Chapitre1 : Classification des matériaux

1- Introduction

Les métaux et leurs alliages ont toujours joué un rôle primordial dans le développement de nos sociétés et ont largement contribué à la résolution de problèmes incontournables.
Les matériaux solides sont repartis en groupes : les métaux, les céramiques et les polymères. Une telle répartition repose essentiellement sur la structure atomique et la composition chimique de ces solides. La plupart des matériaux appartiennent à l'un de ces groupes, mais il existe aussi des matériaux dits intermédiaires. En outre, il existe autre type de matériaux synthétiques : les composites, les semi-conducteurs et les biomatériaux.
Un matériau désigne toute matière utilisée pour réaliser un objet au sens large. Ce dernier est souvent une pièce d'un ensemble (mécanisme).

A / Définition

Un matériau est une matière d'origine naturelle ou artificielle que l'homme façonne pour en faire des objets. On distingue quatre grandes familles de matériaux (fig. 1).

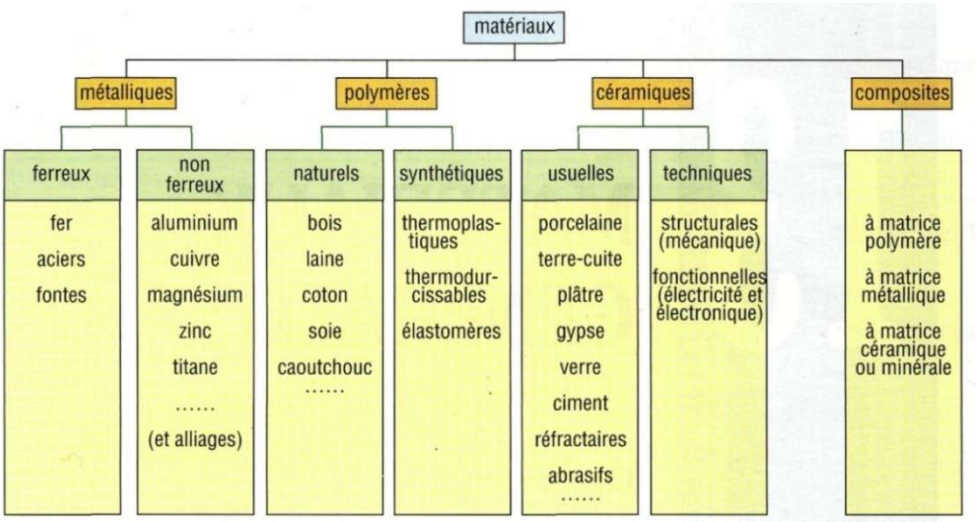


Fig.1. Principales familles de matériaux.

B / Exemple : Quels sont les différents matériaux qui entrent dans la fabrication d'une voiture ?

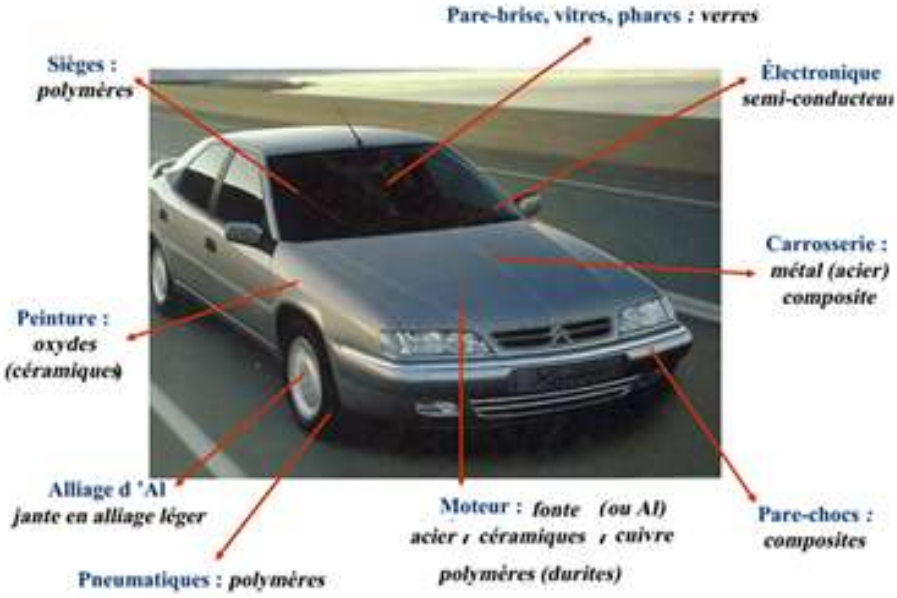


Fig. 2. Différents matériaux d'une voiture

2 -Propriétés recherchées des matériaux

a-Physiques : masse volumique, conductibilité électrique, thermique, ionique, énergie de surface, coefficients de dilatation thermique, etc.
b-Chimiques : résistance à l'oxydation, à la corrosion, stabilité, réactivité, etc.
c-Mécaniques : élasticité, plasticité, résistance à la rupture, ténacité, dureté, résistance à l'usure, tenue à la fatigue, etc.

