

1 Généralités

1.1 Introduction

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. De manière symbolique et résumée, un **matériau** est une **matière** dont on fait un **matériel**. De manière plus précise et plus complète un matériau est la forme marchande d'une matière première choisie en raison de propriétés d'usage spécifiques et mise en oeuvre par des techniques appropriées pour l'obtention d'un objet de géométrie donnée à fonction préméditée.

1.2 Classification

La notion de **matériau** est rigoureusement indissociable de l'intérêt que peut présenter la substance en question pour l'obtention d'un objet fini.

Dans l'industrie de la transformation ou de la production des matières premières, l'utilisation des différentes nuances de matériaux trouve un grand intérêt industriel. Les matériaux sont de la matière travaillée par l'homme pour fabriquer des objets (figure 1).

Le procès d'élaboration procure au matériau une certaine microstructure qui à son tour détermine ses propriétés chimiques, physiques, mécaniques, électriques, thermiques .

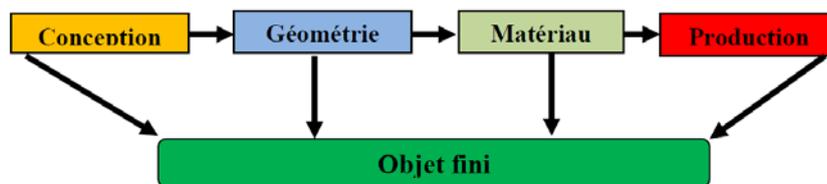


Figure 1 : Interactions présidant à la réalisation d'un objet fini.

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. 2).

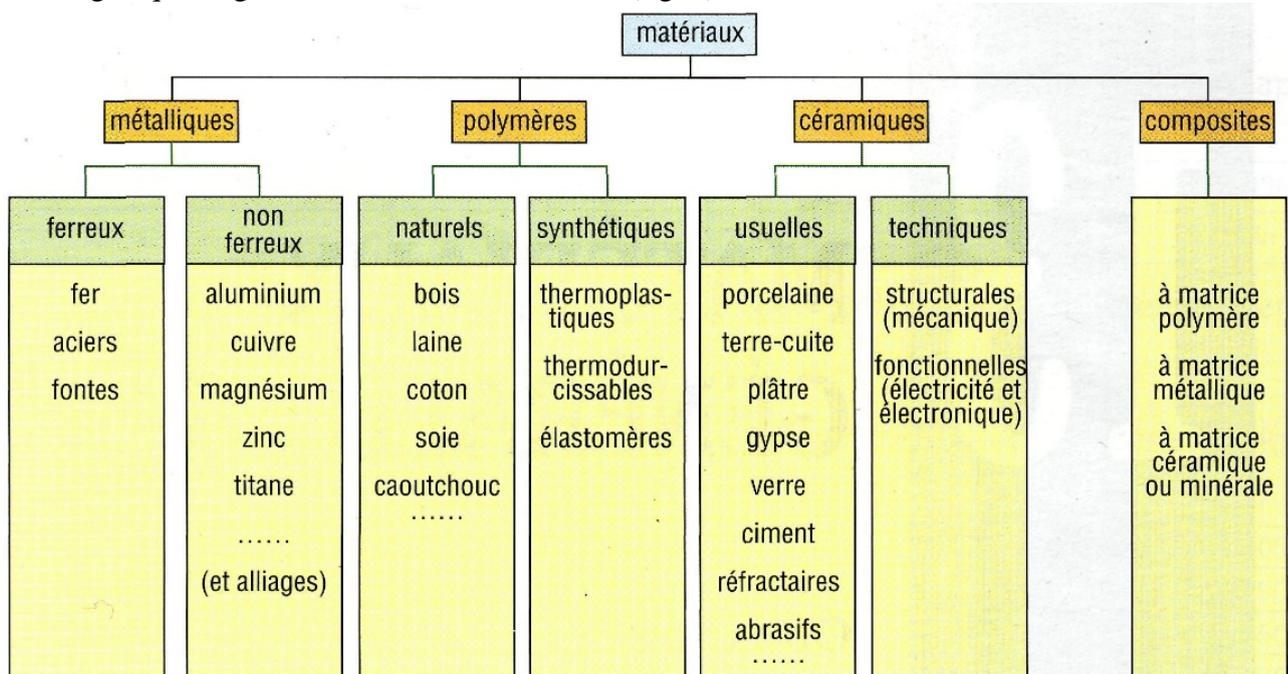


Figure 2 : Principales familles de matériaux.

