



جامعة أبو بكر بلقايد

كلية التكنولوجيا

UNIVERSITÉ DE TLEMCEM

Faculté de Technologie



L3 ARCHITECTURE

MATIÈRE : STRUCTURE 2

GÉNÉRALITÉS SUR LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE

DR. Tabet-Derraz Moulay Idriss

Email: moulayidriss.tabetderraz@univ-tlemcen.dz

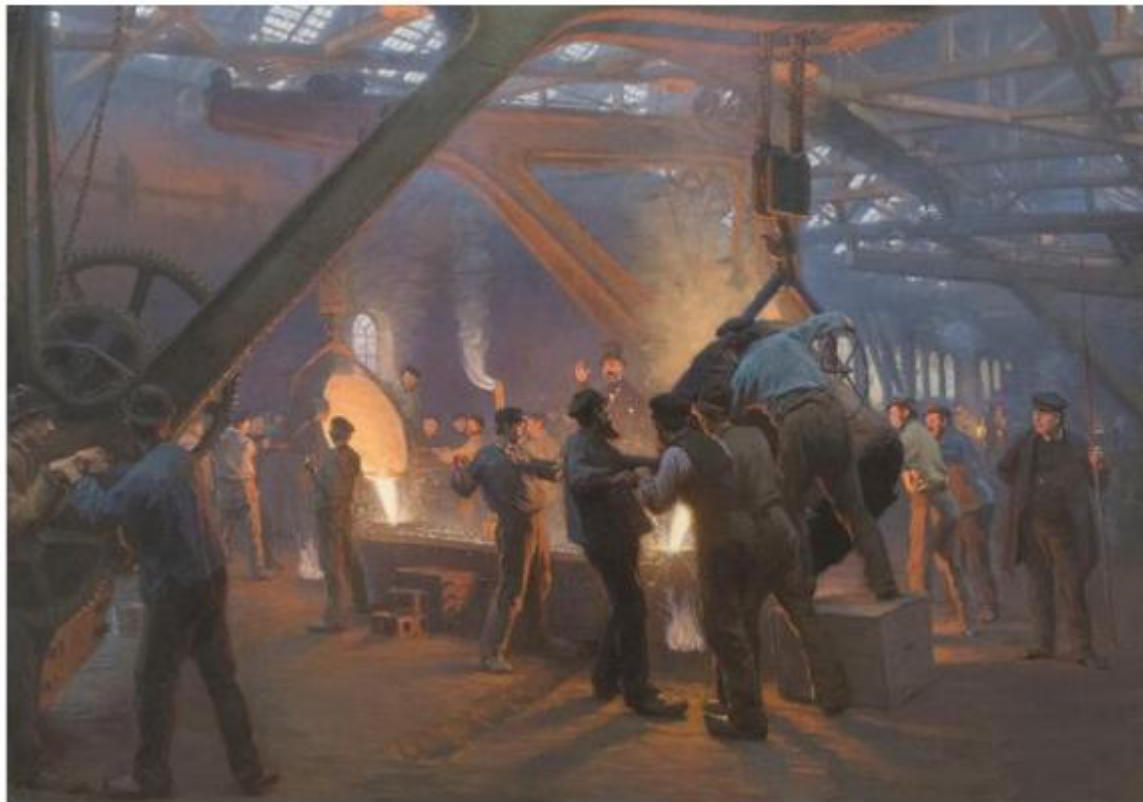
INTRODUCTION

La construction métallique est un domaine de la construction qui s'intéresse à la construction d'ouvrages en métal et plus particulièrement les structures en acier.



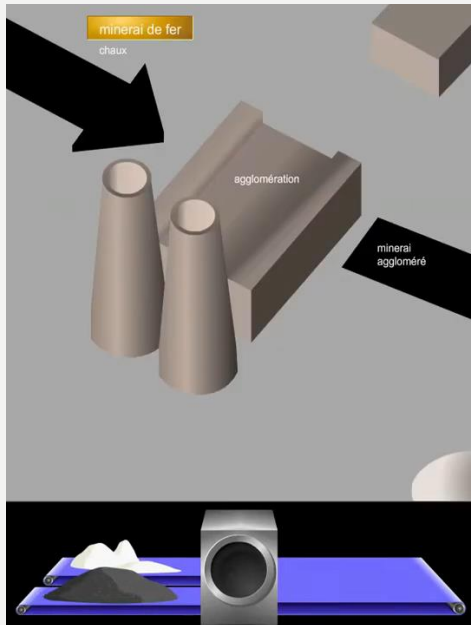
HISTORIQUE

La naissance de la construction métallique est le résultat des progrès de la métallurgie aux 17^{ème} et 18^{ème} siècles, par l'apparition de **la fonte** (**Cast iron**) qui est un alliage de **fer et de carbone** dont la teneur en carbone est supérieure à **2%**.

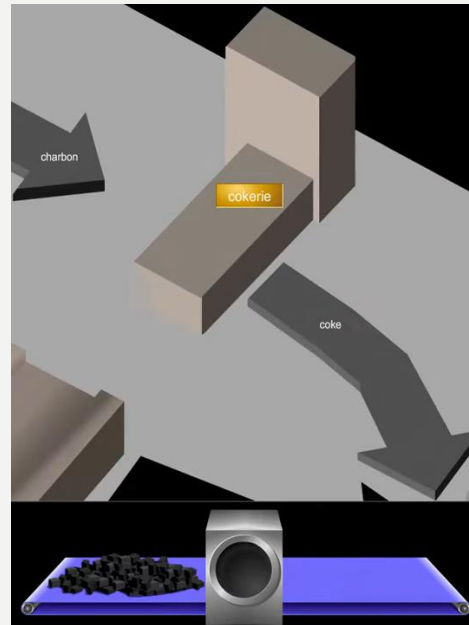


HISTORIQUE

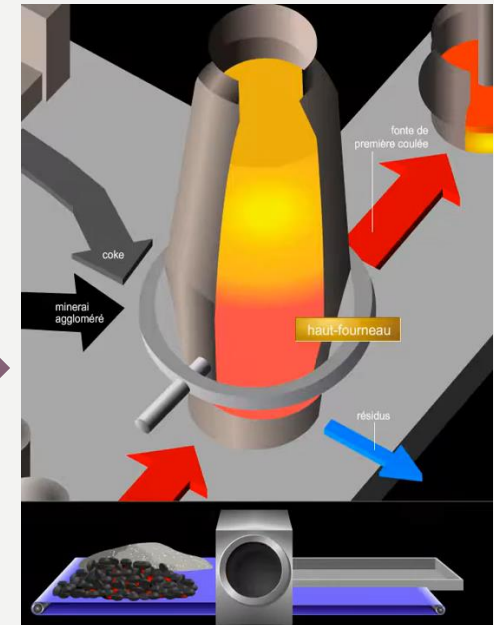
La naissance de la construction métallique est le résultat des progrès de la métallurgie aux 17^{ème} et 18^{ème} siècles, par l'apparition de **la fonte** (**cast iron**) qui est un alliage de **fer et de carbone** dont la teneur en carbone est supérieure à **2%**.



