Quand le fer doit être recouvert par un autre métal, on nettoie bien sa surface par un décapage, c'est-à-dire une immersion dans un acide. La surface décapée se prête mieux à l'adhérence de la couche que l'on veut y mettre.

§ II. — ZINC (Zn).

1. *Préparation.* — Les minerais de zinc sont le sulfure de zinc ou blende et le carbonate de zinc ou calamine; ces minerais (qu'on trouve en Sibérie, Belgique, Angleterre) sont grillés à l'air, ce qui les transforme en oxyde de zinc.

Cet oxyde est réduit par le charbon à haute température; le zinc distille et est condensé.

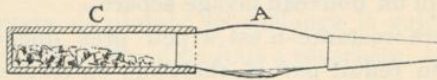


Fig. 253.

Une cornue C fortement chauffée contient le mélange d'oxyde et de charbon; une allonge A située hors du four termine la cornue; elle permet l'évacuation des gaz de la réaction et la condensation du zinc.

2. *Propriétés.* — Le zinc est un métal blanc bleuâtre, de densité 7 environ; il fond à 410° et distille à 1040° ; il se ternit à l'air humide par suite de la formation d'une couche d'oxyde ou de carbonate qui protège la partie sous-jacente du métal. C'est pour cette raison qu'il est employé à couvrir le fer qu'il protège de l'oxydation (fer zingué).

On fabrique des feuilles et des clous de zinc qui servent à couvrir les toitures: ces feuilles ne sont pas altérées par la rouille comme les tôles employées parfois au même usage.

L'oxyde de zinc ou blanc de zinc est un corps blanc qu'on prépare en oxydant par l'air la vapeur de zinc; celui-ci est chauffé et un courant d'air emporte les vapeurs qui se transforment en oxyde et se déposent dans des chambres ad hoc. Cet oxyde sert à préparer la peinture au zinc; celle-ci a l'avantage sur celle au plomb de n'être pas vénéneuse et de ne pas noircir sous l'influence des émanations sulfhydriques. Aussi la peinture au zinc tend-elle à remplacer de plus en plus celle à la céruse.

§ III. — ÉTAİN (Sn).

1. *Préparation.* — Le seul minerai exploité est la cassitérite ou bioxyde d'étain ; il est très abondant en Angleterre et en Saxe ; il est souvent mélangé à d'autres minerais, sulfures et arséniures de fer, cuivre, plomb.

On le broie (bocardage) et on le lave pour le séparer des gangues ; puis il est grillé : les sulfures se transforment en sulfate qu'un nouveau lavage sépare.

La matière restante n'est à peu près que du bioxyde d'étain qu'on réduit par le charbon ; en Angleterre, cette réduction est faite au four à reverbère, qu'on a vu à propos de la fonte du fer ; on mélange l'oxyde à du charbon et on coule l'étain après la réduction.

2. *Propriétés.* — L'étain est un métal blanc un peu jaunâtre, de densité 7,29 ; il est mou et malléable ; il fond à 228° et s'altère peu à l'air à la température ordinaire. Il est peu attaqué par les acides.

Toutes ces propriétés le rendent utile pour l'étamage des objets de cuisine ; le cuivre et le fer s'altéreraient rapidement, le cuivre en particulier pour donner des composés vénéneux. Aussi les recouvre-t-on d'une couche légère d'étain en les trempant dans le métal en fusion, après les avoir nettoyés et décapés en les frottant à chaud avec du sel ammoniac.

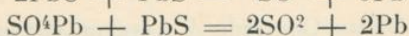
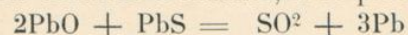
§ IV. — PLOMB (Pb).

1. *Extraction.* — Le plomb existe dans la nature, à l'état de sulfure (galène), de carbonate, de phosphate et d'arséniate.

Le carbonate est traité par chauffage avec du charbon ; il y a réduction et production de plomb à l'état métallique.

