

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et de La Recherche  
Scientifique



Université de BISKRA  
Département Génie Mécanique

**MATIERE**

**CONSTRUCTION  
METALLIQUE  
(M2CM)**

**CHARGEЕ DU MODULE: CHADLI MOUNIRA**

## Contenu de la matière

**CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LA  
CONSTRUCTION METALLIQUE**

**CHAPITRE 2 : NOTIONS DE BASE ET DE  
SECURITE**

**CHAPITRE 3 : LES ASSEMBLAGES**

**CHAPITRE 4 : Le Soudage**

## II.1 Introduction :

Le fer a commencé à faire son apparition comme élément de construction au XVIII<sup>e</sup> siècle, alors que les matériaux usuels à cette époque étaient le bois et la pierre. Il s'agissait alors d'assurer des fonctions d'ornementation et de renforcement des ossatures (essentiellement de maintenir les pierres dans leur position initiale par agrafage).

Les années 70 furent marquées par un nouveau type architectural basé sur la mise en valeur de la haute technologie (e.g. centre Georges Pompidou). Cependant il fallut attendre les années 80 pour entrevoir les premiers signes d'une architecture inventive, caractère de la construction en acier d'aujourd'hui (carénage continu, forme d'ailes d'avion ou de bateau, utilisation de mâts et habillage de verre et d'acier).

L'année 1850 a marqué la réalisation d'une première véritable ossature métallique en poutres colonnes, l'hôtel CRYSTAL PALACE à LONDRES, qui a servi pour la première exposition universelle, c'était aussi la première application de l'idée de préfabrication des éléments (barres).

En 1855: HENRY BESSEMER inventa le convertisseur qui porte son nom et qui a permis l'évolution de la fonte en acier.

## II.1 Introduction :

En 1889: A été marqué par la réalisation de la tour EIFFEL à PARIS, ossature rivetée de 320m de hauteur par GUSTAVE EIFFEL.

En 1930: Un nouveau procédé d'assemblage, outre l'assemblage riveté et boulonné, commence à se généraliser: c'était l'assemblage soudé.

En 1931: C'était la construction de l'empire STATE BUILDING à NEW YORK: ossature en acier de 380m de hauteur.

En 1973: Construction du WORLD TRADE CENTRE à NEW YORK (twins towers).

En 1974: A marqué la construction de la SEARS TOWER à CHICAGO: un bâtiment de 109 étages et de 442m de hauteur.

En 1981: C'était la réalisation d'un pont suspendu de 1410m de portée centrale en (G.B)

En 1998: A marqué la réalisation d'un pont suspendu de 1990m de portée centrale au (JAPON).

En 2000: A marqué la réalisation de deux tours en béton armé de 450m de hauteur.

En 2003: Inauguration de la tour la plus haute à usage de bureau de 100 étages et 508 m de hauteur à TAÏPEÏ.

En 2008: A marqué la réalisation de la tour de DUBAI de 560m de hauteur.

## Domaines d'utilisation

On peut réaliser différents types de construction métallique tels que:

### **Constructions à usage d'habitation:**

Telles que les maisons individuelles ou collectives et les constructions de grande hauteur qui peuvent servir à des fins administratives

- **Maison individuelle**

Ce sont des maisons à ossature métallique très répandues au Canada et Australie, mais pas autant en Europe par contre complètement ignorées en Algérie.

Dans ces maisons ce n'est pas seulement la charpente (le toit) qui est en acier, mais toute la structure. Il s'agit du concept d'un squelette qui remplit la fonction porteuse pour qui l'habillage des parements se fait simplement et facilement avec divers matériaux.

- **Bâtiments industriels** : bâtiments de grandes hauteurs et portées (avec ou sans ponts roulants)



## Ossatures des bâtiments à plusieurs étages•

Ce sont généralement des immeubles de plus de vingt étages, ils constituent un domaine d'application de la construction métallique. Où l'ossature est complètement métallique, les planchers sont supportés par des solives servant d'appuis aux coffrages perdus pour le coulage du béton. Dans certaines tours en France, le noyau central est en béton armé.

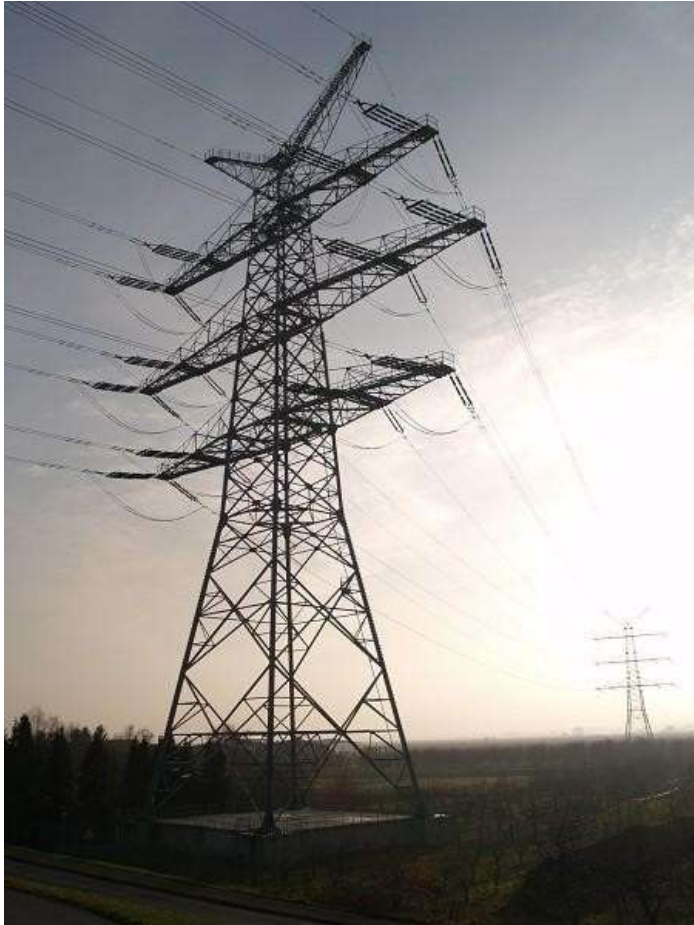


**Ponts et passerelles** : à poutre, en arc, suspendu, à haubans ...





## Les tours et les mâts : pylônes des lignes électriques, de télécommunication



**Les constructions métalliques en tôle :**  
réservoirs, silos, pipelines



**Les calottes sphériques**



## Les mécanismes mobiles : les grues ...



## Les plates-formes



## Avantages et Inconvénients des Constructions Métalliques

### avantages

#### La légèreté :

Les constructions en acier sont, en général, plus légères que celles en béton armé ou précontraint, en bois, en pierre ...

La légèreté peut être caractérisée par le rapport entre le poids volumique et la résistance (appelé rendement).

#### La solidité :

Grâce à l'homogénéité des matériaux utilisés en construction métallique.

#### La résistance mécanique :

Grande résistance à la traction → franchissement de grandes portées.

Bonne tenue aux séismes (ductilité + mêmes résistances à la traction et à la compression ).

#### L'industrialisation :

La préparation et la mise en forme des éléments de structures en acier se font en atelier. Ces éléments arrivent sur le chantier prêts à être montés et assemblés. Cela nécessite des techniques et des équipements modernes.

#### L'imperméabilité :

L'acier se caractérise par son imperméabilité (fluides: liquide + gaz).

Attention lors de la réalisation des assemblages.

#### Les possibilités architecturales :

Beaucoup plus étendues qu'en béton.

#### Les modifications:

Aisément réalisables.

## Inconvénients

### La corrosion :

L'acier tend à s'oxyder et à se corroder lorsqu'il est soumis à des atmosphères humides, à des agressions chimiques, à la condensation, qu'il est en contact avec l'eau ou les sols.

La protection contre la corrosion peut se faire par:  
l'ajout d'additifs à l'acier.

Le revêtement périodique de la surface d'acier (galvanisation, métallisation au pistolet, électrozinguage ...) avec peinture ou vernis.

la sélection de formes de structures sans brèches et fentes afin de se prémunir des risques de l'humidité et des poussières.

### **Mauvaise tenue au feu nécessitant des mesures de protection onéreuse:**

Le module d'élasticité de l'acier commence à diminuer à partir de la température  $T=200^{\circ}\text{C}$ . L'acier perd sa capacité portante et passe à l'état plastique à partir de la température  $T=600^{\circ}\text{C}$ .

### **Susceptibilité aux phénomènes d'instabilité élastique:**

En raison de la minceur des profils.

## LE MATERIAU ACIER ET PRODUITS SIDERURGIQUES

L'industrie sidérurgique s'est développée à la fin du 19ème siècle en proposant des produits de construction (laminés ou moulés) adaptés à la construction d'ossatures métalliques -Charpente Métallique.

