

Université Mostapha-ben -Boulaïd \_Batna2

Faculté de Technologie

Département Socle Commun en Sciences et Technologies

Fesdis le :

1 janv. / 2021.

2<sup>e</sup> Année : « S.T /LMD/ Option :B »

**Cours de : «Technologie de base »**

**CH 1 : « Les matériaux »**

Prof. N.Bouam

Année universitaire :

2020/2021.

# SOMMAIRE

	PAGE
GENERALITES .....	01
INTRODUCTION (MATERIAUX) .....	01
PRINCIPAUX ELEMENTS UTILISES EN METALLURGIE.....	03
FABRICATION DE LA FONTE ET DE L'ACIER .....	04
I.    LES METAUX FERREUX ET LEUR ALLIAGE.....	05
ALLIAGE ; FER-CARBONE ET LEURS ETATS D'EQUILIBRE.....	05
DIAGRAMME FER-CARBONE .....	06
LES ACIERS .....	07
ACIERS ALLIES .....	07
INFLUENCE DES ELEMENTS D'ADDITION .....	07
ACIERS FAIBLEMENT ALLIES.....	08
DESIGNATION NORMALISEE.....	08
ACIERS FORTEMENT ALLIES.....	09
DESIGNATION NORMALISEE .....	09
ACIERS NON ALLIES.....	11
FONTES .....	13
DIFFERENTS TYPES DE FONTES .....	13
II.   METAUX NON FERREUX ET LEURS ALLIAGES .....	15
L'ALUMINIUM ET SES ALLIAGES .....	15
DESIGNATION NORMALISEE .....	15
LE CUIVRE ET SES ALLIAGES .....	17
PRINCIPAUX ALLIAGES DE CUIVRE .....	17
DESIGNATION NORMALISE .....	17
III.  MATERIAUX COMPOSITES.....	19
ANNEXE.....	20



# « GÉNÉRALITÉS. »

## « Introduction: »

## « MATÉRIAUX: »

- Selon le Dictionnaire: "LA ROUSSE": "Les matériaux sont définis comme des substances ou matière d'origine naturelle ou artificielle utilisée pour la fabrication d'objets, de machine ou pour la construction de bâtiments, de véhicules... etc.
- Cette "Ère Nouvelle" caractérisée par "le progrès Technologique" dans les divers domaines Scientifiques et particulièrement le Domaine de l'ingénierie où les "MATÉRIAUX" occupent une place Central.

D'où l'objectif de ce "Cours" est de bien maîtriser la Notion de "MATÉRIAUX", pour que prochainement en "SDM": "Science des matériaux"; Le choix judicieux du "matériau" pour l'accomplissement de sa "Fonction" se fasse sans "Erreur".

Pour cela certains Connaissances de base sont Nécessaire pour La compréhension de ce Cours: Notamment en terme de "PROPRIÉTÉS Des MATÉRIAUX": Une grandeur qui définit une Caractéristique donnée d'un Matériau est appelée: "PROPRIÉTÉ". Les propriétés d'un matériau fournissent une base pour la prévision de son comportement dans les diverses Conditions où il peut se trouver. Ce sont les outils que "L'ingénieur" utilise pour résoudre ses problèmes de matériaux. Quelques-unes des propriétés les plus importantes des "matériaux" sont Les Suivantes:

- Mécanique: résistance, rigidité, plasticité... etc.
- Électrique: Conductivité, perméabilité électrique... etc.
- Magnétique: perméabilité, Force coercitive, hystérésis... etc.

• Thermiques: chaleur spécifique, dilatation thermique, Conductivité.

• Chimiques: pH et Acidité, "Anti-Corrosif" ... etc.

• Physique: dimension, densité, Structure, Porosité ... etc.

et en plus d'Autres "propriétés": "piézoélectrique" - "Ferro-Électrique"  
"Supraconductivité" ... etc.

Aussi des "Notions" de "MÉTALLURGIE" et "SIDÉRURGIE" sont nécessaires pour bien Assimiler le caractère et la nature des matériaux, leur élaboration depuis le "minerai" jusqu'au "Profile" ou "Tôle", utilisé; leur "Affinage" et "Traitement Thermique" et "Chimique": (voir fig. 1 page: 3): (symbole métallurgique).

- pour "La SIDÉRURGIE" (voir fig. 2 page: 4). C'est l'industrie qui permet, à partir du "minerai de fer" ou de "Ferraillages", d'élaborer "La Fonte" et "L'Acier".

D'où les "Métaux-Ferreux": ("Fonte" et "Acier") sont issus de la "Siderurgie" et Considérés Comme des "Alliages": Fer. + Carbone.

En Résumé: Les Sciences de l'ingénieur qu'en soit en "Génie-Civil" ou "Génie-mécanique" ou Autres, sont confrontés à la "Conception Optimale", lors de calcul de Structure, de conception ou innovation de pièce, "mécanisme", "machines" ou Autres, ainsi qu'au "Choix des matériaux" vu leur grand nombre: (des milliers) et l'émergence dans le temps de "nouveaux matériaux" de plus en plus "Performants": "Superalloy"; "Composites Spéciaux"; "matériaux intelligents" ... etc.



