

---

## Généralités

### Introduction

Les matériaux jouent un rôle déterminant dans toutes les mutations technologiques. Quelle que soit sa spécialité, l'ingénieur ne peut ni concevoir, ni construire de nouveaux objets sans tenir compte des propriétés des matériaux qu'il utilise. C'est en général le comportement des matériaux qui limite les performances des machines et des équipements. Les propriétés des matériaux sont définies par la nature des liaisons chimiques, l'arrangement atomique et la microstructure. En plus de leur comportement, l'utilisation des matériaux dépend également de leur disponibilité, de leur coût, de leurs méthodes de synthèse et de fabrication. L'emploi des matériaux est aussi conditionné par les méthodes de transformation, leur facilité de mise en forme et leur compatibilité avec l'environnement.

#### 1. Définition d'un matériau

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 préméditée.

#### 2. Structure des matériaux

Les matériaux sont classés suivant différents critères comme par exemple leur composition, leur structure ou leurs propriétés. La classification périodique des éléments chimiques peut être examinée à l'aide du tableau de Mendeleïev. La majeure partie des éléments (à gauche et au centre du tableau) sont des métaux (environ 70). La partie droite du tableau est occupée par les non-métaux, comme l'oxygène. Dans le domaine intermédiaire entre les métaux et les non-métaux, on trouve un certain nombre d'éléments comme le carbone et le silicium (semi-conducteur) qui s'échappent à cette classification simple, ils sont appelés les métalloïdes.

1	<b>H</b> 1,01																	2	<b>He</b> 4,003						
2	<b>Li</b> 6,94	<b>Be</b> 9,01											<i>B</i> 10,81	<i>C</i> 12,01	<i>N</i> 14,01	<i>O</i> 16,00	<i>F</i> 19,00	<i>Ne</i> 20,18							
3	<b>Na</b> 23,00	<b>Mg</b> 24,31											<i>Al</i> 26,98	<i>Si</i> 28,09	<i>P</i> 30,97	<i>S</i> 32,06	<i>Cl</i> 35,45	<i>Ar</i> 39,95							
4	<b>K</b> 39,10	<b>Ca</b> 40,08	<i>Sc</i> 44,96	<i>Ti</i> 47,90	<i>V</i> 50,94	<b>Cr</b> 52,00	<i>Mn</i> 54,94	<b>Fe</b> 55,85	<i>Co</i> 58,93	<i>Ni</i> 58,71	<b>Cu</b> 63,54	<b>Zn</b> 65,37	<i>Ga</i> 69,72	<b>Ge</b> 72,59	<i>As</i> 74,92	<i>Se</i> 78,96	<i>Br</i> 79,91	<i>Kr</i> 83,80							
5	<b>Rb</b> 85,47	<b>Sr</b> 87,62	<i>Y</i> 88,91	<i>Zr</i> 91,22	<i>Nb</i> 92,91	<b>Mo</b> 95,94	<i>Tc</i> (99)	<b>Ru</b> 101,1	<i>Rh</i> 102,9	<i>Pd</i> 106,4	<b>Ag</b> 107,9	<i>Cd</i> 112,4	<b>In</b> 114,8	<b>Sn</b> 118,7	<i>Sb</i> 121,8	<i>Te</i> 126,6	<i>I</i> 126,9	<i>Xe</i> 131,3							
6	<b>Cs</b> 132,9	<b>Ba</b> 137,3	<i>La</i> 138,9	<i>Hf</i> 178,5	<i>Ta</i> 180,9	<i>W</i> 183,8	<b>Re</b> 186,2	<i>Os</i> 190,2	<i>Ir</i> 192,2	<i>Pt</i> 195,1	<b>Au</b> 197,0	<b>Hg</b> 200,6	<i>Tl</i> 204,4	<b>Pb</b> 207,2	<i>Bi</i> 209,0	<i>Po</i> (209)	<i>At</i> (210)	<i>Rn</i> (222)							
7	<b>Fr</b> (223)	<b>Ra</b> (226)	<i>Ac</i> (227)																						
6												<b>Ce</b> 140,1	<b>Pr</b> 140,9	<b>Nd</b> 144,2	<i>Pm</i> (147)	<b>Sm</b> 150,4	<b>Eu</b> 152,0	<b>Gd</b> 157,3	<b>Tb</b> 158,9	<b>Dy</b> 162,5	<b>Ho</b> 164,9	<b>Er</b> 167,3	<b>Tm</b> 168,9	<b>Yb</b> 173,0	<b>Lu</b> 175,0
7												<b>Th</b> 223,0	<b>Pa</b> (231)	<b>U</b> 238,0	<b>Np</b> (237)	<b>Pu</b> (242)	<b>Am</b> (243)	<b>Cm</b> (247)	<b>Bk</b> (249)	<b>Cf</b> (251)	<b>Es</b> (254)	<b>Fm</b> (253)	<b>Md</b> (256)	<b>No</b> (245)	<b>Lw</b> (256)

Tableau périodique des éléments avec indication de la masse atomique (tableau de Mendeleïev). Les métaux sont indiqués en caractère romain gras et les non-métaux en caractère romain maigre. Il existe un certain nombre d'éléments comme le bore, le silicium,... qui possèdent un comportement intermédiaire. Ces éléments sont notés en italique maigre.