Exemples

Exemple1 :

Les grandes familles des matériaux

1- Métaux et alliages métalliques (Fe, Al, Cu, aciers etc.) : Plasticité (ductilité), résistance mécanique et ténacité, conductivité électrique, thermique
2- Inorganiques [Céramiques (Al_2O_3, Si_3N_4, SiC, etc.) et Verres] : Rigidité, dureté, résistance mécanique, faible ténacité (fragilité), résistance chimique, thermique
3- Organiques [Polymères (Thermoplastiques, Élastomères etc.)] : Facilité de mise en forme, élasticité (souplesse)

Exemple 2 :

Les métaux et les alliages

a/ Les métaux

Or Cuivre Aluminium Zinc

b/ Les alliages

Acier Fer + carbone | Bronze Cuivre + étain | Laiton Cuivre + zinc

3- Caractéristiques et propriétés des matériaux

Comment choisir un matériau pour fabriquer un objet ?

Les **matériaux** possèdent de **nombreuses propriétés** : densité, résistance, conductivité électrique, capacité thermique, aspect esthétique, coût,…

Les matériaux peuvent être **mis en forme** de façons différentes (aptitude au formage) : déformation plastique, découpe, soudage, collage,… et ont **des capacités de valorisation : recyclage, réutilisation, valorisation énergétique.**

Il est donc nécessaire de **faire le bilan** des **caractéristiques** et **propriétés** des **matériaux** qui seront **nécessaires**

a-Physiques : masse volumique, conductibilité électrique, thermique, ionique, énergie de surface, coefficients de dilatation thermique, etc.

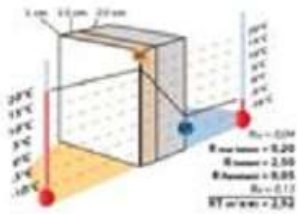
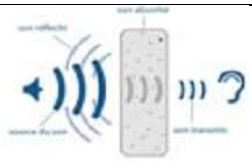
b-Chimiques : résistance à l'oxydation, à la corrosion, stabilité, réactivité, etc.

c-Mécaniques : élasticité, plasticité, résistance à la rupture, ténacité, dureté, résistance à l'usure, tenue à la fatigue, etc.

Exemples

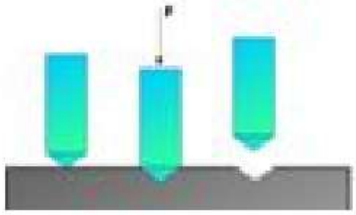
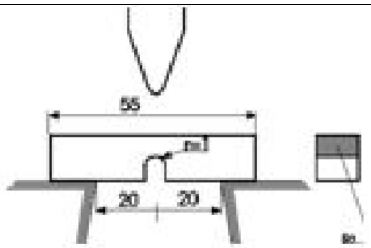
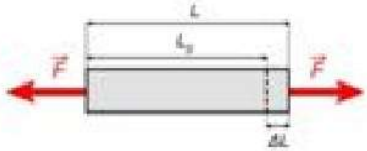
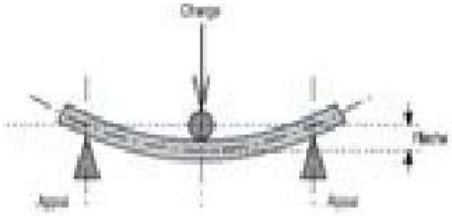
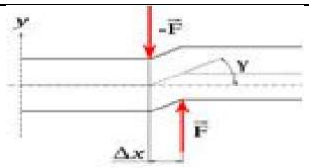
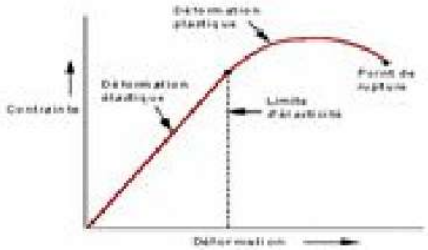
Exemple1

Les matériaux se différencient également par leurs propriétés (physiques /chimiques) :

Propriétés	Définitions	Illustrations de l'essai
Densité	Rapport entre la masse d'un certain volume d'un corps et celle du même volume d'eau (sans unité).	
Masse volumique	Rapport entre la masse d'un solide et son volume (s'exprime en Kg/m3).	
Corrosion	Aptitude d'un matériau à résister à l'agression d'un milieu extérieur (air, eau, produits chimiques) pendant un certain temps.	
Electrique	Aptitude d'un matériau à conduire le courant électrique.	
Thermique	Aptitude d'un matériau à conduire la chaleur ou à isoler de la chaleur ou du froid.	
Acoustique	Aptitude d'un matériau à transmettre ou à absorber le son.	