**“TABLEAU DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS  
UTILISÉS EN MÉTALLURGIE.”**

Elément	(1)	(2)	(3)	Elément	(1)	(2)	(3)
Aluminium	Al	27	A	Molybdène	Mo	96	D
Antimoine	Sb	122	R	Nickel	Ni	59	N
Argent	Ag	108		Niobium	Nb	93	Nb
Azote	N	14	Az	Or	Au	197	
Baryum	Ba	137		Oxygène	O	16	
Béryllium	Bé	9	Bé	Phosphore	P	31	P
Bismuth	Bi	209	Bi	Platine	Pt	195	
Bore	B	11	B	Plomb	Pb	207	Pb
Brome	Br	80		Potassium	K	39	
Cadmium	Cd	112	Cd	Sélénium	Se	79	Se
Carbone	C	12		Silicium	Si	28	S
Chlore	Cl	35,5		Sodium	Na	23	
Chrome	Cr	52	C	Soufre	S	32	F
Cobalt	Co	59	K	Tantale	Ta	181	Ta
Cuivre	Cu	63,5	U	Titane	Ti	48	T
Etain	Sn	119	E	Tungstène	W	184	W
Fer	Fe	56	Fe	Uranium	U	238	
Hydrogène	H	1		Vanadium	V	51	V
Magnésium	Mg	24	G	Zinc	Zn	65	Z
Manganèse	Mn	55	M	Zirconium	Zr	91	Zr

- (1) Symbole chimique
- (2) Masse atomique
- (3) Symbole métallurgique

*Fig: 1*



La FABRICATION DE LA "FONTE" et de L'ACIER.