Chauffer le fer+chaux
(minerie aggloméré)



Chauffer le Charbon
(la coke)



Chauffer le mélange
(la fonte)

HISTORIQUE

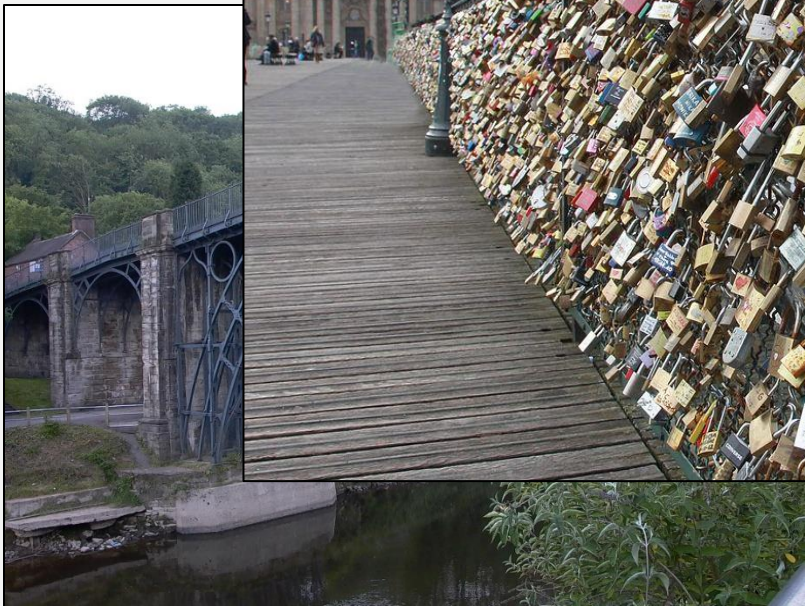
L'ère dite de la fonte « cast iron » (1780-1850), qui débute avec la généralisation du haut **fourneau au coke**.

Le prem

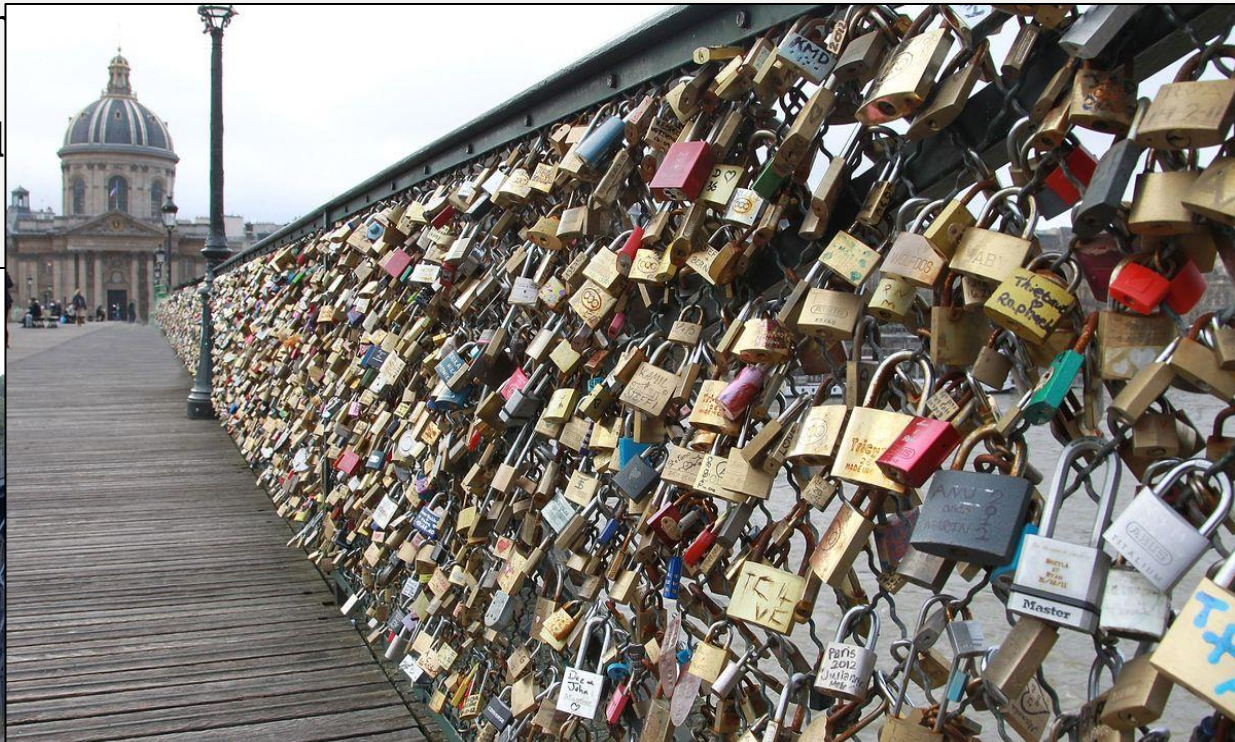
En 1801, l

braham

blonté de



Iron Bridge (1779)



Pont des Arts (1801)

HISTORIQUE

L'ère du fer forgé « Wrought iron » (1850-1900), qui remplace progressivement la fonte grâce à la mise au point du puddlage
Les progrès techniques du 19^e siècle bouleversent les métiers du fer qui bouleversent à leur tour l'architecture et la construction

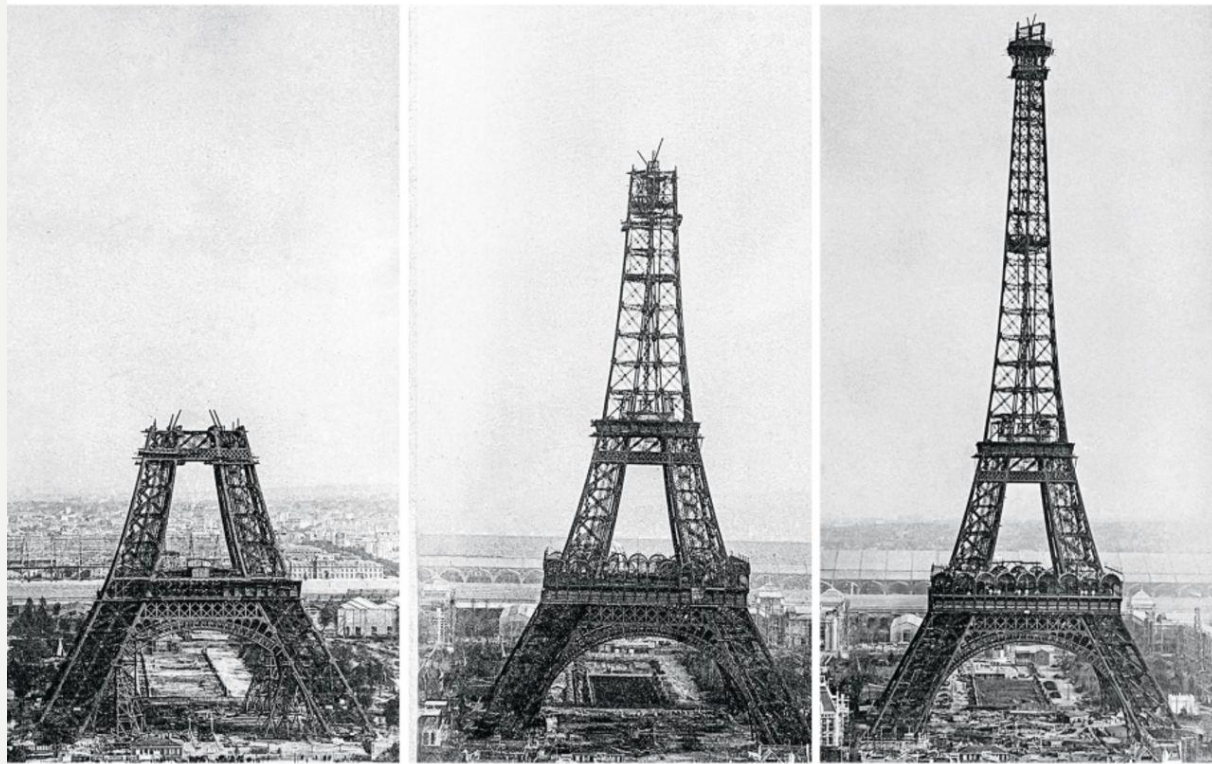


le Crystal Palace de Londres (1851)



