

Université Mohamed Boudiaf - M'sila
Faculté de Technologie
Département Hydraulique

Cours

TECHNOLOGIE DE BASE

Dr. Tahar ABID

10/10/2021

Chapitre I

MATERIAUX

1	Quelques Définitions	1
1.1	Métal.....	1
1.2	Alliage	1
1.3	Structure des métaux et alliages	1
2	Alliages métalliques.....	2
2.1	L'alliage fer-carbone :	2
2.2	Effet des éléments d'alliage.....	2
2.3	Les aciers	3
2.3.1	Groupe 1 :	3
2.3.2	Groupe 2 :	3
2.4	Les fontes	4
2.4.1	Classifications et désignations des fontes :	4
3	Alliages non ferreux	5
3.1	Alliages d'aluminium	5
3.2	Alliages de cuivre :	7
3.3	Les alliages de Zinc	7
3.4	Les alliages de Nickel	8
3.5	Les alliages de Titane	8
3.6	Les alliages de Magnésium	8
4	Matériaux composites.....	8
5	Polymères	9

1 QUELQUES DEFINITIONS

Un matériau désigne toute matière utilisée pour réaliser un objet au sens large. En effet, il peut être une matière d'origine naturelle ou artificielle que l'Homme utilise et/ou conçoit pour fabriquer des objets, construire des bâtiments ou des machines.

Les matériaux sont différenciés selon leur provenance (issus d'êtres vivants par exemple) et leurs propriétés, qu'elles soient mécaniques (flexibilité ou rigidité...), chimiques (perméabilité ou imperméabilité à l'eau...) ou encore physiques (conductivité de l'électricité ou de la chaleur...). Ils sont généralement classés en différentes grandes familles : les matériaux métalliques qui regroupent les métaux : fer, cuivre, et les alliages métalliques, les matériaux plastiques, qui, en général proviennent de combustibles dits fossiles se trouvant dans le sol, comme le pétrole par exemple, les matériaux composites qui combinent plusieurs matériaux de famille différente pour obtenir de multiples propriétés (exemple : fibre de carbone), Les matériaux organiques qui sont issus d'êtres vivants, plantes ou animaux (bois, coton, papier...) et les matériaux minéraux ou inorganiques : roche, céramique, verre.

1.1. Métal

Élément chimique caractérisé par une forte conductivité thermique et électrique, un éclat particulier dit éclat métallique, une aptitude à la déformation et une tendance marquée à former des cations. Un métal est pur lorsqu'il est exempt de toute impureté c'est-à-dire contenant une pureté de 100% d'une seule espèce. Cela n'existe pas mais il peut atteindre une pureté de 99,9% pour le nickel, 99,99% pour le cuivre et 99,998% pour l'aluminium. Un métal pur a des caractéristiques mécaniques qui sont la plupart du temps relativement faibles. Les métaux représentent 2/3 des éléments du tableau périodique et environ 24% de la masse de la planète. Ce qui distingue les métaux des non métaux est leurs liaisons interatomiques.

1.2. Alliage

Un alliage est la combinaison d'un élément métallique avec un ou plusieurs autres éléments chimiques (métalliques ou non). Il peut être binaire, ternaire ou quaternaire selon qu'il renferme deux, trois ou quatre éléments d'addition. Le fait d'ajouter d'autres éléments permet d'augmenter ces caractéristiques mécaniques. Un alliage est constitué d'un nombre de phases solides distinct.

1.3 Structure des métaux et alliages

L'arrangement interne des métaux et alliages en édifices généralement réguliers s'appelle structure cristalline. La plupart des métaux comme la plupart des solides ont des structures cristallines cubiques (CC et CFC) ou hexagonales (HC). Les alliages des métaux utilisés sont obtenus par cristallisation de deux ou de plus de deux métaux, parfois avec des inclusions d'éléments non métalliques. Une phase est définie comme une part structurellement homogène du système qui est séparée des autres parties par une ligne de démarcation physique définie. Chaque phase a sa propre structure et ses propriétés associées.

2. ALLIAGES METALLIQUES

Les alliages métalliques peuvent être classés en alliages ferreux ou non ferreux

2.1 ALLIAGES FERREUX

Un alliage ferreux est un alliage dont le principal constituant est le fer. Le fer est un élément très présent dans la nature. Il s'agit d'un matériau malléable et magnétique. Ceci étant, ses caractéristiques mécaniques ne sont pas optimales et il ne résiste pas à la corrosion. Afin d'améliorer ses caractéristiques, il est possible de le mélanger avec d'autres éléments, notamment du Carbone. Les différentes proportions de Fer et de Carbone définiront les propriétés de l'alliage.

