

-2021/2022-

Technologie de Base 2^{ème} Génie Mécanique Cours 02

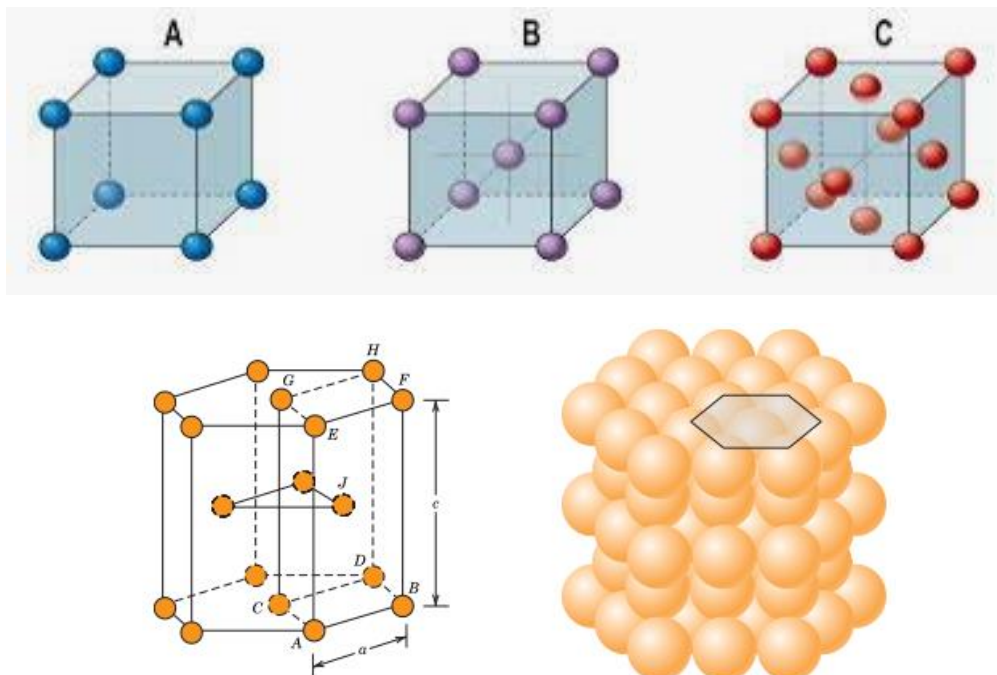
Chapitre I : Matériaux

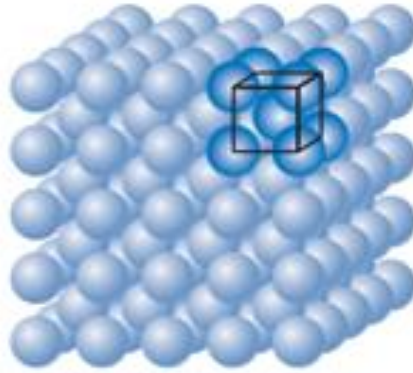
I.1. Métaux et Alliages des Métaux

1.1. Structure des Métaux

Les métaux ont une structure cristalline. Les plus fréquentes de ces structures cristallines sont celles cubique centrée (cc), cubiques à faces centrées (cfc) et hexagonale compacte (hc).

Les métaux qu'utilisent les ingénieurs sont rarement des corps purs ou des mélanges parfaitement homogènes ; se sont souvent des corps qui comportent plusieurs phases distinctes aux propriétés différentes. Les propriétés des matériaux dépendent du type des phases en présence et de leur répartition, autrement dit, de la microstructure des matériaux.





Les structures cristallines : (a) Cubique centrée (cc), (b) Cubique à faces centrées (cfc) et
(c) Hexagonale compacte (hc).

1.2. Alliages des Métaux

Un alliage métallique est constitué d'un métal de base auquel on ajoute des atomes d'un autre métal en vue d'accroître ses caractéristiques mécaniques (résistance en général).

En général, pour que deux éléments A et B puissent être entièrement miscibles à l'état solide, les atomes de A et B doivent être semblables de par leur taille, leur valence, leur électronégativité et leur structure cristalline à l'état solide.

Un écart plus ou moins important par rapport à l'une ou à l'autre des règles énoncées plus haut conduit à une miscibilité partielle.

1.2.1. Phase

Une phase est une partie homogène d'un corps. Elle est caractérisée par une structure et par un arrangement identique d'atomes.

1.2.2. Types d'alliages

On distingue :

a) Les alliages ferreux

On appelle alliage ferreux tout alliage constitué essentiellement de Fer (Fe) et de Carbone (C).

