

6. DESIGNATION NORMALISEE DES ACIERS ET DES FONTES

6.1. Désignation des aciers

Les aciers sont classés en deux groupes :

- Aciers non alliés (aciers ordinaires et aciers spéciaux, ...).
- Aciers alliés (faiblement et fortement alliés).

Le tableau ci-dessous donne un aperçu sur le pourcentage des éléments d'alliages dans les aciers alliés et non alliés.

% des éléments d'addition	Acier non allié	Acier faiblement allié	Acier fortement allié
Al	< 0,3		> 0,3
B			> 0
Co	< 0,2	0,2 à 0,3	> 0,3
Cr	< 0,3	0,3 à 0,5	> 0,5
Cu	< 0,4		> 0,4
Mn + Si	< 1,5	1,5 à 3	> 3
Mo	< 0,05	0,05 à 0,1	> 0,1
Ni	< 0,3	0,3 à 0,5	> 0,5
Pb	< 0,4		> 0,4
V	< 0,05	0,05 à 0,1	> 0,1
W	< 0,2	0,2 à 0,3	> 0,3

6.1.1. Désignation des aciers ordinaires sans traitement thermique

Les aciers ordinaires correspondent à des produits de grande consommation. Ils sont obtenus dans les convertisseurs, fours martin. Ce sont des aciers qui n'ont pas fait l'objet d'une addition volontaire d'éléments d'alliage et qui ne doivent pas dépasser les valeurs limites comme le montre le tableau ci-dessous.

Eléments	P+S	Si+Mn	Ni	Cr	Mo	V	W	Co	Al	Ti	Cu	Pb
%	0,20	2	0,5	0,25	0,10	0,05	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,10

Deux solutions se présentent pour les désigner :

a. La lettre A : est utilisée pour les aciers de constructions mécaniques.

Cette nuance est indiquée par la lettre A suivie d'un nombre correspondant à la limite minimale de résistance à la rupture par traction R_m exprimée en daN/mm², éventuellement suivie des chiffres 1, 2, 3 ou 4 (indice de qualité des propriétés mécaniques).

Le chiffre 4 indique la plasticité la plus élevée. On utilise ces chiffres car deux aciers ayant la même charge de rupture peuvent avoir des plasticités différents.

Exemple : A 60 – 3

A : Acier ordinaire.

60 : Résistance minimale à la rupture à la traction 60 daN/mm².

3 : Indice de qualité.

Leur désignation peut être aussi des indices d'utilisation comme :

S : soudable

M : moulable

L'indice de qualité est défini selon l'expression suivante :

$$N = 2,5 A + R$$

N : nombre définissant l'indice de qualité.

A : allongement en %.

R : résistance en hbar.

Qualité	1	2	3	4
N ≥	96	108	114	118

Exemple de nuances normalisées : A33, A34 , A50, A52, A60, etc.

b. La lettre E : est utilisée pour désigner les aciers destinés à la construction métallique.

Cette nuance est désignée par la lettre E suivie d'un nombre correspondant à la limite d'élasticité minimale à la traction et éventuellement suivie d'un chiffre 1, 2 3 ou 4.

Exemple : E 24 – 2

E : Acier ordinaire.

24 : limite d'élasticité minimale de 24 daN/mm².

2 : Indice de qualité.

La catégorie de certains aciers retenus par la norme AFNOR sont :

E 24 – 1 E 26 – 2 E 36 – 2

E 24 – 2 E 26 – 3 E 36 – 3

E 24 – 3 E 30 – 3

Pour distinguer la pureté chimique en soufre et en phosphore des aciers, leur désignation peut être éventuellement suivie d'une lettre minuscule indiquant la pureté en P et S comme indiqué sur le tableau ci-dessous.