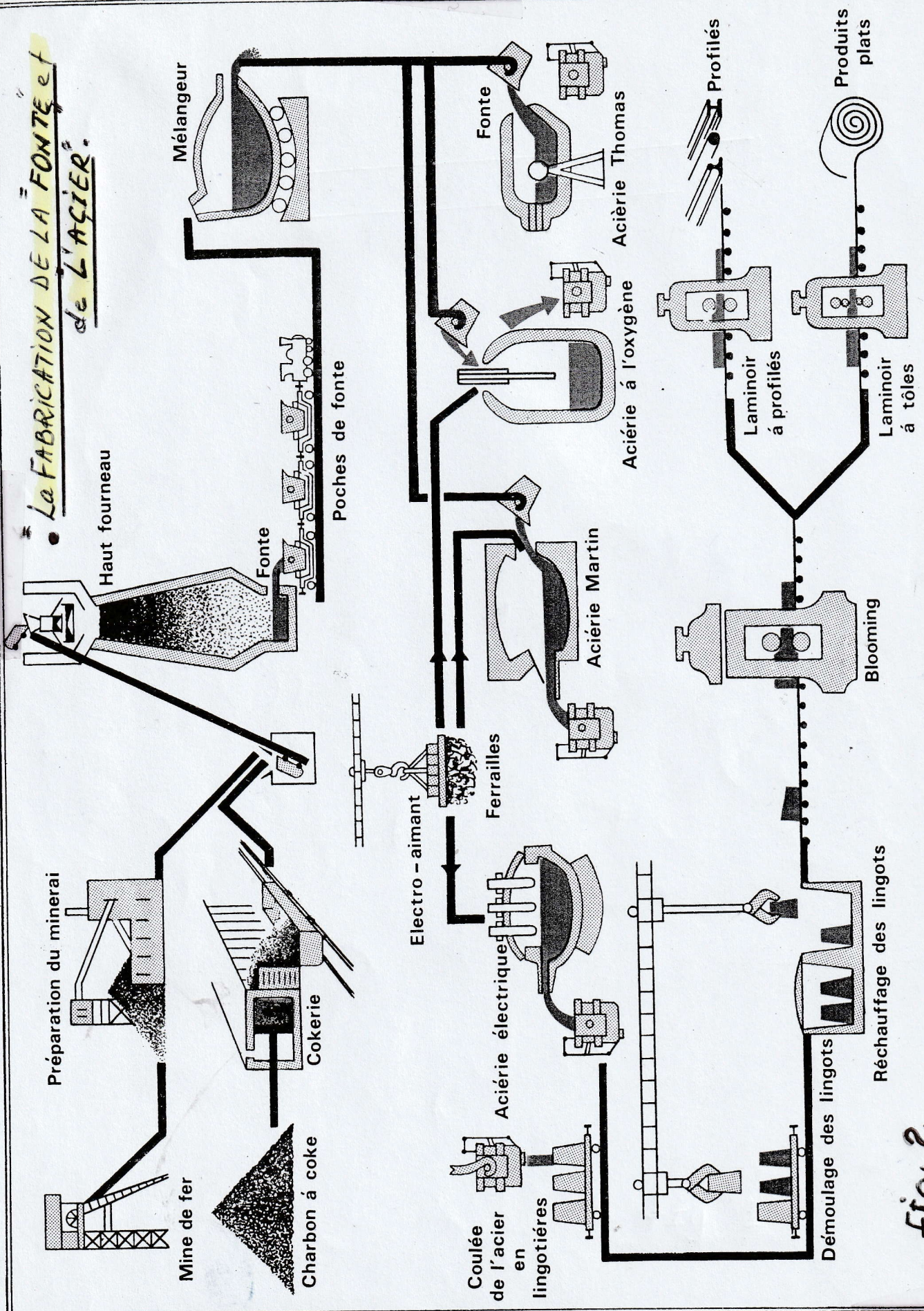


fig. 2



# I \* LES MÉTAUX - FÉRREUX et LEUR ALLIAGE.

- \* Les matériaux utilisés le plus souvent dans la construction mécanique sont constitués par des "métaux".
- Ceux-ci peuvent être employés "seuls", c.à.d. sans "addition" volontaire d'un autre élément. C'est surtout le cas de "l'Aluminium" et le "Fer".
- Plus fréquemment on utilise des "Alliages", comprenant:
  - a) un Métal de base: dont la teneur est la plus élevée (71,50%).
  - b) des éléments d'addition: introduits volontairement de façon à faire apparaître des "Qualités". Améliorant certaines propriétés du matériau.

## I.1 \* ALLIAGE : Fer-Carbone et leurs États d'équilibre.

- Les Alliages: Fer-Carbone sont de 02 Types, Les uns contiennent du "CARBONE" libre (sous forme de Graphite); Les autres contiennent du CARBONE sous forme d'une combinaison appelée "Cémentite": ( $Fe_3C$ ).
- Les Diagrammes dits: "Fer-CARBONE" (voir fig:3 page:6) est un diagramme d'équilibre des Alliages "Fer-CARBONE". "double", "superposée": "métastable" (ou à Cémentite) et "stable" (à Graphite) | - - - - -







## I-2 "LES AÇIERS"

### I-2-a "AÇIER ALLIÉ"

\* Un "Acier allié" est un "alliage Fer-carbone" dans lequel on a ajouté volontairement un ou plusieurs éléments: (Chrome, Nickel, Cobalt, Molybdène...) en quantité suffisante pour améliorer les caractéristiques mécaniques: ( $R_r$ ,  $R_s$ ,  $H$ : dureté,  $A_1$ ,  $K$ : résilience...) - d'augmenter: (la trempabilité, la résistance, la corrosion, la soudabilité, la coulabilité et l'usinabilité...etc)

### I-2-b "INFLUENCE DES ÉLÉMENTS D'ADDITION"

- Chrome: élément qui augmente le plus la résistance à la corrosion (Aciers Inoxydables).
- Cobalt: il permet une grande dureté à chaud.
- Manganèse: il augmente la "Trempabilité" et neutralise la "Fragilité due aux Sulfures de Fer".
- Molybdène: il augmente fortement la "Trempabilité", la résistance à la Dureté à chaud ainsi que la résistance à la Corrosion des Aciers inoxydables. Neutralise la "Fragilité due à la Trempe".
- Nickel: il augmente la "Trempabilité", la résistance à la Dureté, la Résilience (aux basses températures), la résistance à la Corrosion.
- Plomb: il améliore l'usinabilité.
- Silicium: il augmente la "trempabilité" et Améliore la résistance à températures élevées.
- Tungstène: il améliore la Dureté et la Résistance à température élevée (Aciers à outil).
- Vanadium: il augmente la "Trempabilité".

## I-2-c\* ACIERS FAIBLEMENT ALLIÉS:

- Pour ces Aciers "aucun" élément d'addition ne dépasse la teneur de 5%. ils sont choisis chaque fois qu'une "haute résistance" est exigée.

## I-2-d\* DÉSIGNATION NORMALISÉE: dans l'ordre:

- Le Pourcentage de Carbone multiplié par 100.
- Symboles chimiques des éléments d'addition classés en ordre décroissant en teneur.
- dans le même ordre, les Pourcentages (si  $> 1\%$ ) de ces mêmes éléments d'addition.

### \* Règle:

- les éléments d'addition: Cr, Co, Mn, Ni, Si; le Pourcentage:  $\times 4$ .
- Le Reste des Éléments: le Pourcentage:  $\times 10$ : [A, D, F, Nb, Pb, T, V, W]

### \* EXEMPLE: 35 Ni Cr Mo 16.

\* Acier faiblement Allié; % de Carbone: 0,35%:

- Ni: 1<sup>er</sup> Élément d'addition. avec  $16/4 = 4\%$  de Nickel.
- Cr: 2<sup>er</sup> Élément d'addition. avec des Traces  $< 1\%$  de Chrome.
- Mo: 3<sup>er</sup> Élément d'addition. avec des Traces  $< 1\%$  de Molybdène.

\* Remarque: La Figure de la Page: 10 illustre bien le Décodage de Quelques Exemples d'Aciers Faiblement Alliés.

\* Remarque: Voir en Annexe: pour Quelques Exemples d'Applications de ces "Aciers"; Ainsi que quelques "nuances normalisées".



## I-2.e \* ACIERS FORTEMENT ALLIÉS :

\* Pour ces Aciers "au moins" un élément d'addition dépasse la Teneur de 5% : ils sont destinés à des Usages particuliers : (Aciers Inoxydables, aciers à outils...)