On distingue deux domaines d'alliages ferreux. L'acier et la fonte, de par leurs propriétés mécaniques et de la grande disponibilité des minerais et leurs coûts, se sont imposés comme les alliages les plus utilisés, ils ne sont toutefois pas les plus performants selon les applications.

Aciers : la teneur en carbone est de 0.02 à 1.5%. Particulièrement recommandés pour la fabrication de pièces destinées à recevoir de fortes sollicitations mécaniques, appréciés pour leur bonne aptitude au soudage.

Fontes : la teneur en carbone varie de 2% à 6.67%. Ces alliages ont une excellente aptitude au moulage et possèdent une très bonne usinabilité et une capacité d'amortissement des vibrations. Certaines nuances se caractérisent par des propriétés à la corrosion, à l'oxydation à chaud et une très faible dilatation thermique. Les propriétés mécaniques de certains types de fonte sont voisines des alliages métalliques les plus résistants que sont les aciers.

L'augmentation du pourcentage en carbone dans les aciers, accroît les caractéristiques suivantes :

- Dureté (H) [Brinell (HB), Rockwell (HR), Vickers (HV), Knoop (HK)]
- Résistance à la Rupture (R_m)
- Limite Élastique (R_e)
- Résistance Corrosion
- Résistance à l'Usure

b) Alliages non ferreux ne contiennent pas de fer mais combinent plutôt d'autres métaux. Bien que ne représentant que 10 % (en masse) des matériaux métalliques utilisés industriellement, 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, la facilité de mise en œuvre. Ces avantages l'emportent dans certaines applications, malgré le coût de revient plus élevé de ces alliages. Nous pouvons citer :

- Les alliages légers qui sont élaborés à partir d'aluminium et les alliages ultra-légers à partir de magnésium.

Exemple : Al 7075 [Al Zn 5.5 Mg Cu] alliage d'aluminium, contenant 5.5 % de Zinc, du magnésium (- de 1 %) et du cuivre (- de 1 %). Pièces usinées et forgées de hautes caractéristiques mécaniques ;

- Les alliages cuivreux souvent apprécié pour son aspect doré qu'il partage avec l'or, ses caractéristiques de conductibilité et son excellente sonorité ;
- Les alliages de zinc sont le plus souvent alliés à l'aluminium (de 4 à 30%) et contiennent parfois de faibles additions de magnésium (de 0,012 à 0,06%) et de cuivre (jusqu'à 3%). Le plus couramment utilisé (95% du marché) est appelé zamak (zinc pur à 99,995%). Sa coulabilité et sa bonne pénétration en font un alliage adapté à la coulée sous-pression qui permet d'obtenir des pièces minces et/ou de configuration compliquée. La précision dimensionnelle des pièces coulées en zamak est exceptionnelle et peut s'appliquer à des parois d'une grande finesse ;
- Autres métaux non ferreux existent encore (platine, titane, tungstène, plomb, or, mercure, étain, alliages à base de Co ou de Ni –aussi appelés « superalliages »-, etc)... Nous ne pouvons tous les décrire ici, bien que les propriétés de nombre d'entre eux soient très intéressantes à titre d'exemple : Les superalliages sont utilisés pour mouler les aubes des turbines des avions à réaction civils et

militaires ; ils sont extrêmement durs et ne peuvent donc pas être usinés, d'où l'intérêt de fabriquer ces aubes en les moulant, grâce au processus de « fonderie de précision à modèle perdu ». Un autre exemple particulièrement intéressant est celui du Titane, dont les caractéristiques offrent des perspectives d'utilisation croissantes dans certains marchés –tel l'aéronautique et la biomécanique.

1.3. Désignation des métaux et alliages

En technique, la désignation fait référence à la notation abrégée qui permet de définir un élément de façon claire et précise.

En métallurgie, la **désignation des métaux et alliages** est la désignation normalisée des matériaux métalliques.

1.3.1. Désignation des alliages ferreux

La norme NF A 02-005 a été abrogée et remplacée par la norme NF EN 10027 nov. 1992 Normalisation européenne et française NF EN 10027-1 (Système de désignation des aciers-partie 1- **désignation symbolique**) et NF EN 10027-2 (Système de désignation des aciers-partie 2- **Systèmes numériques**).

Désignation symbolique des aciers NF EN 10027-1

La norme a retenu deux groupes d'aciers

- **Groupe 1 : aciers désignés à partir de leur emploi et de leurs caractéristiques mécaniques et physiques**
 - **Aciers de construction**

Le symbole **S** qui correspond à un usage général de base (construction de bâtiment...) suivi de R_e (limite élastique exprimée en méga-pascal (MPa)).

Exemple : S235 (est un acier non-allié pour construction de bâtiment de limite élastique 235 MPa)

Le type **E** qui est utilisé dans la construction mécanique suivi de R_e .