Symbole	a	b	c	d	e	f	g	h	k	m
P + S	0,140	0,120	0,100	0,090	0,070	0,065	0,060	0,055	0,045	0,035

6.1.2. Désignation des aciers pour traitements thermiques

Cette catégorie d'aciers est apte aux traitements thermiques la teneur en carbone et en

impuretés est contrôlée, on distingue deux nuances :

a. Les aciers courants :

Ils sont désignés par les lettres CC suivis d'un nombre qui désigne la teneur moyenne du carbone en centième pour cent (100 fois la teneur en carbone).

Exemple : CC 35

CC : Acier ordinaire pour traitement thermique.

35 : contenant 0,35 % de carbone.

Exemple de nuances normalisées : CC 10, CC 20, CC 30, CC 35, CC 55, etc.

b. Les aciers fins :

Ces aciers sont employés lorsque les caractéristiques mécaniques exigées sont sévères et nécessitent des transformations de structure par traitement thermique, leur élaboration s'effectue dans le four Martin.

Leur désignation commence par les lettres XC suivis d'un nombre indiquant la teneur en carbone en centième pour cent. Dans cette catégorie d'aciers, les écarts tolérés pour le carbone et les impuretés sont réduits, ces aciers présentent plus de garantie que les aciers courants vis à vis de la teneur en carbone et en impureté.

Exemple : XC 85

XC : Acier ordinaire pour traitement thermique.

85 : contenant 0,85 % de carbone.

Leur désignation peut être aussi suivie d'une lettre minuscule indiquant l'indice de pureté comme :

a : pureté minimale.

d : pureté moyenne.

m : pureté maximale.

Exemple de nuances normalisées : XC 10, XC 12, XC 18, XC 35, XC 38, etc.

Modes de traitement thermique pour les aciers au carbone :

- L'acier contenant moins de 0,30 % C est destiné à subir une cémentation est appelé acier trempé.
- Les aciers contenant 0,35 à 0,50 % C sont destinés à l'amélioration qui est la trempe suivie d'un revenu à haute température.
- Les aciers contenant 0,60 à 0,75 % C sont destinés à recevoir une trempe et un revenu à température moyenne.

- Les aciers contenant 0,8 à 1,3 % C sont dits aciers à outils et sont destinés à subir une trempe suivie d'un revenu à température basse.

6.1.3. Désignation des aciers alliés

Ces types d'aciers sont obtenus par l'addition volontaire d'éléments d'alliage. Ce sont des aciers contenant, outre le fer et le carbone un ou plusieurs éléments destinés à améliorer leurs propriétés mécaniques.

Ce sont des aciers de grande pureté. Leur élaboration s'effectue dans le four Martin, le four électrique ou le creuset.

Les principaux éléments d'alliages et leurs symboles normalisés sont présentés dans le tableau ci-dessous avec le coefficient de teneur de chaque élément.

Eléments	Symbole		Coefficient
	Chimique	Normalisé	
Aluminium	Al	A	x 10
Chrome	Cr	C	x 4
Cobalt	Co	K	x 4
Cuivre	Cu	U	x 10
Etain	Sn	E	x 10
Magnésium	Mg	G	x 10
Manganèse	Mn	M	x 4
Molybdène	Mo	D	x 10
Nickel	Ni	N	x 4
Phosphore	P	P	x 10
Plomb	Pb	Pb	x 10
Silicium	Si	S	x 4
Soufre	S	F	x 10
Titan	Ti	T	x 10
Tungstène	W	W	x 10
Vanadium	V	V	x 10
Zinc	Zn	Z	x 10
Antimoine	Sb	R	x 10
Cadmium	Cd	Cd	x 10

Les éléments d'addition sus-mentionnés agissent de deux façons principales sur l'acier.

a. Leur action sur la formation de l'austénite :

Les éléments alphagènes tels que Si, Cr, Al, W, Mo et V s'opposent à la formation de l'austénite pour une teneur suffisante, l'alliage demeure à l'état perlitique depuis la température ordinaire jusqu'à la température de fusion.