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

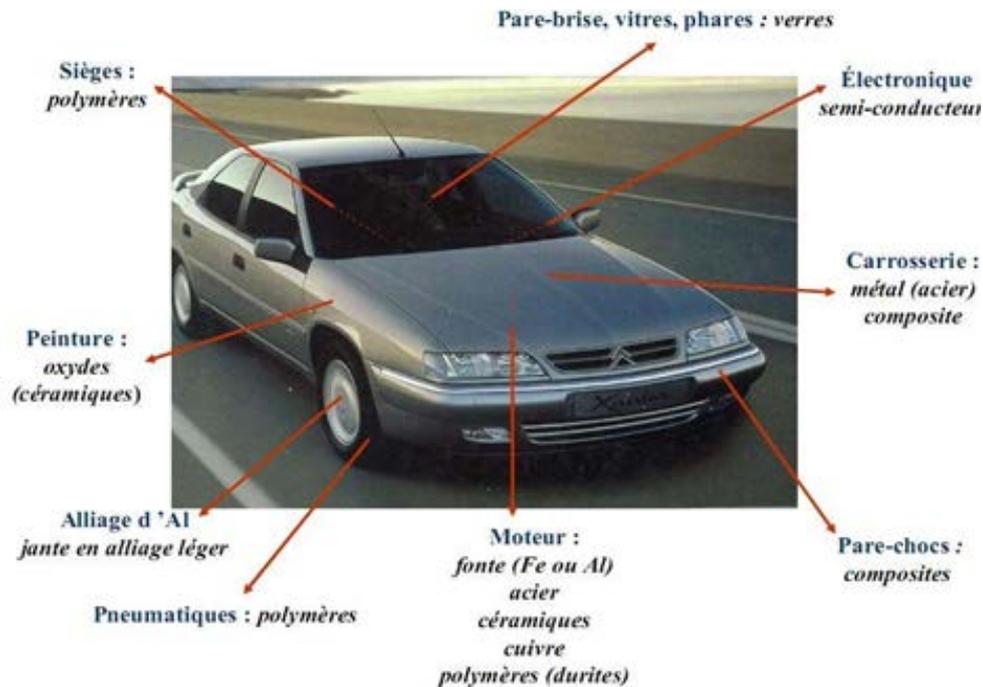


Figure 3 : Différents matériaux d'une voiture

1.2.1 Les matériaux métalliques

Les matériaux métalliques, comme leur nom l'indique, comportent des liaisons essentiellement métalliques. Ils sont souvent sensibles à la corrosion. On distingue 2 grandes familles d'alliages : Les métaux ferreux et les non ferreux :

1.2.1.1 Les métaux ferreux

Les métaux ferreux sont les fontes et les aciers ; il s'agit d'alliages de fer et de carbone associés à d'autres éléments. Les aciers et les fontes sont les matériaux métalliques les plus utilisés dans les différentes branches de l'industrie. Un acier est un alliage de fer et de carbone dont la teneur en carbone est $\leq 2\%$. La fonte est aussi un alliage de fer et de carbone dont la teneur en carbone est $> 2\%$ jusqu'à 6.67% . Selon leur usage, les aciers et les fontes, sont classés en plusieurs groupes.

1.2.1.2 Les métaux non ferreux

Les métaux non ferreux sont ceux dont le fer n'est pas l'élément prédominant. Ce sont principalement des alliages à base de cuivre, des alliages légers (aluminium), ultralégers (magnésium), et des alliages à base de zinc ; mais il existe aussi un très grand nombre d'autres métaux non ferreux, tels que le titane, les super alliages, l'or, le plomb, l'étain, le platine, le tungstène, etc.

