

TECHNOLOGIE DE L'ACIER

1. Propriétés physiques :

Un acier est fondamentalement un alliage de fer et de carbone (moins de 1% et en dessous de 0,25% pour les aciers dits *soudables*) auquel on peut ajouter d'autres éléments.

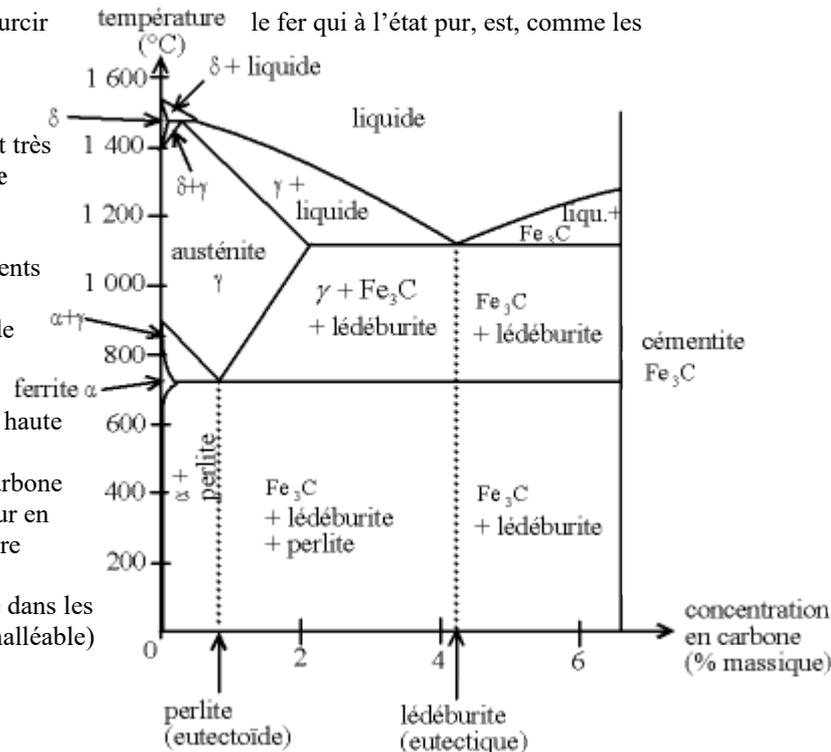
La présence du carbone s'explique par le besoin de durcir le fer qui à l'état pur, est, comme les autres métaux purs, très ductile mais peu résistant.

Le carbone forme des précipités de carbures qui, gênant la déformation plastique du métal, augmentent très sensiblement ses caractéristiques de résistance (**limite d'élasticité, résistance à la traction et dureté**).

Le fer offre la particularité de présenter des changements d'état structural suivant les températures, un changement d'état structural étant une modification de l'organisation des atomes dans l'espace.

Avec le fer, ces changements se font à plus ou moins haute température suivant la composition de l'acier. Ils s'accompagnent d'une variation de la solubilité du carbone élevée à chaud (entre 907°C et 721°C suivant la teneur en carbone dans l'alliage binaire) très faible à température ambiante.

Ce qui lui confère une grande ductilité et malléabilité dans les températures d'**austénisation**. (le fer rouge est très malléable)



Température de fusion :	environ 1530°C	
Coefficient de dilatation linéaire	de $12,0 \cdot 10^{-6}$	Ceci correspond à une dilatation de 3 mm pour une longueur de 6m et une variation de température de l'ordre de 45°C.
Densité :	7,85	
Bon conducteur de chaleur :	$\lambda=52 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$	

Matériau **élasto-plastique** surtout pour les aciers utilisés en construction : grande limite élastique et grand palier plastique : pour acier **S 235** :

