

Chapitre 2 : Conception d'une ossature principale à un Bâtiment industriel (hangar)

Outre le Béton Armé, la Construction Métallique est l'une des deux méthodes de construction les plus utilisées. Elle présente tout comme le béton armé des avantages et des inconvénients:

1- ossature d'une construction métallique

Une ossature métallique est constituée de barres ou poutres métalliques reliées entre elles par des assemblages. Une barre ou une poutre désigne une pièce prismatique caractérisée par sa section droite. Les deux dimensions de la section droite sont en général petites devant la longueur de la pièce.

La disponibilité d'une très grande variété de sections ou profils permet de faire les choix les plus judicieux en fonction des exigences du projet.

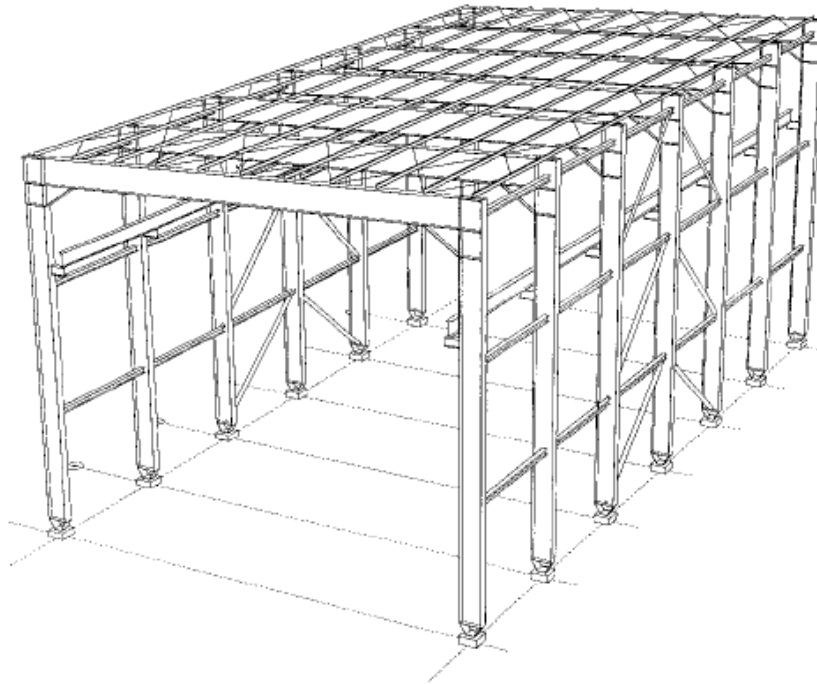
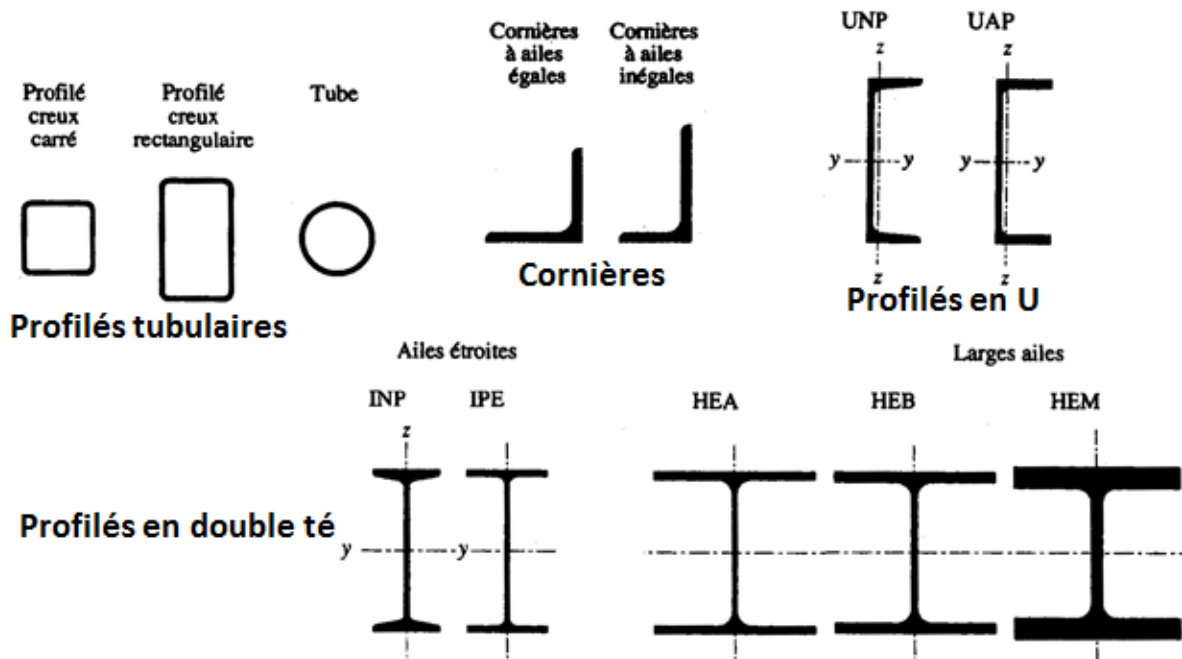