Ces éléments de construction "rigides" permettent de dégager des grands espaces utiles au sol. La portée des éléments d'ossature peut atteindre plusieurs dizaines de mètres.

En outre le poids de ces éléments d'ossature, comparé à ceux d'une même structure en béton armé (ou maçonnerie) est réduit et allège considérablement les charges transmises au sol. Associé à des éléments de peau "légers" (bardage, façades rideau ... ), ces structures sont adaptées à la réalisation de constructions telles que salles de sports, piscines, entrepôts, usines... Leur réalisation est rapide (assemblage direct d'éléments préfabriqués) et donc d'un prix très compétitif.

## I.2 Les deux grandes familles de produits finis :

- Les produits en acier peuvent être classés en
- 2 grandes catégories :
  - Les produits **longs** qui sont obtenus par laminage à chaud, -étirage ou tréfilage (poutrelles, palplanches, câbles, fils, -ronds à béton...).
  - les produits **plats** qui subissent en général un laminage - à froid supplémentaire, à l'exception des tôles de forte épaisseur - (tôles, bardages, profils minces, profils creux...).

Les produits longs

**Les laminés marchands:** on distingue :

les ronds pleins,

les carrés pleins,

les hexagones pleins,

les plats,

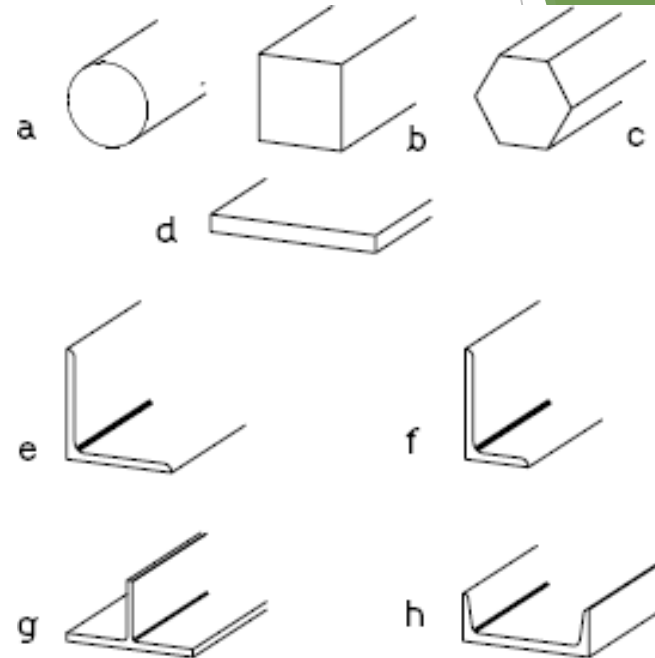
les cornières (L) à ailes égales,

les cornières (L) à ailes inégales,

Les fers en T,

les petits U

...





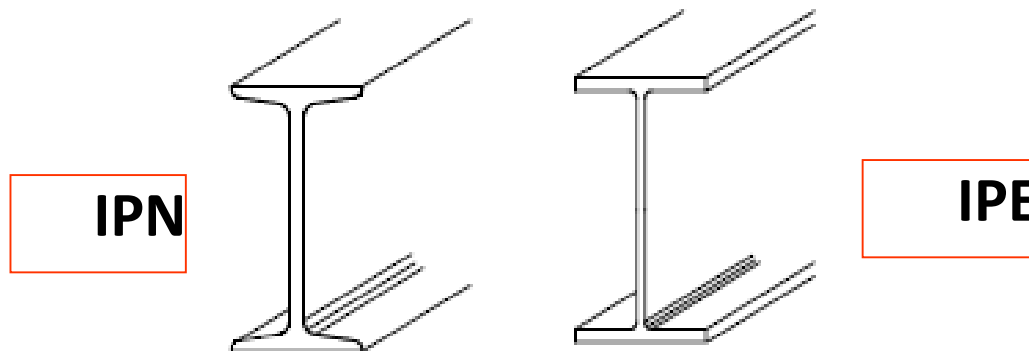
**Les poutrelles laminées:** elles peuvent avoir différentes sections, en I, en U, ou en H.

Les poutrelles en I sont de deux sortes :

IPN : poutrelles en I normales. Les ailes sont d'épaisseur variable, ce qui entraîne des petites difficultés pour les attaches ;

IPE : poutrelles en I européennes. Les ailes présentent des bords parallèles, les extrémités sont à angles vifs (seuls les angles rentrants sont arrondis).

Les IPE sont un peu plus onéreux, mais plus commodes et sont d'usage courant.



Les poutrelles en U sont souvent utilisées comme éléments secondaires. On distingue:

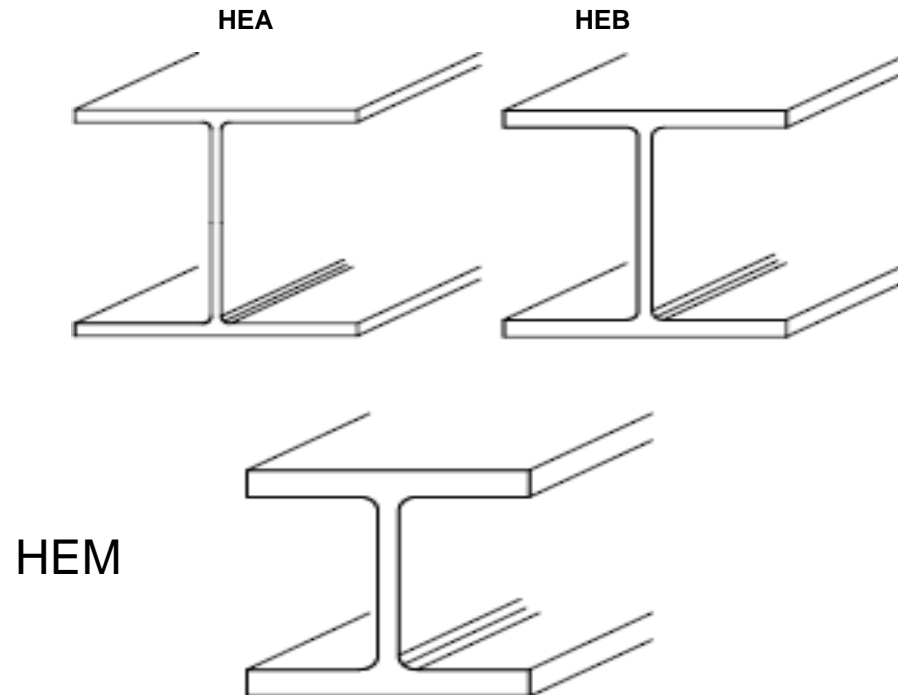
UPN : les faces internes des ailes sont inclinées;

UAP : l'épaisseur des ailes est constante;

UPE : l'épaisseur des ailes est constante.

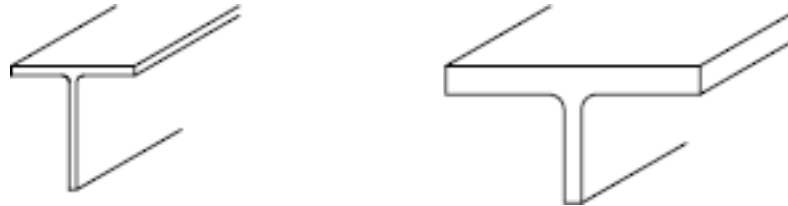
Les poutrelles en HE se décomposent en trois séries suivant l'épaisseur relative de leur âme et de leurs ailes :

HEA; HEB;  
HEM.



Il existe aussi des poutrelles HL (à très larges ailes), HD (poutrelles- colonnes) et HP (poutrelles-pieux).

**Les demi poutrelles** : Le découpage des poutrelles I et H suivant l'axe longitudinal a de multiples utilisations : sections T, membrures de poutres...



**Les poutrelles dissymétriques** : Ce sont des poutres reconstituées composées soit d'un T et d'une large semelle inférieure soudée (dénommées IFB, pour Integrated Floor Beam), soit formées d'un H dont la semelle inférieure a été élargie par adjonction d'un plat (dénommée SFB, pour Slim Floor Beam). Grâce à leur aile inférieure élargie, elles sont particulièrement adaptées pour la pose de planchers préfabriqués, de coffrages en acier permettant d'incorporer la dalle dans la hauteur de la poutrelle, soit encore pour la pose de dalles alvéolaires en béton précontraint.

## Les produits plats

### Les tôles et les larges plats :

Les tôles sont fabriquées sous forme de bobines.