La galène est broyée et triée pour enlever la gangue ; si le minerai est riche, on opère par réaction ; s'il est impur on opère par réduction :

Méthode par réaction. — Le sulfure grillé donne de l'oxyde de plomb et du sulfate; si on cesse d'envoyer de l'air et si l'on continue à chauffer, il se produit les réactions :



L'opération est faite au four à réverbère.

Méthode de réduction. — Si la gangue est en trop grande quantité, il se formerait du silicate de plomb, qui entraînerait une perte de plomb; on mélange la galène avec des débris de fer sur la tôle d'un four à réverbère. Le soufre du sulfure de plomb se combine au fer pour former du sulfure de fer et le plomb est libéré.

Coupellation. — Le plomb contient fréquemment de l'argent qu'il faut isoler; on commence par faire fondre le plomb argentifère qu'on laisse refroidir lentement; il se dépose du plomb presque pur qu'on enlève et il reste un alliage riche en argent qu'on soumet à la coupellation.

On chauffe cet alliage fondu, et on envoie dessus un courant d'air, le plomb est oxydé, l'argent n'est pas altéré et reste à l'état métallique.

Les oxydes de plomb ainsi produits sont le plus souvent réduits par un traitement au charbon à l'état de plomb métallique.

2. *Propriétés.* — C'est un métal gris bleuâtre et brillant quand il est récemment coupé; sa densité est 11,4 environ. Il fond à 330°.

Il s'oxyde superficiellement seulement, ce qui explique son emploi fréquent pour faire des gouttières et des couvertures de maisons.

Chauffé à l'air, il forme la litharge PbO ; il existe aussi deux autres oxydes: le bioxyde de plomb PbO^2 ou oxyde puce à cause de sa couleur; le minium Pb^3O^4 de couleur rouge.

Le plomb pur est employé pour fabriquer des gouttières,

des tuyaux, etc. Il peut être malsain car les substances dissoutes dans l'eau peuvent former avec lui des sels de plomb vénéneux.

§ V. — COULEURS A BASE DE PLOMB.

La litharge sert à la fabrication des sels de plomb; sa couleur est jaune rougeâtre; en fondant de la litharge et du minium avec du sel marin on obtient le jaune minéral. Il en existe différentes variétés: jaune de Turner, de Cassel, de Paris, de Vérone.

Le minium s'obtient en mettant la litharge dans des caisses couvertes en tôle et soumises à une température inférieure à laquelle le plomb s'est oxydé.

Il est de couleur rouge et très employé; on l'utilise comme couche de fond pour couvrir le fer qui doit être peint; il le protège contre l'oxydation. Toutes les constructions métalliques, navires et charpentes à terre, en nécessitent de grandes quantités.

Le jaune de chrome très employé en peinture est un chromate de plomb.

La céruse ou blanc de plomb est un carbonate de plomb.

Le procédé hollandais de fabrication de la céruse consiste à exposer des lames de plomb, à la température de 35 à 40°, à l'action de l'air, de l'acide carbonique et des vapeurs de vinaigre; les lames de plomb roulées en spirale sont suspendues dans des vases contenant un peu de vinaigre; ces vases sont placés au milieu de fumier qui maintient le tout à la température convenable et dégage de l'anhydride carbonique; il se forme des écailles de céruse qu'on détache par battage des lames (travail très insalubre).

Le procédé de Clichy consiste dans la dissolution de la litharge dans l'acide acétique, puis la précipitation, par un courant de gaz carbonique, du carbonate.

La céruse forme une peinture blanche qui couvre très bien les surfaces. Tous ces sels de plomb pour servir de

peinture sont délayés dans l'huile et appliqués au pinceau; ils forment de très bonnes peintures, mais ont des défauts graves.

Avec des émanations sulfhydriques, comme il y en a souvent dans l'air, ils forment du sulfure PbS noir.