Exemple 2

Propriétés mécaniques : Afin de caractériser le comportement mécanique d'un matériau soumis à des forces extérieures, on a recours à un certain nombre d'essais mécaniques :

Propriétés	Définitions	Illustrations de l'essai
Dureté	Aptitude d'un matériau à résister à la pénétration d'un corps.	
Résilience	Aptitude d'un matériau à résister au choc. Mesure la résistance à la rupture brutale.	
Traction	Aptitude d'un matériau à résister à une charge parallèle à la longueur de l'échantillon et dirigée vers l'extérieur.	
Compression	Aptitude d'un matériau à résister à une charge parallèle à la longueur de l'échantillon et dirigée vers l'intérieur.	
Flexion	Aptitude d'un matériau à résister à une charge perpendiculaire à la longueur de l'échantillon.	
Cisaillement	Aptitude d'un matériau à résister à une charge perpendiculaire à la face du matériau.	
Limite d'élasticité	Contrainte maximale pouvant agir sur une pièce sans entraîner de variation permanente de sa forme et de ses dimensions.	
Ductilité	Aptitude d'un matériau à être déformé.	

4- Les différentes classes de matériaux

1 – Métaux et alliages métalliques

A / Définition :Un métal est un matériau, généralement solide, issue le plus souvent d'un minerai ,qui a la particularité d'être un bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des

caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie.

B / Désignation normalisée : elle utilise à la fois des lettres, qui précisent la nature du métal de base et des éléments d'addition, plus des chiffres qui indiquent les indices de pureté et les teneurs. Deux types de symboles sont utilisés : les symboles chimiques usuels et les symboles métallurgiques (fig. 2).

corps	symbole chimique	symbole métallurgique	densité	corps	symbole chimique	symbole métallurgique	densité
aluminium	Al	A	2,7	manganèse	Mn	M	7,2
béryllium	Be	Be	1,85	molybdène	Mo	D	10,2
bore	B	B	2,35	nickel	Ni	N	8,9
cadmium	Cd	Cd	8	phosphore	P	P	1,88
carbone graphite	C	–	2,24	platine	Pt	–	21,5
carbone diamant	C	–	3,5	plomb	Pb	Pb	11,34
chrome	Cr	C	7,1	silicium	Si	S	2,4
cobalt	Co	K	8,9	soufre	S	F	2,1
cuivre	Cu	U	9	titane	Ti	T	4,5
étain	Sn	E	6 à 7,5	tungstène	W	W	19,3
fer	Fe	Fe	7,8	vanadium	V	V	5,9
lithium	Li	L	0,534	zinc	Zn	Z	7,15
magnésium	Mg	G	1,75	zirconium	Zr	Zr	6,5

Fig. 4. Symboles chimiques et métallurgiques, densité des métaux usuels

4. 1.1 - Alliages à base de fer

Les alliages ferreux se prêtent facilement à une production en masse, ils sont bon marché et on peut les acquérir sous des formes très variées grâce à la diversité des
traitements thermiques et des éléments d'addition.

Nous pouvons distinguer : – les fontes.
– les aciers d'usage général ;
– les aciers de traitement thermique ;
– les aciers à outils ;
– les aciers inoxydables ;

4. 1.2 - Les alliages non ferreux

les alliages non ferreux n'en restent pas moins utilisés pour certaines de leurs propriétés spécifiques : masse volumique faible, propriétés électriques, résistance à la corrosion et à l'oxydation, facilitée de mise en œuvre. Ces avantages l'emportent dans certaines applications, malgré le coût de revient plus élevé de ces alliages. Nous citons quelques alliages : - L'aluminium et ses alliages
- Le cuivre et ses alliages
- Le zinc et ses alliages

2 - Polymères ou matières plastiques

Un plastique est un mélange dont le constituant de base est une résine ou polymère, à laquelle on associe des adjuvants (plastifiants, antioxydants, …) et des additifs (colorants, ignifugeants).
Il existe différents types de matières plastiques :

4. 2. 1 - Les thermodurcissables : Ils ne ramollissent pas et ne se déforment pas sous l'action de la chaleur. Une fois créés, il n'est plus possible de les remodeler par chauffage.