2.1.1 L'alliage fer-carbone :

Le métal de base est le fer, c'est le métal de base le moins cher. Il dispose de trois variétés allotropiques :

Le fer α (ferrite) présent jusque 906°C ., de structure cubique centrée (C.C.).

Le fer γ (austénite) stable entre 906 et 1400°C ., de structure cubique à faces centrées (C.F.C.).

Le fer δ est stable entre 1400 et 1528°C ., de structure cubique centrée (C.C.).

Le Carbone : Il fond à 3500°C ., il dispose de trois variétés allotropiques (le graphite, le diamant, et le noir de fumée). Il est le composant essentiel (après le fer) des aciers et des fontes.

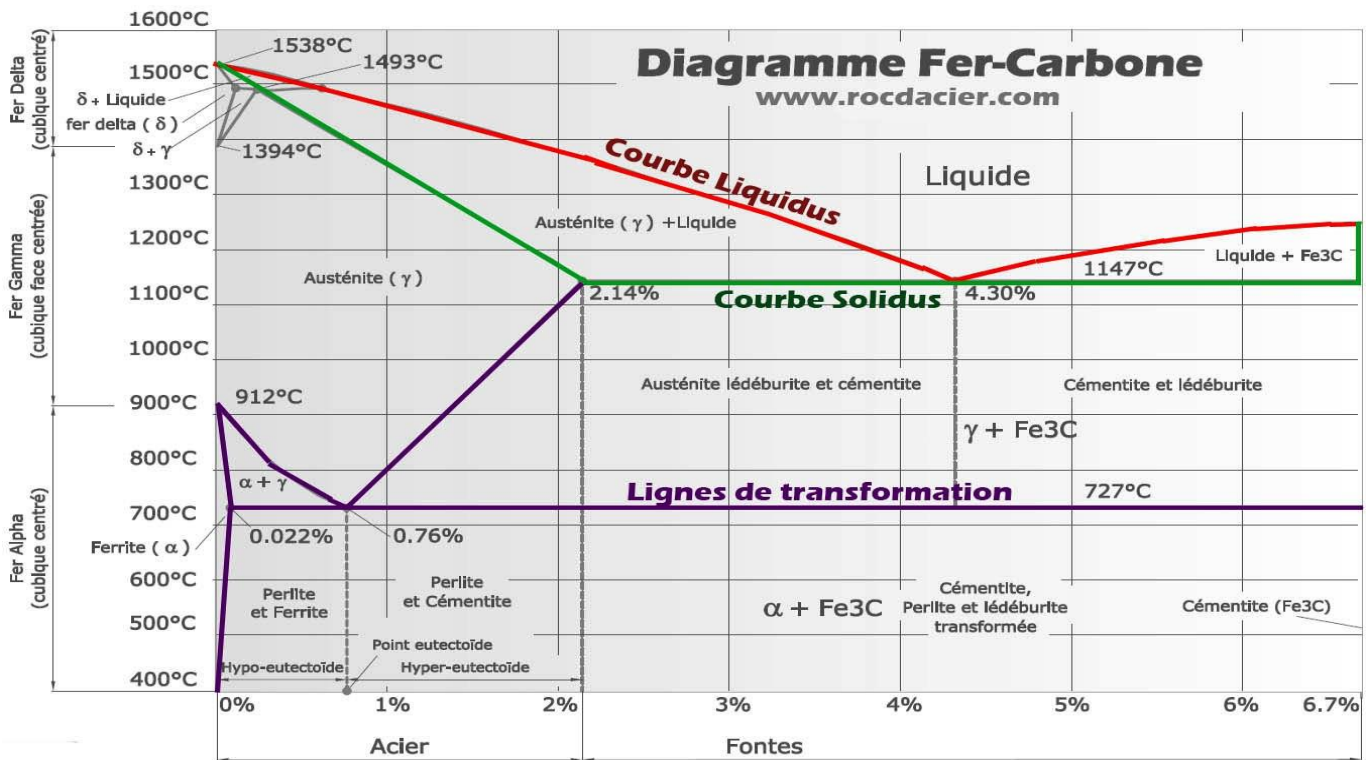


Fig.01. Diagramme fer-Carbone

2.2 Effet des éléments d'alliage

L'objectif est de modifier les caractéristiques d'un alliage fer carbone. Ces modifications dépendent des éléments ajoutés et de leurs pourcentages.

Exemple : Nickel, manganèse, molybdène, cobalt, chrome, silicium, phosphore, tungstène, titane, vanadium...