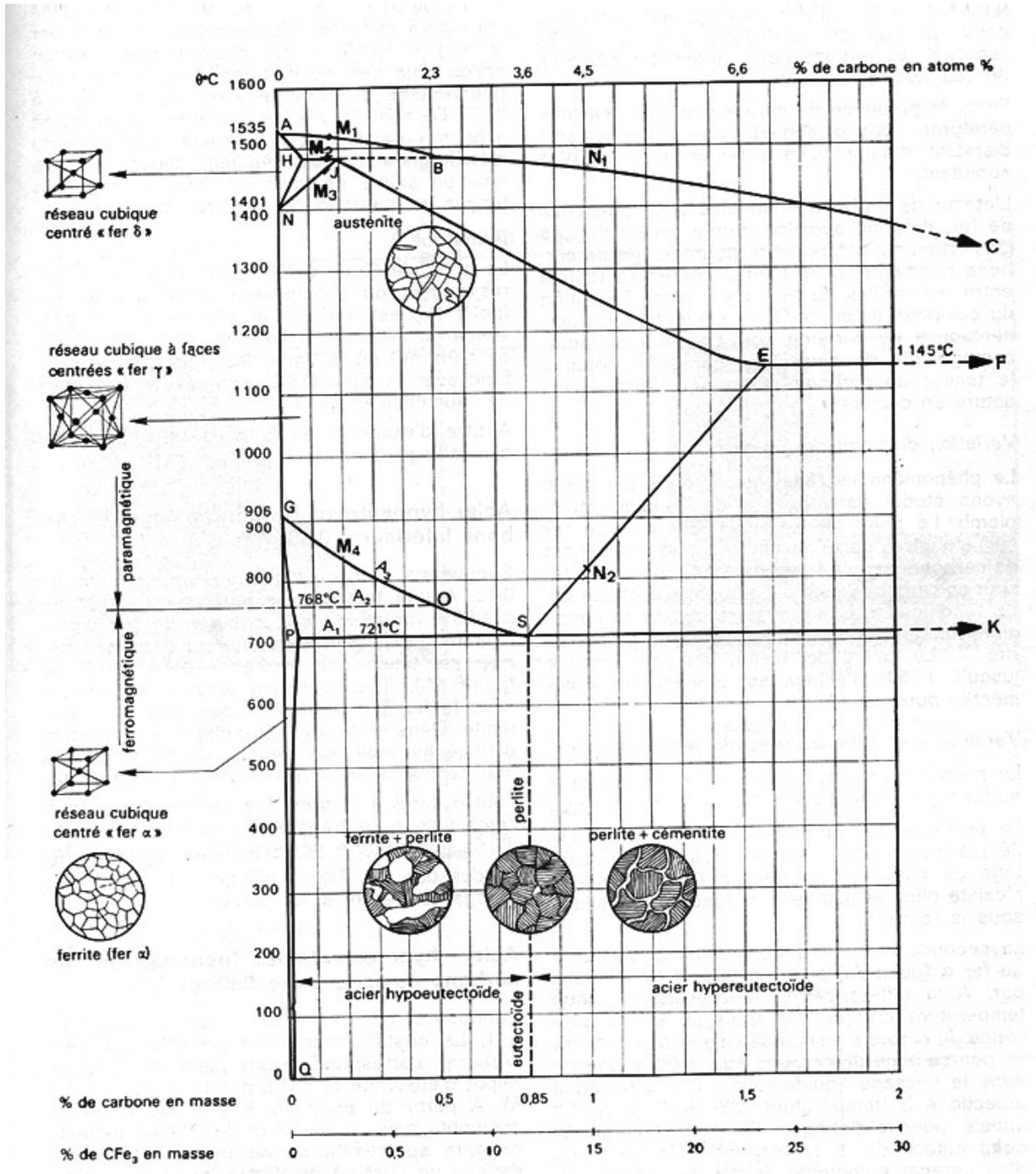
$$\begin{aligned} Re &= 235 \text{ Mpa} \\ Rr &= 355 \text{ Mpa} \\ A\% &= 30 \end{aligned}$$

Faible pouvoir réfléchissant
Altérable aux agents atmosphériques
Corrosion à l'air

TECHNOLOGIE DE L'ACIER

Diagramme Fer – Cémentite (Fe – Fe₃C)

TECHNOLOGIE DE L'ACIER



2. Les aciers (présentation rapide)

L'acier est un alliage de fer et de carbone comportant de 0,1 % à 2 % de carbone. De couleur gris foncé, l'acier est généralement obtenu par affinage de la fonte (la teneur en carbone est abaissée) suivant divers procédés.