HISTORIQUE

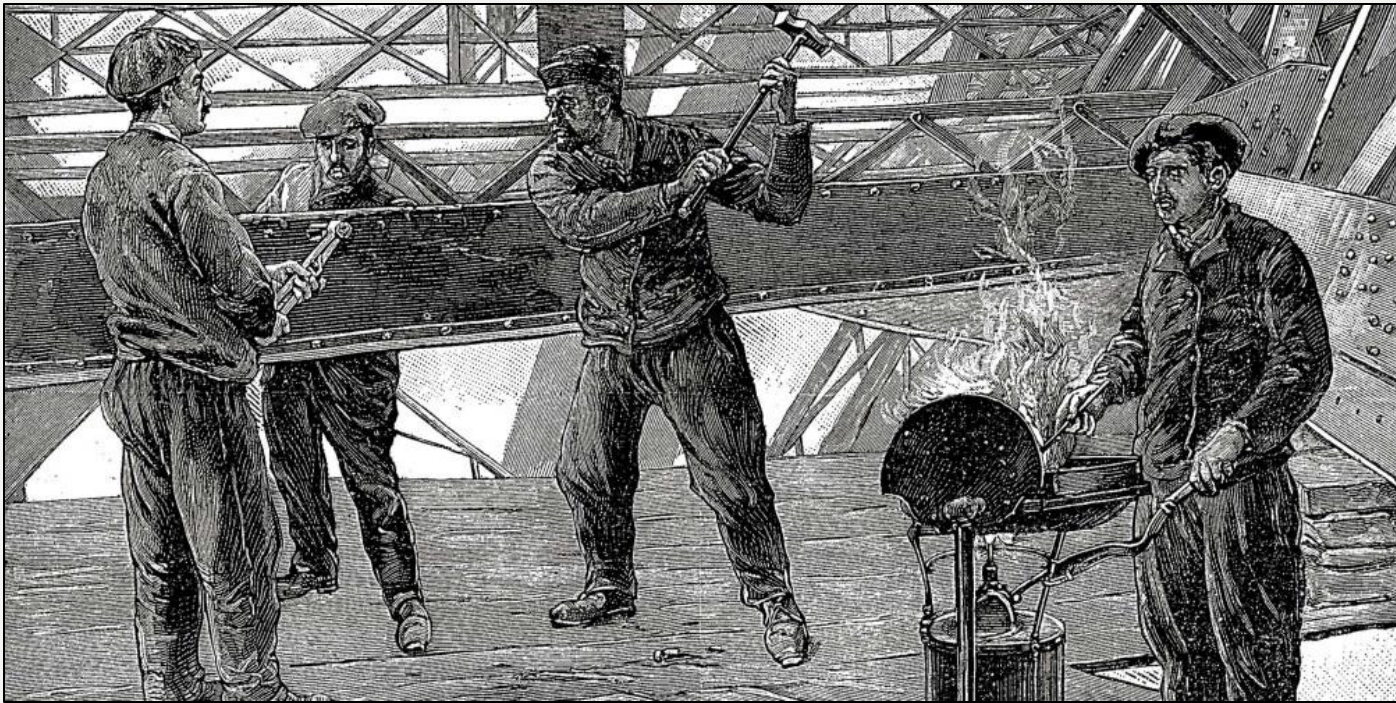
L'ère du fer forgé « Wrought iron » (1850-1900), qui remplace progressivement la fonte grâce à la mise au point du puddlage.



La tour Eiffel (1889)

HISTORIQUE

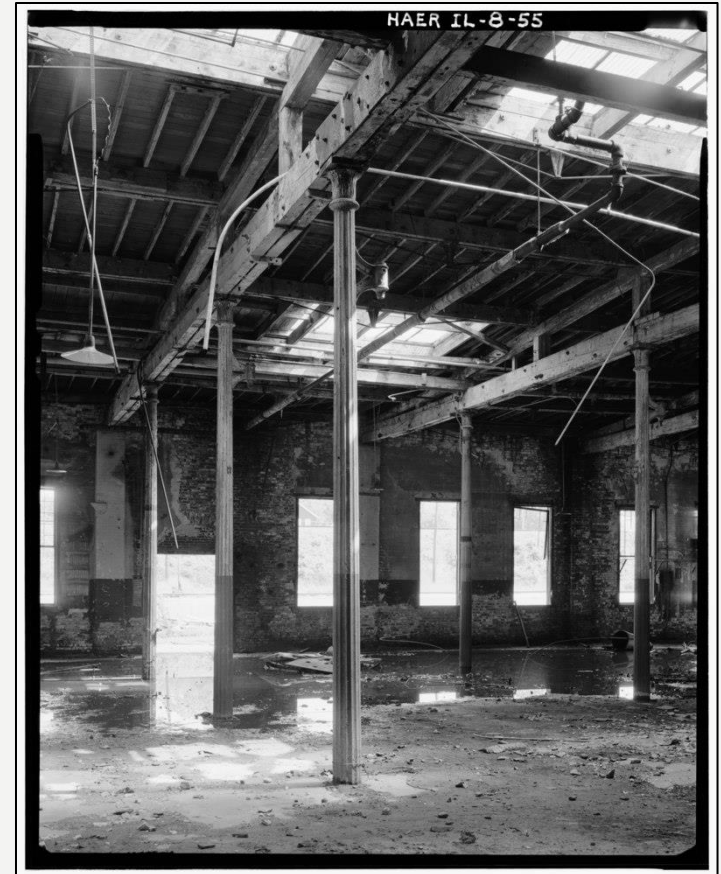
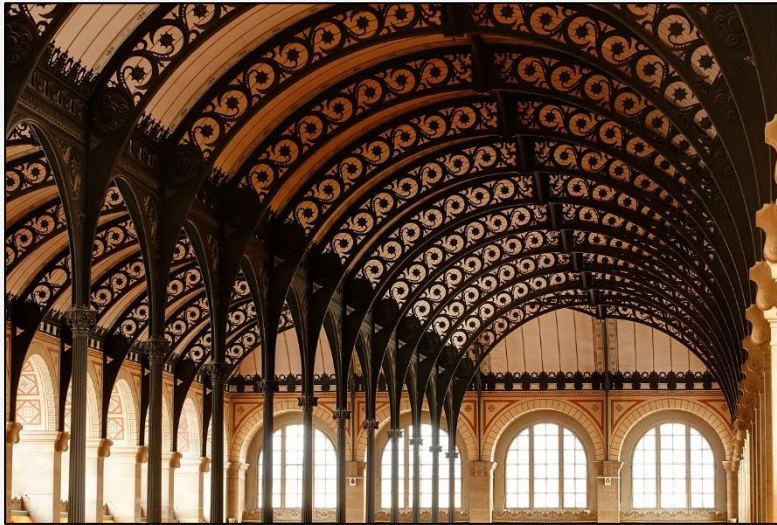
L'ère du fer forgé « Wrought iron » (1850-1900), qui remplace progressivement la fonte grâce à la mise au point du puddlage.