Exemples :

- EP (araldite),
- UP (polyester).

Polyester

4. 2. 2 - Les thermoplastiques : Les thermoplastiques se déforment et se façonnent sous l'effet de la chaleur.

Exemples :

(PVC, Plexiglas, Polystyrène, PET, etc.)

PVC

Plexiglas

PET

4. 2. 3 - Les élastomères : Ils présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc.

Exemples : ABS, PMMA, PTFE, PP

ABS

Polypropylène

Les élastomères ou "caoutchoucs": On peut les considérer comme une famille supplémentaire de polymères aux propriétés très particulières. Ils sont caractérisés par une très grande élasticité.

Remarques :

- une même matière plastique, comme le polyester par exemple, existe parfois dans la forme thermoplastique et dans la forme thermodurcissable.
- Acrylonitrile-Butadiène-Styrène (ABS) utilisé comme sécurité, exemple : Les casques
- Les polychlorures de vinyles (PVC) utilisés comme pièces rigides, tuyauterie, films d'étanchéité ;
- Les polyéthylènes (PE) utilisé comme emballages transparents, pièces rigides;
- Les polypropylènes (PP) et les polystyrènes (PS): pièces rigides, fibres;
- Polyéthylène téréphtalate utilisé comme emballages, exemple : Bouteilles d'eau minérales
- une même matière plastique, comme le polyester par exemple, existe parfois dans la forme thermoplastique et dans la forme thermodurcissable.

3- Céramiques

Ni métalliques, ni polymères, ce sont les matières premières les plus abondantes de la croûte terrestre et les matériaux les plus anciens utilisés par l'homme. Elles sont très dures, très rigides, résistent à la chaleur, à l'usure, aux agents chimiques et à la corrosion. Leur principal inconvénient est la fragilité. Fabrication : elle comprend en général une mise en forme (pressage, moulage, extrusion...) suivie par un traitement thermique (cuisson ou frittage).

3. 3. 1- Céramiques traditionnelles

Elles regroupent les ciments, les plâtres, les produits à base d'argile (terres cuites, faïence, porcelaine,...) et les produits à base de silice (verre, cristal...) (fig. 5)

Fig. 5. Produits en Céramiques

3. 3. 2- Céramiques techniques

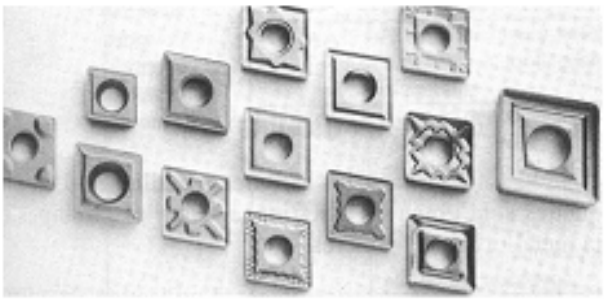
Plus récentes, elles sont soit fonctionnelles, à « usage électrique », soit structurales, à usage mécanique ou thermomécanique.

Exemples : oxydes d'alumine ($A1_2O_3$), zircone (ZrO_2), nitrures de bore (BN) ou de silicium (Si3N4), carbures de silicium (SiC) ou de tungstène (WC).

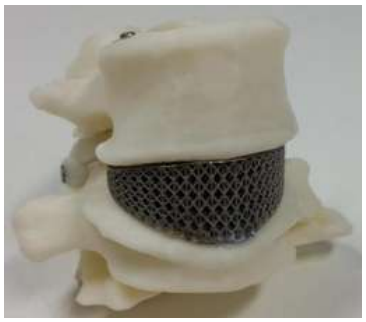
Produits en Oxydes d'alumine ($A1_2O_3$)

Pièces en carbures de silicium (SiC)

Utilisations : fibres optiques (silicium), outils de coupe (carbures), abrasifs, isolants, écrans thermiques, joints d'étanchéité, laser, prothèses osseuses...



