

Chapitre2

Structures et Caractéristiques mécaniques des matériaux

A/Structure des matériaux

Introduction

Les métaux et alliages industriels sont des corps constitués de divers constituants caractérisant ses propriétés et ses caractéristiques. L'identification de ses constituants, est avéré indispensable pour déterminer les relations entre le comportement et la tenue en services des matériaux. On appelle microstructure des matériaux l'ensemble des paramètres microstructuraux décrivant les constituants des matériaux à l'échelle microscopique. (Figure 1)

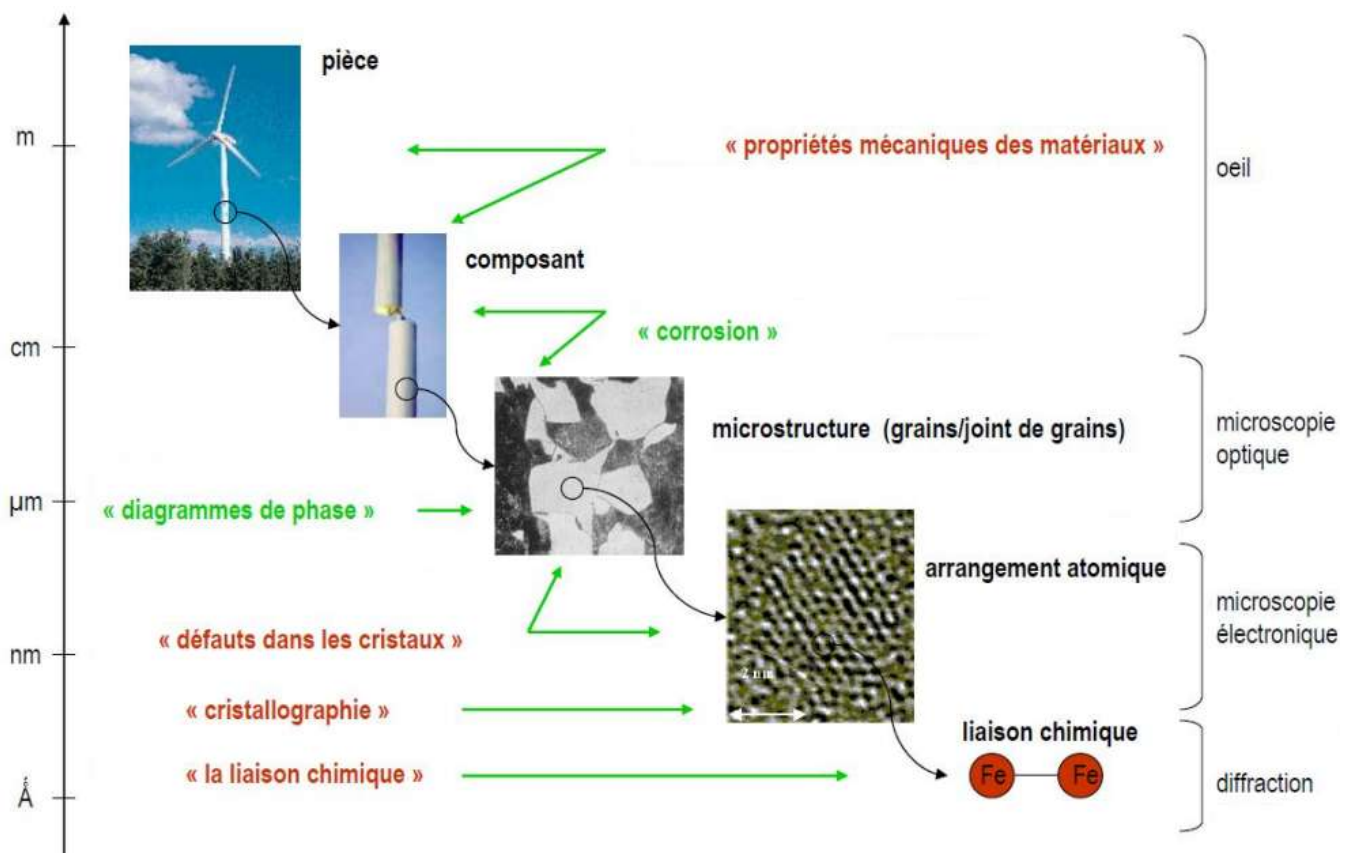


Fig. 1. Différentes échelles de l'étude de la matière

1- Liaisons entre atomes d'un solide

Les solides sont formés d'atomes liés entre eux par des forces. Rappelons d'abord que les atomes sont constitués d'un noyau central chargé positivement, autour duquel gravitent des électrons négatifs. Ces derniers sont organisés en différentes couches en général complètes à 8 électrons sauf la dernière. Nous noterons que l'état le plus stable est atteint lorsque cette dernière couche contient, elle aussi, 8 électrons (figure 2).

➤ Structure de l'atome

L'atome est constitué d'un noyau autour duquel gravitent des électrons. Le noyau est formé de :

- ❖ Proton: masse $M_P = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; charge positive $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- ❖ Neutron: masse $m_N = M_P$ charge nulle
- ❖ Electron masse $m_e = M_P/1840 = 0,91 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$, charge négative égale à $(-e)$