Plus ou moins dur suivant le pourcentage de carbone (on parle par exemple d'acier doux pour des aciers possédant de 0,2 % à 0,3 % de carbone), l'acier peut être allié à de nombreux matériaux modifiant ainsi sensiblement ses propriétés (les aciers alliés à du chrome sont par exemple inoxydables).

TECHNOLOGIE DE L'ACIER

De plus les aciers sont susceptibles de recevoir des **traitements thermiques** (recuit, trempe, revenu, etc.) ou **thermochimiques** (cémentation, nitruration, etc.) qui modifieront ses propriétés mécaniques.

De part son coût de revient faible, la diversité de ses nuances et ses propriétés mécaniques, l'acier est le métal le plus utilisé dans quasiment tous les secteurs de l'industrie.

↳ **traitements thermiques**

Le recuit

Le recuit consiste en :

- *Chauffer la pièce à une température déterminée dite température de recuit.*
- *Eventuellement à maintenir cette pièce à cette température pendant un temps donné.*
- *Un refroidissement progressif à l'air calme.*

Le recuit permet notamment d'éliminer ou réduire les contraintes du métal lié à une action antérieure (déformation, soudure, etc.) ou un traitement thermique antérieur (trempe, etc.) ou de provoquer la formation d'une structure favorable à une action ultérieure (déformation, usinage, etc.) ou un traitement thermique ultérieur.

La trempe

la trempe consiste en :

- *Chauffer la pièce à une température déterminée.*
- *Refroidir brutalement la pièce en la plongeant dans de l'eau (trempe à l'eau) ou de l'huile (trempe à l'huile) ou à l'air soufflé.*

Une trempe permet d'obtenir des aciers très durs mais cassants. Elle est généralement suivie d'un revenu.

Remarque : Il est possible de réaliser des trempes "locales" ne s'appliquant qu'à une partie d'une pièce.

Le revenu

Un revenu consiste en :

- *Chauffer la pièce à une température déterminée (inférieure à la température de trempe).*
- *Eventuellement à maintenir cette pièce à cette température pendant un temps donné.*
- *Un refroidissement progressif à l'air calme.*

Un revenu permet d'atténuer les effets de la trempe en rendant la pièce plus ductile.

↳ **traitements thermochimiques**

La cémentation

La cémentation est un procédé consistant à augmenter la dureté de surface d'un acier par diffusion de carbone.

La nitruration

La nitruration est un procédé consistant à augmenter la dureté de surface d'un acier par diffusion d'azote.

TECHNOLOGIE DE L'ACIER

La carbonitruration

La carbonitruration est un procédé consistant à augmenter la dureté de surface et la résistance à l'usure d'un acier par diffusion simultanée d'azote et de carbone.

La sulfonitruration

La sulfonitruration est un procédé consistant à augmenter la dureté de surface et la résistance à l'usure d'un acier par diffusion simultanée d'azote et de soufre. Les produits traités ont une ***bonne résistance à la corrosion***.

La chromisation

La chromisation est un procédé consistant à augmenter la dureté de surface et la résistance à la corrosion d'un acier par diffusion de chrome.

La boruration

La boruration est un procédé consistant à augmenter la dureté de surface et la résistance à l'usure d'un acier par diffusion de bore. Les produits traités ont une dureté exceptionnelle mais la couche est assez fragile.

La shérardisation

La shérardisation est un procédé consistant à augmenter la résistance à la corrosion d'un acier par diffusion de zinc.

TECHNOLOGIE DE L'ACIER

3. Désignation symbolique des aciers non alliés

Rappel : Un acier non allié est un acier exclusivement constitué de fer et de carbone, environ 0,2% (les aciers non alliés peuvent contenir du manganèse la teneur étant inférieure à 1%).

