

## Introduction

L'évolution spectaculaire de la diversité et des performances des matériaux est due à une compréhension et à une maîtrise de plus en plus fines de leur structure, ainsi les objets qui nous entourent, que nous manipulons quotidiennement, sont tous constitués d'une matière choisie pour sa bonne adaptation à la fonction de l'objet en question et au procédé utilisé pour conférer à l'objet la forme souhaitée. La diversification des matériaux est également liée à une spécialisation de plus en plus grande, qui repousse toujours plus loin les limites de mise en œuvre et d'utilisation finale de ces matériaux. Ces structures ne sont cependant presque jamais parfaites, et les défauts qui s'y trouvent régissent une grande partie des propriétés des matériaux. La notion de matériau est donc rigoureusement indissociable de l'intérêt que peut présenter la substance en question pour l'obtention d'un objet fini.

Les photos ci-dessous montrent que les matériaux définissent le niveau de développement de notre civilisation :



**Fig I.1 : outils de l'age de pierre**

ce qui nous pousse à dire qu'un matériau est la forme marchande d'une matière première choisie en raison de propriétés d'usage spécifiques et mise en œuvre par des techniques appropriées pour l'obtention d'un objet de géométrie donnée à fonction prémeditée.

Les propriétés d'usage des matériaux ont essentiellement deux origines :

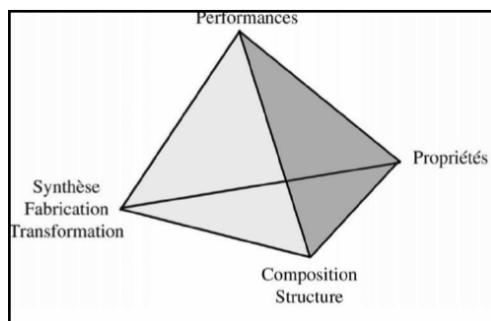
- leur composition chimique (nature des espèces atomiques qui les constituent);
- leur microstructure (organisation des atomes constitutifs).

## I.1. Science des matériaux

La connaissance approfondie des notions des propriétés des matériaux et le développement accélérer des sciences d'ingénieries l'on sollicité dans des domaines complexes d'industrie. On parle en général du comportement des matériaux pendant la fabrication ou la mise en forme (la coulabilité, la déformabilité...).

La science des matériaux est fondée sur la compréhension et les connaissances de base de chimie et la physique, et à celles de l'ingénieur (mécanicien, électricien, du génie civil) du côté des applications et des procédés de fabrication.

La science et le génie des matériaux comportent quatre pôles principaux: synthèse, fabrication et transformation; composition et structure; propriétés et performances. Ces quatre pôles sont liés comme ulster dans la (**Figure 1**). Les différents comportements (à la fabrication comme à l'utilisation) ainsi que les facteurs économiques qui y sont associés caractérisent la performance d'un matériau.



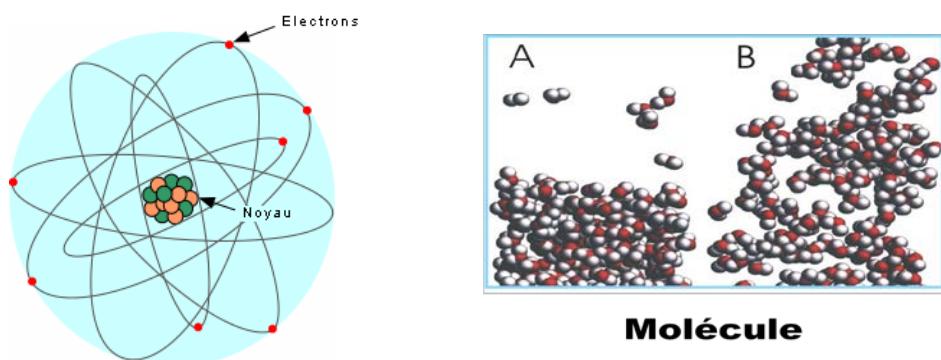
**Fig I.2 :** Les quatre pôles de base de la science et du génie des matériaux

Les matériaux de nos civilisations ont d'abord été ceux de notre environnement, utilisés après des transformations plus ou moins élaborées, cette transformation a un but c'est de mettre en forme le matériau élaboré et d'en préparer un objet fini caractérisé par son comportement. Le bois pour construire des maisons et élaborer des outils ou des meubles, les plantes textiles ou la laine des animaux pour fabriquer des vêtements, la pierre et les « minéraux » pour fabriquer des abris, des outils ou des armes plus solides. Il est essentiel de maîtriser la structure et la composition du matériau et il faut par conséquent posséder une série de techniques d'analyse très sophistiquées.

