



Les matériaux



Renaud Costadoat
Lycée Dorian



DORIAN



Introduction

Savoir

Vous êtes capables :

- de déterminer un cahier des charges.

Problématique

Vous devez être capables :

- de déterminer les caractéristiques d'un matériau qui répondent à un besoin,
- de connaître les moyens de déterminer les caractéristiques d'un matériau.

Définition

Definition

Un matériau est constitué de matière sous forme solide. Cette matière est constituée d'un ensemble d'atomes qui peuvent être de nature chimique différente. Cette matière peut être d'origine naturelle ou artificielle qui est élaborée en vue d'une utilisation industrielle.

- Un matériau est donc une matière de base sélectionnée en raison de propriétés particulières et mise en œuvre en vue d'un usage spécifique,
- La nature chimique, la forme physique (phases en présence, granulométrie et forme des particules, par exemple), l'état de surface, des différentes matières premières qui sont à la base des matériaux confère à ceux-ci des propriétés particulières,
- Il résulte d'un compromis entre :
 - ▶ le procédé de fabrication avec lequel il est mis en œuvre,
 - ▶ sa microstructure à diverses échelles,
 - ▶ ses performances,
 - ▶ les propriétés utiles à la mise en œuvre ou à son utilisation finale.

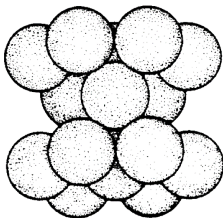
Rappels

Matériau Homogène : On dit qu'un matériau est homogène si, à l'échelle macroscopique, la microstructure est la même en tout point de celui-ci. Il a notamment la même masse volumique en tout point. Dans le cas contraire, le matériau est qualifié d'hétérogène.

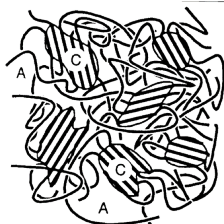
Matériau Isotrope : On dit qu'un matériau est isotrope si il a les mêmes propriétés physiques (mécaniques, thermiques, électriques, ?) dans toutes les directions de l'espace. Dans le cas contraire, le matériau est qualifié d'anisotrope.

Structure à l'échelle atomique

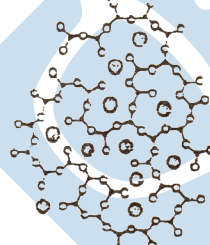
Cristallin



Semi-cristallin

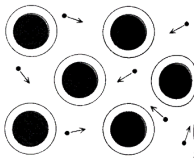


Amorphe



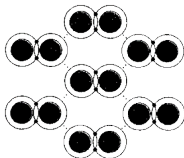
Nature des liaisons atomiques

Alliages métalliques

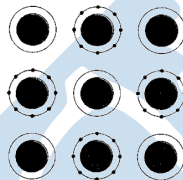


Polymères:

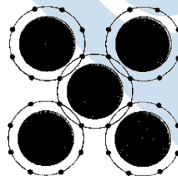
Liaisons de Van der Waals



Céramiques



Liaisons covalentes



Nature des liaisons atomiques

La liaison métallique : Les électrons périphériques des atomes sont délocalisés. Ils se déplacent aisément car ils sont faiblement liés aux atomes du réseau

La liaison ionique : Elle s'établit entre des ions de charges opposées.

La liaison covalente : Elle se forme entre deux atomes qui mettent en commun les électrons de leur couche externe pour que celle-ci soit remplie.

La liaison de Van Der Waals : C'est une liaison relativement faible qui résulte d'une liaison covalente « incomplète ».

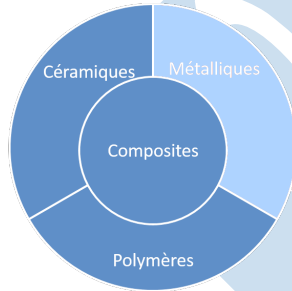
Propriétés des matériaux

Propriétés

- Résistances élevées,
- Grandes raideurs,
- Bonne capacité de déformation,
- Utilisation à température élevée,
- Forte résistance à la corrosion,
- Densité élevée.

Alliages

- Alliages ferreux (Aciers/Fontes),
- Alliages d'aluminium,
- Alliages de titane,
- Alliages de magnésium,
- Alliages de zinc,
- Alliages de cuivre,
- Alliages de nickel et de chrome.