A. Aciers non alliés

Ces aciers non alliés sont désignés par la lettre **C** suivi d'un chiffre représentant le centuple de la teneur en carbone.

Exemple : C 45

Cet acier non allié (C) possède une teneur en carbone de 0,45 % (45).

Si l'acier est moulé, la désignation est précédé d'un G.

Exemple : GC 25

Cet acier non allié (C) est moulé (G) et possède une teneur en carbone de 0,25 % (25).

B. Aciers faiblement alliés

Par acier faiblement allié, on entend les aciers dont la teneur de chaque élément d'addition est inférieure à 5 % et dont la teneur en manganèse est inférieure à 1%.

Ces aciers sont désignés par:

- Un chiffre représentant le centuple de la teneur en carbone.
- Les symboles chimiques des éléments d'alliage dans l'ordre décroissant de leur teneur.
- Les teneurs des éléments d'alliage séparées par un trait d'union. Les teneurs des éléments d'alliage sont multiplié par un facteur (et arrondi à la valeur entière la plus proche) dépendant du matériau. Ces facteurs sont données dans le tableau ci-dessous.

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

Exemple : 20MoCr5

- Cet acier faiblement allié possède une teneur en carbone de 0,2 % (20). Pour trouver ce résultat on a divisé 20 par 100.
- Il est allié à du molybdène (Mo) et du chrome (Cr).
- La teneur en molybdène est de 0,5 % (5). Pour trouver ce résultat on a divisé 5 par le facteur 10 comme indiqué dans le tableau ci-dessous.
- Il y a des traces (non quantifiées) de chrome.

Rappel : Si les aciers désignés sont moulés, leur désignation est précédée d'un G.

TECHNOLOGIE DE L'ACIER

C. Aciers fortement alliés

Par acier fortement allié, on entend les aciers dont la teneur d'un au moins des éléments d'addition est supérieur à 5 %.

Ces aciers sont désignés par:

- La lettre X
- Un chiffre représentant le centuple de la teneur en carbone.
- Les symboles chimiques des éléments d'alliage dans l'ordre décroissant de leur teneur.
- Les teneurs des éléments d'alliage séparées par un trait d'union.

Exemple : X6NiCrTi17-12

- Cet acier fortement (X) allié possède une teneur en carbone de 0,06 % (6).
Pour trouver ce résultat on a divisé 6 par 100.
- Il est allié à du nickel (Ni) du chrome (Cr) et du titane (Ti).
- La teneur en nickel est de 17 % (17).
- La teneur en chrome est de 12 % (12).
- Il y a des traces (non quantifiées) de titane.

Rappel : Si les aciers désignés sont moulés, leur désignation est précédée d'un G.

D. Aciers rapides

Les aciers rapides sont désignés par:

- Les lettres HS
- des nombres indiquant la teneur des éléments d'alliages dans l'ordre suivant:
 1. Tungstène
 2. Molybdène
 3. Vanadium
 4. Cobalt
 - 5.

Remarque : Cette désignation peut être complétée par des symboles additionnels

TECHNOLOGIE DE L'ACIER

4. Les aciers de construction

Les ACIERS utilisés généralement en Construction Métallique font l'objet d'une norme européenne EN 10027 (depuis novembre 1992) qui précise «les systèmes de désignation des aciers », remplaçant ainsi le fascicule de documentation A 35 500, ainsi que la norme NF A 02 005.

a) Normes de référence :

NF EN 10027 (1-2) (nov.92)

« Système de désignation des aciers.

Partie 1 : Désignation symbolique, symboles principaux

Partie 2 : Systèmes numériques

Fascicule A 02 005 03 (mai 93)

« Système de désignation des aciers – symboles additionnels pour la désignation symbolique des aciers »

NF EN 10025 (déc.93) ex NF A 35 501

« Produits laminés à chaud en aciers de construction non alliés. »

NF A35 502 (nov.84) – (Pr. EN 10155)

« Aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique : tôles minces, moyennes et fortes, larges-plats, poutrelles et laminés marchands »

NF EN 10113 (1-2-3) (juin 93) ex NF A 350504 et A 36 201

« Produits laminés à chaud en aciers de construction soudables à grains fins.