## I.2. Les classes des matériaux

La *matière* dont est formé le monde qui nous entoure est composée de particules discrètes nommées "atomes" qui elles aussi sont formées par des particules élémentaires submicroscopiques (nucléons et électrons). Parmi celles-ci, ce sont surtout les *électrons périphériques* qui jouent un rôle important pour l'étude des propriétés des matériaux.

Les interactions entre les électrons périphériques sont à l'origine des forces de *liaisons interatomiques et intermoléculaires* qui conduisent à la formation d'un état condensé rigide appelé solide.



Le tableau périodique des éléments, également appelé tableau de Mendeleev, représente tous les éléments chimiques, ordonnés par numéro atomique croissant et organisés en fonction de leur configuration électronique, laquelle sous-tend leurs propriétés chimiques. Son invention est généralement attribuée au chimiste russe Dmitri Mendeleev, qui construisit en 1869 tous les éléments chimiques connus de l'époque, et indique à la fois leur masse atomique ainsi que quelques autres propriétés. Le scientifique décida de classer les éléments par masse atomique croissante, tout en les rassemblant par groupes d'éléments ayant les propriétés communes, et même de pouvoir prédire les propriétés de ces éléments alors inconnus. Le tableau périodique a connu de nombreux réajustements depuis lors jusqu'à prendre la forme que nous connaissons aujourd'hui, et est devenu un référentiel universel auquel peuvent être rapportés tous les types de comportements physique et chimique des éléments. En février 2010, sa forme standard comportait 118 éléments, allant de  $^1\text{H}$  à  $^{118}\text{Uuo}$ .

Tableau périodique des éléments																							
1 IA	2 II A																						
3 IA	4 II A																						
5 IA	6 II A																						
7 IA	8 II A																						
19 IA	20 II A	21 Scandium	22 Titanium	23 Vanadium	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Aluminium	32 Gallium	33 Germanium	34 Arsenic	35 Bromé	36 Krypton						
4 IA	5 K	6 Ca	7 Scandium	8 Titane	9 Vanadium	10 Manganèse	11 Fer	12 Cobalt	13 Nickel	14 Copper	15 Zinc	16 Silicium	17 Phosphore	18 Sélénium	19 Bromé	20 Krypton	21 Rétin						
37 IA	38 Rb	39 Sr	40 Yttrium	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 Iode	54 Xénon						
55 IA	56 Cs	57 La	58 Lanthane	59 Hafnium	60 Tantal	61 Protactinium	62 Néodyme	63 Prométhium	64 Samarium	65 Europium	66 Gadolinium	67 Terbium	68 Dysprosium	69 Holmium	70 Thulium	71 Ytterbium	72 Lutécium						
6 IA	7 Fr	8 Ra	9 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Nh	113 Fl	114 Tl	115 Pb	116 Bi	117 Po	118 At	119 Rn				
<b>Éléments artificiels</b>																							
* Signifie élément radioactif (instable)																							
Métaux		Métaux de transition		Néon		Gaz rares et inertes																	
Principaux nombres d'oxydation: (Le plus fréquent est en gras)  Nom: <b>C</b> Symbole de l'élément: <b>C</b> Masse atomique: <b>12,01</b> Electronégativité: <b>2,20</b> (2c): deux électrons célibataires (2p): trois paires d'électrons																							
13 III A																							
14 IV A																							
15 VA																							
16 VI A																							
17 VII A																							
18 VIII A																							

### I.2.1. Les différentes classes des matériaux:

De nombreuses propriétés physico-chimiques et propriétés d'usage des matériaux sont étroitement liées à la nature des liaisons chimiques entre les atomes qui les constituent. C'est sur cette base qu'est établie l'origine naturelle ou artificielle pour en faire la distinction entre les principales classes de matériaux.