- ❖ La grandeur d'un atome à quelques Angstrom de (1 à 4 Å) : $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$

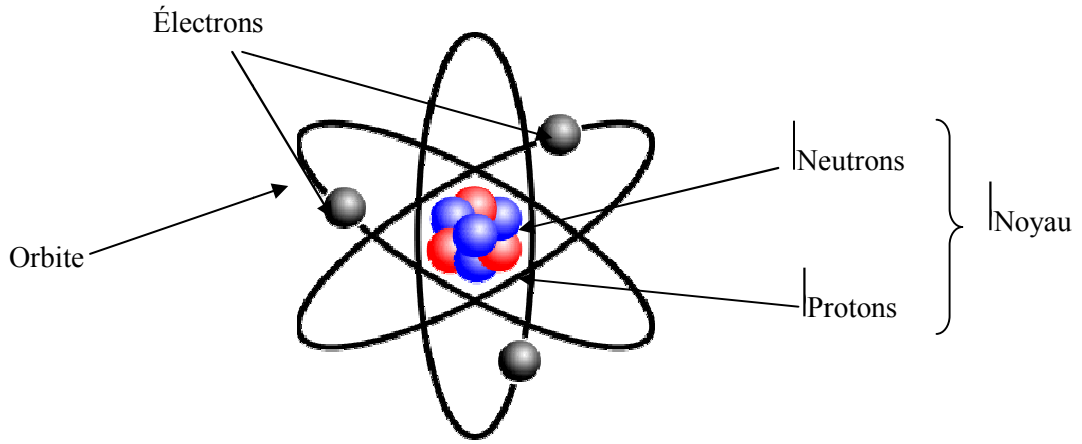


Fig. 2. Schéma d'un atome

2 -Types de liaisons

À partir des remarques précédentes, on comprendra que plusieurs types de liaison puissent exister entre atomes dans les solides

2.1- Liaison covalente

La liaison covalente est caractérisée par la mise en commun entre atomes d'un ou de plusieurs électrons de façon à compléter leur couche extérieure à 8 électrons. Par exemple (figure 3), l'atome de chlore possède 7 électrons sur sa couche extérieure : la mise en commun d'un électron de chaque atome entraîne une liaison covalente entre deux atomes. Ces liaisons covalentes sont fortes.

2.2- Liaison ionique

Les atomes liés par des liaisons ioniques perdent ou gagnent un ou plusieurs électrons périphériques pour compléter leur couche extérieure à 8. Ils deviennent ainsi des ions positifs ou négatifs ; la liaison résulte de l'attraction entre les ions de charges opposées. Par exemple, dans le cas du fluorure de lithium LiF, l'atome de lithium perd son électron périphérique qui vient compléter la couche externe du fluor (figure 3). Cette liaison ionique est encore une liaison forte.

2.3-Liaison métallique

La liaison métallique (figure 3) se caractérise par la mise en commun des électrons de liaison qui sont répartis dans l'ensemble du réseau d'ions. Ainsi, les métaux sont constitués d'ions occupant des positions déterminées, formant un réseau et baignant dans un « nuage électronique ». Il s'agit d'une liaison moyennement forte.

