

II. Classification des matériaux

II.1 Définition

La matière dont est formé le monde qui nous entoure est composée de particules discrètes, ayant une taille submicroscopique, dont les lois de comportement sont décrites par les théories atomiques. Les états d'organisation de la matière sont très variés depuis le désordre complet des atomes ou des molécules d'un gaz sous faible pression jusqu'à l'ordre quasi parfait des atomes dans un monocristal.

Nous définissons les matériaux comme les solides utilisés par l'homme pour la fabrication d'objets qui constituent le support de son cadre de vie. En effet, aucun objet ne peut être réalisé sans matériaux. Tous les secteurs de l'activité humaine dépendent des matériaux, de la fabrication d'un circuit intégré à l'édification d'un barrage hydroélectrique. Ils apparaissent dans notre corps pour renforcer ou se substituer à nos biomatériaux endommagés. Les matériaux sont aussi indispensables à notre société que la nourriture, l'énergie et l'information. On a trop souvent tendance à oublier leur rôle essentiel.

II.2 Les trois classes de matériaux

Les matériaux sont classés suivant différents critères comme par exemple leur composition, leur structure ou leurs propriétés. Nous faisons la distinction entre trois grands groupes de matériaux Figure II.1. Cette classification est basée sur la nature des liaisons et sur les structures atomiques :

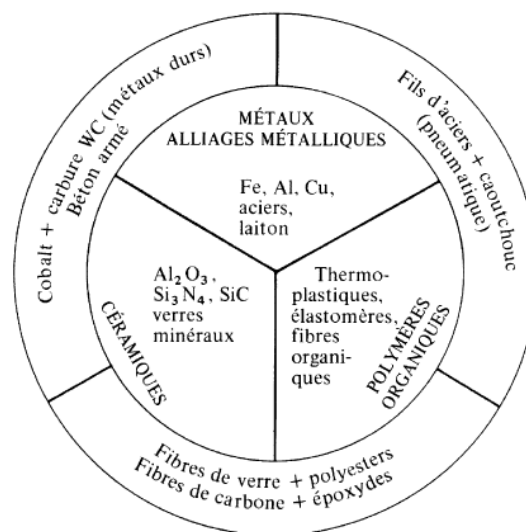


Figure II.1 : Les trois classes de matériaux : métaux, céramiques et polymères organiques avec quelques possibilités de combinaison pour former des matériaux composites.

- les métaux et leurs alliages (liaisons métalliques) ;
- les polymères organiques (liaisons covalentes et liaisons secondaires) ;
- les céramiques (liaisons ioniques et liaisons covalentes).

Cette classification peut être examinée à l'aide du Tableau périodique des éléments (Tableau de Mendeleïev, Figure II.2).

La majeure partie des éléments (à gauche et au centre du tableau de Mendeleïev) sont des métaux (environ 70). La partie de droite du Tableau Périodique 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 échappent à cette classification simple.

A température ambiante, la plupart des métaux sont des solides atomiques. Les métaux les plus utilisés sont le fer, l'aluminium et le cuivre. Les alliages métalliques sont, en général, les combinaisons de deux ou de plusieurs métaux comme dans le cas des laitons (alliages de cuivre et de zinc), mais ils peuvent également contenir des éléments non métalliques. Parmi ce type d'alliage on trouve, par exemple, la plupart des aciers (alliages fer-carbone).

Les métaux et leurs alliages 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. Un nombre important de métaux possèdent une température de fusion (T_f) élevée.

Les polymères organiques sont des matériaux composés de molécules formant en général de longues chaînes d'atomes de carbone sur lesquels sont fixés des éléments comme l'hydrogène ou le chlore, ou des groupements d'atomes comme le radical méthyle ($-\text{CH}_3$). D'autres éléments comme le soufre, l'azote, le silicium, etc., peuvent également intervenir dans la composition de la chaîne.

Les polymères organiques les plus connus sont le poly (chlorure de vinyle) (PVC), le polyéthylène (PE) et le polystyrène (PS). Ils sont souvent connus par leur «marque de fabrique» : poly (méthacrylate de méthyle) (PMMA ou «Plexiglas»), polyamides (PA ou «Nylons»), poly (tétrafluoroéthylène) (PTFE ou «Téflon»). Les polymères organiques (verres organiques, caoutchoucs, ...) ont des propriétés physiques très diversifiées. Ils sont presque toujours des isolants électriques et thermiques. Ils sont légers et très faciles à mettre en forme. Contrairement aux métaux, les polymères, la plupart du temps, ne supportent pas des températures supérieures à 200°C.

Les céramiques sont des matériaux inorganiques qui, en règle général, résultent de la combinaison d'un nombre limité d'éléments métalliques (Mg, Al, Ti, ...) avec des éléments non métalliques dont le plus courant est l'oxygène. Originellement, le terme céramique était réservé aux oxydes (silice SiO_2 , alumine Al_2O_3 , ...). On élargit cette classification en y incluant d'autres combinaisons d'atomes comme le carbure de tungstène (WC) ou le nitrure de silicium (Si_3N_4). On connaît surtout les matériaux céramiques par leur caractère réfractaire, c'est-à-dire par leurs résistances mécanique et thermique élevées mais l'usage des céramiques est loin de se limiter à ce type d'application. Les céramiques sont en général des matériaux très durs et elles sont largement utilisées comme abrasifs. La plupart des céramiques sont des isolants électriques et thermiques mais on trouve parmi ces matériaux les meilleurs conducteurs thermiques comme le diamant. Un grand nombre de céramiques ont également des applications importantes dans les appareillages électriques ainsi que dans l'électronique. Les verres minéraux, qui sont des combinaisons d'oxydes ($\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \dots$) à structure amorphe, font également partie de la classe des céramiques. Notons que de manière générale les verres et les céramiques sont des matériaux fragiles ce qui réduit leurs emploi pour des applications où les chocs mécaniques et thermiques sont importants.

Les trois types de matériaux peuvent être combinés pour former des matériaux composites (Figure II.1). Un matériau composite est constitué de deux ou de plusieurs matériaux différents qui combinent de manière synergique leurs propriétés spécifiques. C'est le cas des résines époxydes (polymère) renforcées par les fibres de verre qui forment un composite léger et à haute résistance mécanique. Le béton, agglomérat de ciment et de gravier, représente un autre exemple de matériau composite.

La subdivision des matériaux en trois classes principales, basée surtout sur les caractéristiques atomiques, structurales et sur les propriétés est commode, mais elle présente un certain caractère arbitraire. Ainsi, le diamant, qui peut être considéré comme un polymère tridimensionnel, est un matériau organique puisqu'il est composé d'atomes de carbone. Cependant, sa dureté et ses propriétés mécaniques le rattachent plutôt aux céramiques. De même, la conductivité électrique n'est plus l'apanage des métaux puisque certains oxydes (VO_2 , $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$) et quelques polymères organiques conduisent l'électricité.

Toute classification des matériaux possède donc un certain caractère arbitraire : il n'y a pas de solution de continuité entre les trois classes de matériaux. D'autres classifications, basées sur certaines propriétés spécifiques des matériaux comme la semi-conductivité, peuvent également se justifier.

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

Figure II.2 : 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.