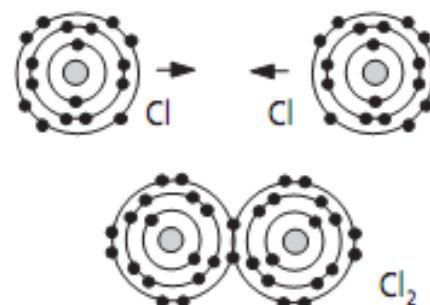
### 3. Liaisons chimiques

#### 3.1. Liaisons fortes

##### 3.1.1. Liaison covalente

La liaison covalente est assurée par la mise en commun de deux électrons pour compléter la couche externe de chaque atome. Elle apparaît entre deux atomes de non-métaux (liaison assurée par des électrons de la bande de valence).

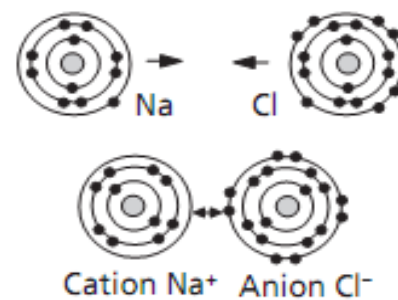
Exemple: la molécule de dichlore Cl<sub>2</sub>



### 3.1.2. Liaison ionique

Liaison ionique est assurée par le transfert d'un électron d'un atome à l'autre. Elle apparaît entre un atome d'un métal et un atome d'un non-métal. Après leur liaison, les deux atomes deviennent des ions chargés électriquement.

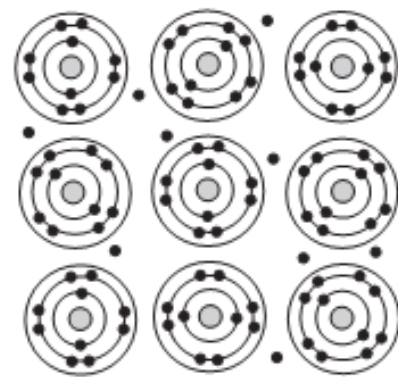
Exemple: le chlorure de sodium NaCl.



### 3.1.3. Liaison métallique

Liaison métallique est assurée par la mise en commun d'électrons de la couche périphérique, i.e. la liaison est assurée par les électrons de la bande de conduction. Les électrons de la liaison métallique sont mobiles et disponibles pour assurer la circulation éventuelle d'un courant électrique.

Exemple. Cristal de sodium Na.



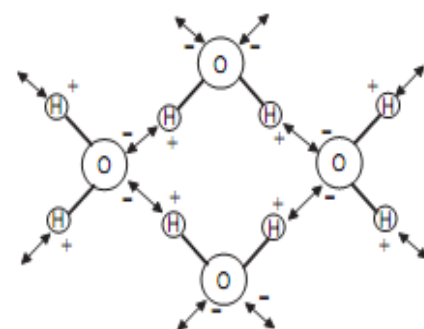
### 3.2. Liaisons faibles ou liaisons secondaires

Ce sont de simples attractions électrostatiques entre charges électriques de signes opposés. Elles apparaissent entre les pôles + et - de molécules à répartitions de charges inhomogènes ou polarisables. Elles agissent à plus longue distance, mais avec une intensité plus faible que les liaisons fortes.

Exemple:

Liaisons de Van der Waals entre macromolécules dans un polymère.

Liaisons-hydrogène entre molécules d'eau HO<sub>2</sub> dans la glace (schéma ci-dessus).



#### 4. Classes de matériaux

Suivant la nature des liaisons et sur les structures atomiques, on peut classer les matériaux en trois grandes classes.

- **Matériaux métalliques:** ce sont les métaux purs et leurs mélanges, ou alliages, comportant essentiellement des liaisons métalliques. Ils sont ordinairement très bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité et opaques à la lumière visible qu'ils réfléchissent. Ils sont le plus souvent durs, rigides et déformables plastiquement.
- **Matériaux organiques:** ce sont les matériaux d'origine biologique, les polymères et élastomères de synthèse, comportant des liaisons covalentes et des liaisons faibles.
- **Matériaux minéraux:** Ce sont les roches, oxydes, verres minéraux, céramiques comportant des liaisons ioniques et/ou des liaisons covalentes.
- **Matériaux composites:** ils associent de manière structurée à fine échelle des matériaux différents, appartenant éventuellement à des classes différentes parmi les trois précédentes.