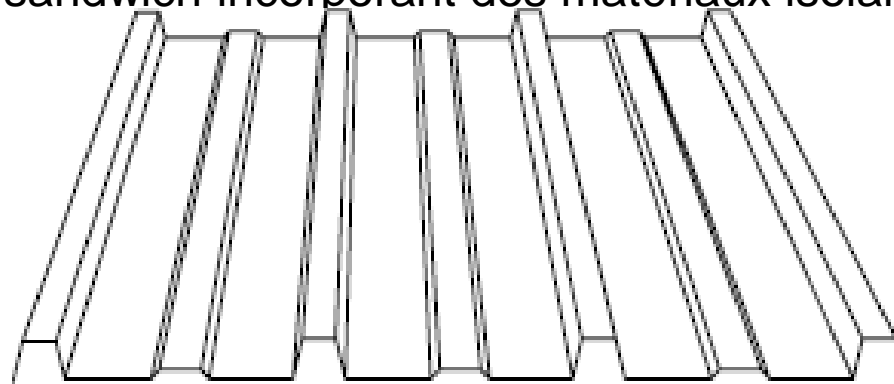
Elles sont livrées en largeurs standards ou à la demande, mais les largeurs sont en général limitées à 1800 mm.

L'épaisseur ne dépasse pas 16 à 20 mm pour les tôles laminées à chaud et 3 mm pour les tôles laminées à froid.

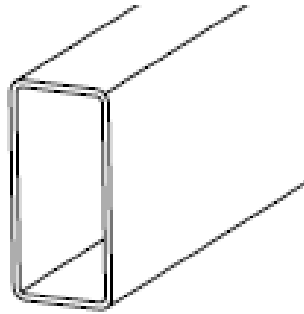
Celles-ci peuvent être mises en forme par profilage, Pliage ou emboutissage.

### Les tôles nervurées :

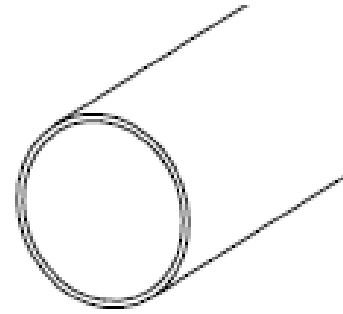
Ce sont des tôles minces que l'on nervure par profilage à froid à l'aide d'une machine à galets. Les tôles nervurées sont issues de bobines galvanisées et souvent pré laquées. Les applications concernent les produits d'enveloppe (bardage), de couverture (bac, support d'étanchéité) et de plancher (bac pour plancher collaborant ou à coffrage perdu), ainsi que les panneaux sandwich incorporant des matériaux isolants.



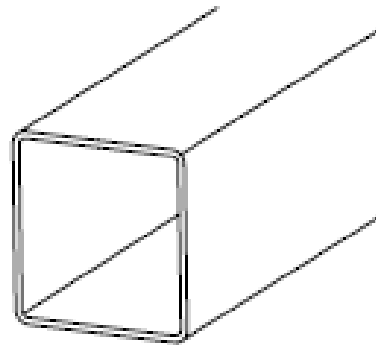
**Les profils creux** : Les tubes de construction sont appelés « profils creux ». Ils sont fabriqués en continu à partir de tôles minces ou moyennes repliées dans le sens de leur longueur.



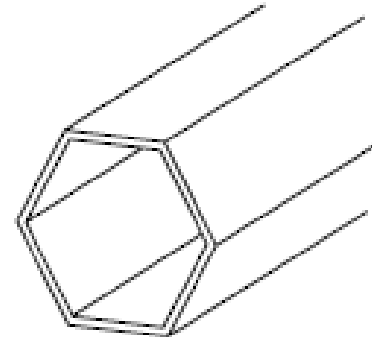
a



b



c



d

**Les plaques** : On parle de plaques lorsque l'épaisseur dépasse 20 mm. On peut obtenir des plaques jusqu'à 400 mm d'épaisseur et 5200 mm de largeur. Les plaques sont principalement utilisées pour les ouvrages d'art. Leur assemblage par soudure peut être complexe. Il existe aussi des plaques à épaisseur variable pour les ouvrages d'art.

**Les profils minces** : Les tôles minces galvanisées (d'épaisseur inférieure à 5 mm) peuvent être profilées à froid pour réaliser des profils minces. De sections très diverses, les profils minces sont utilisés en serrurerie, en menuiserie métallique et en ossatures légères : pannes de charpente, ossatures de murs ou de cloisons, de faux plafond...



## / Caractéristiques Mécaniques de l'Acier :

Certaines caractéristiques mécaniques d'un acier telles que la résistance à la traction, limite d'élasticité, allongement de rupture, sont définies par l'essai de traction sur éprouvette qui permet d'établir le diagramme contrainte-déformation spécifique.

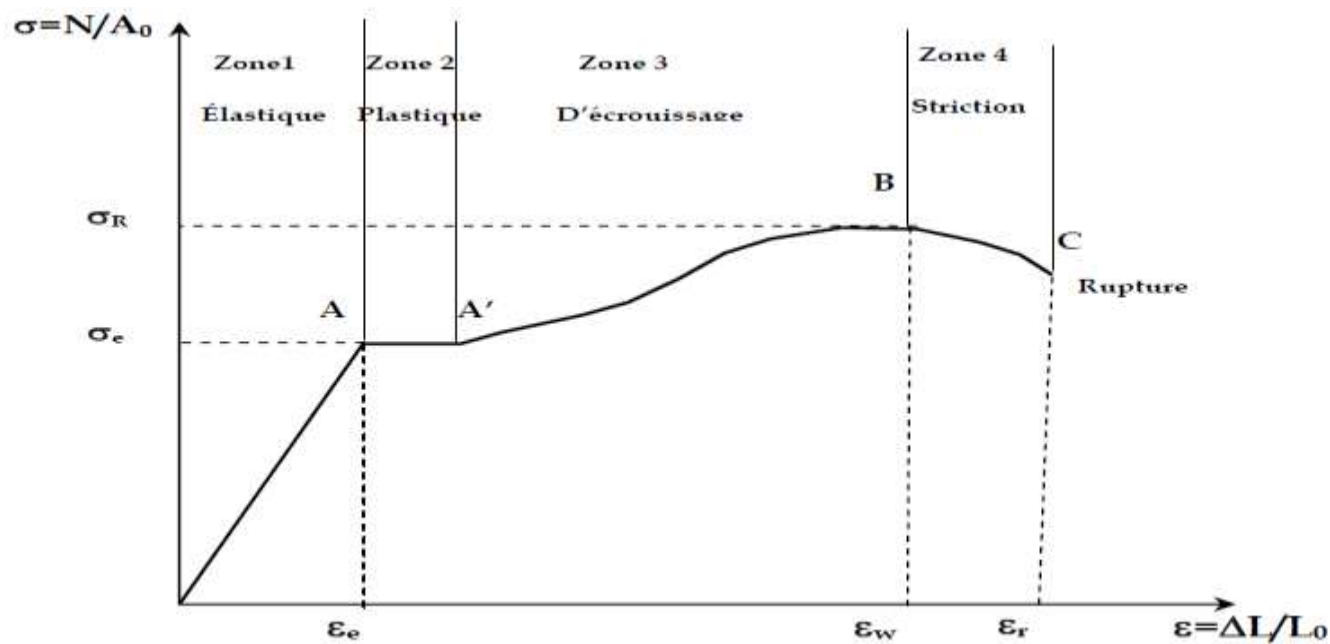


Diagramme : Contrainte – déformation

Allure générale de la relation contrainte-déformation spécifique d'une éprouvette en acier

de construction obtenu par un essai de traction effectué par allongement contrôlé.

On peut

distinguer quatre domaines :

- **Domaine élastique (zone 1)** : il s'agit de la zone dans laquelle la déformation spécifique est proportionnelle à la contrainte (loi de Hooke), dans ce domaine on peut admettre que le diagramme est une ligne droite définie par l'équation suivante :

$$\sigma = E\varepsilon$$

$\sigma$ : Contrainte ;  $E$  module de Young ;  $\varepsilon$  déformation spécifique.

La limite d'élasticité  $\sigma_e$  qui est la contrainte à partir de laquelle les allongements deviennent permanents, et qui correspond au seuil à partir duquel il n'y a plus de proportionnalité entre la contrainte et allongement. Si la force engendrant la déformation est relâché avant que la contrainte n'atteignent  $\sigma_e$ , c.-à-d. que la contrainte reste dans le domaine élastique l'éprouvette revient à sa dimension initiale. Par convention,  $\sigma_e$  est la contrainte qui correspond à l'allongement **0.2%**.

- **Domaine d'écoulement ou plastique (zone 2)** : le palier d'écoulement qui est une caractéristique propre aux matériaux métalliques, surtout visible pour des aciers non alliés à faible limite d'élasticité, correspond à la zone dans laquelle le matériau se déforme sans augmentation de la contrainte.



Cette zone se situe juste après le domaine élastique si on relâche la force, la décharge se fait élastiquement et le matériau bien que revenant partiellement en place, conserve une déformation permanente.

- **Domaine d'écrouissage (zone 3)** : Après le palier d'écoulement, il faut à nouveau augmenter la sollicitation pour accroître la déformation. La limite supérieure de la zone d'écrouissage est appelée « **Résistance à la traction** » de l'acier  $R_t$  la déformation spécifique correspondant à la traction est noté  $\epsilon_w$ .