- **Le cuivre et ses alliages :** Sont plus particulièrement recherchés pour leur facilité d'usinage, leurs qualités de résistance aux frottements et à la corrosion, pour leur conductibilité électrique et thermique. Ces alliages sont surtout utilisés pour la construction navale, les industries mécaniques et électriques... Les principaux alliages obtenus à partir du cuivre sont le bronze (7 à 20% d'étain), le laiton (20 à 40% de zinc) et les cupro-aluminiums (9 à 12% d'aluminium).
- **L'aluminium et ses alliages :** Les alliages d'aluminium se répartissent en trois grandes classes : les alliages d'aluminium et de silicium (5 à 25% de silicium), d'aluminium et de cuivre (5 à 8% de cuivre), d'aluminium et de magnésium (3 à 6% de magnésium). Leur emploi est lié à leur légèreté (masse volumique : $2,7 \text{ g/cm}^3$), leur conductibilité et leur résistance à la corrosion. Les domaines d'utilisation sont

principalement l'industrie automobile, la construction électrique,...

- **Le zinc et ses alliages** : Sont caractérisés par leur facilité de mise en œuvre (bas point de fusion) et des propriétés mécaniques intéressantes qui s'adaptent bien à des fabrications en grandes séries de pièces aux tolérances dimensionnelles serrées.

Exemple :Les métaux et les alliages

Les métaux				
	Or	Cuivre	Aluminium	Zinc
Les alliages				
	Acier Fer + carbone	Bronze Cuivre + étain	Laiton Cuivre + zinc	

1.2.2 Les céramiques et les verres

Les verres et céramiques sont des matériaux inorganiques, non métalliques, dont la fabrication fait appel aux hautes températures. C'est sont des matériaux durs ou extra durs.

1.2.2.1 Les céramiques

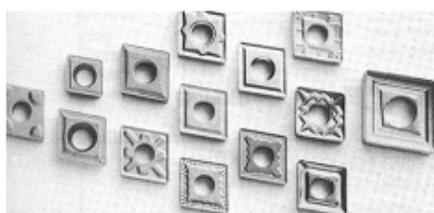
Ce sont les matières premières les plus abondantes de la croûte terrestre et les matériaux les plus anciens utilisés par l'homme. Elles sont très dures, très rigides, résistent à la chaleur, à l'usure, aux agents chimiques et à la corrosion. Leur principal inconvénient est la fragilité.

- **Les céramiques traditionnelles** : Elles regroupent les ciments, les plâtres, les produits à base d'argile (terre cuites, faïence, porcelaine...) et les produits de silice (verre, cristal...).



Figure 4 : Produits en Céramiques

- **Les céramiques techniques**: Plus récentes, elles sont fonctionnelles, à usage électrique, soit structurales à usage mécanique ou thermomécanique (**oxydes d'alumine , nitrure de bore ou de silicium ...** On trouve leur application : pour les fibres optiques, outils de coupe, abrasif...)



(a)



(b)

Figure 5 : (a)Outils de coupe (carbures) , (b) Prothèse osseuse

1.2.2.2 Les verres

Ce sont des solides qui l'on peut décrire comme des liquides dans un état très fortement visqueux. Le matériau obtenu transparent, est dur et rigide, mais fragile.

1.2.3 Les polymères

Les plastiques désignent une famille de produits constitués de **polymères** (ou macromolécules) caractérisées par la répétition, un très grand nombre de fois, de monomères, cet assemblage crée un "motif" appelé motif constitutif.

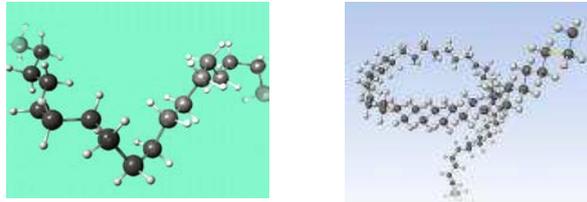


Figure 6 : Schématisation d'un matériau polymère

Une telle macromolécule peut contenir plusieurs centaines à plusieurs millions de monomères (Les **monomères** sont les unités chimiques de base, ou molécules, des matières plastiques). Ils sont construits autour des atomes de carbone (C), et contiennent des atomes d'hydrogène (H), d'oxygène (O), d'azote (N), chlore (Cl), soufre (S), fluor (F)....).

1.2.3.1 Les thermoplastiques

Les polymères thermoplastiques peuvent être aussi classés selon leurs structures physiques et moléculaire. Ces polymères peuvent être fondus et refondus à des températures plus élevées, puis solidifiés dans un moule par refroidissement sans une modification significative de leurs propriétés. Cette aptitude confère aux déchets thermoplastiques des propriétés de recyclage très intéressantes.

