

Chapitre 2 : Propriétés Chimiques et mécaniques des aciers

2.1. Introduction

Le métal comme matériau de construction a été utilisé pour la première fois en Angleterre en 1779 en réalisant un arc de 30 m de portée. Entre 1780 et 1820 en utilisant la fonte, un grand nombre de ponts ont été réalisés. Le développement des fours a permis l'évolution du métal. En 1890, l'acier a remplacé la fonte.

2.2. Composition chimique de l'acier

L'acier est un matériau constitué essentiellement de fer ($\text{taux} > 95\%$) et du carbone qui intervient que pour un faible part ($\leq 1.7\%$). L'acier peut contenir d'autres éléments en faible quantité qui sont soit des impuretés, soit des introductions volontaires.

2.2.1. Classification des aciers en fonction de la teneur en carbone

Matériaux	Teneur en carbone %	Domaine d'utilisation
Acier doux	$0.05 < C < 0.3$	Charpente, boulons
Acier mi-durs	$0.3 < C < 0.6$	Rails, pièces forgées
Acier durs	$0.6 < C < 0.75$	Outils
Acier extra durs	$0.75 < C < 1.2$	Outils, poinçons
Acier sauvages	$1.2 < C < 1.7$	Pièces spéciales

2.3. Aciers utilisés en construction métallique

- Acier d'usage général
- Acier inoxydable résistant à la corrosion
- Aciers Traités thermiquement pour avoir des aciers à haute résistance.

2.4. Propriétés mécaniques des aciers

Les principales propriétés mécaniques de l'acier sont :

- La résistance
- La ductilité
- La dureté
- La résilience

2.4.1. Essai de traction

L'essai de traction est pratiqué sur une éprouvette cylindrique soumise à un effort de traction progressif croissant de zéro jusqu'à la rupture. On mesure les allongements successifs de l'éprouvette, on obtient un diagramme contrainte déformation comme le montre la courbe ci-dessous.

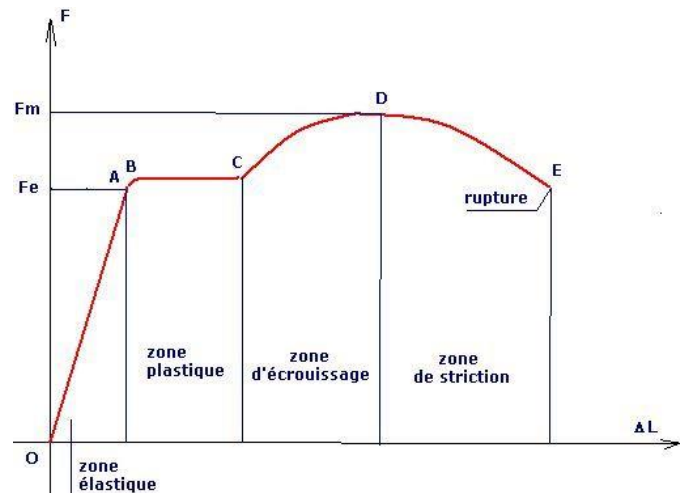


Fig.1. Courbe de l'essai de traction sur une éprouvette en acier.

2.4.2. Essai de Dureté

Il permet de déterminer plus rapidement la nuance de l'acier et il est établi par la pénétration d'une pointe dans l'acier. L'essai peut être effectué par l'une des trois procédures suivantes :

- Essai de Brinell
- Essai de Rockwell
- Essai de Vickers

2.4.3. Essai de Résilience

La résilience est l'aptitude du matériau (l'acier) à résister au choc à température ambiante. [Essai CHARPY]. (Un Choc est une action extérieure appliquée avec une grande vitesse).

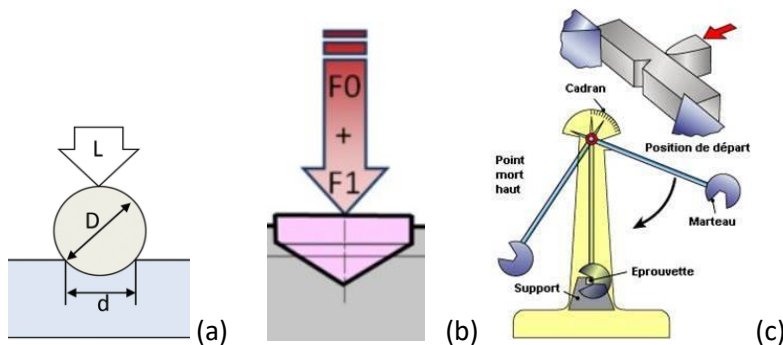


Fig.2. (a)Essai Brinell, (b)Essai Rockwell, (c)Essai Charpy

2.5. Performance d'usage des aciers de constructions métalliques

Les aciers de CM sont essentiellement définis à travers leur propriétés d'usage qui font l'objet de **garantie**. Ce sont :

- La limite élastique à 20°C : $ReH = f_y$ exprimée en N/mm²
- La résistance de rupture en traction à 20°C : $Rm = f_u$ exprimée en N/mm²
- L'allongement à rupture à 20°C : $A = \epsilon_{rup}$ exprimée en %
- L'énergie de rupture en flexion par Choc : (KV) exprimée en Joule (c'est la résilience)

2.6. Nuances des aciers :

Chaque pays possède ses propres normes. Dans le présent cours, nous allons employer les normes européennes relatives aux produit d'acier et dans la majorité des cas les normes françaises.

Les normes de construction d'usage courant sont :

- Les aciers après laminage à chaud et retour à la température ambiante qui sont subi un traitement de normalisation complète et qui sont livrés à l'état normal (désigné par la lettre N).

La désignation des aciers est la suivante :

S 235 JR N O

S : Aciers de construction

235 : caractéristiques mécanique $ReH = f_y$ « limite élastique »

JR : symboles caractérisant l'énergie a rupture (Ductilité aussi)

J				R				
Energie J	27	40	80	Température d'essai	+20°C	0°C	-20°C	-30°C
Symbole	J	K	L	Symbole	R	0	2	3

N : 1^{er} groupe de principaux symboles additionnels (relatif au mode fabrication) N, M et Q

N : livrés à l'état normal

M : livrés après un traitement thermomécanique (pour obtenir des aciers à haute résistance)

Q : livrés après avoir subis un traitement de trempe et revenu (pour avoir des aciers a haute résistance).

O : 2^{ème} groupe de symboles additionnels

O : Offshore (structure pétrolière marine)

S : Construction navales

D : Galvanisation

Les divers aciers de construction ainsi que leurs nuances sont définis par les normes, Nous nous limitons à 3 nuances principales d'aciers :

- Acier **S235** utilisé dans la majorité des cas
- Acier **S275**
- Acier **S355** utilisé dans les ouvrages d'art

Caractéristiques mécaniques des aciers en fonction de leur épaisseur	S235	S275	S355
Limite élastique f_y (MPa)			
$t < 16$ mm	235	275	355
$16 < t < 40$ mm	225	265	345
$40 < t < 63$ mm	215	255	335
Contrainte de traction à la rupture f_u (MPa)			
$t < 3$ mm	360/510	430/580	510/680
$3 < t < 100$ mm	340/470	410/560	490/630

2.7. Valeurs de calcul des coefficients usuels de l'acier :

- Module d'élasticité longitudinal : $E = 21.10^4 \text{ N/mm}^2$
- Module de cisaillement :

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

ν : coefficient de poisson : $\nu = 0.3$

- Masse volumique : $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Coefficient de dilatation : $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$