Exemple : E295 (est un acier non-allié pour construction mécanique de limite élastique 295 MPa)

Les désignations précédées par la lettre **G** lorsque l'acier est spécifié sous forme d'une pièce moulée : **GS 235, GE 295**

- **Groupe 2 : aciers désignés à partir de leurs compositions chimiques**
 - **Sous-groupe 2.1 :**

- **Aciers non alliés** : Les aciers non alliés, constitués uniquement de fer et de carbone.

Spéciaux : pour traitement thermique, malléables, soudables, forgeables, ...

Le symbole **C**+% carbone × 100. Exemple : **C 35** (acier avec 0.35% de carbone)

Les désignations sont précédées de la lettre G lorsque l'acier est spécifié sous forme d'une pièce moulée : **GC 35**

– Sous-groupe 2.2 :

- **Aciers non alliés avec une teneur en manganèse ≥ 1%**
- **Aciers faiblement alliés** : En dehors de la variation du pourcentage de carbone, on peut modifier les caractéristiques mécaniques et aptitudes technologiques des aciers par addition d'autres métaux. Aucun élément d'addition ne doit dépasser 5 % en masse, ils sont utilisés pour des applications nécessitant une haute résistance. Les principaux sont, avec leurs principales influences :

MANGANÈSE, augmente : la limite élastique et la trempabilité

NICKEL, la résistance aux chocs et à la corrosion (fort %)

CHROME, la résistance à l'usure et à la corrosion

TUNGSTÈNE, la résistance à l'usure et à la chaleur

MOLYBDÈNE, la résistance à l'usure et à la chaleur

VANADIUM, la résistance à l'usure et aux déformations (Ténacité)

Désignation

- un nombre égal à 100 fois la teneur en carbone,
- les symboles chimiques des éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes,
- les teneurs des principaux éléments d'addition multipliés par 4, 10, 100 ou 1000 (voir tableau III.1) ;
- éventuellement, des indications supplémentaires concernant la soudabilité (S), l'aptitude au moulage (M), ou à la déformation à froid (DF).

Elément	Symbole chimique	Symbole métallurgique	Facteur multiplicateur
Aluminium	Al	A	10
Azote	N	N	100
Bore	B	B	1000
Chrome	Cr	C	4
Cobalt	Co	K	4

Cuivre	Cu	U	10
Magnésium	Mg	G	10
Manganèse	Mn	M	4
Molybdène	Mo	D	10
Nickel	Ni	N	4
Phosphore	P	P	100
Plomb	Pb	Pb	10
Silicium	Si	S	4
Soufre	S	F	100
Titane	Ti	T	10
Tungstène	W	W	4
Vanadium	V	V	10

Tableau III.1 : Symboles de désignation des éléments d'ajout des aciers faiblement alliés

Exemple :

35NiCrMo16 : contient 0,35 % de carbone, 4 % de nickel, du chrome et molybdène en plus faible teneur. Cet acier présente une bonne tenue aux chocs ainsi qu'une haute résistance mécanique jusque 600°C.

100Cr6 : 1 % de carbone et 1,5 % de Chrome.

35 Cr Mo 4S (acier avec 0.35% de Carbone, 1% de chrome, moins de 1% de Molybdène. Cet acier est soudable).

– Sous-groupe 2.3 :

▪ *Aciers fortement alliés*

Parmi ces aciers, nous avons les aciers inoxydables dont le chrome est l'élément d'addition essentiel. On utilise ce type d'acier en visserie, pour les ressorts, pour les arbres de pompes, les soupapes, ...etc.

Un acier est considéré comme fortement allié si au moins un des éléments d'addition a une teneur supérieure à 5%.

La désignation est composée de la façon suivante :

- La lettre X.
- Un *nombre* égal à 100 fois la teneur en carbone.
- Les *symboles chimiques* des éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- Dans le même ordre, les *teneurs* des principaux éléments.

Exemples : X6 Cr Ni Mo Ti 17-12

X = Acier fortement allié

0,06 % de Carbone

17 % de Chrome

12 % de Nickel

Molybdène et Titane (moins de 5%)

Exemple : X8 Cr Ni 18-9

X : Précise que l'alliage qui va être codé est un acier fortement allié

8 : Cette valeur représente le pourcentage de carbone multiplié par 100 (ici 0,08%)

Cr Ni : Ce sont les symboles chimiques des éléments d'addition placé dans l'ordre décroissant de leur teneur. Ici Cr, le chrome a une teneur $\square$ à Ni, le nickel.

18-9 : La valeur indique la teneur % en masse des éléments d'addition depuis le premier symbole chimique. Ici Cr = 18% et Ni = 9%. Les valeurs sont séparées par un tiret.