Les autres éléments gammagènes Ni, Mn et Co facilitent la formation de l'austénite au point de la rendre stable à la température ordinaire lorsqu'ils sont en proportion suffisante.

b. Leur action sur la formation de carbures complexes :

Ils facilitent la naissance des carbures complexes, généralement plus durs que le carbone de fer et qui demeurent noyés et non dissous dans le reste de l'alliage. Ces carbures influent sur les propriétés mécaniques de l'acier.

Selon les éléments d'addition et leurs quantités d'addition, on distingue deux types d'aciers :

- Aciers faiblement alliés.
- Aciers fortement alliés.

6.1.3.1. Désignation des aciers faiblement alliés

Ce sont des aciers dont la teneur en n'importe quel élément d'addition ne doit pas dépasser 5 %, ils sont désignés par :

- Un nombre indiquant la teneur moyenne en carbone exprimé en centième pour cent (multiplié par 100).
- Suivi de symboles normalisés des éléments alliés dans l'ordre des teneurs décroissantes, c'est à dire, le premier élément indique toujours l'élément dont la teneur est la plus élevée.
- Les symboles sont suivis par des nombres indiquant la teneur moyenne des éléments d'additions multiplié par 4 pour les éléments C, K, M, N, S et par 10 pour tous les autres éléments.

Remarque :

La désignation des éléments mentionnés ci-dessous est négligée dans le cas où leur teneur est égale ou inférieure à celle mentionnées ci-dessous.

M, S	N	C	D, V
1 %	0,5 %	0,25 %	0,10 %

Exemples :

45 CD 20 – 4

C'est un acier faiblement allié contenant :

- 0,45 % de carbone.
- $20/4 = 5$ % de chrome (C).
- $4/10 = 0,4$ % de molybdène (D).

20 NC 6

C'est un acier faiblement allié contenant :

- 0,20 % de carbone.
- $6/4 = 1,5$ % de nickel (N).
- Le pourcentage de chrome (C) est inférieur à 1,5 %.

Exemples de nuances d'aciers faiblement alliés selon AFNOR :

18 CD 4,	10 NC 6,	16 NC 6,	14 NC 11	
20 NCD 2.	45 S 7,	38 C 4,	100 C 6,	25 CD 4
35 CD 4,	42 CD 4,	20 NC 6,	30 NC 11	etc.

6.1.3.2. Désignation des aciers fortement alliés

Ce sont des aciers caractérisés par la présence d'un ou de plusieurs éléments d'addition et au moins un de ces éléments a une teneur supérieure à 5 %. Dans cette catégorie, on trouve les aciers inoxydables, les aciers rapides pour la confection d'outils, les aciers à résistance thermique etc.

Leur désignation normalisée est toujours précédée par le lettre Z suivie :

- D'un nombre indiquant la teneur moyenne en carbone au centième pour cent.
- Des symboles normalisés des éléments d'addition rangés dans l'ordre de teneur décroissante.
- Des chiffres indiquant la teneur moyenne en pour cent des éléments d'addition.

Dans le cas des aciers fortement alliés, les chiffres indiquent directement la teneur en % des éléments d'addition, donc il n'est pas nécessaire de diviser par les coefficients 4 ou 10 comme dans le cas des aciers faiblement alliés.

Exemples :

Z 160 CDV 12

Z : symbole de l'acier fortement allié contenant :

- 1,60 % de carbone.
- 12 % de chrome

Z 6 CN 18 – 09

C'est l'acier inoxydable courant contenant :

- 0,06 % de carbone
- 18 % de chrome.
- 9 % de nickel.

Exemple de nuances d'aciers fortement alliés :

Z 115 WC 05,	Z 200 C 13,	Z. 200 CKDV 1·4,
Z 150 CKD 14,	Z 85 WDCV 06-05-04-02,	
Z 130 WCV 12-04-04,	Z 110 DKCWV 00-08-04-02.	