Figure 1 : exemple d'une ossature métallique d'un hall industriel.

1-1 Les différentes sections droites couramment utilisées en GC

Il existe une grande variété de section droite (section transversale) ou profilés en GC. Elles se distinguent les unes des autres par leur caractéristique géométrique et mécanique.

Les plus utilisées sont:



Outre les critères architecturaux et financiers, les choix judicieux de la section transversale est intrinsèquement lié aux types de sollicitation.

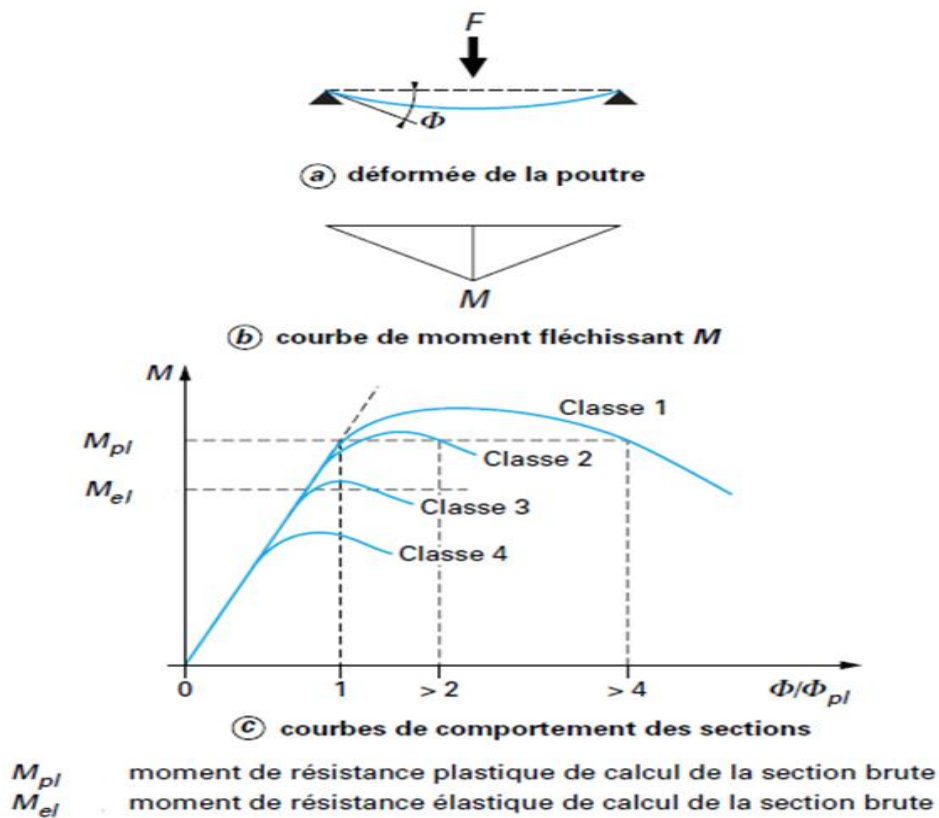
A titre d'exemple:

- Les IPE et les IPN qui ont un moment d'inertie $I_z < I_y$, sont utilisés principalement comme éléments fléchis.
- Les HE (HEA, HEB, HEM) ont le moment d'inertie I_z plus élevé que celui des IPE et IPN. Ils sont utilisés en flexion tout comme en compression. Pour une distance entre les deux ailes égale, le HEA est le plus léger et le HEM est le plus grand. Pour une inertie égale, le HEA est à nouveau le plus léger mais ses dimensions seront supérieures à celles d'un HEB et nettement supérieure à celle d'un HEM.
- Pour une flexion déviée, il faut par rapport aux dimensions transversales, I_y et I_z élevés. Les profilés creux (rond et carré) sont mieux adaptés à la flexion déviée que les profilés en double t.