Un poste de riveurs sur le chantier de la Tour Eiffel (1889)

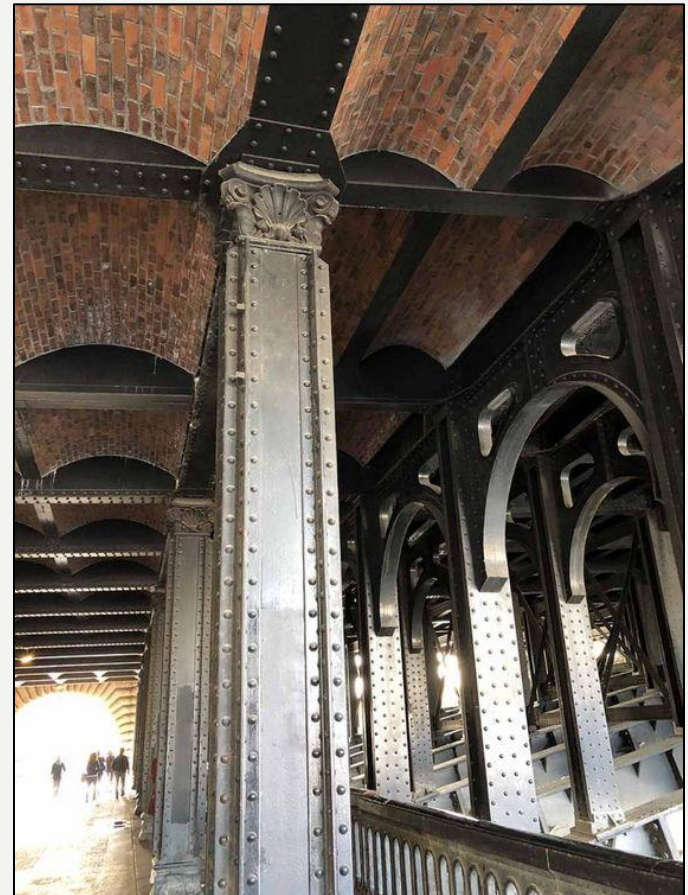
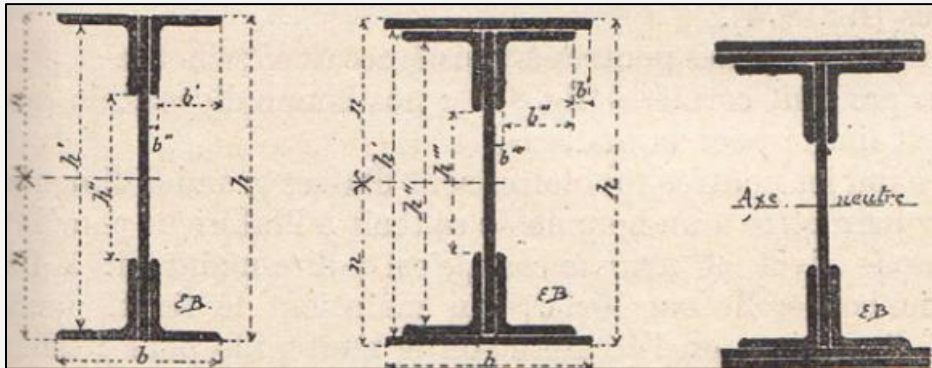
HISTORIQUE

L'ère du fer forgé « Wrought iron » (1850-1900), qui remplace progressivement la fonte grâce à la mise au point du puddlage.



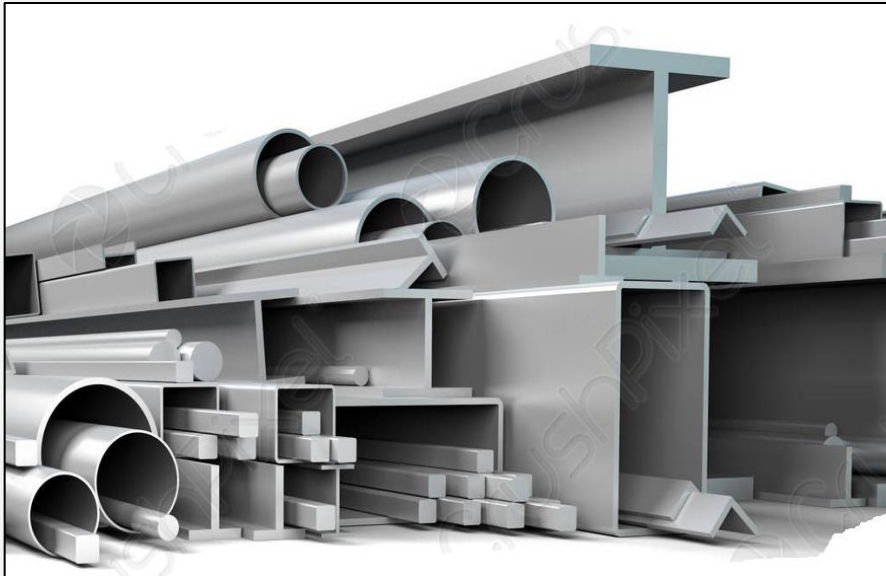
HISTORIQUE

L'ère du fer forgé « **Wrought iron** » (1850-1900), qui remplace progressivement la fonte grâce à la mise au point du puddlage.



HISTORIQUE

L'ère de l'acier « Steel » (de 1880 à nos jours), l'acier qui succède à la fonte, est plus résistant mais aussi plus ductile avec la mise au point du convertisseur.

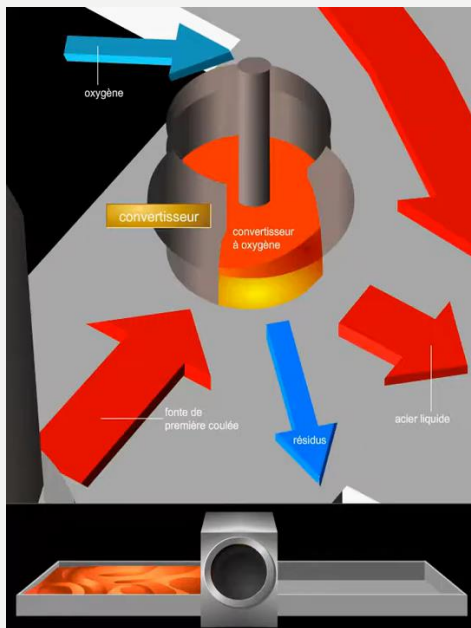


Produits finis de l'acier
(Profilé, Barres et Coques)

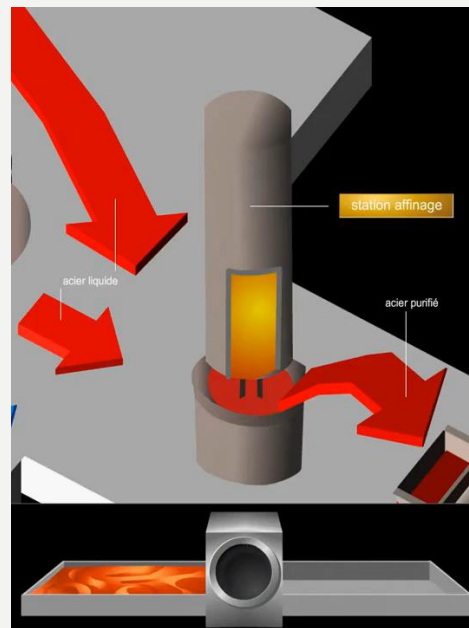
HISTORIQUE

L'ère de l'acier « Steel » (de 1880 à nos jours), qui succède au fer, avec la mise au point du convertisseur.