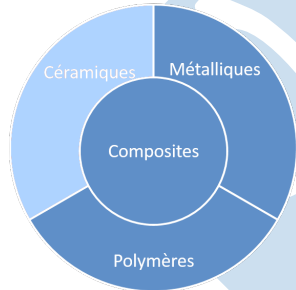
Propriétés des matériaux

Propriétés

- Raideurs élevées,
- Grande dureté,
- Fragile,
- Grande résistance à l'usure,
- Grande résistance à la corrosion,
- Conservation de leurs propriétés à très haute température.

Matériaux

- Verres,
- Céramiques vitrifiées,
- Céramiques techniques,
- Ciment et béton,
- Roches et minéraux.



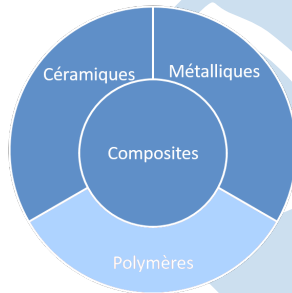
Propriétés des matériaux

Propriétés

- Module d'élasticité faible,
- Température d'emploi limitée,
- Sujets au fluage,
- Mise en œuvre facile,
- Obtention de formes complexes.

Matériaux

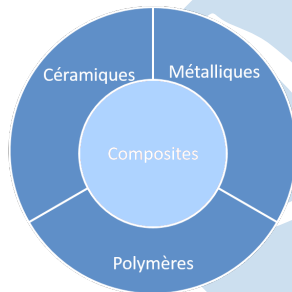
- Thermoplastiques,
- Thermodurcissables,
- Élastomères et caoutchouc,
- Polymères naturels.



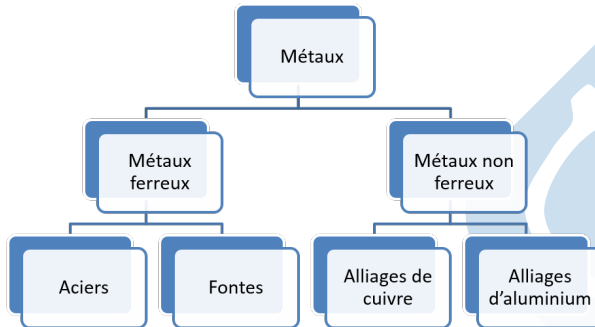
Propriétés des matériaux

Propriétés

- Conçus en rapport avec la fonction,
- Résistants,
- Légers,
- Tenaces,
- Température d'emploi limitée,
- Difficiles à mettre en œuvre.



Les matériaux métalliques: Classification



- Les Aciers et les Fontes sont des Alliages de Fer et de Carbone,
- Les Aciers ont une teneur en Carbone $< 2\%$ en masse,
- Les Fontes ont une teneur en Carbone comprise entre 2% et 6% en masse.

Les aciers: Désignation par emplois

S 235 ou E 360

- Si la désignation est précédée par la lettre **G**, il s'agit d'un acier moulé,
- **S** désigne un acier d'usage général
- **E** un acier de construction mécanique,
- Le nombre indique la valeur **minimale** de la limite d'élasticité **Re** en MPa.

Les aciers: Désignation par composition chimique

Les aciers non alliés

- Ce sont des aciers au Carbone Manganèse dont la teneur en Manganèse est inférieure à 1% (en masse). Ils conviennent aux traitements thermiques pour les pièces de petites dimensions ou des traitements superficiels,
- Si la désignation est précédée par la lettre **G**, il s'agit d'un acier moulé,
- **C** désigne un acier non allié,
- Le nombre indique la valeur moyenne de la teneur en carbone $\times 100$,
- *C50*: Acier non allié avec 0.5% de carbone

Les matériaux métalliques : Les aciers

Les Aciers faiblement alliés

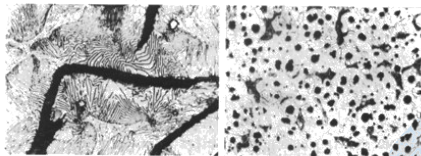
- Aucun élément d'addition ne dépasse 5% en masse,
- Le premier nombre indique la valeur moyenne de la teneur en carbone $\times 100$,
- Les symboles chimiques indiquent les éléments d'addition classés dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- Il faut diviser par:
 - ▶ 4 pour Cr, Co, Mn, Ni, Si, W,
 - ▶ 100 pour Ce, N, P et S,
 - ▶ 1000 pour B,
 - ▶ 10 pour les autres.
- 42 Cr Mo 4
 - ▶ 0.42% de Carbone,
 - ▶ 1% de chrome,
 - ▶ du molybdène.