1-2 Classe de section

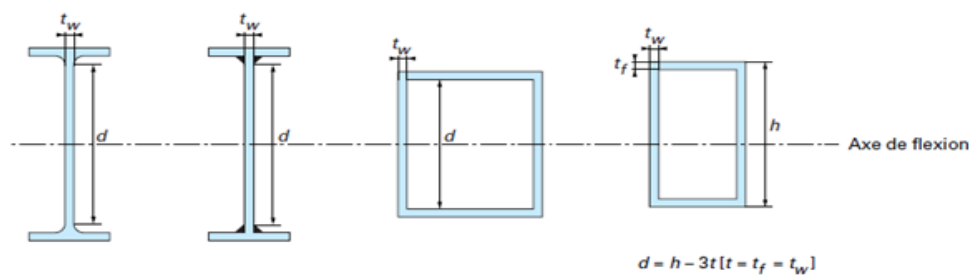
L'eurocode 3 distingue quatre classes de section transversale selon leur comportement vis-à-vis de la plastification comme illustré sur la figure ci-dessous:

Calcul des efforts intérieurs	Calcul de la résistance ultime	Classe de section (Eurocode 3)
plastique	plastique	1
élastique	plastique	2
élastique	élastique	3
élastique	élastique réduit	4

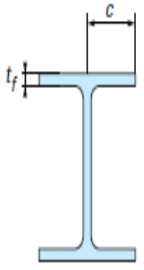
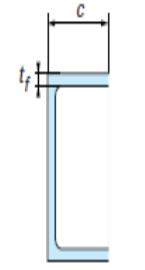
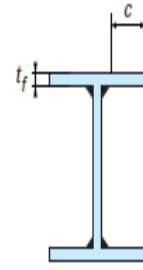
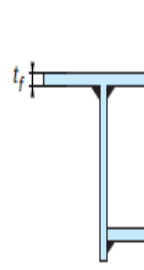
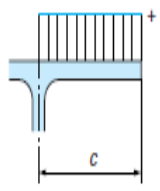
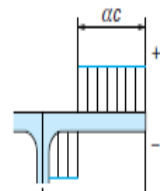
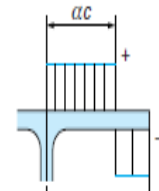


Les **critères permettant** de déterminer pratiquement la classe d'une section sont définis dans l'eurocode 3. Les sections ne vérifiant pas les critères de la classe 3 sont en fait de classe 4.

Rapports largeur/épaisseur maximaux pour âmes (parois internes perpendiculaires à l'axe de flexion)
 $\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$, avec f_y en N/mm^2



Classe	Âme fléchie	Âme comprimée
1	$d/t_w \leq 72\epsilon$	$d/t_w \leq 33\epsilon$
2	$d/t_w \leq 83\epsilon$	$d/t_w \leq 38\epsilon$
3	$d/t_w \leq 124\epsilon$	$d/t_w \leq 42\epsilon$

Rapports largeur/épaisseur maximaux pour parois de semelles en console $\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$					
Classe	Type de section	Paroi comprimée	Paroi en flexion composée		
			bord comprimé	bord tendu	
					
					
1	laminées	$c/t_f \leq 10\varepsilon$	$c/t_f \leq 10\varepsilon/\alpha$	$c/t_f \leq 10\varepsilon/\alpha\sqrt{\alpha}$	
	soudées	$c/t_f \leq 9\varepsilon$	$c/t_f \leq 9\varepsilon/\alpha$	$c/t_f \leq 9\varepsilon/\alpha\sqrt{\alpha}$	
2	laminées	$c/t_f \leq 11\varepsilon$	$c/t_f \leq 11\varepsilon/\alpha$	$c/t_f \leq 11\varepsilon/\alpha\sqrt{\alpha}$	
	soudées	$c/t_f \leq 10\varepsilon$	$c/t_f \leq 10\varepsilon/\alpha$	$c/t_f \leq 10\varepsilon/\alpha\sqrt{\alpha}$	

Rapports largeur/épaisseur maximaux pour parois de semelles en console $\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$				
Classe	Type de section	Paroi comprimée	Paroi en flexion composée	
			bord comprimé	bord tendu
Distribution de contraintes dans la paroi (compression positive)				
3	laminées	$c/t_f \leq 15\varepsilon$	$c/t_f \leq 23\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$	
	soudées	$c/t_f \leq 14\varepsilon$	$c/t_f \leq 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$	