- **Domaine de la striction (zone 4)** : le domaine de la striction correspond à une réduction localisée de la section de l'éprouvette amenant la rupture du matériau, survenant pour des déformations supérieures à  $\epsilon_w$ . L'allongement à la rupture  $\epsilon_r$ . Les domaines (2), (3) et (4) forment le domaine de comportement plastique du matériau.

$\sigma_R$  : contrainte de rupture à la traction (qui correspond au point B).

Le diagramme obtenu permet de mesurer:

- La limite d'élasticité  $f_y$  à partir de laquelle les allongements  $A\%$  deviennent Permanents (déformation irréversible).
- La contrainte de rupture à la traction  $f_u$  correspondant à la charge maximale obtenue lors de l'essai.
- Le module d'élasticité longitudinale de l'acier  $E = \text{tg}\alpha = 210\,000 \text{ MPa}$ .
- Le module d'élasticité transversale de l'acier  $G = E / 2(1+\nu) = 81\,000 \text{ MPa}$ .
- Le coefficient de poisson  $\nu = (\Delta\varphi / \varphi) / (\Delta L / L) = 0.3$ .
- Le coefficient de dilatation  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} [ / ^\circ\text{C}]$ .

#### I.4.3.4.1 Principales caractéristiques des aciers de construction

Poids volumique	$\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$
Module d'élasticité longitudinale	$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$
Coefficient de Poisson	$\nu = 0,3$
Module d'élasticité transversale	$G = E / 2(1 + \nu) = 0,8 \cdot 10^5 \text{ MPa}$
Contrainte limite élastique de cisaillement pur (critère de Von Mises)	$\tau_e = 0,58 f_y$
Coefficient de dilatation thermique	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (pour $T < 100^\circ\text{C}$ )
Température de fusion	$\cong 1500 \text{ } ^\circ\text{C}$

### I.4.4 Nuance et aspect normatif

Dans le monde de la construction métallique, l'acier fait l'objet d'une normalisation rigoureuse, dans laquelle on spécifie la limite d'élasticité  $F_y$ , la résistance à la rupture  $F_u$  et l'allongement à la rupture.

La normalisation des nuances d'acier de construction adoptée par les Eurocodes et par le règlement Algérien C.C.M.97 est donnée par les désignations conformes aux: NF EN 10025 et EN 10027.

Caractéristiques mécaniques des aciers en fonction de leur épaisseur $t$	Nuances d'aciers		
	S 235%	S 275	S 355
<b>Limite élastique <math>f_y</math> (MPa)</b> $t \square$ 16 mm 16 < $t$ $\square$ 40 mm 40 < $t \square$ 63 mm	235 225 215	275 265 255	355 345 335
<b>Contrainte de rupture en traction <math>f_u</math> (MPa)</b> $t \square$ 3 mm 3 < $t \square$ 100 mm	360/510 340/470	430/580 410/560	510/680 490/630
<b>Allongement minimal moyen <math>\square</math></b> $t$ $\square$ 3 mm 3 < $t \square$ 150 mm	18% 23%	15% 19%	15% 19%

## **Les règles et normes de conception et de calcul appliquées à l'étude des projets de construction en acier**

- Règles CM66 + Leur additifs de 1980
- EC3
- CCM97

Les Eurocodes structuraux concernant les structures métalliques

**EC 0** : qui définit les bases de calcul des structures

**EC 1** : qui définit les exigences en matière de sécurité, d'aptitude au service et de durabilité des structures ainsi que les actions qui les sollicitent

**EC 3** : qui porte sur la conception et le calcul des bâtiments et des ouvrages de génie civil en acier

**EC 4** : qui porte sur la conception et le calcul d'ouvrages mixtes acier-béton

**EC 8** : qui définit les exigences de tenue au séisme des bâtiments et ouvrages

**L'Eurocode 3 est subdivisé en différentes parties :**

**EN 1993-1 Règles générales et règles pour les bâtiments ;**

**EN 1993-2 Ponts métalliques ;**

**EN 1993-3 Pylônes, mâts et cheminées ;**

**EN 1993-4 Silos, réservoirs et canalisations ;**

**EN 1993-5 Pieux et palplanches ;**

**EN 1993-6 Chemin de roulement.**

## II.1 Introduction

**La sécurité est définie comme l'absence du risque dans le domaine de la construction, cela implique la stabilité, la durabilité et l'aptitude à l'emploi. La sécurité absolue n'existe pas, il faut accepter une probabilité non Négligeable d'accident en bénéficiant des présomptions favorables pour la garantir (la sécurité).**

**Le dimensionnement des ouvrages et la vérification de la sécurité ne peuvent pas se faire de manière empirique. Ils sont basés sur des règles de calculs bien précises qui utilisent des notions innovées tant sur le plan technique.**

### Les états-limites

**État-limite** : État particulier au delà duquel (dépassement dans le sens défavorable) la structure (ou l'un de ses éléments) n'assure plus les fonctions et

ne satisfait plus aux exigences pour lesquelles elle a été conçue.

On distingue deux catégories d'états-limites :

- les états-limites ultimes (**E.L.U.**) et
- les états limites de service (**E.L.S.**)

**1 États-limites ultimes (E.L.U.) : Il y a effondrement de la structure ou d'autres formes de ruine structurale au delà de ces états → Sécurité des biens et des personnes.**

**Un E.L.U. est atteint lorsque l'on constate :**

- une perte d'équilibre,**
- une instabilité de forme,**
- une rupture d'élément,**
- une déformation plastique exagérée**

**II.2.2 États-limites de service (E.L.S.) : Ils correspondent à des critères dont le non respect ne permet pas à l'élément d'être exploité dans des conditions satisfaisantes, ou compromet sa durabilité. (limitation des flèches, de la fissuration du béton ...)**

### II.3 Les actions et combinaisons d'actions: (Eurocode 1)

Une action désigne une **charge** appliquée à la structure (action directe) ou une **déformation** imposée (action indirecte).

La **valeur de calcul** d'une action est obtenue en faisant le produit d'une **valeur représentative de base (caractéristique)** de l'action par un **coefficient partiel de sécurité**.

Les actions peuvent être subdivisées en 3 catégories:

#### II.3.1 Les actions permanentes (G)

- poids propres des structures et des équipements fixes,
- action de la précontrainte,
- déplacement différentiel des appuis,
- déformation imposée à la construction.

#### II.3.2 Les actions variables (Q)

- charges d'exploitation,
- action du vent,
- action de la neige,
- action des gradients thermiques,
- charges en cours de construction.

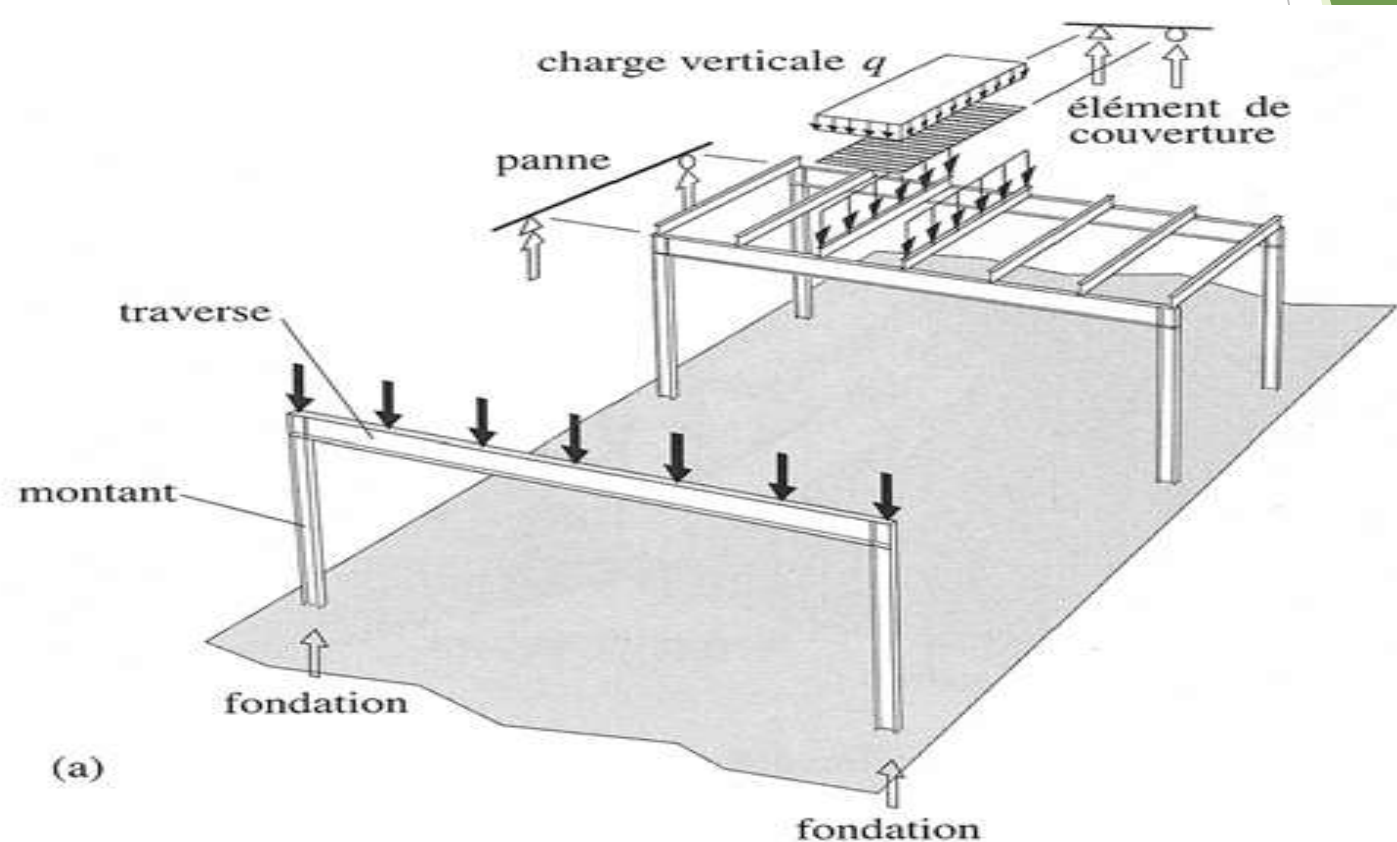
### **II.3.3 Les actions accidentelles (A)**

