

# La structure portante horizontale

## Les poutres

### 1. Rôle et définitions

Les poutres sont des éléments porteurs horizontaux chargés de reprendre les charges et surcharges se trouvant sur les planchers pour les retransmettre aux poteaux.

### 2. Le chargement sur les poutres.

Le chargement ou encore les charges agissant sur les poutres de plancher sont essentiellement des charges verticales (Poids propre, et surcharges d'exploitation, ou de neige).

Noter que ces surcharges sont supposées uniformément réparties mais parfois ces mêmes charges peuvent être ponctuelles.

Sur la figure suivante fig1. Nous voyons bien comment se fait la distribution des charges dans une structure de bâtiment.

Ainsi, les planchers recevant les charges (permanentes, et d'exploitation), en s'appuyant sur les poutres transmettent à ces dernières **par réaction d'appui** ces mêmes charges, qui seront transmises aux porteurs verticaux toujours par le même principe d'action réaction.



Figure 1 répartition de charges sur les poutres de plancher.

### 3. sollicitations internes.

Sous l'action de charges verticale uniformément distribuées par unité de longueur, il se développe à en toutes sections de la poutre de plancher un ensemble d'efforts internes qui se réduisent à :

- 1- Des moments de flexion  $M(x)$
- 2- Des efforts tranchants  $T(x)$ .

Sur la figure fig. 2 est représentée une poutre typique de bâtiment soumise à des charges uniformément réparties par mètre linéaire. En dessous nous remarquons aussi l'allure déformée de cette même poutre puis la distribution des moments de flexion et la distribution des efforts tranchants le long de la poutre.

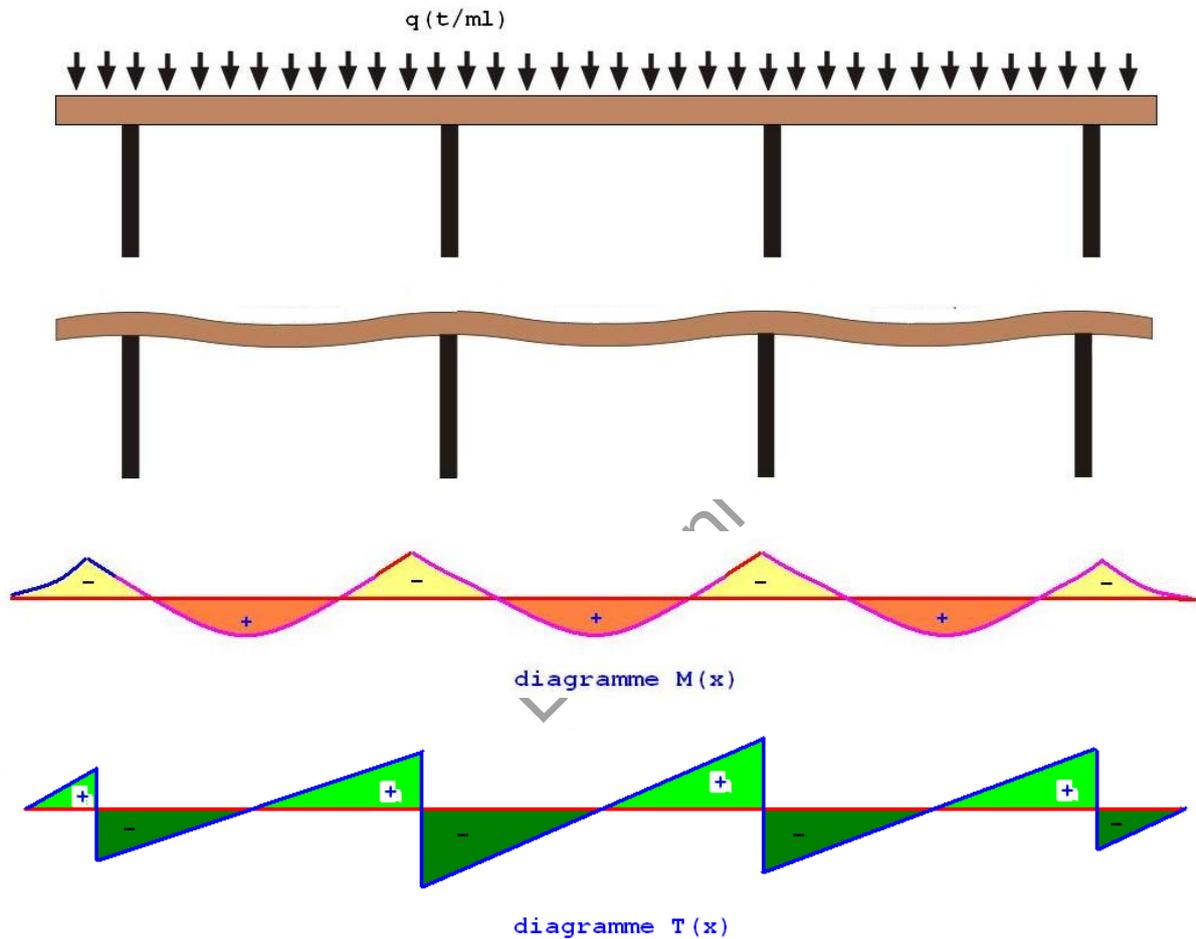


Figure 2 distribution des charge et des efforts interne 'poutre de plancher.