- **Thermoplastiques de grande diffusion** : 70 à 80 % du total des plastiques mis en œuvre. On y trouve les polyéfines (polyéthylène, polypropylène), le polystyrène et les PVC (polychlorure de vinyle).
- **Thermoplastiques techniques** : Les polyamides, proche du nylon textile, sont les plus utilisés du groupe : ils possèdent de bonnes caractéristiques mécaniques, et une bonne tenue aux températures.
- **Thermoplastiques hautes performances** : Plus coûteux, ils sont caractérisés par leur résistance à la chaleur et par des propriétés diélectriques élevées.

Exemples : PVC, PET



PVC



PET

1.2.3.2 Les thermodurcissables

Leur caractéristique principale réside dans le fait qu'ils ne se ramollissent pas et ne se déforment pas à la chaleur. Une fois créées, il n'est plus possible de remodeler leurs formes par chauffage. Ils présentent une bonne tenue aux températures élevées (>200 °C), aux attaques chimiques, une meilleure résistance au fluage que les thermoplastiques (conservent une meilleure stabilité dimensionnelle dans le temps), une bonne rigidité pour un prix de matière première peu élevé et faible retrait au moulage.

Exemple: polyester



1.2.3.3 Les élastomères

Famille supplémentaire de polymères qui se caractérisent par une très grande élasticité. On trouve leurs applications (pneumatiques, courroies, tapis, tuyaux, amortisseurs, joints d'étanchéité, revêtements divers, pièces mécaniques).

Exemples : Silicones, caoutchouc naturel,

Polypropylène



Remarques

- Acrylonitrile-Butadiène-Styrène (ABS) utilisé comme sécurité, exemple : Les casques
- Les polychlorures de vinyles (PVC) utilisés comme pièces rigides, tuyauterie, joints 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 minérale.

1.2.4 Les 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).

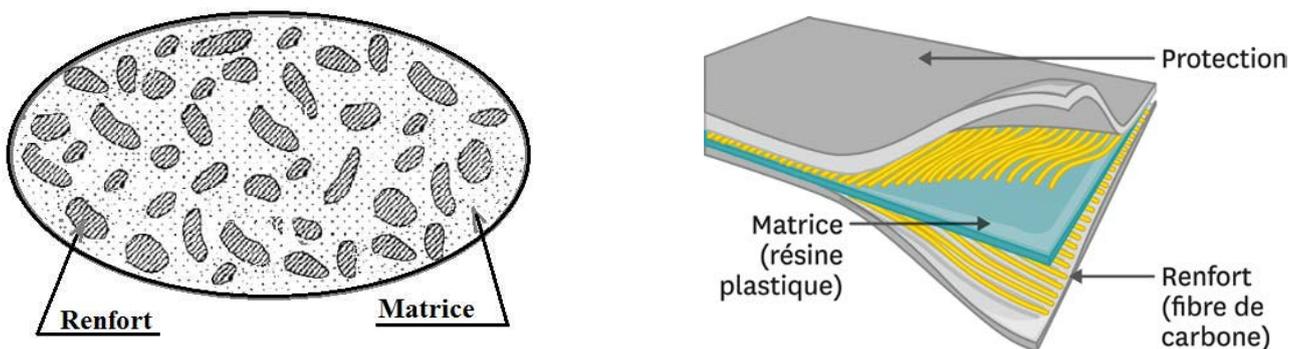


Figure 7 : Schématisation d'un matériau composite

Un matériau composite est constitué de l'assemblage de deux matériaux de natures différentes (matrice et renfort) (Fig.8)