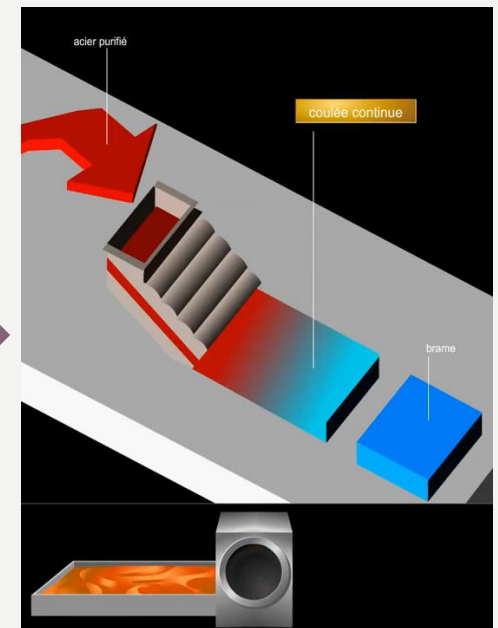
la mise au point des procédés Bessemer et Martin et Thomas conduit à la fabrication d'un nouveau matériau nommée **l'Acier**, plus résistant mais aussi plus ductile que le fer et la fonte en réduisant le pourcentage du Carbone de moins de **2%**



Transformer la fonte en acier
Par le convertisseur à O₂



Affinage de l'acier pour le
purifier des impuretés



Acier liquide à l'acier solide
Par laminage

HISTORIQUE

L'ère de l'acier « Steel » (de 1880 à nos jours), qui succède au fer, avec la mise au point du convertisseur,

L'acier devient la pratique de la fabrication et dans quelques années, s'étendra à la **construction civile et industrielle**, en particulier aux **États-Unis**.



Insurance Building (55m)
Chicago (1884)



Flatiron Building (87 m)
New York (1903).



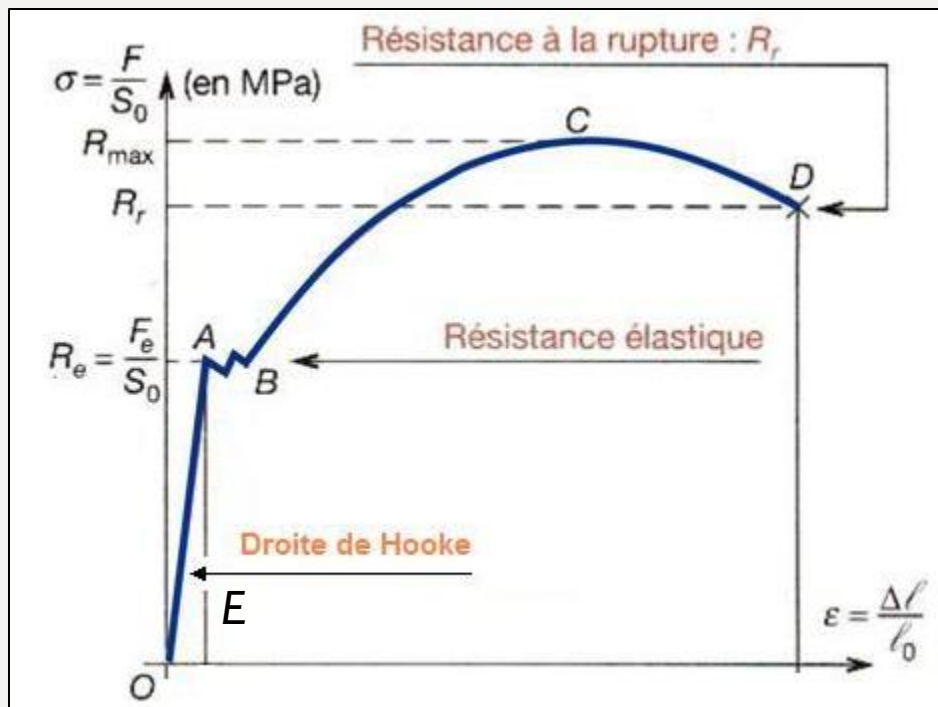
Empire State Building (381m)
New York (1903).

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES STRUCTURES EN ACIER

Avantages	Inconvénients
Mise En Œuvre Rapide (Produit fini)	Sensible Au Feu
Facilité Du Montage	Sensible À la Corrosion
Structure Démontable	Sensible Aux efforts horizontaux (structure très souple)
Une Solution Économique (Légèreté)	
Souplesse Architecturale (Grande Portée)	

COMPORTEMENT DE L'ACIER

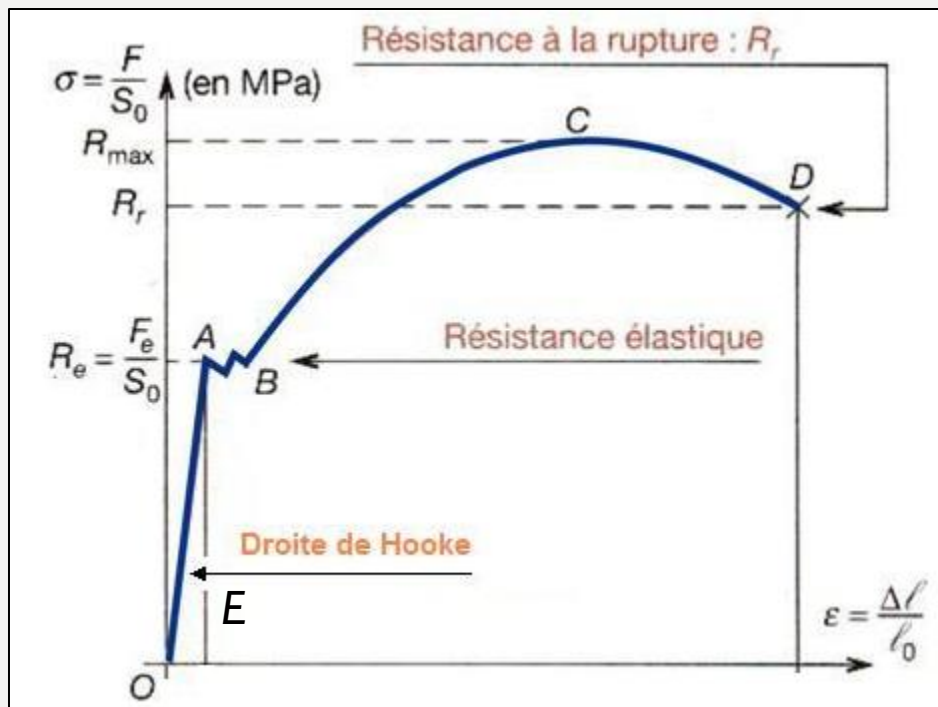
L'acier « Steel » est un matériau durable et résistant, capable de supporter des charges lourdes. Il résiste bien à la traction et à la compression, ne se déformant pas durablement. Il est également ductile, ce qui le rend précieux dans la construction pour absorber l'énergie des charges soudaines comme les séismes.