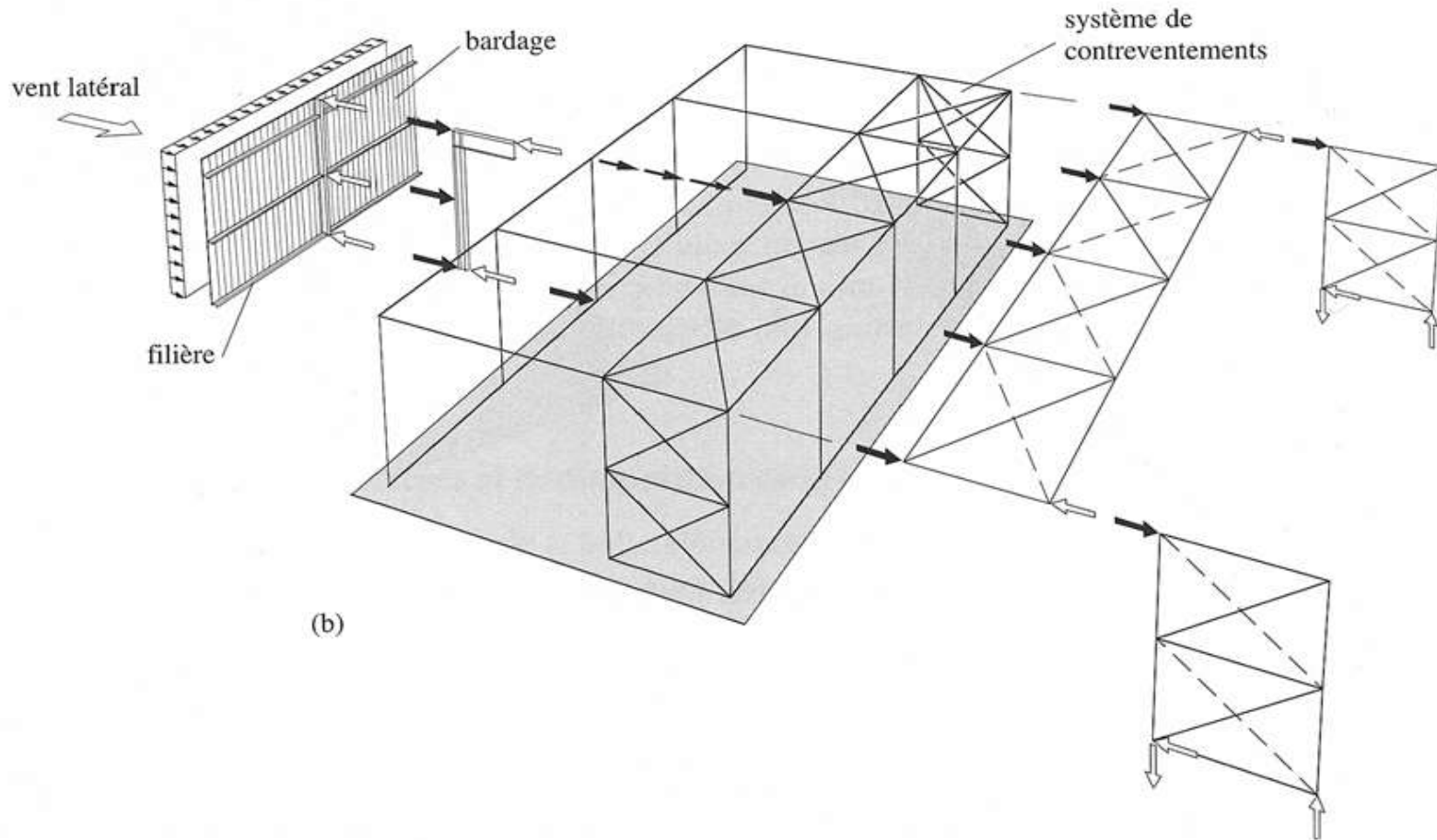
- chocs,
- incendie,
- séisme,
- explosions.



- = 1,35 action permanente défavorable
- = 1,0 action permanente favorable

## CHEMINEMENT DES CHARGES VERTICALES



**CHEMINEMENT DES CHARGES HORIZONTALES :**

## LES PHENOMENES D'INSTABILITE ELASTIQUE

### INTRODUCTION

Le calcul d'une structure exige que, sous toutes les combinaisons d'actions possibles, définies réglementairement, la stabilité reste assurée. Il s'agit donc de vérifier que les contraintes et les déformations restent en dessous des limites admissibles.

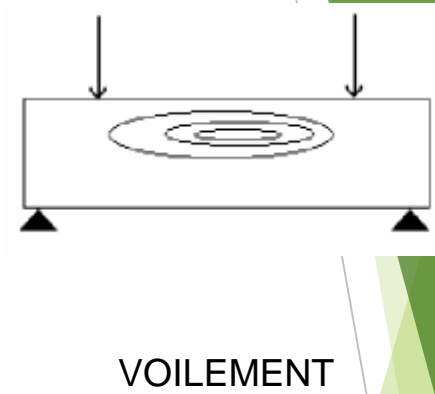
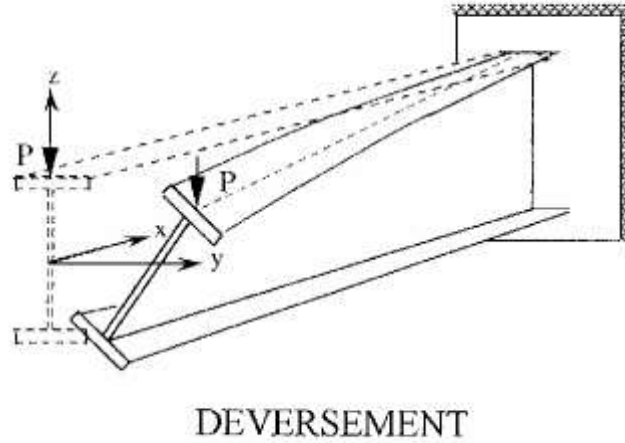
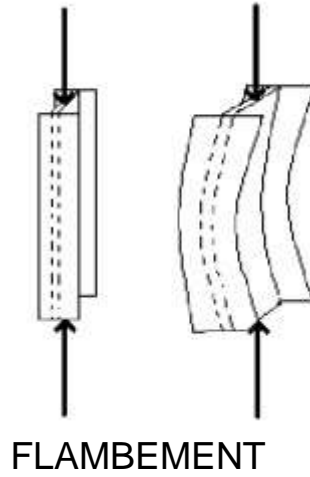
Dans le cas des petites déformations, il suffit simplement de vérifier que les contraintes restent inférieures à la contrainte de ruine.

Dans le cas des grandes déformations, il faut vérifier :

Le flambement : phénomène très dangereux, il affecte les pièces simplement comprimées ainsi que les pièces comprimées et fléchies.

Le déversement : moins dangereux, il affecte les semelles comprimées des pièces fléchies.

Le voilement : de moindre importance, il affecte les âmes des pièces



#### 4. 3 Le flambement simple, aspect théorique

La plupart des poteaux utilisés dans une construction métallique présentent un élancement important (une hauteur  $h$  très grande par rapport à toutes les autres dimensions de la section), ce qui influe beaucoup sur leur comportement à la compression et entraîne un phénomène d'instabilité appelé le flambement.

