



# Les métaux

### UNE STRUCTURE ATOMIQUE PARTICULIÈRE



Un métal est un élément dont la structure atomique est formée d'au moins quatre électrons sur sa couche la plus externe (électrons dits de valence). C'est donc un élément qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations (ions positifs) et des liaisons ioniques (dans le cas des métaux alcalins).

Les métaux correspondent à environ 75 éléments de la classification périodique de Mendeleïev. Dans le tableau périodique des éléments la diagonale partant du bore (symbole B) et allant jusqu'au polonium (symbole Po) sépare les éléments métalliques (en bas à gauche de la classification) des éléments non métalliques (en haut à droite). Les éléments placés sur cette ligne sont des métalloïdes. Le caractère métallique des éléments d'une même colonne augmente avec le nombre total d'électrons  $Z$  (c'est-à-dire lorsqu'on descend dans le tableau). Par exemple, le carbone-diamant ( $Z=6$ ) est un isolant, le silicium ( $Z=14$ ) est un semi-conducteur et l'étain ( $Z=50$ ) est un métal.

Les métaux sont solides à température ambiante et pression atmosphérique, à l'exception du mercure, du césium, du gallium et du rubidium. Du fait de leurs structures électroniques, ils sont donneurs d'électrons : de cet aspect découlent leurs propriétés physiques et chimiques. Les métaux sont de bons conducteurs de l'électricité et de la chaleur (cuivre et or en particulier). Ce sont des matériaux peu fragiles qui présentent de bonnes propriétés mécaniques. Ils sont opaques et brillants et sont plus lourds que la plupart des matériaux. La métallurgie est l'art d'extraire ces métaux à partir de leurs minerais, de les transformer et de les mettre en forme. Le cuivre, le plomb et l'étain furent les premiers métaux à être extraits à partir de leurs minerais. Les hauts fourneaux permettent la fabrication de fonte à partir de minerai de fer.

Dès leur découvertes les métaux trouvèrent de nombreuses applications et notamment au travers de l'art du métal : orfèvrerie, ferronnerie, bronzes d'art et d'ameublement, armurerie et bijouterie. Les principaux procédés de mise en forme sont alors la fonte

(le métal est chauffé au-dessus de son point de fusion puis coulé dans un moule) et le forgeage (le métal est chauffé à blanc pour être frappé et modelé au marteau). Le métier de forgeron, qui était autrefois l'une des premières méthodes de travail du métal, consiste à chauffer le métal au rouge dans le feu d'une forge puis à le mettre en forme à coups de marteau sur une enclume. Le forgeron est un peu le père de tous les métiers des métaux (chaudronnier, armurier ou maréchal ferrant par exemple). À partir d'un morceau de métal le forgeron le transformait à la demande en un outil, une arme, un bijou, un objet décoratif, etc.

### DÉCOUVERTE DES MÉTAUX

Les métaux ont joué un rôle important dans l'histoire des civilisations. Tous n'ont pas été découverts à la même époque. Ceux qui existent à l'état natif (c'est-à-dire à l'état non oxydé) sont connus depuis des millénaires. D'autres, extraits de minerais, sont plus récents. Certains métaux, comme le **fer météorique** par exemple,



furent trouvés à l'état natif dès la préhistoire. Les premiers textes mentionnant l'existence du fer datent d'environ 3500 ans avant Jésus-Christ. Au néolithique, l'or, l'argent ou encore le cuivre étaient exploités. L'étain fut exploité dès l'antiquité dans les mines à ciel ouvert (les plus anciens objets en étain ont été trouvés en Égypte et datent de 1850 av. J.-C.). Le premier métal travaillé fut le cuivre natif. En le chauffant, on s'aperçut qu'il était plus facile de le travailler, puis de le couler dans un moule : ce fut le début de l'âge de cuivre vers -4000. Puis ce fut l'âge de bronze (de -2500 à -1000) avec les premiers alliages de cuivre et d'étain et enfin l'âge de fer à partir de -1000.

### STRUCTURE

Les métaux sont en général des solides cristallins. Ce sont des structures très compactes qui cristallisent dans trois types de réseaux cristallographiques : la structure dite cubique faces centrées (cfc), la structure hexagonale

compacte (hc) et le réseau cubique centré (cc). Dans le modèle du réseau cubique faces centrées, la structure est constituée par un empilement de cubes dont tous les sommets et tous les centres des faces sont occupés par un atome. La structure hexagonale compacte est voisine de la structure cfc, la seule différence résidant dans la manière dont les couches d'atomes sont empilées. Dans le modèle du réseau cubique centré la structure est constituée par un empilement de cubes dont tous les sommets et tous les centres des cubes sont occupés par un atome. L'aluminium, le cuivre, le fer et le nickel par exemple cristallisent dans un réseau cubique faces centrées, le manganèse, le titane et le zinc selon une structure hexagonale compacte et le chrome dans le réseau cubique centré.