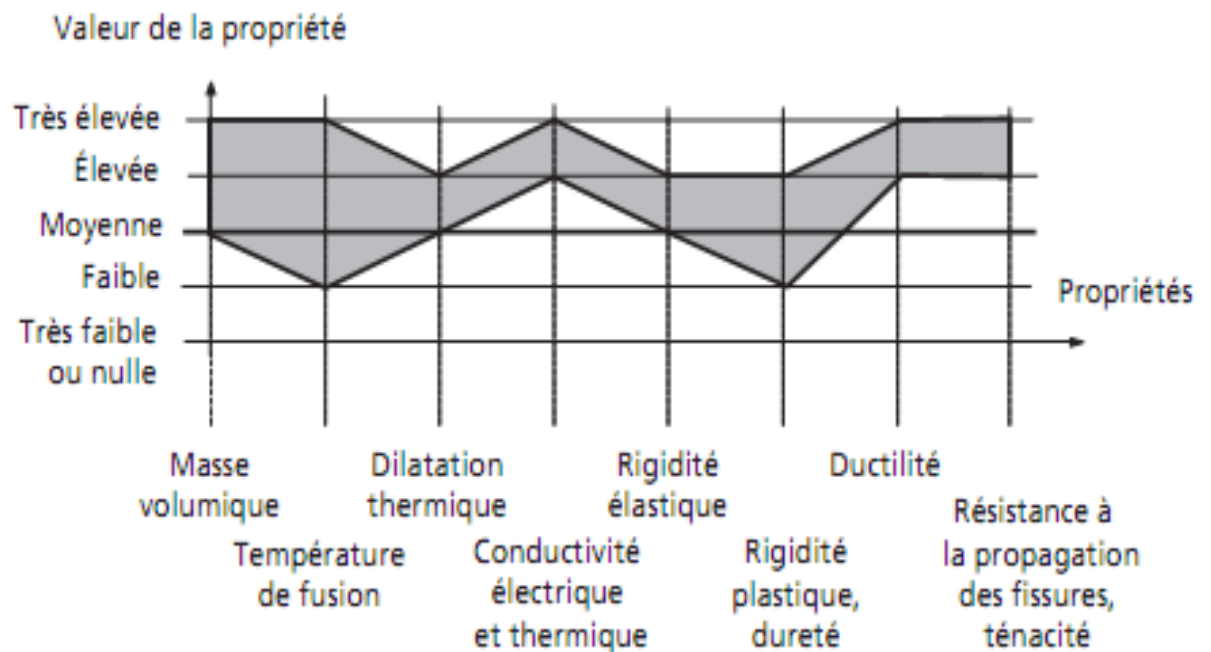
#### 5. Propriétés des matériaux

Un matériau possède un ensemble de propriétés qui détermine son comportement. On caractérise une propriété d'un matériau en analysant la réaction du matériau à une sollicitation extérieure. On détermine en général une propriété à l'aide d'un essai normalisé. Selon le type de sollicitations extérieures, on distingue trois catégories de propriétés:

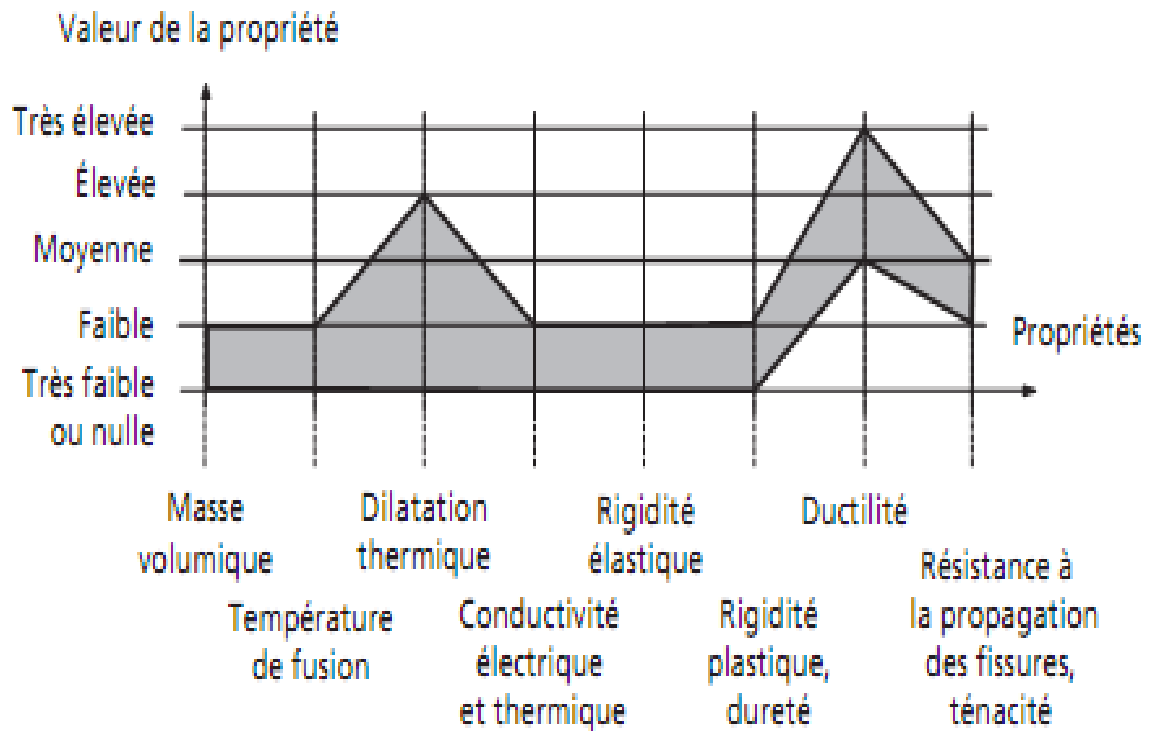
- Les propriétés mécaniques qui reflètent le comportement des matériaux déformés par un ensemble de forces.
- Les propriétés physiques qui mesurent le comportement des matériaux soumis à l'action de la température, des champs électriques ou magnétiques ou de la lumière.
- Les propriétés chimiques qui caractérisent le comportement des matériaux dans un environnement réactif.