I-2.f. \* DESIGNATION-NORMALISÉE : la lettre X, symbolisant l'Acier Fortement Allié, suivi dans l'ordre :

- Du pourcentage de Carbone  $\times 100$ .
- Des Symboles chimiques des éléments d'addition classés en ordre décroissant en Teneur.
- Dans le même ordre, des pourcentages (si  $> 1\%$ ) de ces mêmes éléments d'addition.

\* Remarque : pas de coefficient multiplicateur pour les pourcentages des éléments d'addition. (Non 4 ou 10).

\* EXEMPLE : X6 Cr Ni Ti 18-11 Anciennement Z6 Cr Ni Ti 18-11.

"Z ou X" : Symbole de l'Acier Fortement Allié ;  $6/100 = 0,06\%$  de Carbone.

- Cr : 1<sup>er</sup> élément d'addition avec 18% de "CHROME".
- Ni : 2<sup>ème</sup> élément d'addition avec 11% de "NICKEL".
- Ti : 3<sup>ème</sup> élément d'addition avec des Traces  $< 1\%$  de "Titane".

\* Remarque : La Figure de la page 10 illustre bien le Décodage de Quelques Exemples d'Aciers Fortement Alliés.

\* Remarque : Voir "Annexe" pour Quelques exemples d'Application de ces Aciers, ainsi que quelques "nuances normalisées".

# ACIERS ALLIÉS

*فائلمنت اللئس*  
**FAIBLEMENT ALLIÉS**  
 Aucun élément d'addition n'atteint la teneur de 5%

Pas de symbole

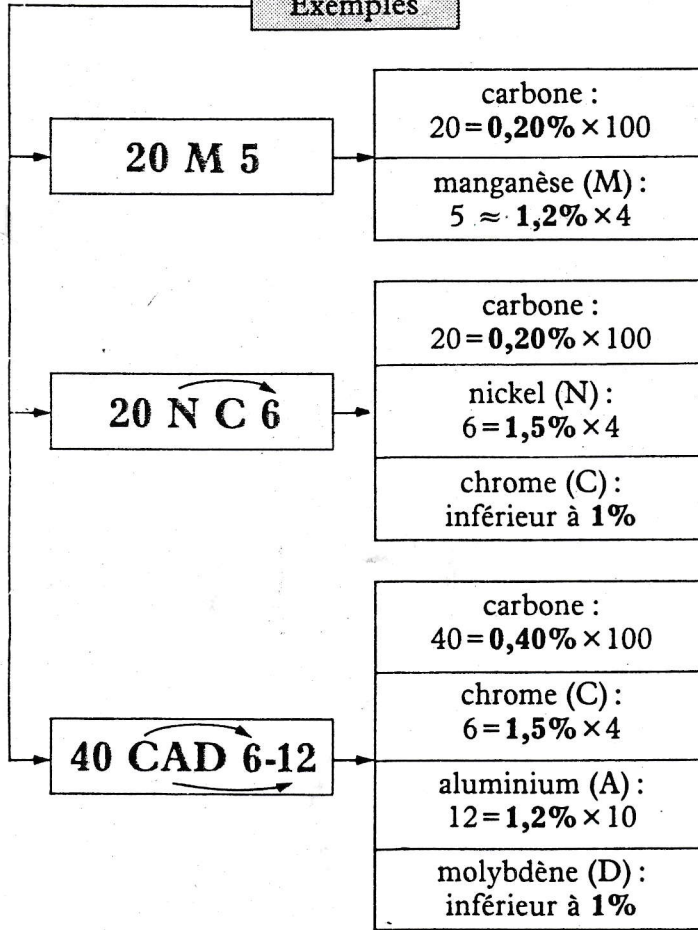
Teneur en carbone (pourcentage × 100)

Principaux éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes

Teneur de l'éléments d'addition contenu dans la plus grande proportion. Cette teneur est multipliée par 4 pour C, K, M, N, S et par 10 pour les autres éléments :

*. A, D, F, Nb, Pb, Ti, V, W.*

Exemples



*فورتمنت اللئس*  
**FORTEMENT ALLIÉS**  
 Un élément d'addition atteint au moins la teneur de 5%

Symbole  
**Z ou X**

Teneur en carbone (pourcentage × 100)

Principaux éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes

Teneur des principaux éléments d'addition (pourcentage)