2.4 Liaison de Van der Waals

Dans beaucoup de molécules à liaisons covalentes, le centre des charges positives n'est pas confondu avec celui des charges négatives ; il y a déformation des orbites externes. Cela donne lieu à la formation de dipôles (figure 3). La liaison de Van der Waals est due à l'attraction de ces molécules polarisées. C'est, au contraire des précédentes, une liaison de faible intensité.

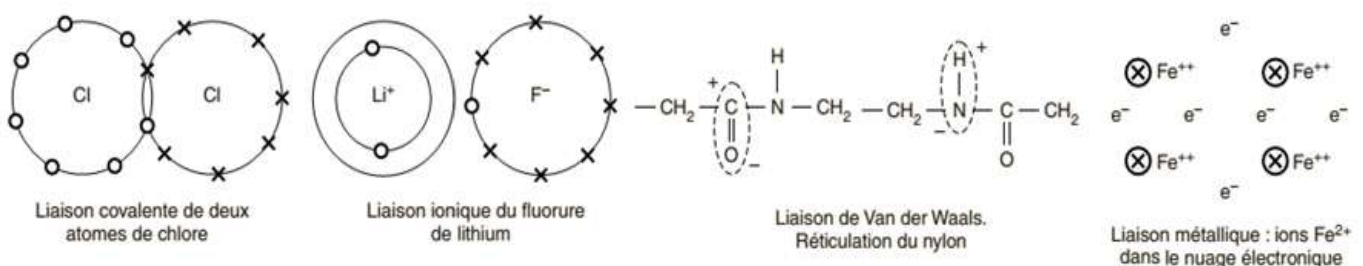


Fig.3. Quatre types de liaisons.

3- Forces interatomiques

Modèle électrostatique

Quel que soit le type de liaison parmi celles évoquées ci-dessus, les atomes sont donc liés entre eux par des forces d'attraction ou de répulsion très directement fonction de leur distance x . les électrons chargés négativement sont maintenus en équilibre autour du noyau, sous l'effet de leur interaction avec des charges positives.

4- Structure cristalline

Dans un matériau cristallin, les atomes forment des ensembles qui se répètent sur de grandes distances atomiques. En d'autres termes, l'ordre à longue portée qui existe est tel que, lors de solidification, les atomes constituent un réseau tridimensionnel dans lequel chaque est lié aux atomes premiers voisins. Tous les métaux, de nombreux matériaux céramiques et certains polymères forment des structures cristallines en conditions normales de solidification. Les matériaux qui ne cristallisent pas, appelés non cristallins ou amorphes.

Il existe de nombreuses structures cristallines. Mais, pour les matériaux métalliques, seules trois structures sont rencontrées, la structure cubique à faces centrées (ex. Cuivre, Aluminium, Nickel, Argent, Platine, Or), la structure cubique centrée (Fer α , Chrome, Tantale, Vanadium, Molybdène) et la structure hexagonale compacte (Titane, Zirconium, Cadmium, Zinc, Hafnium).