Mais ce qui est plus grave, ils sont très toxiques; ceux qui emploient ces sels de plomb en absorbent de petites quantités (par la respiration, par la peau) qui s'accumulent dans l'organisme et finissent par produire des troubles graves (coliques de plomb). On combat cette action (Saturnisme) par des mesures de propreté très minutieuses.

Aussi tend-on à remplacer les couleurs au plomb par d'autres moins nocives; la céruse par le blanc de zinc, le minium de plomb par le minium de fer (Fe_2O_3); mais ces couleurs ont une moins bonne tenue que celles au plomb qui sont encore fréquemment employées.

§ VI. — ALUMINIUM (Al).

1. *Extraction.* — L'aluminium existe dans la nature à l'état d'oxyde (alumine Al_2O_3) et de sels d'alumine (silicates); des gisements importants de cryolithe (fluorure d'aluminium) ont été découverts (Groenland) et permettent d'obtenir des sels d'aluminium très purs.

On soumet l'alumine et la cryolithe à la réduction par le charbon au four électrique; on obtient ainsi l'aluminium pur.

2. *Propriétés.* — L'aluminium est un métal blanc, très léger (densité 2,2), mais assez peu résistant. Il s'oxyde à l'air en formant de l'alumine.

On avait pensé pouvoir utiliser sa grande légèreté en matière de construction navale; mais, employé seul ou au voisinage des plaques de fer, il est attaqué par l'eau de mer avec une rapidité extraordinaire.

On a dû renoncer à son emploi dans tous les cas analogues (réservoirs d'eau, etc.).

Son usage à l'état pur n'a donc pas eu l'extension qu'on espérait et est actuellement limité à de petits objets.

§ VII. — CUIVRE.

1. *Extraction.* — Le cuivre existe à l'état d'oxyde de cuivre ou de carbonate, mais le plus fréquemment à l'état de sulfure double de cuivre et de fer ou pyrite cuivreuse.

Les oxydes et carbonates se traitent facilement, par réduction avec le charbon chauffé à température suffisante.

Les pyrites cuivreuses sont plus difficiles à traiter, puisqu'il faut éliminer le soufre et le fer; on opère par une série de grillages et de fusions.

Quand on grille la pyrite, une partie du soufre se transforme en anhydride sulfureux qui se dégage et une partie du métal passe à l'état d'oxyde; cette opération se fait au four à réverbère. Si l'on fond, également au four à réverbère, le produit résultant du grillage, il se produit des réactions: le cuivre, qui a plus d'affinité pour le soufre que le fer, passe à l'état de sulfure, et le fer s'oxydant plus facilement que le cuivre passe à l'état d'oxyde; il résulte donc du sulfure de cuivre et de l'oxyde de fer. Ce dernier avec la silice et la gangue donne un silicate de fer très fusible qui est éliminé sous forme de scories.

Le produit est appelé matte de bronze et contient plus de cuivre que le minerai primitif; on grille à nouveau, on fond et on obtient la matte blanche encore plus riche en cuivre.

On grille cette matte et on la fond au four à réverbère avec des minerais oxydés et exempts de sulfure; il y a réduction et production de cuivre brut.

Ce cuivre brut est affiné par l'air au four à réverbère; il y a formation d'oxyde qui passe en scorie avec la silice de la gangue.

Il reste encore un peu d'oxyde qui rend le cuivre cassant;

on le fond avec du charbon et on brasse la matière en fusion avec du bois vert ; tous ces artifices produisent une réduction de l'oxyde restant, et on obtient le cuivre pur.

Cuivre électrolytique. — Un procédé très répandu maintenant consiste à transformer le minerai en sels solubles (sulfate) de cuivre ; on les soumet à l'électrolyse et le cuivre pur se dépose à la cathode (cf. Physique) ; en faisant le dépôt sur des électrodes cylindriques, on obtient directement des tuyaux de cuivre rouge.