Le flambement est le mode de ruine prépondérant et le plus dangereux, il se traduit par une flexion latérale brutale du composante à partir d'un certain niveau de l'effort ' $N_g$ '.

Le flambement affecte les éléments simplement comprimés:

**flambement simple** ou les éléments comprimés et fléchis: **flambement flexion**.

#### **Introduction**

Dans les structures métalliques les planchers sont généralement supportés par un système de poutres placées horizontalement et qui constitué de : Poutres principales; poutres secondaires; pannes (solives). Ces éléments travaillant à la flexion peuvent se présenter sous forme de poutres isostatiques (simplement appuyées ou porte à faux) ou hyperstatique (poutres continues ou poutres de cadres). Dont le dimensionnement se fait avec la valeur maximale du moment léchissant

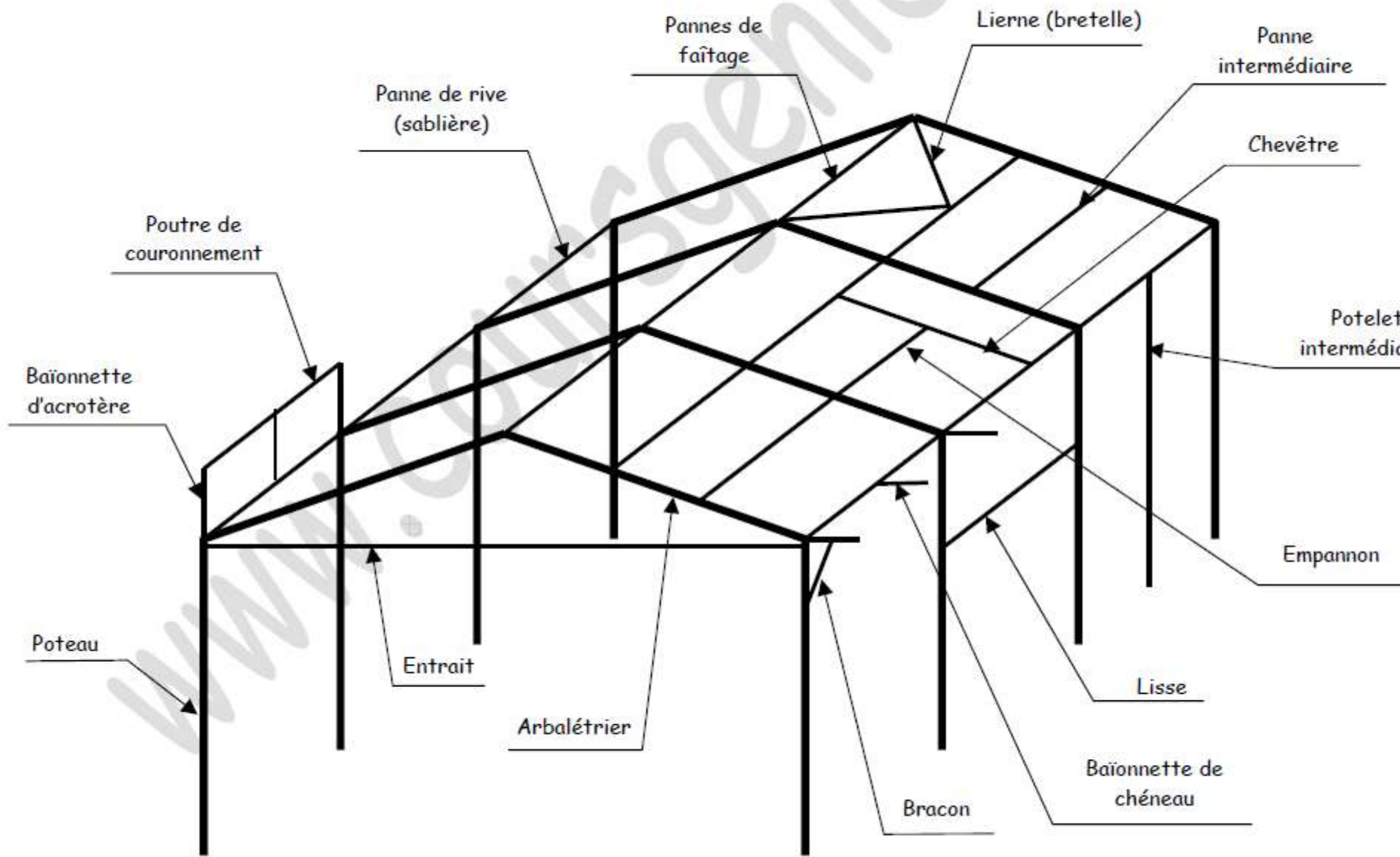
### III.1 Introduction

La construction métallique est composée d'un ensemble d'éléments structuraux travaillant: **à la traction, à la compression, à la flexion, à la torsion ou à ces sollicitations combinées.**

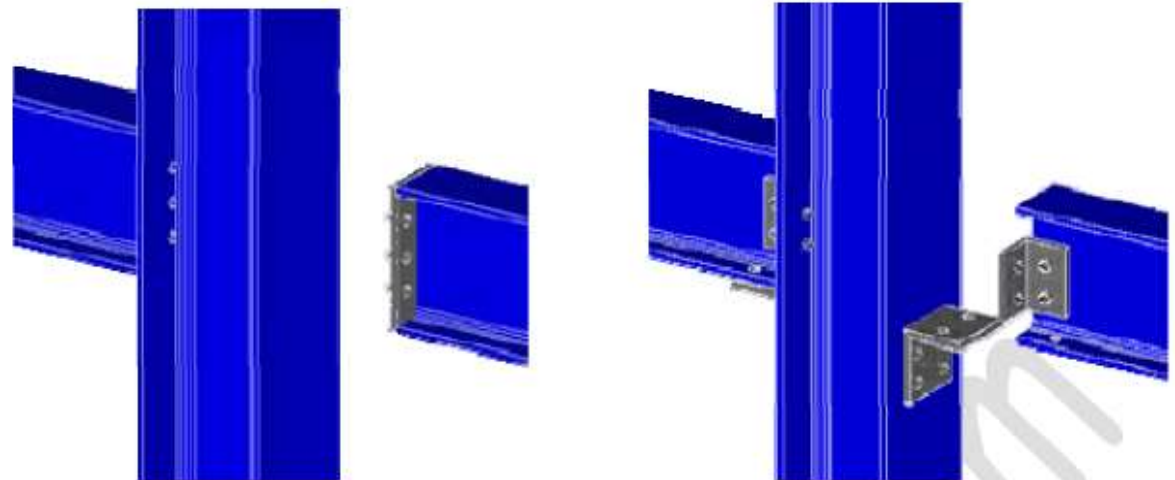
Les éléments sollicités par la **traction pure** sont communément appelés **élément tendus**, ces derniers sont les éléments métalliques structuraux les plus simples et les plus efficaces car ils ne posent aucun problème d'instabilité de forme.

**On retrouve les éléments tendus dans presque toutes les ossatures métalliques.** Dans les **poutres en treillis** (une des membrures et certaines diagonales), **certaines diagonales des systèmes de contreventement**, des haubans ( pour soutenir des mâts), **des tirants**, des suspentes, **des liernes** et des **câbles**.

En général les sections courantes des éléments tendus sont des profilés laminés ( sous forme **de plat, cornières, profils en U, en I, en H**), **des ronds, des carrés**. Le choix de la section est déterminé selon le domaine d'utilisation et l'importance de l'effort appliqué.