### PROPRIÉTÉS

Une des caractéristiques qui vient à l'esprit lorsqu'on parle des métaux est leur capacité à conduire l'électricité. Le courant électrique peut être dû à des électrons ou à des ions qui se déplacent. Cependant la taille des ions est gigantesque par rapport à celle des électrons et de ce fait la mobilité des électrons est très supérieure à celles des ions. Il en résulte que seuls les matériaux qui ont des « électrons libres » sont de bons conducteurs de l'électricité. C'est donc le cas des métaux pour lesquels les électrons des couches atomiques les plus externes peuvent échapper à l'attraction de l'atome auquel ils appartiennent : ces électrons sont dits délocalisés dans tout le matériau. Lorsque ces électrons délocalisés sont soumis à un champ électrique ils se mettent en mouvement à l'intérieur du solide qui est alors le siège d'un courant électrique.

Outre leur bonne conductivité, les métaux présentent d'autres propriétés remarquables. Ce sont de bons conducteurs de la chaleur. Quelques métaux (comme le fer, le nickel et le cobalt) possèdent également des propriétés magnétiques remarquables comme le ferromagnétisme. En les combinant entre eux on peut réaliser des aimants puissants. D'un point de vue mécanique, les métaux peuvent subir des déformations plastiques par glissement de leurs plans atomiques : ils sont malléables et ductiles (on peut les déformer en les étirant ou les martelant). D'un point de vue optique ce sont d'excellents réflecteurs de la lumière. À de très rares exceptions près, les métaux sont sujets à la corrosion. On entend par **corrosion** l'altération d'un matériau par réaction avec un agent oxydant (en général le dioxygène  $O_2$  et l'ions  $H^+$ ).



Seul les métaux nobles (or, platine, iridium, osmium, ruthénium, rhodium, palladium et argent) sont naturellement à l'état natif. Les autres métaux présents sur terre sont sous forme d'oxydes dans des minerais. Ces oxydes sont réduits dans des hauts-fourneaux pour fabriquer le métal pur. La corrosion n'est donc qu'un retour à l'état naturel. C'est une réaction d'oxydo-réduction entre le métal et son environnement qui mène à la formation de divers oxydes qui peuvent être non protecteurs ou au contraire modérément protecteurs (on parle alors de passivation).

### QUELQUES MÉTAUX PARTICULIERS

Les principaux métaux industriels sont l'or, l'aluminium, l'argent, le chrome, le cobalt, le cuivre, l'étain, le fer, le nickel, le molybdène, le platine, le plomb, le titane, le zinc, etc. Du fait de leur rareté et de leur inaltérabilité, l'or, l'argent et le platine sont des métaux précieux. Ils sont utilisés en bijouterie mais pas exclusivement car ils peuvent être utilisés pour d'autres applications.

#### L'OR : SYMBOLE Au

L'or a un point de fusion à 1063 °C. C'est le plus malléable et le plus



ductile de tous les métaux. Il est caractérisé par une absence de corrosion atmosphérique et une faible réactivité chimique. Connus depuis l'Antiquité, il fut l'un des premiers métaux travaillés par l'homme. Les premières découvertes en grandes quantités remontent au  $IV^e$  siècle. L'or est largement dispersé à l'état naturel (soit sous forme pure soit à l'état d'alliage avec l'argent et le tellure) mais toujours en proportion trop faible pour être exploité de façon moderne. Les gisements sont constitués des roches dans lesquelles l'or est disséminé (les filons aurifères) et des dépôts alluviaux (appelés placers) provenant de leur érosion : l'or se trouve alors sous forme de pépites. L'Afrique du sud et la Russie sont parmi les plus gros producteurs.

### Des métaux dans l'histoire

#### Préhistoire

Certains métaux, comme le fer météorique, furent trouvés dès la préhistoire.

#### Néolithique

L'or, l'argent ou encore le cuivre étaient exploités au Néolithique.

#### 1825

Découverte de l'aluminium par *Ersted*.

#### 1870

Découverte du chrome par *Vauquelin*.

#### Saturnisme

Le plomb est responsable du saturnisme.

#### 4

Quatre métaux sont liquides à température ambiante : le mercure, le césium, le gallium et le rubidium.

#### L'or



Le métal le plus malléable

### Réseau cubique centré (à gauche) et réseau cubique faces centrées (à droite)