6.2. Désignation normalisée des fontes selon AFNOR

La fonte est un alliage de fer et de carbone dont la teneur en carbone est supérieure à 2%. Eventuellement une fonte contient d'autres éléments introduits volontairement ou non. Les fontes se divisent en deux groupes selon leur mode d'élaboration, suivant l'état

d'existence du carbone sous forme de cémentite ou de graphite.

a. Fontes blanches :

La totalité du carbone se trouve sous forme de cémentite Fe_3C . Ces fontes sont obtenues lorsque le refroidissement est assez rapide et la température de coulée est assez basse. La cémentite n'a pas de temps pour se décomposer et l'on obtient une fonte sans graphite. Cette fonte est dite blanche car la cassure présente un aspect métallique blanc. Il y a absence du carbone libre.

La teneur en Si, C, P est relativement faible, tandis que la teneur en Mn est élevée. Ces types de fontes sont obtenues dans le haut-fourneau et sont généralement utilisées pour l'élaboration de l'acier ou de la fonte grise.

b. Fontes grises :

La totalité du carbone est libre et se trouve sous forme de graphite. Elles sont obtenues lors du refroidissement lent avec une température de coulée assez élevée, alors la cémentite peut se décomposer en donnant du carbone libre sous forme de graphite.



L'aspect de la cassure a une couleur grise, ce qui prouve la présence du carbone libre. L'élément indispensable pour obtenir une fonte grise est le silicium jusqu'à une teneur de 3 %, ensuite viennent le cuivre et le nickel dont le premier possède un pouvoir antiferritisant énergétique au cours du refroidissement mais facilitant la formation de carbure libre (point dur) et la ferrite libre (point doux) et le second (nickel) possède un pouvoir graphitisant plus meilleur que celui du cuivre, mais un pouvoir antiferritisant négligeable.

Généralement les fontes grises sont obtenues dans des fours appelés cubilots. Pour leur désignation normalisée, les fontes sont classées en deux catégories :

- Fontes non alliées.
- Fontes alliées

6.2.1. Désignation des fontes non alliées

a. Fontes grise à graphite lamellaire :

Pour leur désignation on utilise le symbole normalisé Ft suivi de la valeur en daN/mm^2 de la résistance minimale à la rupture de traction. Elles possèdent une excellente coulabilité et usinabilité mais présentent des propriétés mécaniques assez défavorables (fragiles et non malléables).

Exemple : Ft 25

Ft : symbole normalisé de fonte grise à graphite lamellaire.

25 : R_m (résistance minimale à la rupture de traction) = 250 MPA.

Exemple de nuances des fontes grises à graphite lamellaire :

Ft 10, Ft 15, Ft 20, Ft 25, Ft 30, Ft 35, Ft 40 etc.

b. Fontes à graphite sphéroïdal :

Les fontes à graphite sphéroïdal possèdent de bonnes propriétés mécaniques par rapport aux fontes Ft. Plus la sphéricité des particules est élevée, plus les propriétés sont bonnes.

La modification de la structure du graphite (passage du graphite lamellaire au graphite sphéroïdal) est obtenue par addition d'éléments d'alliages dans le métal liquide lors de sa coulée. Le premier élément ayant été utilisé est le cérium, mais aujourd'hui on utilise, le plus souvent, le magnésium sous forme d'alliages nickel-magnésium ou ferrosilicium-magnésium. Le procédé d'obtention des fontes à graphite sphéroïdal consiste à un traitement, au préalable, de la fonte tels que :

- La désulfuration.
- La démanganisation, si nécessaire, car la teneur en manganèse doit être fixée à l'avance si on veut obtenir des structures ferritiques ou perlitiques. Pour les structures critiques (Mn = 0,10 à 0,30 %), pour les structures perlitiques (Mn jusqu'à 0,90 %).