Encastrement poteau - poutre



Articulation poteau - poutre



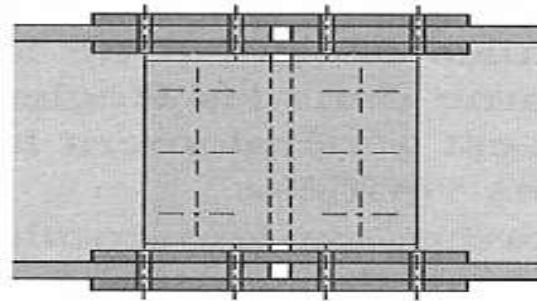


## INTRODUCTION

Une structure métallique est un ensemble de pièces individuelles assemblées. Il existe deux possibilités d'assemblage :

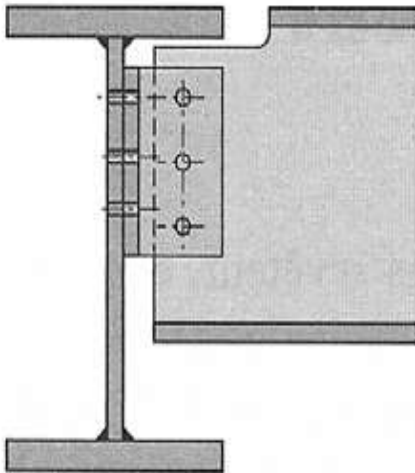
Assemblage des pièces bout à bout :

**Joint de continuité  
de poutre par éclisses et  
boulons précontraints**

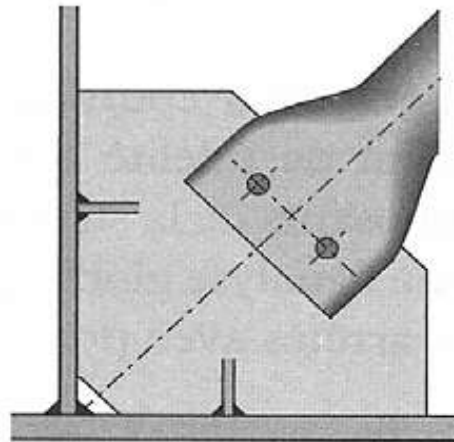


## Assemblage des pièces concourantes

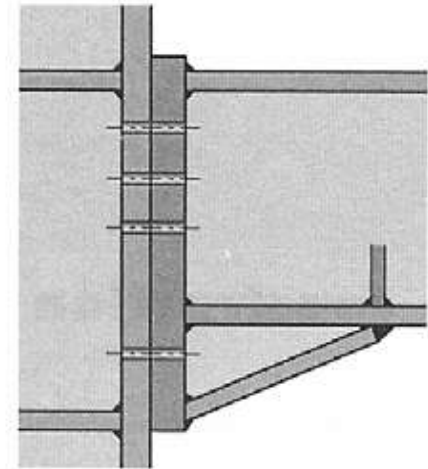
**Appui simple poutre-poutre  
par cornières boulonnées**



**Attache boulonnée  
d'un tube circulaire écrasé,  
sur gousset soudé**



**Encastrement poutre-poteau  
par platine d'about  
boulonnée**



## Le rôle d'un assemblage est :

**Réunir et solidariser plusieurs pièces entre elles.**

**Assurer la répartition et la transmission des diverses sollicitations entre les pièces assemblées sans générer des sollicitations parasites.**

## **FONCTIONNEMENT DES ASSEMBLAGES**

### **Fonctionnement par obstacle**

C'est le cas des boulons ordinaires, non précontraint, dont les tiges reprennent les efforts et fonctionnent en cisaillement.

### **Fonctionnement par adhérence des pièces assemblées**

Dans ce cas, la transmission des efforts s'opère par adhérence des surfaces des pièces en contact. Cela concerne le soudage, le collage, le boulonnage par boulons HR

### **Fonctionnement mixte**

C'est le cas du rivetage (et dans les cas extrêmes des boulons HR), à savoir que les rivets assurent la transmission des efforts par adhérence des pièces jusqu'à une certaine limite, qui lorsqu'elle est dépassée, fait intervenir les rivets par obstacle, au cisaillement.

## LES ASSEMBLAGES BOULONNES

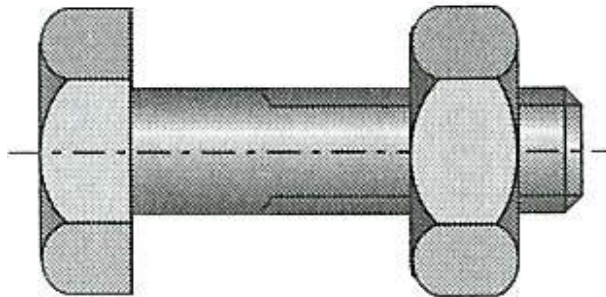
### Composition :

Les boulons sont constitués de :

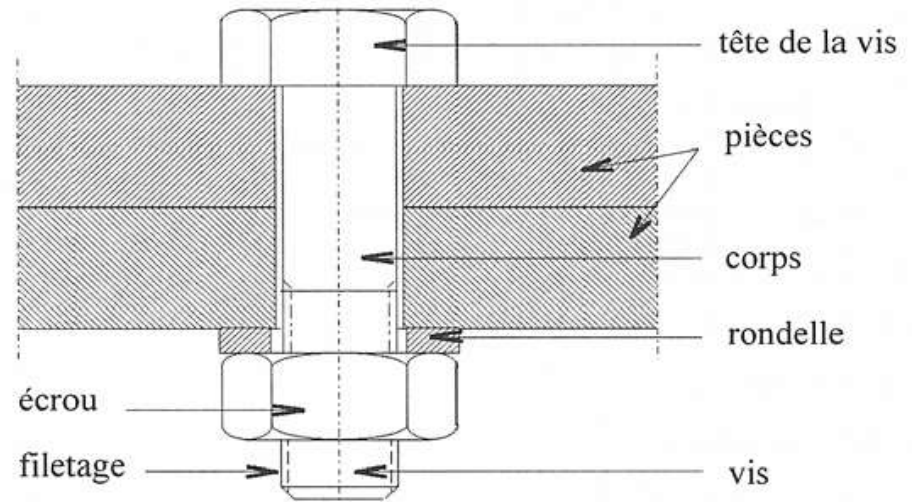
Une vis

Un écrou hexagonal.

Eventuellement 1 ou 2 rondelles.



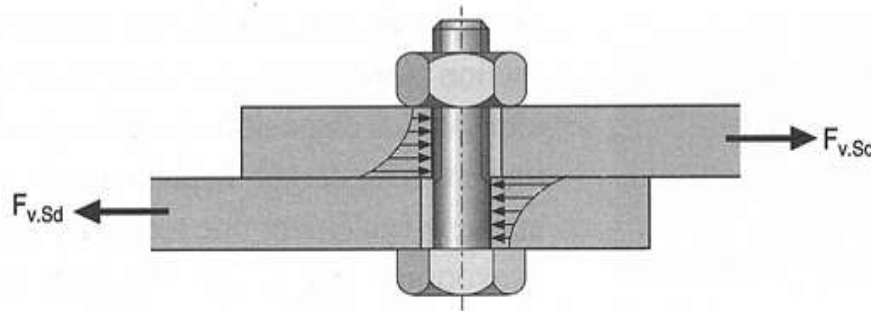
vis + écrou = boulon



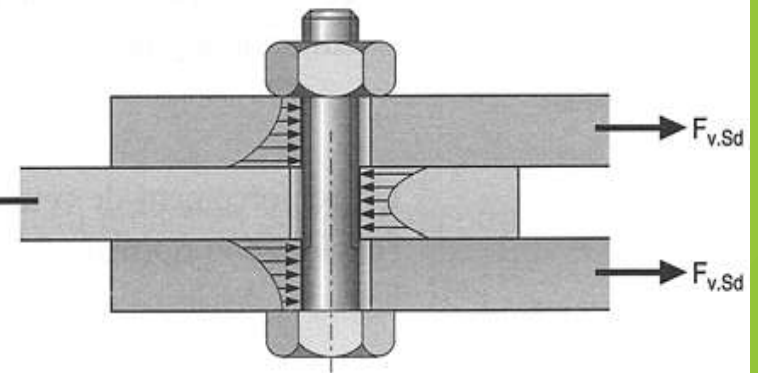
**Dimensionnement des boulons ordinaires :****Assemblages sollicités au cisaillement:**

Dans ce cas, il convient de vérifier :

D'une part, la résistance au cisaillement des boulons,  
D'autre part, la résistance à la pression diamétrale des pièces.



Pression diamétrale exercée par un boulon cisailé



Boulon en double cisaillement

### Résistance des boulons au cisaillement par plan de cisaillement :

- pour les classes de qualité 4.6 , 5.6 , 6.6 et 8.8 :

$$F_v = 0.6 f_{ub} \gamma \frac{A_s}{M_b}$$

- pour les classes de qualité 4.8 , 5.8 , 6.8 et 10.9 :

$$F_v = 0.5 f_{ub} \gamma \frac{A_s}{M_b}$$

**$A_s$  :** aire de la section résistante en traction du boulon, si le plan de cisaillement passe par la partie filetée du boulon.