Outils de coupe (carbures)

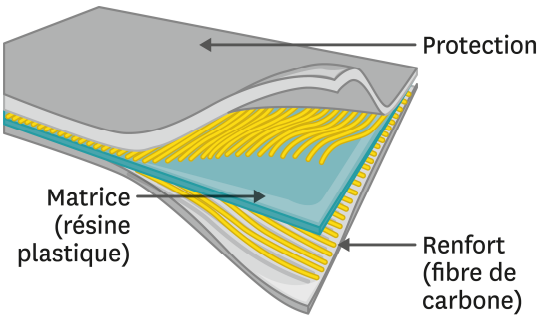


prothèse osseuse

4-Matériaux composites

Ils sont composés d'un matériau de base (matrice ou liant : polymère, céramique ou métal) renforcés par des fibres, ou agrégats, d'un autre matériau afin de combiner au mieux les avantages

des deux. Les deux corps, de structure différente, ne se mélangent pas (structure hétérogène) au contraire d'un alliage (structure homogène).



4-1 Exemples :

béton armé (béton + armature acier), pneumatiques (élastomère + toile + fils d'acier), équipements sportifs (raquettes, ski...) (Fig. 6).

Pneumatique (Roue de véhicule)

raquette à neige

béton armé

Fig. 6. Produits en matériaux composites.

4-2 Principaux constituants :

Un matériau composite est constitué de l'assemblage de deux matériaux de natures déférentes (matrice et renfort) (Fig.7)

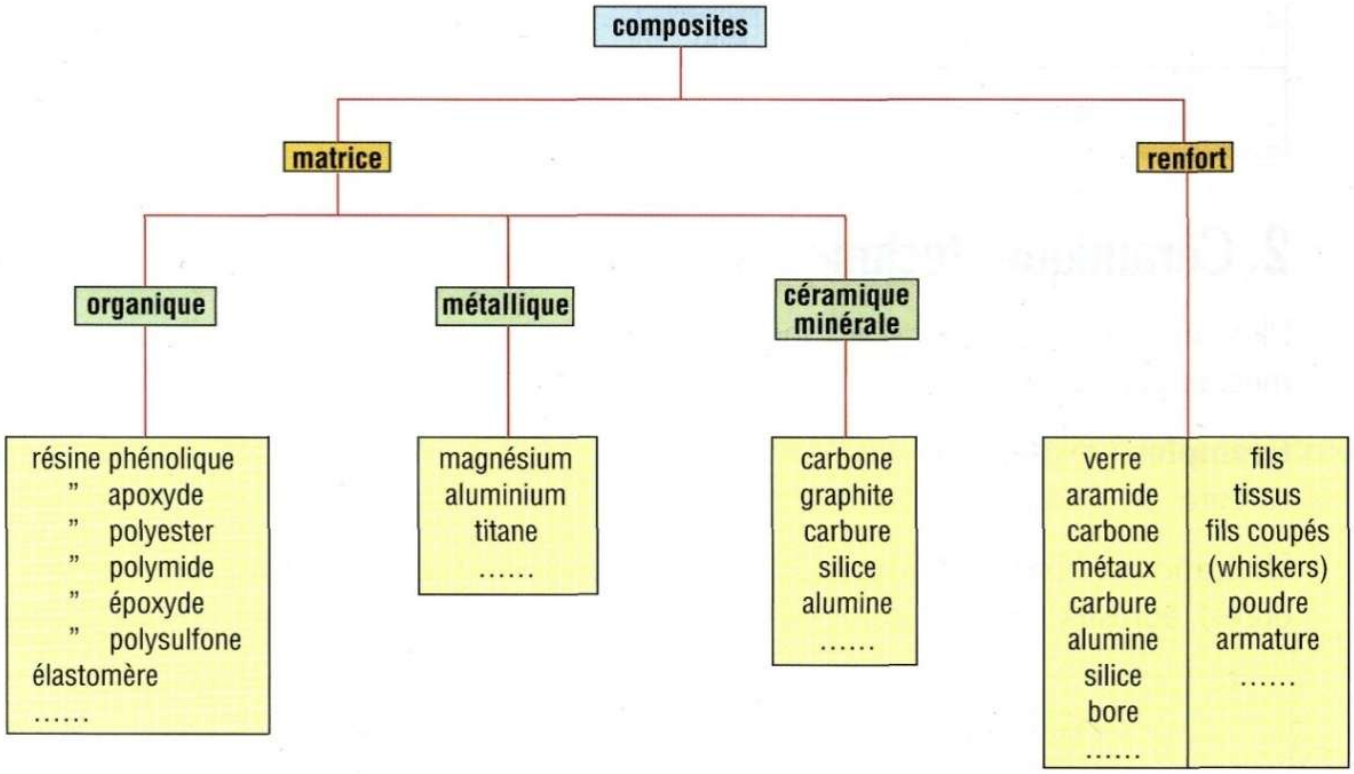


Fig. 7. Principaux constituants des matériaux composites.