- L'aluminium augmente légèrement la trempe.
- Le chrome augmente la résistance à la corrosion et à l'oxydation.
- Le plomb améliore l'usinabilité
- Le soufre est considéré comme impureté

2.2 LES ACIERS

En général, le % massique de carbone (C) est comme suit : Acier <2%. Et 2% <Fonte <7%

Récemment et pour des raisons industrielles, la norme (NF) a retenu deux groupes de désignations :

2.3.1 Groupe 1 :

Les aciers S et E (anciennement A) d'usage générale et de construction mécanique (façonnage ultérieur, fils tôles,..)

Le chiffre qui suit la lettre S/E indique la valeur minimale de la limite d'élasticité en MPa (N/mm^2).

Exemple :

S240 : acier de construction mécanique ayant une limite élastique minimale de 240MPa Il existe d'autres lettres H,P,D, L, B,Y...

Un acier moulé sera précédé par la lettre G (GS 200 ou GE 240).

2.3.2 Groupe 2 : Nous distinguerons 3 cas :

- **Les aciers non alliés C** : (anciennement XC) : le pourcentage de manganèse est inférieur à 1% (la teneur en carbone est multipliée par 100). Exp : C32

Un acier moulé sera précédé par la lettre G. Exp : GC32

- **Les aciers faiblement alliés** : La teneur en manganèse est supérieure à 1% et aucun élément d'addition ne doit dépasser 5% en masse.

Exemple : 32Cr Mo 4-2 (la valeur 32 représente le pourcentage de carbone multiplié par 100, Cr Mo sont des symboles chimiques des éléments d'addition placés dans l'ordre décroissant, valeurs 4-2 indique la teneur % en masse des éléments d'addition depuis le premier symbole, cette valeur étant multiplier par un facteur donné. Voir tableau).

Eléments d'addition	Facteur de multiplication
Cr, Co, Mn, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

Tableau 1 : Facteurs de multiplication des différents éléments d'addition

- **Les aciers fortement alliés** : dont la teneur d'au moins un des éléments est supérieure ou égale à 5% (cette catégorie comporte deux sous groupes : aciers fortement alliés, et les aciers à coupe rapide)

La désignation commence par la lettre X suivie de la même désignation que pour les aciers faiblement alliés.

Exemples :

X 8 Cr Ni 18-9 (X précise que l'alliage est un acier fortement allié).

HS 7-4-2-5 (HS précise que l'alliage est un acier à coupe rapide, 7 valeur correspond au % de tungstène, 4 est le % de molybdène, 2 est le % de vanadium, 5 est le % de cobalt).

2.4 LES FONTES : % C est 2% <Fonte <7%

La fonte, en métallurgie, est un alliage de fer riche de 2,1 à 6,67 % de carbone (6,67 % étant le maximum). Leur grande coulabilité permet d'obtenir des pièces de fonderie aux formes complexe. Le pourcentage élevé de carbone rend les pièces assez fragiles et inadaptées aux déformations à froid (forgeage, laminage...).

2.4.1 Classifications et désignations des fontes :

2.4.1.1 Fonte grise :

- Les fontes à graphite lamellaire FGL

C'est la plus courante des fontes grises. Le graphite s'y trouve sous forme de lamelles.

Les principales qualités des fontes GL sont :

- facilité d'usinage ;
- très bonne résistance à la corrosion et à la déformation à chaud ;
- très bonne absorption des vibrations ;
- stabilité dimensionnelle (réalisation de machine outil silencieuse et stable géométriquement) ;
- excellente coulabilité ;
- prix du métal peu élevé ;

Les principaux défauts :

- relativement fragile comparé aux aciers et aux fontes GS Les

principales utilisations :

- toutes pièces mécaniques (différentes grades de résistance) ;
- bâtis de machines outils, bonne résistance aux vibrations ;
- tuyaux et canalisation (il est possible de couler des tubes de grande taille via le coulage par centrifugation).

Désignation : FGL valeur de la résistance minimale à la rupture par extension

- Les fontes à graphite sphéroïdale FGS

Fonte dans laquelle le graphite se trouve sous forme de nodules (sphéroïdes). Cette microstructure particulière est obtenue par l'ajout de magnésium dans la fonte peu de temps avant le moulage (si la fonte est maintenue en fusion, elle perd les spécificités des fontes GS au bout d'une dizaine de minutes). Le magnésium s'évapore mais provoque une

crystallisation rapide du graphite sous forme de nodules. Cette micro-structure lui donne des caractéristiques mécaniques proches de l'acier.

Désignation : FGS valeur de la résistance minimale à la rupture par extension, allongement en % après rupture.