Coefficient de voilement pour parois en console soumises à de la flexion composée				
Bord libre comprimé				
$\Psi = \sigma_2/\sigma_1$	+1	0	-1	$+1 \geq \Psi \geq -1$
Coefficient de voilement k_σ	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21\Psi + 0,07\Psi^2$

Rapports largeur/épaisseur maximaux pour cornières et sections tubulaires ($\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$)	
<p style="text-align: center;">Cornières</p>	
Classe	Section comprimée
Distribution de contraintes dans la section (compression positive)	
3	$h/t \leq 15\varepsilon ; (b+h)/2t \leq 11,5\varepsilon$
<p style="text-align: center;">Sections tubulaires</p>	
Classe	Section fléchie et/ou comprimée
1	$d/t \leq 50\varepsilon^2$
2	$d/t \leq 70\varepsilon^2$
3	$d/t \leq 90\varepsilon^2$

Des indications directes sur la classe des sections sont données par le tableau suivant :

Acier : $f_y = 235$ MPa			
Type de laminé	Référence du profil	Classes de sections	
		Compression seule	Flexion seule
PA	80	1	1
	100	1	1
	120	1	1
	140	1	1
	160	1	1
IPEA	180	2	1
	200	2	1
	220	2	1
	240	2	1
	270	3	1
	300	3	1
	330	3	1
	360	4	1
	400	4	1
	450	4	1
	500	4	1
	550	4	1
IPE	80 à 240	1	1
	270	2	1
	300	2	1
	330	2	1
	360	2	1
	400	3	1
	450	3	1
	500	3	1
	550	4	1
	600	4	1

Acier : $f_y = 235$ MPa			
Type de laminé	Référence du profil	Classes de sections	
		Compression seule	Flexion seule
HEA	100 à 240	1	1
	260	2	2
	280	2	2
	300	2	2
	320 à 500	1	1
	550	2	1
	600	2	1
HEB	100 à 600	1	1
HEM	100 à 600	1	1

Le dimensionnement d'une structure métallique se déroule presque toujours dans l'ordre des étapes suivantes :

- 1 – dessin de l'ossature principale,
- 2 – définition des actions appliquées à la structure,
- 3 – choix des barres de l'ossature sur la base d'un prédimensionnement ou de l'expérience,
- 4 – modélisation de la structure, analyse globale et détermination des sollicitations dans les barres,
- 5 – vérifications diverses des barres,
- 6 – conception et vérification des assemblages.

À l'issue de l'étape 5, certaines barres peuvent avoir une résistance insuffisante ou être excessivement surdimensionnées ; un ajustement est alors effectué et la procédure est reprise à l'étape 4 par la mise à jour du modèle. Les calculs sont terminés lorsque tous les critères de résistance, de performance et d'économie sont satisfaits.

Chacune des étapes 2 à 6 est balisée par des exigences réglementaires et des principes sous-jacents qu'il convient de connaître.

1-3 limitations de flèches dans les éléments d'une ossature métallique :

Données par le tableau suivant

Flèches admissibles	Éléments concernés
$\frac{f}{L} \leq \frac{1}{200}$	En tout cas la flèche maximale à ne pas dépasser : Élément de couverture (pannes, chevron, lattes, lisse..) et tous ouvrages secondaires
$\frac{f}{L} \leq \frac{1}{300}$	Planchers métallique de bâtiment sans conséquence en sous-face ; potelet de plancher ou de portique
$\frac{f}{L} \leq \frac{1}{500}$	Éléments porteurs principaux : Ferme de toiture ; poutre maîtresse ; poutres supportant des murs, cloisons, poteaux

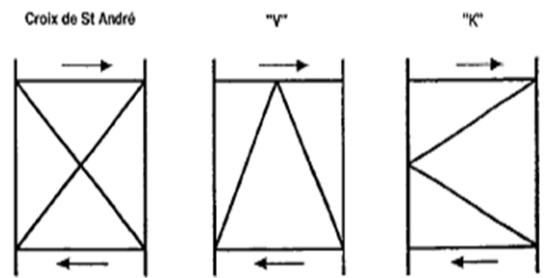
2- Systèmes constructifs

L'organisation d'une structure passe par la mise en place d'un certain nombre de sous-ensembles aptes à assurer des fonctions précises de point de vue de la stabilité générale de l'ouvrage.