Les matériaux métalliques : Les aciers

Les Aciers fortement alliés

- Un élément d'addition dépasse 5% en masse,
- Le premier nombre indique la valeur moyenne de la teneur en carbone $\times 100$,
- Les symboles chimiques indiquent les éléments d'addition classés dans l'ordre des teneurs décroissantes,
- Les symboles chimiques sont suivit par les teneurs en éléments d'addition, dans le même ordre que les symboles chimiques,
- X5 Cr Ni 18-10.
 - ▶ 0.05% de carbone,
 - ▶ 18% de chrome,
 - ▶ 10% de nickel.

Les matériaux métalliques : Les fontes

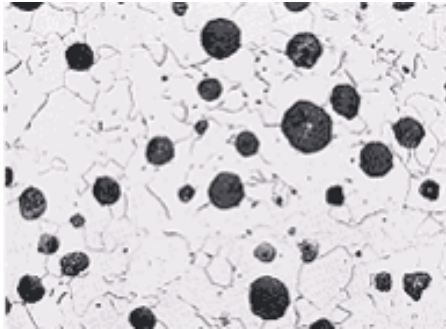


Fontes à Graphite Lamellaires (FGL)
(Lamelles de graphite)



Fontes malléables
Nodules de graphite

Les matériaux métalliques : Les fontes



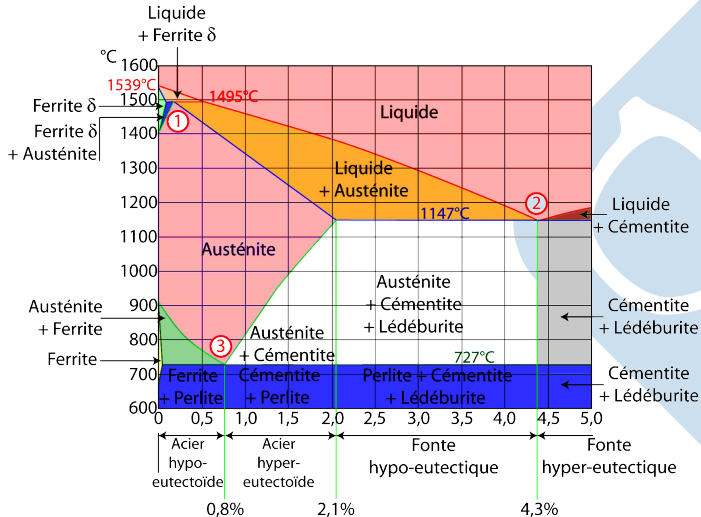
Fontes à Graphites Sphéroïdal (FGS) (Obtenue par ajout de Magnésium).

- Matrice ferritique,
- Nodules de graphite sphériques.

Les matériaux métalliques : Les fontes

- La désignation est constituée des lettres **EN-GJ** suivie d'une lettre qui caractérise le type et d'une série de deux nombres :
 - ▶ La lettre L désigne une fonte à graphite lamellaire,
 - ▶ La lettre M désigne une fonte malléable (W à cœur blanc et B à cœur noir),
 - ▶ La lettre S désigne une fonte à graphite sphéroïdal.
- Le premier nombre indique la valeur minimale de la résistance à la traction **Rm** en Mpa,
- Le second nombre indique la valeur minimale du pourcentage d'allongement A% à rupture:
 - ▶ *EN-GJL 100* : Fonte à graphite lamellaire, Rm=100MPa,
 - ▶ *EN-GJMW-450-7* : Fonte malléable à cœur blanc, Rm=450MPa, A%=7,
 - ▶ *EN-GJMB-300-6* : Fonte malléable à cœur noir, Rm=300MPa, A%=6,
 - ▶ *EN-GJS-700-2* : Fonte à graphite sphéroïdal, Rm=700MPa, A%=2.

Diagramme Fer-Carbone



Les matériaux métalliques : Les alliages d'Aluminium

Désignation normalisée (NF-EN-1780)

La désignation est constituée des lettres EN-A suivie d'une lettre qui caractérise le type d'alliage et d'un nombre, cette désignation peut être suivie d'une désignation par analyse chimique :

- EN- AW xxx [X x Y y Z Z],
- EN- AB xxx [X x Y y Z Z],
- La lettre **W** désigne un alliage d'aluminium corroyé, la lettre **B** désigne un alliage d'aluminium moulé,
- Un nombre qui désigne cet alliage,
- Les symboles chimiques indiquent les éléments d'addition classés dans l'ordre des teneurs décroissantes,
- Les symboles chimiques sont suivit immédiatement par les teneurs en éléments d'addition, dans le même ordre que les symboles chimiques.
- *EN AB 44 200 : Al Si 12*

Les matériaux métalliques : Les alliages de Cuivre

Désignation normalisée (NF EN 1412, NF A 02-009)

La désignation est constituée des lettres **CW** ou **CC** suivie d'un repère alphanumérique qui désigne l'alliage et suivie éventuellement d'une désignation chimique :

- CW- xxx [X x Y y Z Z],
- CC- xxx [X x Y y Z Z],
- Les symboles chimiques indiquent les éléments d'addition classés dans l'ordre des teneurs décroissantes,
- Les symboles chimiques sont suivit par les teneurs en éléments d'addition, dans le même ordre que les symboles chimiques.