**a) Les matériaux métalliques:** Ce sont des métaux purs ou des alliages de métaux (mélanges), comportant essentiellement des **liaisons métalliques**. (Fer, acier, aluminium, cuivre, bronze, fonte, etc.)

**b) Les matériaux organiques:** Ce sont des matériaux d'origine animale, végétale ou synthétiques, comportant des liaisons covalentes et des liaisons faibles (bois, coton, laine, papier, carton, matière plastique, caoutchouc, cuir, etc.)

**c) Les matériaux minéraux:** Ce sont des roches, des céramiques ou des verres, comportant des liaisons ioniques et/ou des liaisons covalentes. (Céramique, porcelaine, pierre, plâtre, verre, etc.)

**d) Les matériaux composites:** Ce sont des assemblages d'au moins deux matériaux non miscibles (fibres de verre, fibres de carbone, contreplaqué, béton, béton armé, kevlar, etc.)

**I.2.2. Propriétés principales de différentes classes des matériaux :**

Les propriétés physico-chimiques et les diverses propriétés d'usage des matériaux sont basées essentiellement sur la nature des atomes et des liaisons chimiques qui constituent le matériau : masse volumique, stabilité mécanique et thermique, température de fusion, souplesse ou rigidité élastique, fragilité ou ductilité, conductivité électrique et thermique, propriétés magnétiques... Certaines de ces propriétés sont sensibles à la structure suivant laquelle les atomes sont disposés et organisés: rigidité plastique, dureté, ductilité, ténacité...

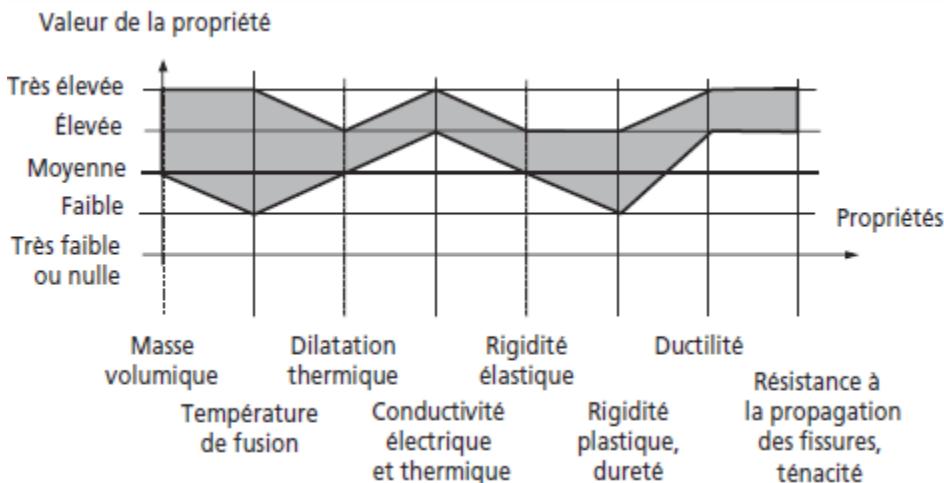
**a) Matériaux Métalliques :**

Les métaux et leurs alliages sont tous de nature cristalline. Deux propriétés majeures en découlent :

- La ductilité de la plupart des métaux. Cette capacité de déformation plastique est à l'origine du grand succès technique des métaux pour produire facilement des objets de forme complexe, en utilisant de très nombreux procédés de mise en forme fondés sur la déformation plastique, comme le laminage, le tréfilage, l'extrusion, le forgeage, le matriçage, etc..
- Les métaux ductiles sont très tenaces, certains énormément. La ténacité est l'énergie nécessaire pour obtenir le déchirement d'une pièce. Cette propriété est essentielle pour garantir le meilleur comportement lors d'une surcharge. Une ténacité élevée est donc le gage de la sûreté de fonctionnement de nombreux systèmes et se trouve souvent citée en numéro 1 dans un cahier des charges.