2.4.1.2 Fonte blanche (Désignation : similaire aux fontes FGS)

Les fontes malléables MB : Solution de perlite et de cémentite. Le carbone s'y trouve sous forme de carbure de fer (Fe_3C). Possédant une bonne coulabilité, et un aspect blanc brillant, la fonte blanche est principalement utilisée pour les pièces d'aspect, les pièces d'usure (telles que les pointes de socs) et la fonderie d'art. La présence de carbure la rend très résistante à l'usure et à l'abrasion, mais la rend aussi très difficilement usinable.

Les fontes malléables MN et MP : leurs propriétés sont proches de celles de MB et de l'acier. Elles peuvent être moulées en faibles épaisseurs et sont facilement usinables (carters, boîtiers...).

3. ALLIAGES NON FERREUX

Un alliage non ferreux ne contient pas de fer, mais combine plutôt d'autres métaux. (Aluminium, cuivre, zinc ,etc). Ces alliages ne sont pas magnétisés.

3.1 ALLIAGES D'ALUMINIUM

Les alliages d'aluminium pour fonderie sont des alliages dont le constituant principal est l'aluminium, destinés à être transformés par des techniques de fonderie. Ils sont souvent nommés « alliages légers » du fait de leur masse volumique nettement inférieure à celles d'autres métaux utilisés dans l'industrie.

Principales propriétés :

- Bon conducteur de la chaleur et de l'électricité
- Faible masse volumique : 2,7 kg/dm³
- Point de fusion : 658° C
- Faible module d'Young : 70000 N/mm² 70000 Mpa 7000DaN/mm²
- Coefficient de rigidité par unité de masse est sensiblement égal à celui de l'acier
- Faible limite élastique
- Fort allongement à la rupture (tôles minces, feuilles, papier)

La résistance à la corrosion est bonne à condition que la couche d'alumine soit formée car ensuite elle empêche la corrosion de pénétrer dans l'aluminium.

Par contre l'association avec un métal plus électropositif (acier, alliages de cuivre) détruit la couche d'alumine qui ne peut donc plus protéger l'aluminium.

Les éléments d'addition sont peu nombreux : cuivre, silicium, magnésium, manganèse, titane et des associations magnésium + silicium, zinc + magnésium, zinc + magnésium + cuivre.

Désignation des alliages d'aluminium

On distingue deux grandes classes d'alliages d'aluminium:

-Les alliages corroyés :

Produits obtenus par des procédés de déformation plastique à chaud ou à froid tels que le filage, le laminage. La désignation comporte les éléments suivants :

- le préfixe EN suivi d'un espace
- la lettre A qui représente l'aluminium
- la lettre W qui représente les produits corroyés
- un tiret -
- quatre chiffres représentant la composition chimique

- Les alliages de fonderie : La désignation comporte les éléments suivants :

- le préfixe EN suivi d'un espace
- la lettre A qui représente l'aluminium
- la lettre C qui représente les produits moulés
- un tiret
- cinq chiffres représentant la composition chimique :
- 2 premiers indiquent le groupe d'alliage
- 3 derniers indiquent la composition chimique.

Exemple : EN AC-21000 : alliage d'aluminium à 4% de cuivre avec des traces de manganèse et de titane.

3.2 ALLIAGES DE CUIVRE

Les alliages de cuivre désignent un ensemble d'alliages où la teneur en cuivre est majoritaire et qu'on appelle cupro-alliages. Ils ont en général une bonne résistance à la corrosion. Les grandes familles de ces alliages sont :

- les laitons : cuivre-zinc (exemple : CW 612 N, appellation chimique : CuZn39Pb2) ;
- les bronzes : cuivre-étain (exemple : CW 460 K, appellation chimique : CuSn8PbP) ;
- les cupro-aluminiums : cuivre-aluminium ;

- les cupronickels : cuivre-nickel ;
- les maillechorts : cuivre-nickel-zinc ;
- les cuprosiliciums : cuivre-silicium ;
- les cuproplombs : cuivre-plomb ;
- les billons : cuivre-argent ;
- les zamaks : zinc-aluminium-magnésium-cuivre (où le cuivre est minoritaire).

3.3 LES ALLIAGES DE ZINC

Les alliages de zinc normalisés en fonderie 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.

Les propriétés du zamak :

- point bas de fusion (394 °C) ;
- caractéristiques mécaniques élevées ;
- excellente coulabilité (formes complexes, faibles épaisseurs) ;
- stabilité dimensionnelle (faible retrait) ;
- aptitude à la décoration ;
- résistance à la corrosion ;
- cadences de production élevée.