Exemples

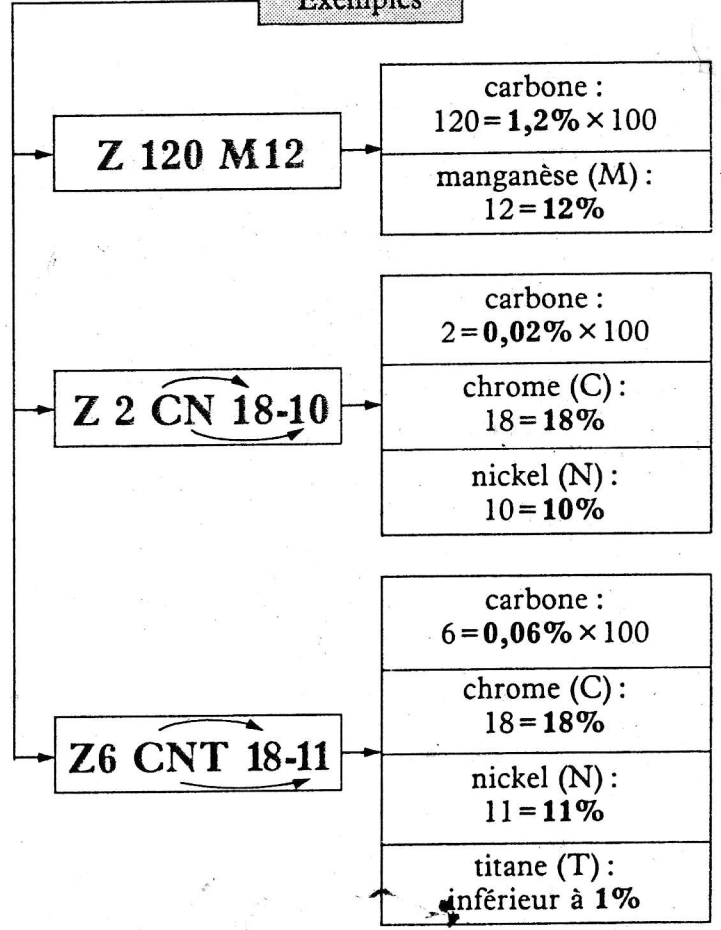


fig: 4



## I-2.9 \* ACIERS NON-ALLIÉS :

- Ce sont des "ACIERS" qui ne comporte "aucune" Addition volontaire d'élément d'Addition: (ou d'Alliage).
- Ils sont Caractérisés par leurs "Propriétés Mécaniques"; leur "Composition chimique" présente une large "gamme de Tolérance".

\* Remarque: Selon la "Figure 5" de la page: 12, intitulée: "ACIERS NON-ALLIÉS", on pourrait dire que:

Ces Aciers sont partagés en:

- a) Les "Aciers de Construction d'usage Général": C; E00; A00.
- b) Les "Aciers Moulés d'usage Général": E00-00M.
- c) Les "Aciers Non Alliés pour Forgeage": AF00.

d) "Aciers Non Alliés Spéciaux": Destinés pour les "Traitements Thermiques" ou "Chimico-Thermiques": CC00 et..

XC00; XC00.S; XC00.TS.

\* Remarque: Voir en "Annexe" pour quelques Exemples d'Application de ces "Aciers Non-Alliés"; Ainsi que quelques "nuances normalisées".

\* Remarque: "La pureté-chimique" ou "Indice de pureté" est définie par la Teneur en "soufre" et "phosphore" (et par la Somme Soufre + phosphore), Elle est indiquée par 1 "lettre minuscule" allant de "a" à "m", dans l'ordre de "pureté" croissante, pour l'élaboration des Aciers beaucoup d'impuretés existent.