2. *Propriétés.* — Le cuivre est un métal rouge, de densité 8,8 à 8,9. Il fond vers 1150° ; chauffé à l'air, il donne de l'oxyde noir CuO . A l'air humide, il donne un carbonate hydraté qui constitue le vert de gris.

Les sels de cuivre sont fréquemment employés ; le sulfate de cuivre SO_4Cu , principalement.

Le cuivre métallique est employé pur pour fabriquer différents ustensiles ; alors il est fréquemment étamé. Le plus souvent il est employé à l'état d'alliages.

§ VIII. — ALLIAGES.

On appelle alliage le résultat de l'union de deux ou plusieurs métaux ; généralement on prépare les alliages en fondant dans un creuset des métaux divers, constitutifs de l'alliage, à l'abri de l'air s'ils sont oxydables, en couvrant la surface avec de la poussière de charbon.

La plupart des alliages ne possèdent pas un point de fusion bien déterminé ; si on fond ensemble deux ou plusieurs métaux et si on laisse le mélange refroidir lentement, on trouve un bloc qui ne présente pas la même composition en toutes ses parties ; la base du lingot est plus riche en certains éléments que le haut. C'est ce qu'on appelle la liquation.

Cependant certaines compositions d'alliages correspondent à un point de fusion bien déterminé et dans ce cas

le lingot est formé par un mélange particulièrement intime des constituants ; on dit que l'alliage est eutectique.

1. *Alliages de cuivre.* — Le cuivre allié au zinc constitue le laiton ou cuivre jaune, qui est utilisé dans un grand nombre de cas : fabrication de fils, d'aiguilles, de feuilles, d'appareils scientifiques, etc.

Le cuivre allié à l'étain constitue le bronze ; on l'emploie pour les cloches, les médailles ; anciennement il servait à faire les canons.

Le cuivre allié au zinc et au nickel forme le maillechort, alliage blanc, très lourd et peu altérable qui sert à fabriquer de nombreux objets ; souvent ces objets sont argentés superficiellement (couverts, théières à bon marché).

L'aluminium, peu employé seul, avons-nous dit, sert à fabriquer des bronzes d'aluminium moins altérables et plus résistants ; leur emploi s'est répandu depuis un certain nombre d'années pour fabriquer des boîtiers de montres, des cuillers, fils conducteurs pour lignes électriques, etc.

2. *Alliages de plomb.* — La fabrication du plomb de chasse se fait en alliant de l'arsenic (de 0,3 à 8 %) au plomb ; l'arsenic lui donne la propriété de former des gouttelettes bien sphériques ; le plomb fondu est passé à travers une sorte de passoire et tombe dans de l'eau.

On fabrique avec du plomb et de l'étain des alliages fusibles pour constituer la soudure des plombiers, les mesures d'étain, etc.

Avec de l'étain et du mercure, on arrive à fabriquer des alliages fondant au-dessous de 100° (alliage de Darcet) ; cette facilité de fusion est utilisée pour prendre des empreintes.

Les caractères d'imprimerie, qui doivent être durs et fusibles, sont faits avec du plomb (80 %) et de l'antimoine (20 %).

CHAPITRE II

Sels.

§ I. — DÉFINITIONS.

Un sel est le résultat de la combinaison d'un acide et d'une base. Quand on combine un acide et une base, on peut employer des proportions convenables de ces deux corps, de façon que les propriétés de l'un et l'autre sont neutralisées.

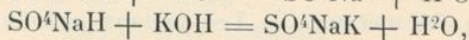
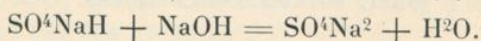
On appelle *sel neutre*, le sel où les atomes d'hydrogène de l'acide sont tous remplacés par un métal. Par exemple l'acide sulfurique SO^4H^2 contient deux atomes d'hydrogène qui peuvent être remplacés par deux atomes de potassium ou un atome de fer pour former des sels neutres :

SO^4K^2 Sulfate neutre de potassium ou sulfate de potassium.
 SO^4Fe Sulfate de fer.