**$f_{ub}$  :** Contrainte limite de résistance à la traction des boulons.

**$\gamma_{M_b} = 1.25$**  coefficient de sécurité pour le cisaillement.

**Résistance à la pression diamétrale des pièces assemblées :**

$$F_B = 2.5 f_{u0} \gamma \frac{d^t}{M_b}$$

**Assemblages sollicités à la traction:****Résistance des boulons à la traction :**

$$F_T = 0.9 f_{ub} \frac{A_s}{\gamma_{Mb}}$$

***Caractéristiques mécaniques correspondants aux différentes classes***

<i>Classe</i>	<i>4.6</i>	<i>4.8</i>	<i>5.6</i>	<i>5.8</i>	<i>6.6</i>	<i>6.8</i>	<i>8.8</i>	<i>10.9</i>
<i>F<sub>ub</sub> [MPa]</i>	<i>400</i>	<i>400</i>	<i>500</i>	<i>500</i>	<i>600</i>	<i>600</i>	<i>800</i>	<i>1000</i>

<i>Désignation</i>	<i>M8</i>	<i>M10</i>	<i>M12</i>	<i>M14</i>	<i>M16</i>	<i>M18</i>	<i>M20</i>	<i>M22</i>	<i>M24</i>	<i>M27</i>	<i>M30</i>
<i>d (mm)</i>	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
<i>A (mm<sup>2</sup>)</i>	50.3	78.5	113	154	201	254	314	380	452	573	707
<i>A<sub>s</sub> (mm<sup>2</sup>)</i>	36.6	58	84.3	115	157	192	245	303	353	459	561

**d** : diamètre de la partie non filetée de la vis ;

**A** : section nominale du boulon ;

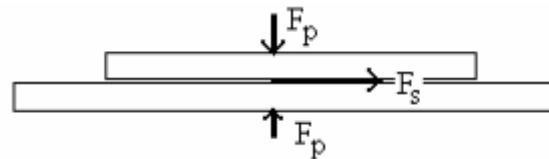
**A<sub>s</sub>** : section résistante de la partie filetée.



**Dimensionnement des boulons précontraints :**

Si  $F_p$  est l'effort de précontrainte axiale dans un boulon et  $F_s$  l'effort de cisaillement transmis par l'assemblage et sollicitant le dit boulon, il faut vérifier que l'interface des pièces en contact puisse transmettre l'effort tangent, sans glissement, soit :

$$F_s < \mu \cdot F_p$$



$$F_p = 0.7 f_{ub} A_s$$

### Caractéristiques mécaniques des boulons :

Il existe deux classes de boulons HR, définies en fonction de leur contrainte limite d'élasticité  $f_{yb}$  et de leur contrainte de rupture  $f_{ub}$  :

les boulons HR 1 ou HR 10.9

les boulons HR 2 ou HR 8.8

Le premier chiffre correspond à  $f_{ub} / 100$  Le second chiffre correspond à  $10 f_{yb} / f_{ub}$

Repère	Appellation	$f_{ub}$ (MPa)	$F_{yb}$ (MPa)
HR 1	HR 10.9	1000	900
HR 2	HR 8.8	800	640

### Assemblage résistant au glissement :

La résistance au glissement  $F_S$  d'un boulon HR précontraint vaut :

$$F_S = k_s m \mu F_p / \gamma_{MS}$$

Avec:

$F_p$  est la force de précontrainte, telle que définie au paragraphe suivant,  $\mu$  est le coefficient de frottement des pièces,  $m$  est le nombre d'interfaces de frottement,  $k_s$  est un coefficient fonction de la dimension des trous de perçage et vaut :

**$k_s = 1$**  pour les trous de tolérances normales, à savoir :

**1 mm** pour les boulons  $\emptyset 12$  et  $\emptyset 14$

**2 mm** pour les boulons  $\emptyset 16$  et  $\emptyset 24$

**3 mm** pour les boulons  $\emptyset 27$  et plus

## LES ASSEMBLAGES SOUDES

### INTRODUCTION

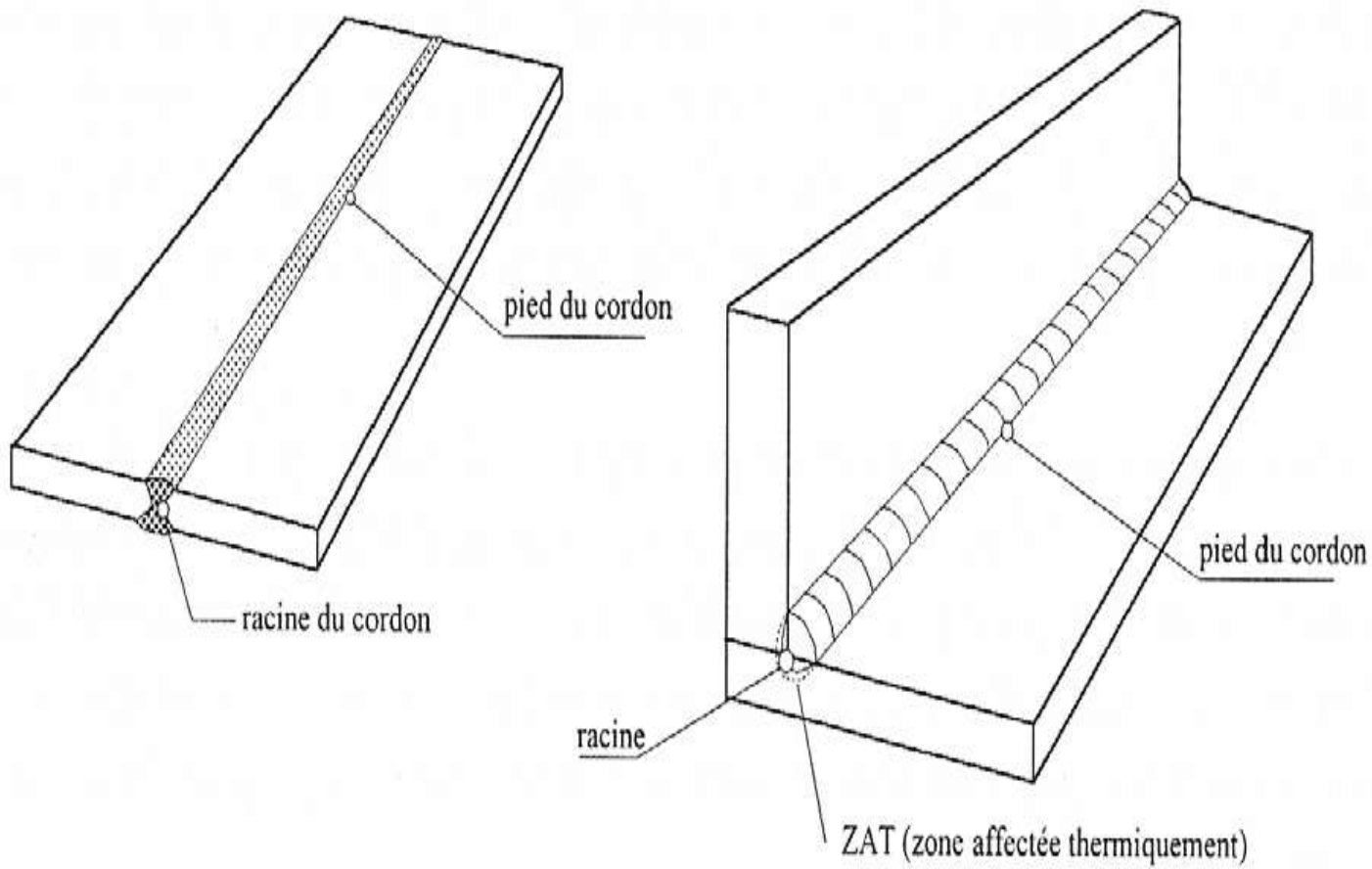
Le soudage est un procédé qui permet d'assembler des pièces par liaison intime de la matière, obtenue par fusion ou plastification.

Le soudage présente, par rapport au boulonnage, plusieurs avantages :

- il assure la continuité de matière, et, de ce fait, garantit une bonne transmission des sollicitations ;
- il dispense de pièces secondaires (goussets, attaches, etc...) ;
- il est de moindre encombrement et plus esthétique que le boulonnage.

En revanche, il présente divers inconvénients :

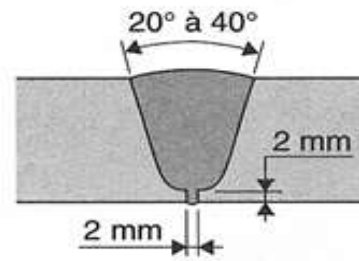
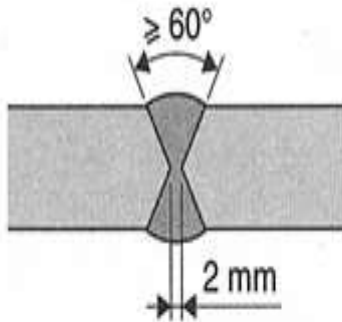
- le métal de base doit être soudable ;
- le contrôle des soudures est nécessaire et onéreux ;
- le contrôle des soudeurs est aléatoire ;
- le soudage exige une main-d'œuvre qualifiée et un matériel spécifique.



## **PROCEDES DE SOUDAGE**

**On peut citer :**

- procédé par pression ;**
- procédé par résistance électrique ;**
- procédé par friction ;**
- procédé chimique au chalumeau oxyacétylénique ;**
- procédé au LAZER ;**
- procédé par bombardement électronique ;**
- procédé à l'arc au PLAZMA ;**
- procédé à l'arc électrique.**

**DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES (les types de soudage)*****Soudures bout à bout***

## Soudure d'angle