**ACIERS NON ALLIES**

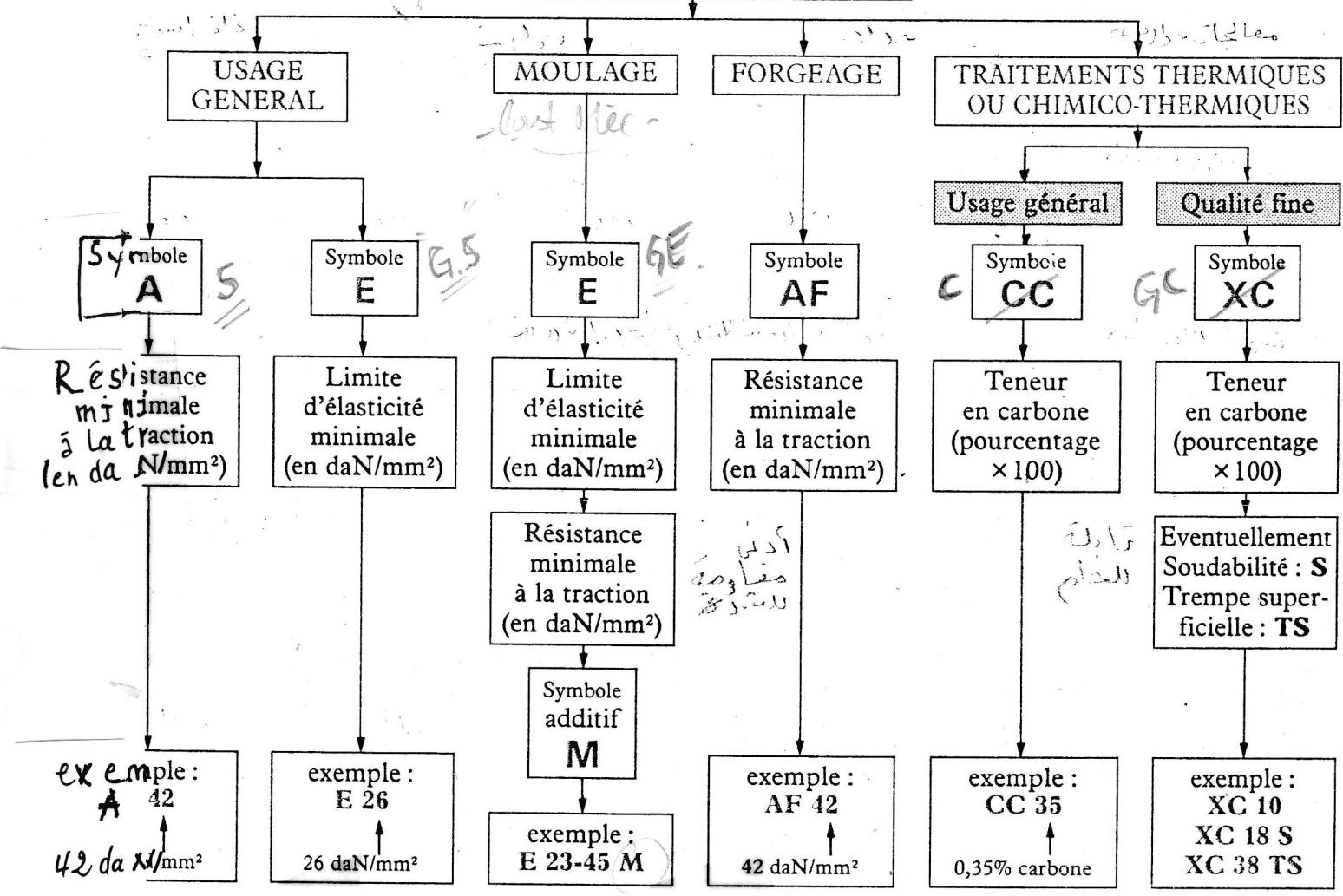


fig: 5

auquel il faut prendre en compte: La Teneur Maximum Tolérée dans un Acier.

\* Remarque: pour choisir un "Alliage d'Acier" ou un "Acier" pour une Application bien Déterminée. Il faut se référer au "Norme Internationale."



## I-3. \* FONTES.

- \* On désigne sous le nom de "FONTE": les Alliages: Fer-Carbone pouvant contenir de: 1,7 à 6,7% de "CARBONE". (Généralement les Fontes contiennent de 3 à 4% de "CARBONE" et environ 92% de "FER" et le Reste des traces d'Autres Métaux.
- Température de fusion:  $T_f = 1200^\circ\text{C}$  contre  $T_f = 1500^\circ\text{C}$  pour les "Aciers".
- Dans l'industrie et particulièrement "La Fonderie", on utilise surtout les "FONTES GRISSES" qui sont favorables grâce à leur "propriété":
  - Température fusion: relativement basse.
  - Intervalle de solidification réduit.
  - Bonne coulabilité, Absence de retrait pendant le refroidissement, Amortissent bien les vibrations: (utilisé en "Bâtiment de machines").
- Généralement à cause du pourcentage élevé de "Carbone" qu'elles contiennent, les "FONTES" sont "assez fragile" et "ductile". inadaptées aux "déformations": "Forgeage" - "Laminage" et "difficilement soudable".

### I-3-a. \* DIFFÉRENTS TYPES DE FONTES:

- \* "FONTES GRISSES" ou à "graphite lamellaire": ("FGL")
- \* "FONTES À Graphite Sphéroïdale": ("FGS")
- \* "FONTES MALLÉABLES": a) à cœur blanc: "MB" ou "GJMW".  
b) à cœur Noir: "MN" ou "GJMB".  
c) perlitique: "MP".

\* Remarque: "La Figure: 6 de La page: 14 illustre le "Découpage" de quelques exemples des différents Types de "FONTES".

## II \* MÉTAUX NON FERREUX ET LEUR ALLIAGE

\* Contrairement aux "produits Ferreux": "Fontes et Acier": Elaborés à base de "Fer" auquel on ajoute du "CARBONE" (ou l'on régularise le "CARBONE": "Acier" ou "Fontes."); Les "Non-Ferreux": ne contiennent pas de "Fer"; exemple de l'"Aluminium" et le "Cuivre"; ainsi que le "magnésium", le "Zinc" et leurs "Alliages".

### II-1 \* L'ALUMINIUM ET SES ALLIAGES:

- Ses plus utilisés juste après les "Aciers" et les "Fontes";
- Ses principales caractéristiques sont: "bas-point de fusion  $\approx 658^{\circ}\text{C}$ "; "ductilité élevée": ( $A\% = 40\%$ ); "Assez légère densité  $\approx 2,7$ "; "bonne conductivité électrique"; "bonne conductivité thermique"; "bon rapport résistance/poids"; "résistance à la corrosion élevée".

#### II-1-2 \* DÉSIGNATION NORMALISÉE:

a) "Aluminium pur": "symbole chimique": "Al"; "symbole métallurgique": "A"; suivi d'un "indice de pureté".

\* "Exemple": "A8"; "Aluminium pur" à "99,8%" de métal pur.

b) "Alliages d'Aluminium": "symbole métallurgique": du "métal de base": "A" suivi de "symboles des éléments d'addition" en ordre décroissant avec la teneur %. Correspondance:

\* "Exemple": "A-S 12": "Alliage d'Aluminium" avec "12%" de "Silicium".

\* "Remarque": "La Figure 7 de la page: 16" illustre le "décodage" de quelques "situations normalisées" d'"Alliages d'Aluminium".