On appelle *sel acide* celui où il subsiste un ou plusieurs atomes d'hydrogène non remplacés par un métal.

SO^4NaH Sulfate acide de sodium.

Le sel acide peut avec une base, la même que l'acide a déjà fixée ou une autre, donner un sel neutre :



sulfate double de potassium et de sodium.

§ II. — CRISTALLISATION.

En refroidissant lentement une solution d'un sel, il arrive un moment où le sel commence à précipiter (cf. Physique et l'exception due à la sursaturation).

On obtient ainsi le sel cristallisé.

Physique et chimie. — GILLE.

Si on recueille les cristaux de sels, on remarque que certains contiennent de l'eau ; cette eau peut être contenue entre les petits cristaux du sel : celui-ci crépite quand on le lance dans le feu, par suite de la vaporisation de cette eau qui produit la séparation brusque des cristaux. C'est de l'eau *d'interposition*.

D'autres sels contiennent de l'eau combinée avec eux et forment de véritables hydrates. Ainsi le sulfate de sodium peut donner des cristaux de sulfate anhydre SO_4Na^2 , et aussi deux hydrates $\text{SO}_4\text{Na} + 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{SO}_4\text{Na}^2 + 10\text{H}_2\text{O}$, qui sont des composés parfaitement définis. On est en réalité en présence de trois corps qui ont des courbes de solubilité différentes. C'est de l'eau *d'hydratation* ¹.

Certains sels cristallisés exposés à l'air peuvent, soit perdre l'eau qu'ils contiennent et tomber en poussière, et ils sont alors dits efflorescents. D'autres, au contraire, absorbent l'humidité et finissent par former une dissolution ; ils sont dits déliquescents.

Enfin, en calcinant certains sels, on expulse de l'eau, mais on obtient un autre sel ; c'est ainsi que nous avons vu, dans la préparation du phosphore, passer d'un phosphate à un autre par calcination. Cette eau est une *eau de constitution*. Elle ne préexiste pas dans le sel, qui contient seulement les éléments nécessaires à sa formation.

§ III. — ACTIONS CHIMIQUES.

1. *Action des métaux.* — Les métaux peuvent décomposer les dissolutions salines ; en général un métal déplace un autre moins oxydable. Une lame de zinc plongée dans une solution de sulfate de cuivre se couvre de cuivre et se transforme en sulfate de zinc ; il se forme en réalité un couple électrique Cu-Zn et il y a électrolyse de la solution (cf. Physique).

1. En faisant perdre cette eau à un sel on lui fait perdre sa forme cristalline.

2. Action des acides, bases et sels sur les sels.

Loi de Berthollet. — Quand, dans un mélange d'un sel avec un acide, une base ou un sel, il pourra résulter un composé plus volatil ou moins soluble que ceux qu'on mélange, ce composé se formera toujours.

Exemples. — Acide sulfurique et azotate de plomb :
 $\text{Pb}(\text{AzO}^3)^2 + \text{SO}^4\text{H}^2 = \text{SO}^4\text{Pb} + 2\text{AzO}^3\text{H}$; SO^4Pb insoluble.

Acide sulfurique et Carbonate de Soude :

$\text{CO}^3\text{Na}^2 + \text{SO}^4\text{H}^2 = \text{SO}^4\text{Na}^2 + \text{H}^2\text{O} + \text{CO}^2$; CO^2 gazeux.

Sulfate d'ammoniaque et Soude :

$\text{SO}^4(\text{AzH}^4)^2 + 2\text{NaOH} = \text{SO}^4\text{Na}^2 + 2\text{H}^2\text{O} + 2\text{AzH}^3$.