Pour les raisons exposées ci-dessus, et pour d'autres encore, les métaux sont donc les matériaux les plus performants et leurs applications sont innombrables.

On trouve parmi eux la famille géante des aciers qui sont, économiquement, les matériaux les plus importants du monde.



**Fig I.3:** Propriétés Physiques des Matériaux Métalliques

### b) Matériaux Organiques :

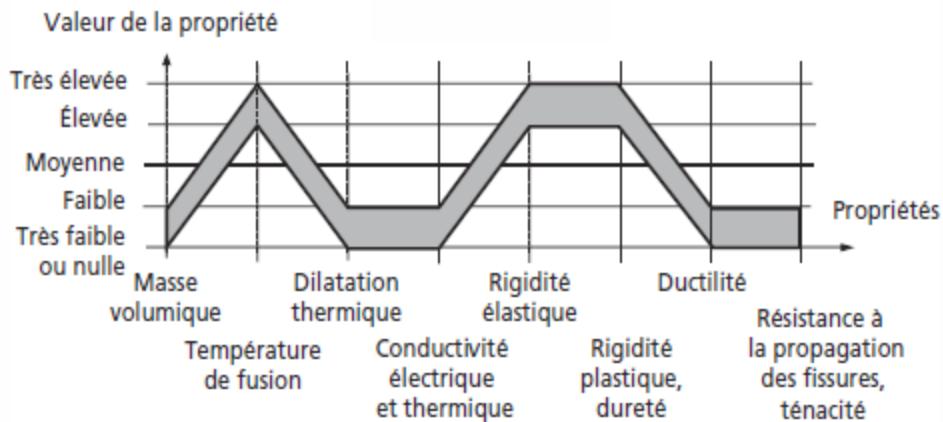
Les matériaux organiques sont devenus des acteurs incontournables du panorama de l'optoélectronique moderne. Même s'ils se caractérisent par une faible conductivité électrique et thermique et une très faible rigidité plastique, leur utilisation nous a permis d'accéder à des fonctions totalement inaccessibles aux dispositifs inorganiques, et ce souvent à un coût très réduit et avec une facilité de fabrication appréciable. Il est maintenant possible de décliner tous les composants classiques en version « organique » : diode émettrice de lumière, **laser**, mais aussi transistors, **capteurs**, cellules photovoltaïques, éléments non linéaires, etc. À chaque fois, les propriétés sont différentes et souvent complémentaires de celles présentées par les composants inorganiques. Un tel exemple technologique démontré en 2008 est un laser organique pompé par une LED inorganique : un tel dispositif à la fois bas coût et très compact n'a pas d'équivalent dans le monde inorganique.

### c) Matériaux Minéraux:

Parmi les propriétés les plus importantes pour ces matériaux on cite : la morphologie, la dureté, la cassure, le clivage, la couleur, la trace, la transparence, l'éclat, la densité, la solubilité, l'effervescence, le magnétisme, la conductivité électrique et la radioactivité.

Les minéralogistes ont une échelle relative de dureté, l'échelle de Mohs, qui utilise dix minéraux, classés du plus tendre au plus dur. L'échelle de Mohs comporte dix degrés, 1 à 10, dans l'ordre de dureté croissante: Talc, Gypse, Calcite, Fluorine, Apatite, Orthose, Quartz, Topaze, Corindon, Diamant. Pour classer les minéraux simplement, on utilise une échelle

comparative composée d'outils facilement disponibles que l'on peut rayer en fonction de la dureté (d): ongle d>2, cuivre d>3, couteau d>5, plaque de verre d>6.



**Fig I.5:** Propriétés Physiques des Matériaux Minéraux

#### d) Matériaux composites:

Un matériau composite peut être défini comme l'assemblage de deux ou plusieurs matériaux , dont les propriétés sont intermédiaires entre les propriétés des matériaux qui les constituent. Parfois cependant, certaines **propriétés émergentes** (propriétés résultant de l'ensemble de la structure et des constituants du matériau, peuvent prendre des valeurs inattendues).