L'introduction du magnésium s'effectue lors de la coulée et à une température de 1350 à 1500°C et selon différentes méthodes.

a. Méthode sandwich :

Avant la coulée, le magnésium est introduit dans la poche sous forme d'alliage recouvert de rébus de tôles d'acier. La fonte à modifier est coulée directement sur ce sandwich.

b. Méthode plongeur :

Une cloche en réfractaire percée de trous et contenant le magnésium est entraînée mécaniquement vers le fond de la poche remplie de fonte liquide.

Les fontes à graphite sphéroïdal sont désignées par le symbole FGS suivi de la valeur en N/mm² de la résistance minimale à la rupture de traction et de la valeur de l'allongement après rupture en %.

Exemple : FGS 400 – 012

FGS : fonte à graphite sphéroïdal

400 : Résistance minimale à la rupture de traction = 400 N/mm².

012 : Allongement (A= 12%).

Exemple de nuances : FGS 370-17, FGS 500-17, FGS 600-3, FGS 700-2, etc.

6.2.2. Désignation des fontes alliées

Les fontes alliées sont obtenues par addition d'éléments d'alliages lors de la fusion. Ces éléments sont le Ni, CR, Mo, Ti, Va, Si, etc. Elles possèdent des propriétés mécaniques supérieures à celles des fontes déjà considérées. Elles sont à graphite lamellaire ou sphéroïdal et ferritiques ou austénitiques. Elles sont désignées par :

- La lettre L ou S : lamellaire ou sphéroïdal.
- Symboles normalisés des éléments d'addition rangés par teneur décroissante.
- Teneur moyenne en % des éléments d'addition rangés dans le même ordre que ces éléments sans facteur multiplicateur.

Exemple : L - NSC 30 – 5 – 5 : Fonte austénitique à graphite lamellaire ayant des teneurs moyennes en Ni (30%) en Si (5%) et en Cr (5%).

6.2.3. Désignation des fontes malléables

La fonte malléable est une fonte initialement blanche, qui a subi ultérieurement un recuit en atmosphère oxydante ou neutre. Il existe plusieurs procédés pour obtenir les différents types de fontes malléables.

a. Le procédé européen :

Pour obtenir la fonte malléable à cœur blanc (fonte malléable européenne) on élimine, en majeure partie, le carbone. Dans ce procédé les pièces moulées en fonte blanche sont emballées dans de l'oxyde de fer et portées vers 980 à 1050°C durant 80 à 100 heures. Les pièces, après ce long recuit, sont refroidies à la vitesse de 5 à 10 °C par heure et déchargées du four à 650°C pour ensuite les refroidir à l'air, alors on obtient une matrice complètement ferritique avec éventuellement quelques nodules de graphite au cœur de la pièce moulée.

b. Le procédé américain :

Il est destiné à obtenir des fontes malléables à cœur noir perlitiques (fontes malléables américaines). Dans ce procédé, les pièces coulées en fonte blanche subissant un recuit en atmosphère neutre à une température de 870 à 950°C durant 8 à 60 heures. Après ce recuit, elles sont refroidies aussi vite que possible jusqu'à la température de 760°C, ensuite elles sont refroidies à une vitesse de 3 à 10°C par heure afin d'obtenir une ferritisation complète. La descente lente de la température est souvent remplacée par un maintien à 720°C, ensuite les pièces peuvent refroidir à l'air. On obtient finalement une matrice ferritique ou tout le carbone se présente sous forme de nodules de graphite déchiquetés (fonte malléable à cœur noir). On peut supprimer la ferritisation eutectoïde en parcourant rapidement le domaine ($\alpha+\gamma+g$) pour que l'austénite se transforme en perlite, ce qui donne une fonte malléable perlitique.

Pour leur désignation, on utilise :

- La lettre M : fonte malléable.
- Les lettres B, N ou P : à cœur Blanc, Noir ou Perlitique.
- La résistance minimale de rupture à la traction R_m en daN/mm².
- L'allongement après rupture en %.

Exemples :

MB 35 –10 : fonte malléable à cœur blanc.

MN 38 – 18 : fonte malléable à cœur noir.

MP 55 – 5 : fonte malléable perlitique.