Sulfate de potasse et Azotate de plomb :

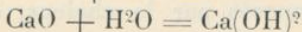
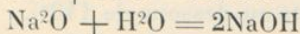
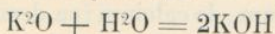
$\text{SO}^4\text{K}^2 + (\text{AzO}^3)^2\text{Pb} = 2\text{AzO}^3\text{K} + \text{SO}^4\text{Pb}$.

§ IV. — PRINCIPAUX GENRES DE SELS.

1. *Oxydes.* — Quoiqu'ils ne rentrent pas dans notre définition, nous en parlerons ici, car ils sont aussi importants que les sels proprement dits.

On en trouve une grande quantité dans la nature (Fer, Cuivre, etc.) ; ceux-là sont insolubles. Il n'y a de solubles dans l'eau que les oxydes des métaux alcalins (Potassium, Sodium) K^2O , Na^2O ; la chaux vive ou oxyde de calcium est un peu soluble (eau de chaux).

Ces corps K^2O , Na^2O , CaO sont très avides d'eau ; ils forment avec l'eau des hydrates :



Ces hydrates sont encore très avides d'eau et servent de desséchants.

2. *Sulfures.* — Les sulfures, à l'exception des métaux alcalins (K, Na) et alcalino-terreux (Calcium), sont insolubles dans l'eau ; sous l'action des acides, ils laissent dégager de l'acide sulfhydrique reconnaissable à son odeur.

3. *Chlorures. Bromures. Iodures.* — Les chlorures sont solubles dans l'eau, sauf quatre d'entre eux : chlorure d'argent, chlorure mercurieux, chlorure de plomb et chlorure cuivreux ; le chlorure d'argent très employé en photographie est soluble dans l'hyposulfite de sodium et dans l'ammoniaque.

Les bromures sont analogues ; ils sont solubles, sauf quatre correspondant aux chlorures insolubles.

Les iodures ont avec les chlorures et bromures de grandes analogies, mais présentent quelques différences ; l'iodure mercurique est insoluble ; l'iodure de plomb est jaune, l'iodure mercurieux vert, l'iodure mercurique rouge, alors que les chlorures correspondants sont blancs.

4. *Azotates.* — Ils sont insolubles dans l'eau, sauf de rares exceptions (Sous-azotate de bismuth). Chauffés avec de l'acide sulfurique et de la tournure de cuivre, ils laissent dégager des vapeurs nitreuses.

Jetés sur des charbons ardents, ils fument, car ils se décomposent et l'oxygène libéré active la combustion. Aussi sont-ils utilisés pour fabriquer les poudres.

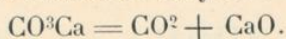
5. *Sulfites.* — Ils sont insolubles, sauf les sulfites alcalins ; les acides dégagent l'anhydride sulfureux gazeux (Loi de Berthollet). Les matières oxydantes les transforment en sulfates.

6. *Sulfates.* — Ils sont solubles, sauf ceux de baryum, de plomb, de strontium, de calcium (ce dernier est soluble en très petite quantité au-dessous de 140°).

Ils sont décomposés par la chaleur, sauf les sulfates alcalins, et ceux de baryum, calcium, plomb, strontium ; avec du charbon au rouge ils donnent des sulfures.

7. *Carbonates.* — Ils sont insolubles dans l'eau, sauf les carbonates des métaux alcalins et d'ammonium ; les carbonates de calcium et de baryum se dissolvent dans l'eau à l'aide d'un excès de gaz carbonique ; ils forment en réalité des carbonates acides solubles.

Quand on les traite par un acide, ils laissent tous dégager du gaz carbonique ; la chaleur les décompose, sauf les carbonates alcalins et celui de baryum :



(Préparation de la chaux.)

8. *Phosphates.* — Les phosphates, sauf ceux des métaux alcalins, sont insolubles dans l'eau ; il existe des phosphates correspondant aux divers acides ; les pyrophosphates sont généralement obtenus par calcination.

Les sels d'argent donnent avec les sulfates solubles un précipité caractéristique jaune de phosphate d'argent.