Les alliages Kayem sont utilisés pour une fabrication économique, par moulage au sable, des outillages de presse (outils de découpe, moules d'injection de soufflage ou de thermoformage des matières plastiques).

D'autres alliages, appelés ZL peuvent être coulés en coquille ou sous pression, ce qui leur confère un bon état de surface (apprécié en décoration) et des caractéristiques mécaniques élevées convenant bien à la réalisation de prototypes, de préséries et de pièces susceptibles de recevoir un traitement thermique.

3.4 ALLIAGES DE NICKEL

Le nickel pur a des caractéristiques mécaniques moyennes et résiste bien en milieu réducteur. L'addition d'autres éléments permet d'obtenir des alliages plus résistants mécaniquement et d'étendre leur domaine de résistance à la corrosion. Le chrome augmente sa tenue à la corrosion aux agents oxydants. Le molybdène ajouté seul ou conjointement au chrome augmente la tenue à la corrosion dans de nombreux milieux (sulfurique, chlorhydrique, marin).

3.5 ALLIAGES DE TITANE

Le Titane est un métal de transition léger, résistant, d'un aspect blanc métallique, qui résiste à la corrosion. Le titane est principalement utilisé dans les alliages légers et résistants, et son oxyde est utilisé comme pigment blanc. Les propriétés industriellement intéressantes du titane sont sa résistance à la corrosion, souvent associée à la résistance à l'érosion et au feu, la biocompatibilité, mais aussi ses propriétés mécaniques (résistance, ductilité, fatigue, etc.) qui permettent notamment de façonner des pièces fines et légères comme les articles de sport, mais aussi des prothèses orthopédiques.

3.6 ALLIAGES DE MAGNESIUM

Le magnésium est principalement utilisé dans les alliages aluminium-magnésium. On l'utilise aussi pour faciliter l'élimination du soufre dans la métallurgie du fer et des aciers. Il permet la fabrication de fonte à graphite sphéroïdal, dans laquelle le graphite se trouve sous forme de nodules (sphéroïdes).

4. MATERIAUX COMPOSITES

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux composants non miscibles (mais ayant une forte capacité de pénétration) dont les propriétés se complètent. Le nouveau matériau ainsi constitué, hétérogène, possède des propriétés que les composants seuls ne possèdent pas.

Ce phénomène, qui permet d'améliorer la qualité de la matière face à une certaine utilisation (légèreté, rigidité à un effort, etc.) explique l'utilisation croissante des matériaux composites dans différents secteurs industriels. Néanmoins, la description fine du composite reste complexe du point de vue mécanique de par la non-homogénéité du matériau. Un matériau composite est constitué :

- d'une ossature appelée **renforts**, présentant diverses architectures, qui assure la tenue mécanique.
- d'une protection appelée **matrice**, assurant la cohésion de la structure et la retransmission des efforts vers le renfort. Cette matrice est généralement une matière plastique (résine thermoplastique ou thermodurcissable).

- Principe de fonctionnement

- Les fibres travaillent efficacement en traction



- La matrice empêche (dans une certaine mesure) les fibres de flamber en compression et en cisaillement



4

Un matériau composite se compose comme suit : matrice + renfort +
optionnellement : charge et/ou additif.

Exemples : Le béton armé (composite béton + armature en acier), Le composite fibre de verre + résine polyester.

5. Polymères

Les polymères sont l'une des trois grandes classes de matériau avec les métaux et les céramiques. Il existe plusieurs types de polymères : polymères synthétiques (plastiques élastomères et caoutchouc, fibres etc. polymères naturels (protéines, acides nucléiques enzymes..))

Les polymères peuvent être classés par structure, par nombre de monomères, par propriétés mécaniques et thermiques...

1-Par nombre de monomères :

- Homopolymère: formé d'un seul type de monomère:
- Copolymères: formé à partir d à partir de plusieurs types de monomères:

2- Par architecture (structure) : linéaires, ramifiés et réticulés

3- Par propriétés:

- Polymères thermoplastiques,
- Polymères thermodurcissables
- Elastomères

Les matières plastiques couvrent une gamme très étendue de matériaux polymères synthétiques ou artificiels. On peut observer aujourd'hui sur un même matériau des propriétés qui n'avaient jamais auparavant été réunies, par exemple la transparence et la résistance aux chocs.

Il existe un grand nombre de matières plastiques ; certaines connaissent un grand succès commercial. Les plastiques se présentent sous de nombreuses formes : pièces moulées par injections, tubes, films, fibres, tissus, mastics, revêtements, etc. Ils sont présents dans de nombreux secteurs, même dans les plus avancés de la technologie.