Certaines propriétés dérivent directement de l'arrangement des atomes et de la nature des liaisons. C'est le cas de l'opacité des métaux, de la transparence des verres ou de l'extensibilité des caoutchoucs. D'autres propriétés des matériaux sont fortement dépendantes de leur **microstructure** (organisation des atomes constitutifs) qui est composée de grains ou de particules de taille microscopique, dotés d'une morphologie déterminée.

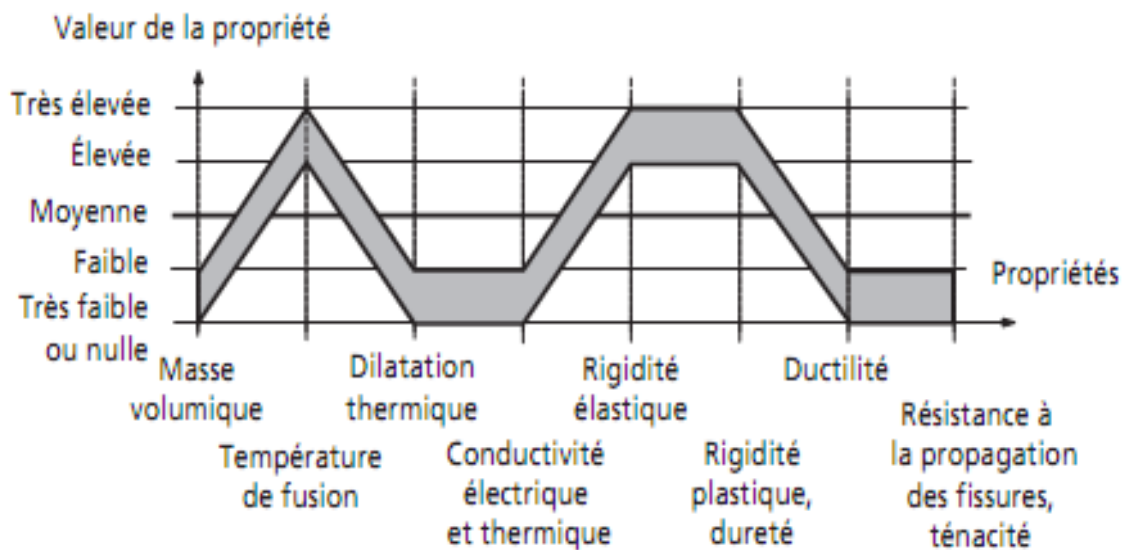
### 5.1. Propriétés des matériaux métalliques



### 5.2. Propriétés des matériaux organiques



### 5.3. Propriétés des matériaux minéraux



## 6. Choix du matériau

Il est primordial de choisir les matériaux les mieux adaptés aux applications envisagées. Les critères de choix doivent prendre en compte les facteurs suivants:

- Déterminer les modes de mise en charge, les températures ainsi que les conditions générales d'utilisation.
- Comportement intrinsèque des matériaux: résistance à la rupture, à l'usure, à la corrosion, conductibilité, etc.
- Comportement des matériaux durant leur fabrication et leur transformation.
- Comportement des matériaux vis-à-vis de l'environnement.
- Prix de revient des diverses solutions envisageables.
- Possibilités de recyclage ou d'élimination par incinération avec récupération d'énergie.