Partie 1 : Conditions générales de livraison

Partie 2 : Conditions de livraison des aciers à l'état normalisé

Partie 3 : Conditions de livraison des aciers obtenus par laminage thermomécanique. »

NF A36 212 (juin 85) – (Pr. EN 10255)

« Tôles destinées à la fabrication de plates-formes et de structures marines – nuances et qualités »

b) Nuances et Qualités d'aciers utilisés en Construction Métallique :

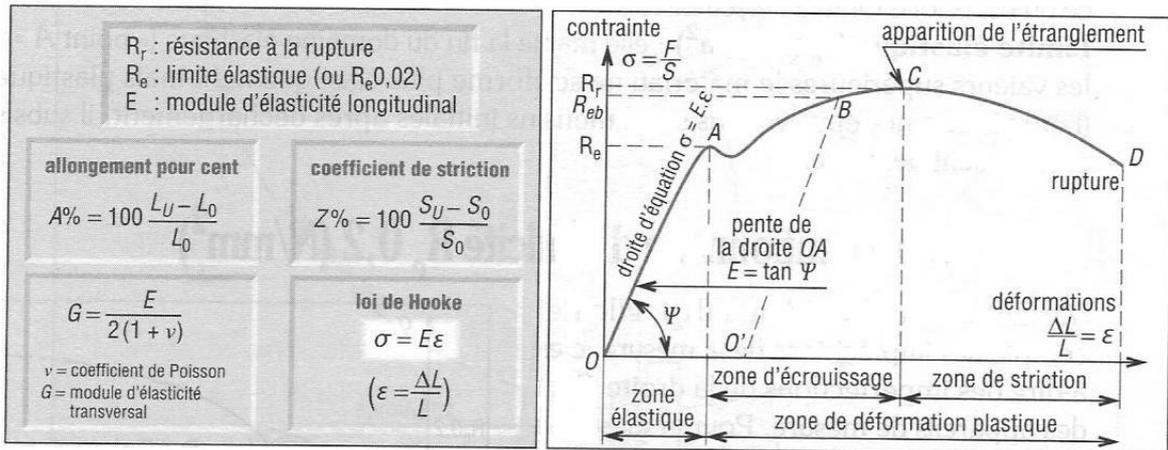
Du type d'après NF EN 10027 :

S 235 JR

Nuance :

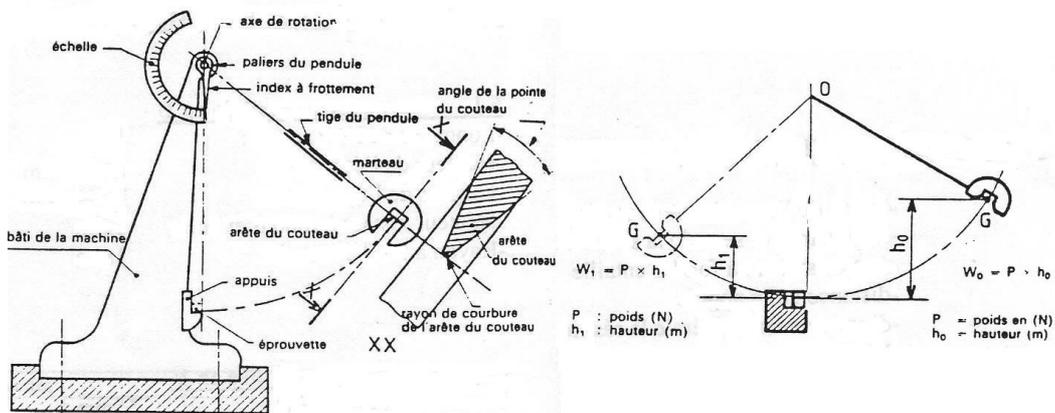
Caractéristique d'un acier de construction exprimée par la limite d'élasticité garantie ou par la résistance à la rupture garantie dans des conditions d'allongement A% minimale imposée et parfois de pliage à 180°.