2-1 Systèmes triangulés

Les systèmes triangulés fonctionnent sur le même principe que les poutres en treillis, appliqué à la stabilité des ossatures vis-à-vis des charges horizontales qui les sollicitent : d'une manière générale, des barres de triangulation sont installées entre des éléments porteurs verticaux et assurent ainsi, avec les traverses horizontales présentes aux différents niveaux, le transfert d'un effort tranchant horizontal sur la hauteur de la construction. Ce fonctionnement n'est rien d'autre que celui d'une console verticale en treillis qui assure la stabilité horizontale dans un plan vertical particulier de l'ouvrage.

La disposition géométrique des barres de triangulation est adaptée en fonction de données constructives et des impératifs éventuels d'exploitation de l'ouvrage. On peut envisager des triangulations en croix de Saint-André, en V ou en K (Fig. 17-1).



Dispositions des triangulations

figure 17-1

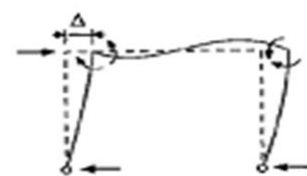
2-2 Les portiques

Les portiques sont la solution constructive alternative des systèmes triangulés pour réaliser la stabilité horizontale d'un plan vertical de construction. En toute généralité, un portique est

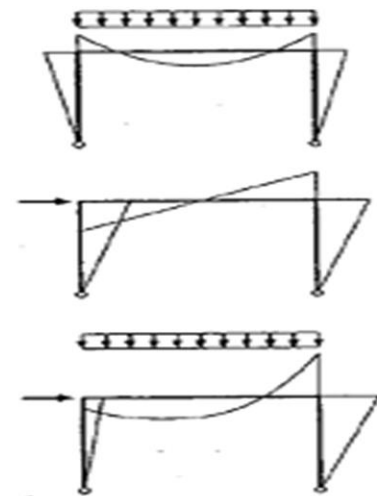
constitué d'un ensemble étagé de poteaux et de traverses mutuellement encastres au droit des nœuds d'intersection. Le transfert de l'effort tranchant horizontal d'un niveau au niveau inférieur s'effectue par le biais des moments de flexion que le déplacement horizontal relatif de ces deux niveaux permet de développer à la fois dans les traverses et dans les poteaux.

Les portiques sont simplement réalisés par l'encastrement des traverses sur les poteaux et ne comportent donc pas de disposition constructive spécifique. Les deux types d'éléments qui les constituent, poteaux et traverses, doivent répondre aux critères propres aux éléments fléchis et aux éléments comprimés et fléchis. Suivant les circonstances et les besoins, on peut donc envisager des portiques en profils I ou H laminés, en profils I ou H reconstitués soudés, en caissons soudés, en treillis plans ou spatiaux. Différentes combinaisons de ces types de sections entre les poteaux et les traverses sont d'ailleurs possibles.

Il convient de noter que, contrairement aux systèmes triangulés qui correspondent à un découplage des fonctions entre la reprise de charges verticales et celle des charges horizontales les portiques sont, sauf exception, exploités pour équilibrer les deux types d'actions : les sollicitations de dimensionnement de poteaux et des traverses, moments et efforts normaux, proviennent généralement d'une combinaison de charges de gravité et d'actions horizontales (Fig. 17-4).

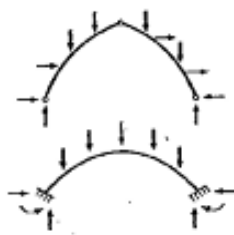


Fonctionnement d'un portique



Cumul des effets des charges verticales et horizontales

2-3 Les arcs



Les arcs permettent de remplir les mêmes fonctions que les portiques en assurant le transfert aux fondations des charges appliquées à la construction, aussi bien verticales qu'horizontales. Ils peuvent être isostatiques lorsqu'ils comportent trois articulations ou hyperstatiques lorsque les appuis sont articulés ou encastres et l'arc continûment rigide (Fig. 17-5).

2-4 Nappes tridimensionnelles

Structurellement, les nappes tridimensionnelles sont des extensions spatiales des systèmes en treillis, constituées d'un assemblage de barres élémentaires de faible longueur dont on admet qu'elles ne reprennent que des efforts normaux de traction σ ou de compression. Elles comportent deux plans horizontaux de membrures réparties suivant deux mailles régulières décalées et dont les nœuds sont reliés par des diagonales inclinées. Le plus souvent la trame des membrures est carrée, mais on peut aussi envisager des trames triangulaires (Fig. 17-7).