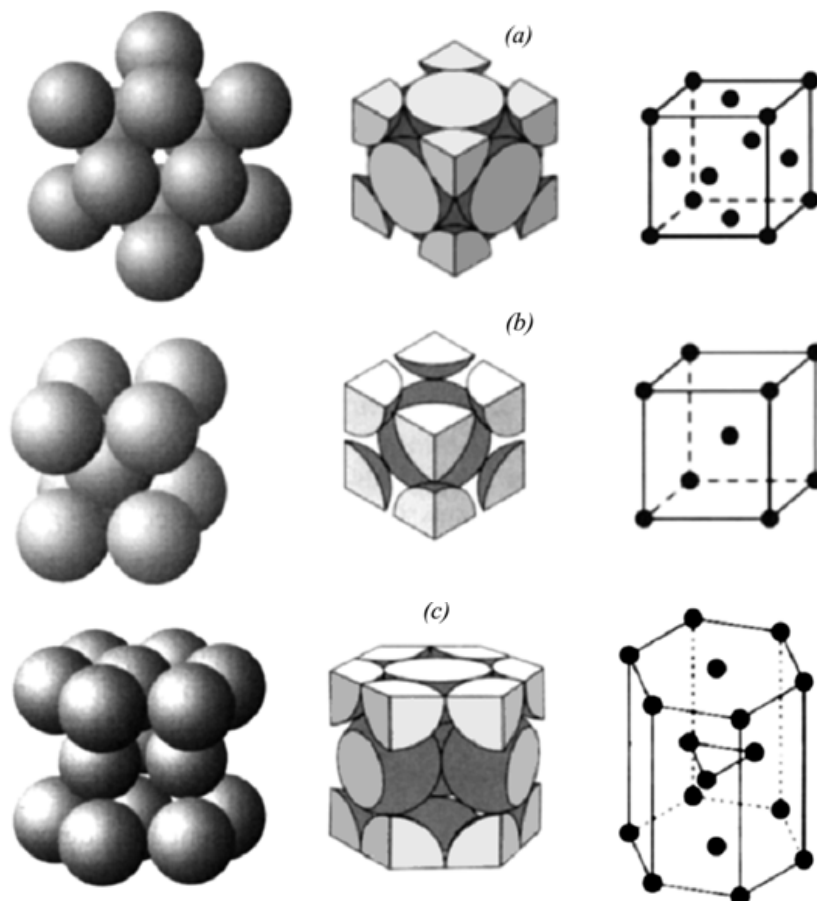


Fig. 4 : Exemple de structures cristallines, (a) structure cubique à faces centrées (CFC), (b) structure cubique centrée (CC), (c) structure hexagonale compacte (HC).

5- défauts cristallins

Les cristaux parfaits n'existent pas. Les cristaux réels comportent un grand nombre de défauts. Un défaut est une imperfection ou une irrégularité dans la structure cristalline

6- diffusion

A l'échelle atomique, la diffusion consiste simplement en une migration (transfert) graduelle d'atomes passant d'un point du réseau à un autre. En réalité, les atomes d'un matériau solide sont constamment en mouvement et changent rapidement de position.

B/Caractéristiques mécaniques des matériaux

1- Traction

Une pièce est sollicitée à la traction lorsqu'elle est soumise à deux forces égales et directement opposées qui vont la déformer progressivement puis la rompre.

2-Résilience

La résilience est la capacité d'un matériau à absorber de l'énergie quand il se déforme sous l'effet d'un choc (déformation rapide).

3- Dureté

Il caractérise la résistance qu'oppose le matériau à la pénétration d'un autre corps plus dur que lui.

4- Elasticité

Un matériau élastique retrouve sa forme et sa taille initiales quand ces forces ne s'exercent plus, jusqu'à une certaine limite de la valeur de ces forces. La déformation élastique est une déformation réversible.

5-Plasticité

La déformation plastique est la déformation irréversible d'un objet ; elle se produit par un réarrangement de la position relative des atomes, ou plus généralement des éléments constitutifs du matériau.

6- Ecrrouissage

L'écrrouissage d'un métal est le durcissement d'un métal sous l'effet de sa déformation plastique (définitive)¹. Ce mécanisme de durcissement explique en grande partie les différences entre les pièces métalliques obtenues par corroyage (c'est-à-dire par déformation plastique : laminage, tréfilage, forgeage) et les pièces de fonderie.

7- notion de mécanique de la rupture (ductile, fragile et tenace).

7.1- La ductilité désigne la capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre. La rupture se fait lorsqu'un défaut (fissure ou cavité), induit par la déformation plastique, devient critique et se propage. La ductilité est donc l'aptitude d'un matériau à résister à cette propagation. S'il y résiste bien, il est dit ductile, sinon il est dit fragile.

7.2- La fragilité est l'état d'une substance qui se fracture lorsqu'on lui impose des contraintes mécaniques ou qu'on lui fait subir des déformations brutales (c'est-à-dire sous forme de choc), sa fracture n'exige qu'une faible énergie. Si, en revanche, l'énergie à fournir pour produire la fracture est importante, on dira que la substance est « tenace ».

7.3- La ténacité est la capacité d'un matériau à résister à la propagation d'une fissure ; cela s'oppose à la fragilité. On peut définir la ténacité comme étant la quantité d'énergie qu'un matériau peut absorber avant de rompre. Les matériaux pouvant se déformer plastiquement ont donc une plus grande ténacité que les matériaux à déformation uniquement élastique comme le verre.