Les matériaux métalliques : Les alliages de Cuivre

- Bronzes (Cu-Pb ou Cu-Sn): Cu Sn 5, Cu Sn7 Pb6 Zn4,
- Laitons (Cu-Zn): Cu Zn20, Cu Zn23 Al4,
- Cupro-aluminiums (Cu-Al) Cu Al11 Ni5 Fe5, Cu Al9,
- Cupro-nickels (Cu-Ni) Cu Ni10 Fe1 Mn.

Propriétés physiques et thermiques

Masse volumique : $\rho = \frac{dm}{dV}$.

| Matériaux | | Masse volumique ρ en kg/m ³ |
|------------|---|---|
| Métaux | Fer, Aciers, Fontes | 7800 |
| | Aluminium et alliages d'aluminium | 2700 |
| | Cuivre et alliages de cuivre | 8900 |
| | Titane et alliages de titane | 4500 |
| Céramiques | Alumine (Al ₂ O ₃) | 4000 |
| | Silice (SiO ₂) | 2200 |
| | Graphite | 1600 |
| Polymères | Polyéthylène PE | 930 |
| | Polycarbonate, Polyester | 1300 |
| Composites | Verre-epoxy | 1600 |
| | Aluminium-Carbure de silicium | 2700 |

Propriétés physiques et thermiques

Coefficient de dilatation linéique : $L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_0))$.

| Matériaux | | Coefficient de dilatation linéaire α en $10^{-6} \cdot K^{-1}$ |
|------------|-------------------------------------|---|
| Métaux | Fer, Aciers | 12 |
| | Fontes | 11 |
| | Aluminium et alliages d'aluminium | 23 |
| | Etain | 23 |
| | Cuivre | 17 |
| | Bronze | 18 |
| | Laiton | 19 |
| | Titane et alliages de titane | 9 |
| | Zinc | 31 |
| | Alliages de zinc (Zamak) | 40 |
| | Alliage à faible dilatation : Invar | 0,8 |
| Céramiques | Alumine (Al_2O_3) | 5,8 |
| | Silice (SiO_2) | 1,5 |
| | Verre | 9 |
| | Graphite | 3 |
| Polymères | Polyamide PA 6-6 (Nylon) | 100-150 |
| | Téflon | 2,2 |
| | Polystyrène | 60-80 |

Capacité calorifique

La capacité calorifique est la propriété d'un matériau à stocker de la chaleur. On définit la capacité calorifique spécifique (ou chaleur spécifique).

Capacité calorifique: $\delta Q = c.dT$. ($J.K^{-1}kg^{-1}$)

| Matériaux | | Capacité calorifique spécifique en $J.K^{-1}kg^{-1}$ |
|-------------------|---|---|
| Métaux | Fer, Aciers | 400-800 |
| | Aluminium et alliages d'aluminium | 1000 |
| | Cuivre | 390 |
| | Titane et alliages de titane | 700 |
| | Zinc | 31 |
| Céramiques | Alumine (Al_2O_3) | 850 |
| | Silice (SiO_2) | 700 |
| | Graphite | 3 |
| Polymères | Polyamide PA 6-6 (Nylon), polycarbonate | 1200 |
| | Polypropylène | 350 |

Température de fusion

La température de fusion varie en fonction de la composition des alliages

| Matériaux | | Température de fusion (°C) |
|-----------|----------------------|----------------------------|
| Métaux | Aciers | 1150 → 1535 |
| | Alliages d'aluminium | 660 → 800 |
| | Alliages de cuivre | 700 → 1083 |

Conclusion

Savoir

Vous êtes capables :

- de caractériser un matériau avec des propriétés mécaniques spécifiques,
- de présenter l'organisation d'un essai afin de mettre en évidence ces caractéristiques.

Problématique

Vous devez être capables :

- de connaître d'associer aux matériaux les plus classiques ces propriétés.