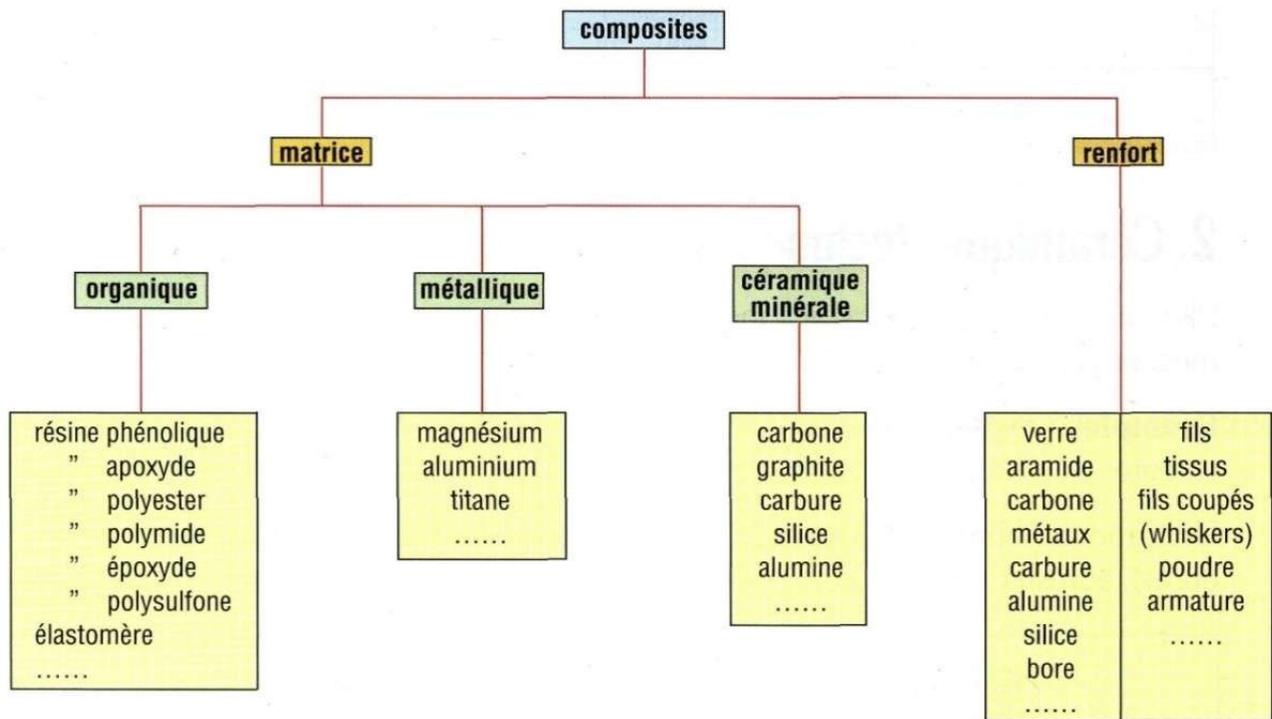


Figure 8. Principaux constituants des matériaux composites.

Exemples : béton armé (béton + armature acier), pneumatiques (élastomère + toile + fils d'acier), (Fig. 9).



Pneumatique (Roue de véhicule)



béton armé

Figure 9 : Produits en matériaux composites.

Les qualités principales des matériaux composites sont:

- Légèreté
- Résistance
- Rigidité
- Bon comportement à la fatigue
- Possibilité de concevoir le matériau selon la nécessité
- Les défauts principaux sont :
- Sensibilité aux agents atmosphériques (rayons UV, humidité, température)
- Faible tenue au feu
- Coût

1.3 Caractéristiques des matériaux

Les propriétés des métaux caractérisent leur comportement face à différentes actions extérieures correspondant aux diverses conditions d'emploi.

1.3.1 Caractéristiques mécaniques

Les propriétés mécaniques parmi lesquelles il faut distinguer :

- **Ténacité** : C'est la résistance à la rupture sous l'action d'un effort de traction, compression, cisaillement, torsion ou flexion.
- **Élasticité** : C'est la propriété de revenir à la forme initiale après une déformation plus ou moins grande.
- **Dureté (H)** : C'est la résistance à la pénétration d'un corps par un autre.
- **Résilience (K)** : C'est la résistance aux chocs, et aux efforts brusques.
- **Endurance** : Aptitude à subir des efforts variables en grandeur et en direction ; elle est déterminée par un certain nombre d'essais, et caractérisée par la limite d'endurance à 'n' répétitions.
- **Résistance au fluage** : Aptitude à la résistance à la déformation sous l'action conjuguée d'une charge, d'une élévation de température et du temps.

1.3.2 Caractéristiques physiques

Elles représentent le comportement des matériaux sous l'action de la température, des champs électriques ou magnétiques ou de la lumière.