## II-2 \* LE CUIVRE ET SES ALLIAGES :

- Caractéristiques : plus lourd que l'Acier (densité = 8,9) Température de fusion = 1083°C, grande résistance à la corrosion, ductilité élevée (A% = 50%), grande "conductivité électrique" qui le rend indispensable dans les "industries électriques et électroniques", grande "conductibilité thermique" (bon pour la transmission de la chaleur).

### II-2.2 \* PRINCIPAUX ALLIAGES DE CUIVRE :

- Les "LAITONS" : Cuivre + Zinc.
- Les "BRONZES" : Cuivre + Etain.
- Les "CUPRONICKELS" : Cuivre + Nickel.
- Les "CUPRO-ALUMINIUM" : Cuivre + Aluminium.
- Les "MAILLECHORTS" : Cuivre + Zinc + Nickel.

### II-2.2.b \* DÉSIGNATION NORMALISÉE :

a) "Cuivre pur" : Symbole "chimique" ou "métallurgique" du métal de base : Cu ou U, suivi d'un "indice de pureté".

\* Exemple : Cu.99 : Cuivre pur à 99,99%.

b) "Alliage de Cuivre" : Symbole de base : Cu, suivi de symboles chimiques et de pourcentages des principaux éléments d'addition, par ordre décroissant.

\* Exemple : "Maillechort" : Cu Ni 18 Zn 20 : Alliage de "Cuivre" avec 18% de "Nickel" et 20% de "Zinc".

\* Remarque : La figure : 8 " de la page : 18 " illustre le "décodage" de quelques "Nomenclatures Normalisées" du "Cuivre et ses Alliages".