R_e : limite élastique; R_{max} : résistance max en traction; E : module d'élasticité

COMPORTEMENT DE L'ACIER

L'acier « Steel » est un matériau durable et résistant, capable de supporter des charges lourdes. Il résiste bien à la traction et à la compression, ne se déformant pas durablement. Il est également ductile, ce qui le rend précieux dans la construction pour absorber l'énergie des charges soudaines comme les séismes.



R_e : limite élastique; R_{max} : résistance max en traction; E : module d'élasticité

COMPORTEMENT DE L'ACIER

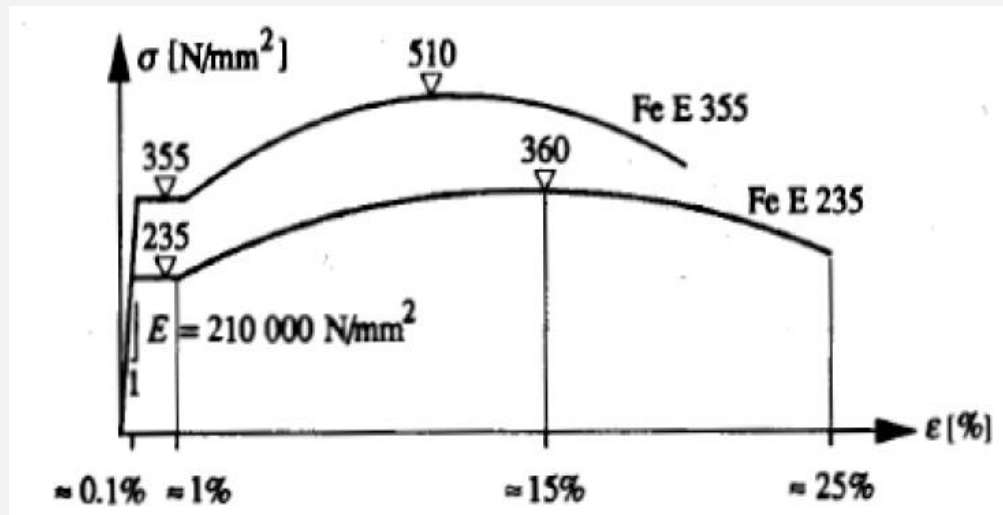
La nuance d'Acier est définie par sa limite d'élasticité f_y . Un acier ayant une valeur nominale de la limite d'élasticité $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ est appelé acier FeE235 (Fe pour fer, E pour limite d'élasticité). Le tableau suivant donne la désignation et quelques caractéristiques des principaux aciers de construction.

Type d'acier	Nuance de l'acier	épaisseur t (mm)			
		t ≤ 40 mm		40 mm ≤ t ≤ 100 mm *	
		f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)
S 235	Fe 360	235	360	215	340
S 275	Fe 430	275	430	255	410
S 355	Fe 510	355	510	335	490

f_y : limite élastique; f_u : résistance max en traction; t : épaisseur semelle ou âme

COMPORTEMENT DE L'ACIER

la relation contrainte-déformation spécifique des deux principaux types d'acier utilisés dans la construction (FeE235 et FeE355)



Les valeurs de calcul normalisées des principales caractéristiques des aciers de construction sont les suivants :

- Module d'élasticité : $E = 210000 N/mm^2 = 210 KN/mm^2$
- Module de cisaillement : $G = \frac{E}{2(1+\nu)} = 81 KN/mm^2$
- Coefficient de Poisson : $\nu = 0.3$
- Coefficient de dilatation thermique : $\alpha_T = 1.2 \times 10^{-5} / ^\circ C$
- Charge volumique : $\gamma = 78.5 KN/m^3$

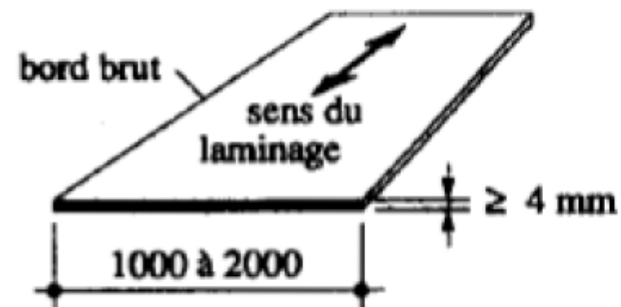
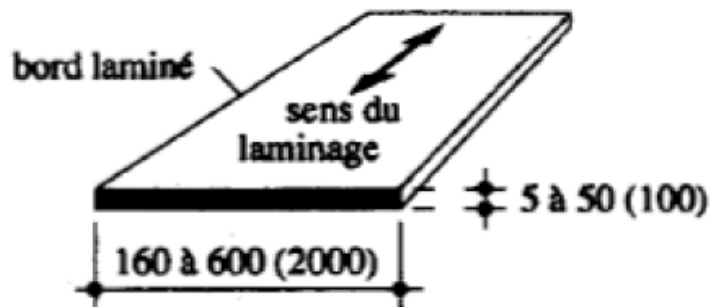
ÉLÉMENTS EN ACIER

Les tôles : Elles sont laminées à chaud seulement sur les grandes faces (Fig.7). Elles sont subdivisées selon les normes en trois catégories :

- Les tôles fortes : épaisseur $t \geq 5mm$; largeur : de 600 à 4000 mm
- Les tôles moyennes : $3mm \leq t < 5mm$; largeur : de 600 à 2000 mm
- Les tôles fines : $t < 3mm$; largeur : de 500 à 1800 mm

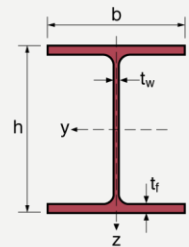
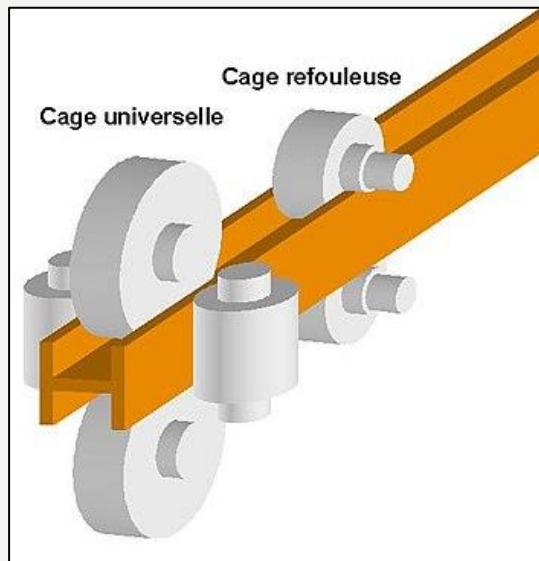
Le domaine d'utilisation : section composées ; poutres dépassant 600 mm de hauteur, ex : poutre des ponts roulants.