TECHNOLOGIE DE L'ACIER



Qualité :

Elle représente la résistance d'un acier à l'effet d'entaille à une température donnée.
 Résistance qui croit dans l'ordre des indices JR, J0, J2 employés pour l'exprimer



Notion de rupture fragile :

Phénomène rare de cassure brutale, catastrophique se propageant dans le métal à une vitesse égale au 1/10 de la vitesse du son.
 Pour qu'elle se produise, il faut :

- ↪ **Présence d'un angle rentrant** vif ou une entaille sévère due respectivement à une mauvaise conception de forme ou le plus souvent à un défaut de soudage
- ↪ **Existence d'une contrainte réelle uni-axiale de Traction** minimale
- ↪ **Utilisation d'un acier à faible résistance à l'entaille** à la température de service, représenté par une résilience **KCV** insuffisante à plus ou moins basse température.

Température de service :

Base de recherche : Qualité d'un acier de construction
 Doit être connue avec précision quelle que soit la méthode utilisée.

- ↪ **Ossature exposée à l'air libre** (pylônes, grues, chemins de roulement, ...) La température de service (θ_{ser}) : la plus basse de celles relevées sur 20 ans, à laquelle on ajoute +10°C

TECHNOLOGIE DE L'ACIER

Notion semi-probabiliste d'application des surcharges totales d'exploitation, au moment où la température réelle de l'ouvrage est la plus basse.



Ossature de bâtiments industriels bardés normalement

Tout dépend de la possibilité de mise en exploitation intégrale, avant réchauffement de l'ordre de 10°C des ossatures.

Si cette possibilité existe, on considère la température réelle souvent >0°C, sans quoi les canalisations gèleraient.



Ossature maintenue artificiellement à basse θ (entrepôts frigorifiques, ...)

La température de service θ_{ser} étant la température intérieure de fonctionnement du local.

TECHNOLOGIE DE L'ACIER

Le [tableau 3](#) indique les différentes qualités de l'acier pour les constructions ainsi que leurs énergies de rupture dans l'essai de résilience.

Tableau 3 - Qualités d'acier utilisées pour les constructions avec les énergies de rupture (épaisseurs < 150 mm)

Qualité de l'acier	Utilisation	Sollicitation	Énergie de rupture (en joules)	Température de l'acier (en °C)
JR	Constructions courantes Épaisseurs moyennes	Normale	27	20
J0	Résistance à l'entaille Résistance à la rupture fragile	Importante	27	0
J2	Grande résistance à l'entaille Grande résistance à la rupture fragile	Importante	27	- 20
K2			40	- 20

Le symbole J correspond à 27 joules ; K à 40 joules et L à 60 joules.
Le symbole R correspond à 20 °C ; 0 à 0 °C ; 2 à - 20 °C ; 3 à - 30 °C et 4 à - 40 °C.

Qualités d'aciers utilisées en construction métallique

Nouvelles normes			Anciennes normes		
Nuance	Qualité	Norme NF	Nuance	Qualité	Norme NF
S235	JR JO J2	EN 10225	E 24	2 3 4	- A 35-501
	- JOW J2W	EN10155		W2 W3 W4	A 35-502
S275	JR JO J2	EN 10025	E 28	2 3 4	A 35-501
S355	JR JO J2	EN 10025	E 36	2 3 -	A 35-501
	- JOWP J2WP JOW J2W	EN 10155		WA2 WA3 WA4 WB3 -	A 35-502

„ (1) A 35-q04 pour les poutrelles et profilés.

Nota: il existe certaines différences entre les caractéristiques des nuances et qualités définies par les nouvelles normes NF EN et celles définies par les anciennes normes NF A.

En ce qui concerne les autres produits sidérurgiques comme les ronds à béton, les produits en aciers spéciaux, les palplanches ou encore les rails, on trouvera des informations sur les nuances spécifiques utilisées dans leurs rubriques respectives.