- **Masse volumique** : Dans les mêmes conditions des volumes et des températures, les métaux ont la particularité de posséder des masses différentes et notamment supérieures à celle de l'eau. à température ambiante.
- **Dilatabilité** : C'est l'accroissement ou la réduction des dimensions d'un corps en fonction d'une variation de température.
- **Conductibilité** : Propriété de transmettre la chaleur, l'électricité.
- **Fusibilité** : C'est le passage de l'état solide à l'état liquide sous l'action de la chaleur.
- **Malléabilité** : Un métal est malléable lorsqu'il peut être réduit en feuilles plus mince (papier d'aluminium)
- **Ductilité** : C'est la propriété qui permet à un métal d'être étiré ou tréfilé en fil de faible section.
- **Fluidité** : Propriété de certains métaux de pouvoir se mouler facilement.
- **Soudabilité** : C'est des métaux qui peuvent se lier entre eux sous l'action de la chaleur par friction.
- **Perméabilité magnétique** : Placés dans un champ magnétique, certains matériaux ont la propriété de concentrer les lignes de force ; ce sont les corps ferromagnétiques.

1.3.3 Caractéristiques chimiques

Elles caractérisent le comportement des matériaux dans un environnement réactif.

- **Action des agents chimiques** : (acides, bases, sels, etc.) Action très variable suivant les matériaux ; la plupart des métaux sont sensibles aux agents chimiques, les matières plastiques sont en général insensibles.
- **Action de l'oxygène** : (Inoxydabilité) C'est la propriété de résistance à l'attaque de O₂ et H₂O, comme Nickel, Chrome, Étain...
- **Corrosion** : Dégradation lente et progressive des métaux, due à différents facteurs : oxygène de l'air, agents atmosphériques (chaleur, humidité, etc.), contact avec un autre métal (cuivre et aluminium, par exemple) ;
- **Hétérogénéité**: Qui est constitué d'éléments différents.

1.4 Choix des matériaux

Sélectionner un matériau n'est généralement pas une opération simple compte tenu de la grande variété proposée. Le choix dépend autant du prix que des qualités propres du matériau et du procédé de fabrication retenu pour la réalisation.

Il est important de bien choisir les matériaux les mieux adaptés pour une application donnée. Ce choix doit être basé sur plusieurs facteurs :

- Propriétés et caractéristiques des matériaux
- Fonctions principales des objets et leurs types de sollicitations
- Facilité de la fabrication et de la transformation des matériaux
- Comportement du matériau envers l'environnement
- Le prix de revient.

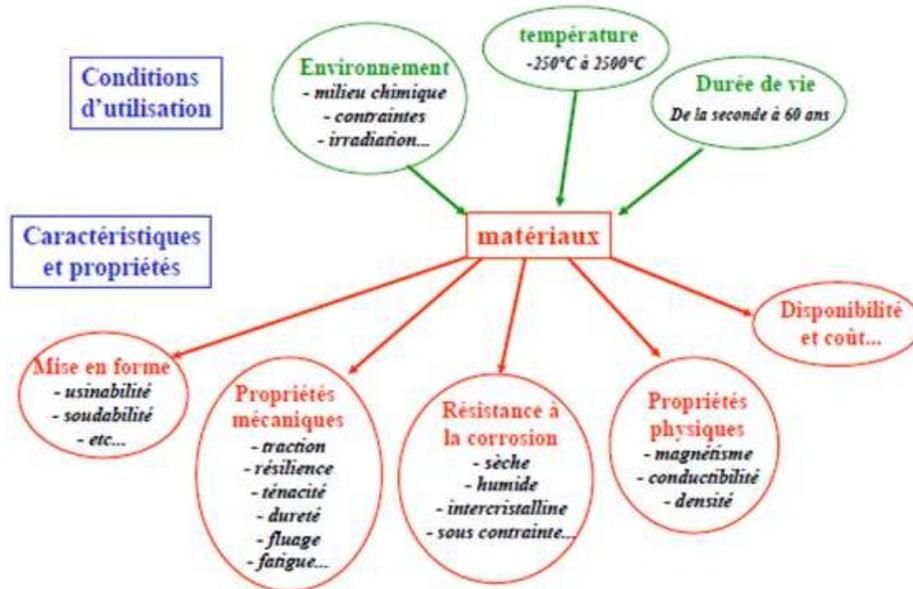


Figure10 : Choix des matériaux