Les tôles fines ont un emploi limité en construction métallique en raison de leur souplesse et de leur faible épaisseur (danger de corrosion)

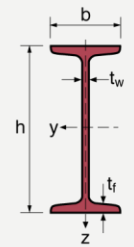


ÉLÉMENTS EN ACIER

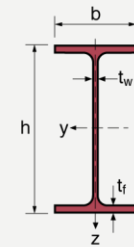
Les profilés métalliques en acier laminés



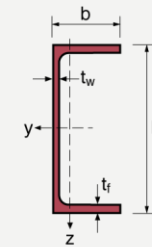
HEA/HEB/HEM



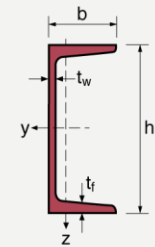
INP



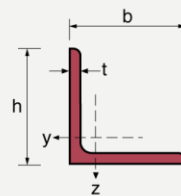
IPE



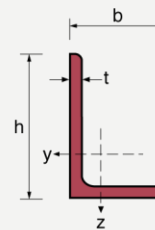
UPE



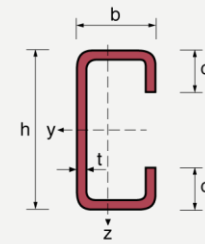
UNP
($h > 80$ mm)



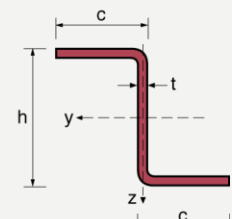
L ég.
L égales



L inég.
L inégales



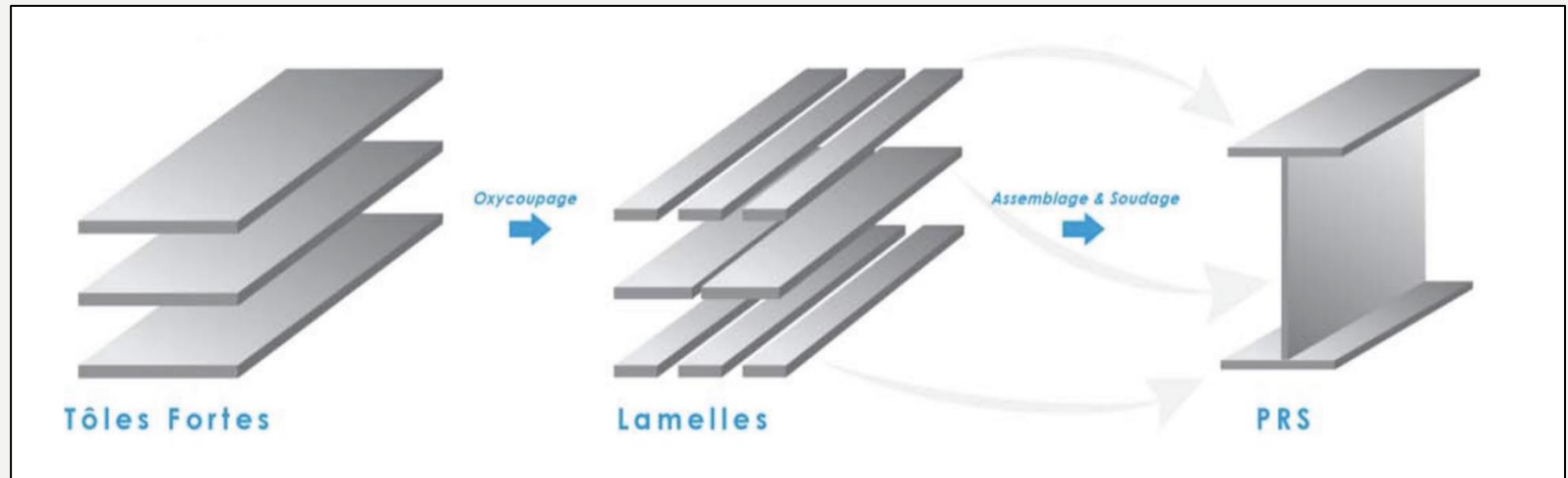
C
formé à froid



Z
formé à froid

ÉLÉMENTS EN ACIER

Les profilés métalliques en acier reconstitués soudés (PRS)

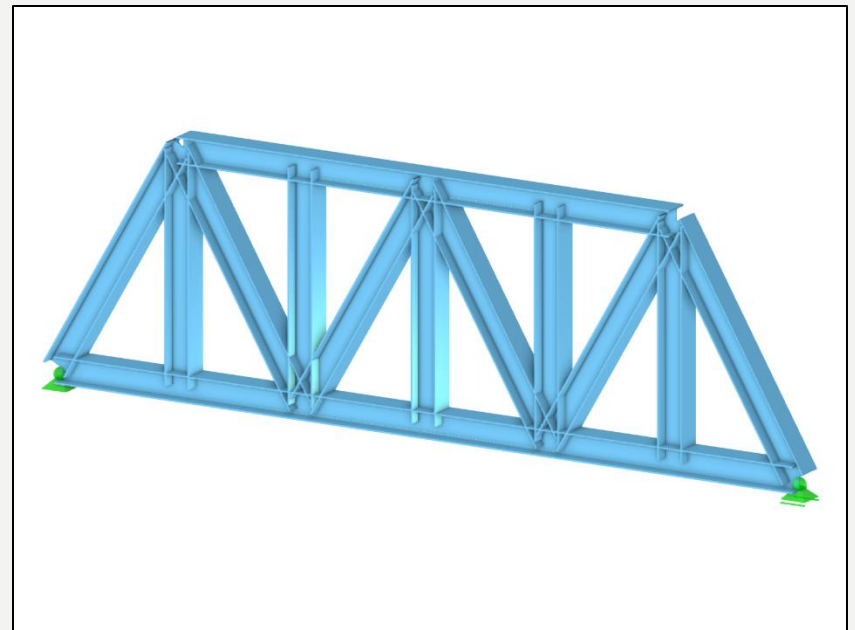


ÉLÉMENTS EN ACIER

La construction métallique peut être composée des éléments poutre qui résiste à la flexion et des éléments en treillis qui travaillent uniquement en traction et compression



Élément poutre



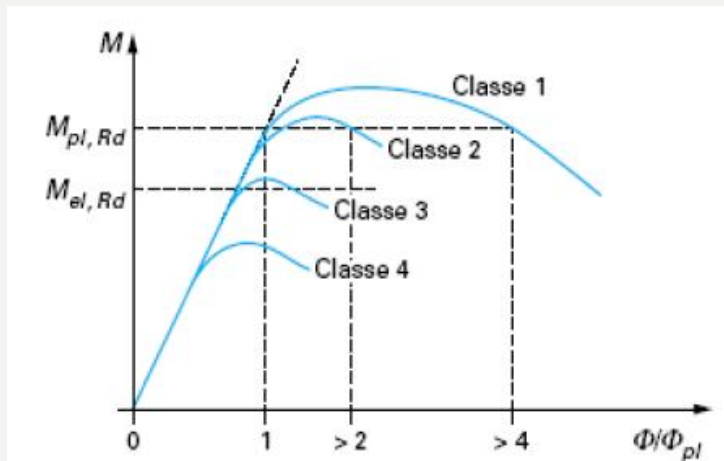
Élément treillis

CLASSIFICATION DES SECTIONS EN ACIER

Les sections sont classées de 1 à 4, en fonction de l'élancement de l'âme et de la semelle comprimée (largeur/épaisseur), de la limite d'élasticité de l'acier, la capacité de rotation et de la distribution de contraintes sur la section à l'ELU:

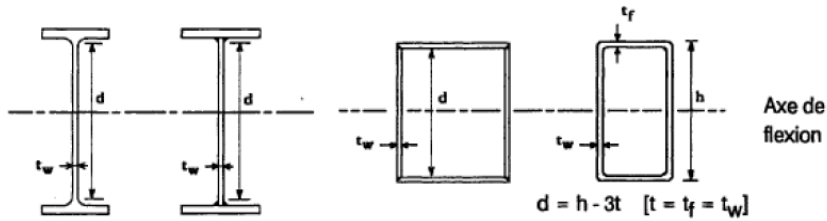
- **Classe 1** : Section transversale qui peut atteindre sa résistance plastique sans le risque de voilement, et qui possède une réserve plastique suffisante pour développer une rotule plastique pour une analyse plastique.
- **Classe 2** : Section transversale qui peut fournir un moment résistant plastique mais avec une plasticité limitée (moins de capacité de rotation que la classe 1).
- **Classe 3** : Section transversale qui peut atteindre la limite élastique sur les fibres d'extrémités mais avec un grand risque de voilement locale qui empêche la section à déployer le moment résistant plastique.
- **Classe 4** : Section transversale avec des parois élancées qui ne permet pas d'atteindre la limite élastique et sa résistance est calculé par la prise en considération de l'influence du voilement local produit.

CLASSIFICATION DES SECTIONS EN ACIER

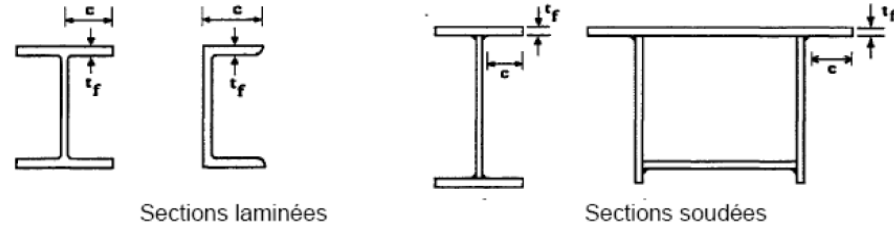


Classe	Modèle de comportement	Résistance de calcul	Capacité de rotation plastique
1		PLASTIQUE sur la section complète 	Importante
2		PLASTIQUE sur la section complète 	Limitée
3		ELASTIQUE sur la section complète 	Aucune
4		ELASTIQUE sur la section efficace 	Aucune

(a) Ames : (parois internes perpendiculaires à l'axe de flexion)



(b) Parois semelles en console :



Classe	Ame fléchie	Ame comprimée	Ame en flexion composée		
			$\alpha > 0,5$	$\alpha < 0,5$	
1			Quand $\alpha > 0,5$:	Quand $\alpha < 0,5$:	
			$d/t_w \leq 396 \epsilon / (13 \alpha - 1)$	$d/t_w \leq 36 \epsilon / \alpha$	
2	$d/t_w \leq 83 \epsilon$	$d/t_w \leq 38 \epsilon$	Quand $\alpha > 0,5$:	Quand $\alpha < 0,5$:	
			$d/t_w \leq 456 \epsilon / (13 \alpha - 1)$	$d/t_w \leq 41,5 \epsilon / \alpha$	
3			Quand $\psi > -1$:	Quand $\psi < -1$:	
			$d/t_w \leq 42 \epsilon / (0,67 + 0,33\psi)$	$d/t_w \leq 62 \epsilon (1 - \psi) / \sqrt{-\psi}$	
$\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$		f_y (N/mm ²)	235	275	355
		ϵ	1	0,92	0,81

Classe	Type de section	Paroi comprimée	Paroi en flexion composée		
			bord comprimé	bord tendu	
1	laminées soudées		$c/t_f \leq 10 \epsilon$	$c/t_f \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t_f \leq \frac{10\epsilon}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
			$c/t_f \leq 9 \epsilon$	$c/t_f \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t_f \leq \frac{9\epsilon}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
2	laminées soudées		$c/t_f \leq 11 \epsilon$	$c/t_f \leq \frac{11\epsilon}{\alpha}$	$c/t_f \leq \frac{11\epsilon}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
			$c/t_f \leq 10 \epsilon$	$c/t_f \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t_f \leq \frac{10\epsilon}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
3	laminées soudées		$c/t_f \leq 15 \epsilon$	$c/t_f \leq 23 \epsilon \sqrt{k_\sigma}$	$c/t_f \leq 21 \epsilon \sqrt{k_\sigma}$
			$c/t_f \leq 14 \epsilon$	Pour k_σ voir tableau 5.3.3	
$\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$		f_y (N/mm ²)	235	275	355
		ϵ	1	0,92	0,81

CLASSIFICATION DES SECTIONS EN ACIER

Section en L et circulaire

<p>d) <u>Comières</u></p> <p>Se référer aussi à (c) "Parois de semelles en console" (voir feuille 3)</p> <p>(Ne s'applique pas aux cornières en contact continu avec d'autres composants)</p>				
Classe	Section comprimée			
Distribution de contraintes dans la section (compression positive)				
3	$\frac{h}{t} \leq 15\epsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$			
<p>(e) <u>Sections tubulaires</u></p>				
Classe	Section fléchie et/ou comprimée			
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$			
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$			
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y (N/mm ²)	235	275	355
	ϵ	1	0,92	0,81
	ϵ^2	1	0,85	0,66

La classe de la section est donnée par la valeur maximale des classes de la semelle et de l'âme

Ex :

Classe de la semelle 1.

Classe de l'âme 3.

Classe de la section est de classe 3.

Semelle comprimée

Âme fléchie

Âme comprimé

Classe de la semelle :

$$\frac{c}{t_f} \leq 10\varepsilon : \text{classe 1.}$$

$$\frac{c}{t_f} \leq 11\varepsilon : \text{classe 2.}$$

$$\frac{c}{t_f} \leq 15\varepsilon : \text{classe 3.}$$

Classe de l'âme :

$$\frac{d}{t_w} \leq 72\varepsilon : \text{classe 1.}$$

$$\frac{d}{t_w} \leq 83\varepsilon : \text{classe 2.}$$

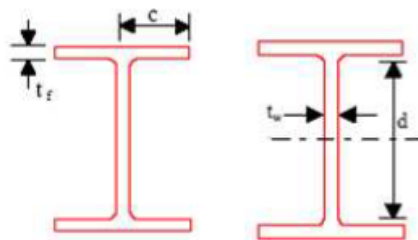
$$\frac{d}{t_w} \leq 124\varepsilon : \text{classe 3.}$$

Classe de l'âme :

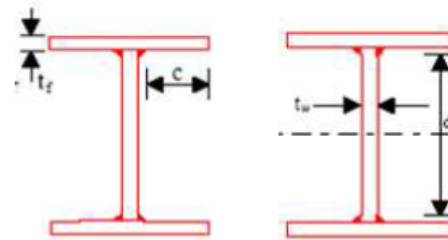
$$\frac{d}{t_w} \leq 33\varepsilon : \text{classe 1.}$$

$$\frac{d}{t_w} \leq 38\varepsilon : \text{classe 2.}$$

$$\frac{d}{t_w} \leq 42\varepsilon : \text{classe 3.}$$



(a) Poutres laminées



(b) Poutres soudés