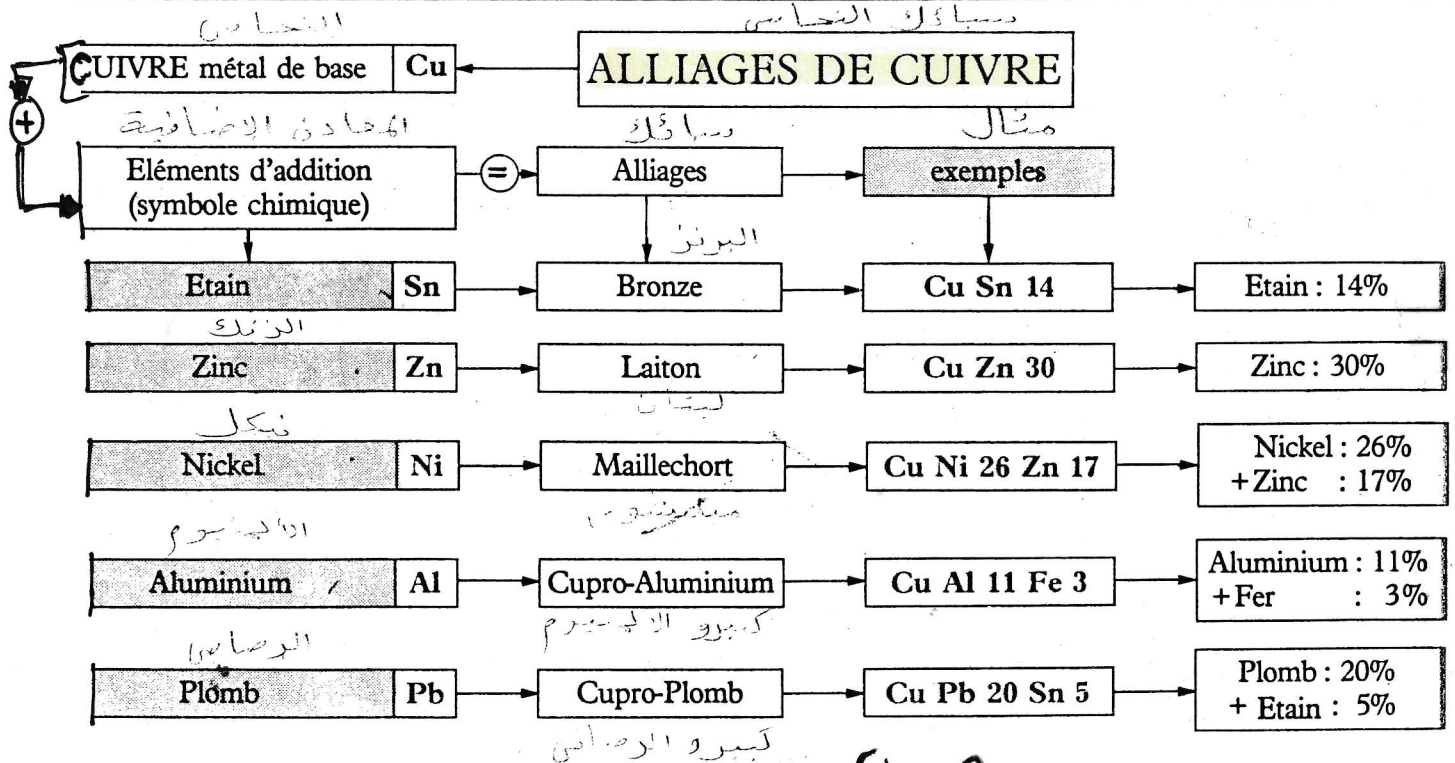
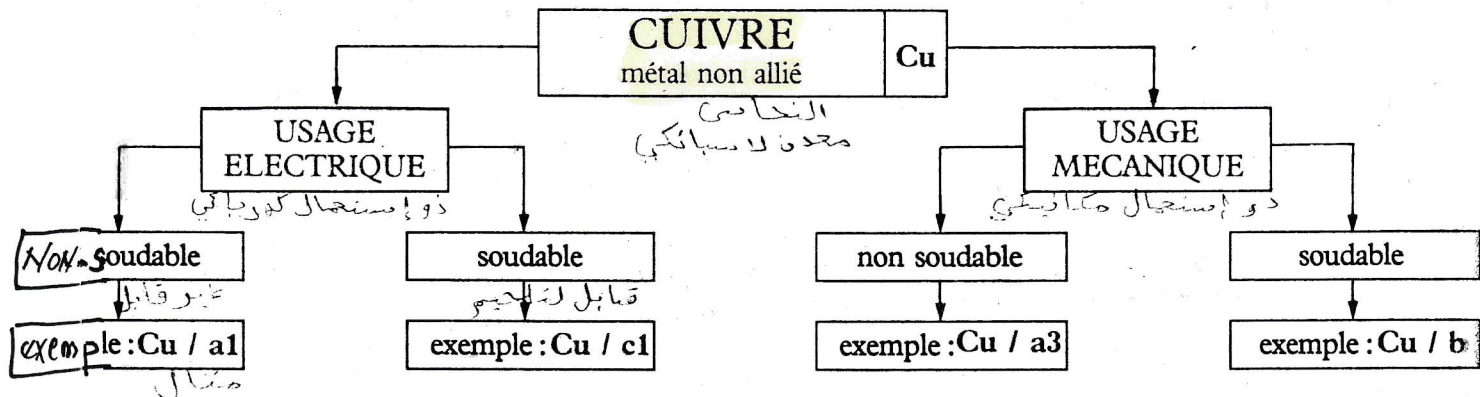
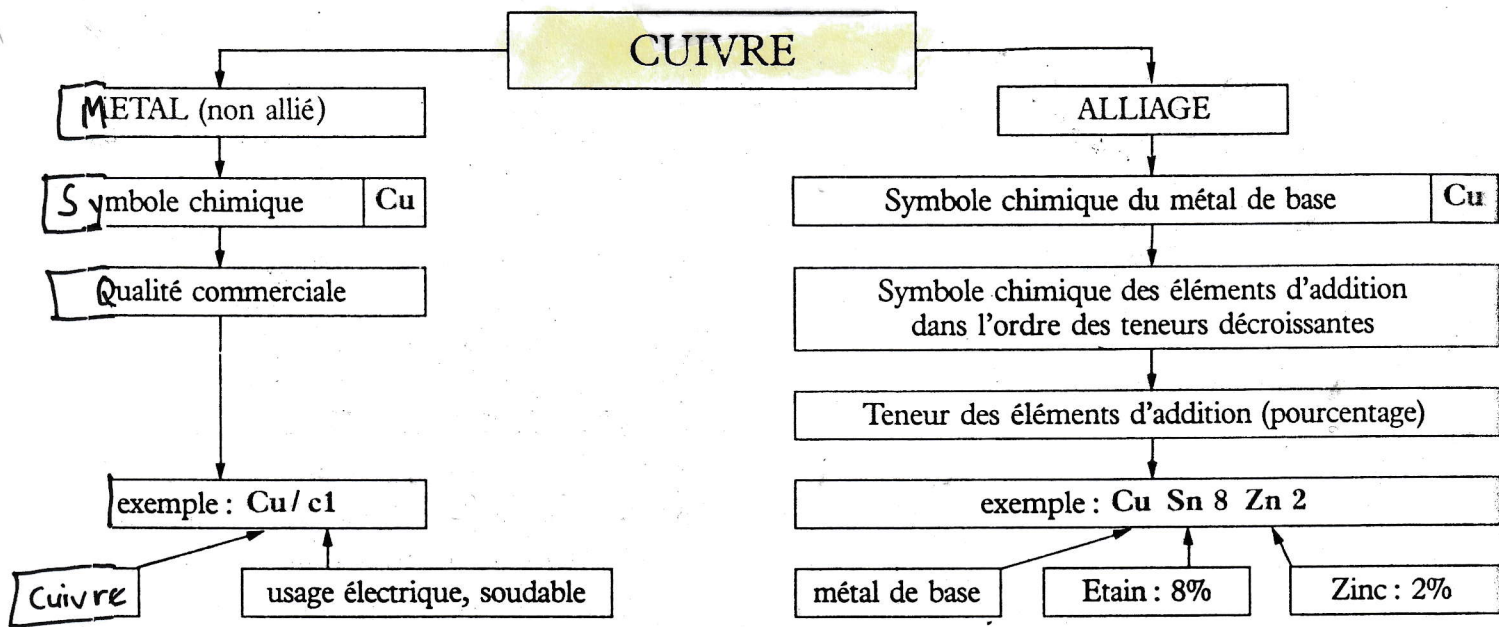


fig: 8