Il est à signaler que la détermination de la déformée, des diagrammes de  $M(x)$  et  $T(x)$  se fait en appliquant la théorie de la résistance des matériaux RDM et plus particulièrement les structures hyperstatiques

#### 4. poutres en béton armé.

##### 4.1. Les différentes formes de coffrage.

Dans la majorité des cas de structures de type bâtiment, les poutres sont en général de section rectangulaire ( $b \times h$ ). Avec ' $b$ ' désignant la largeur de la poutre et ' $H$ ' sa hauteur (comptée jusqu'à surface de la dalle). Mais Il arrive que l'on rencontre aussi des poutres de section trapézoïdale

Fig 3.

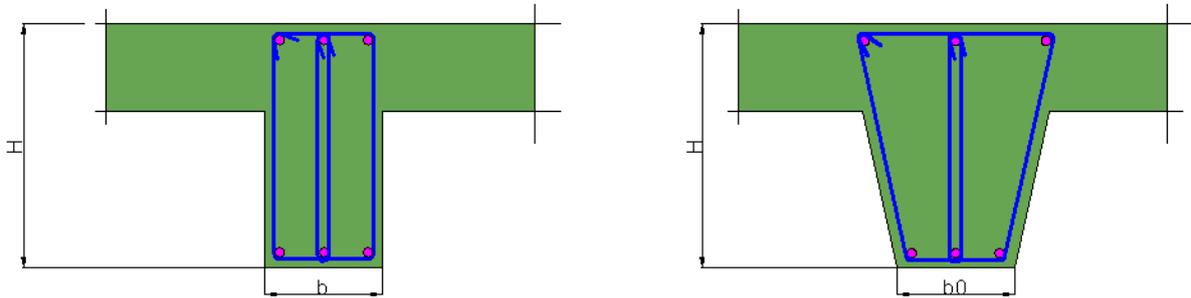


Figure 3 Différentes sections de poutres dans le bâtiment

On peut aussi rencontrer quelquefois des poutres en forme de ou I de T avec ou sans talon. Ce genre de poutres est en général utilisé pour les ponts et le ouvrage d'arts, cependant on peut les rencontrer au niveau de sous sol à usage de parkings. Noter qu'en général ces poutres sont des éléments précontraints et prennent appui sur des appuis en néoprène.

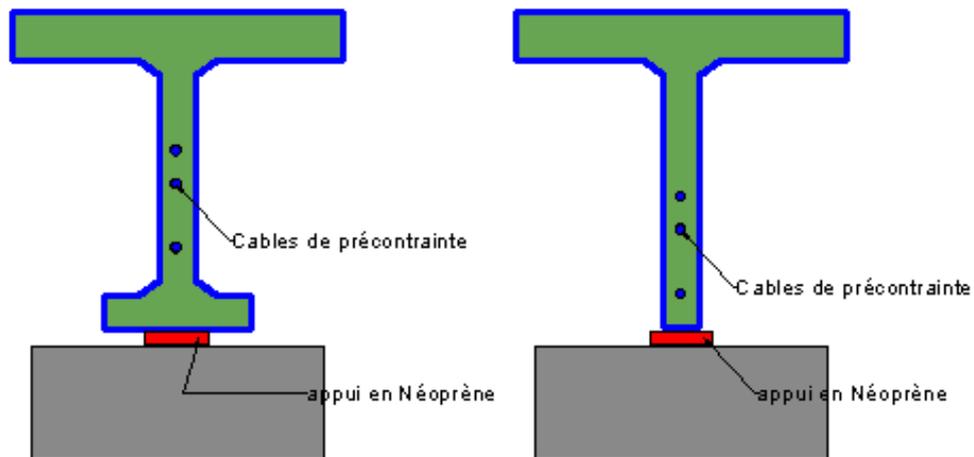


Figure 4 poutres précontraintes en T et en I

A noter que les poutres en I et en T sont utilisées n raison de leur grande rigidité (rendement en flexion plus intéressant que les poutres rectangulaire).

## 4.2. Ferrailage des poutres en béton armé.

### 4.2.1. Expérience de flexion.

Le béton étant un matériau résistant très mal à la traction il convient de renforcer les zones sujettes aux tractions aux moyens d'aciers : le ferrailage.

Reprenons la figure précédente donnant l'allure déformée d'une poutre continue de plancher, et repérons les zones tendues des zones comprimées. En superposant le diagramme de flexion

précédemment établi avec la même figure on déduit la règle suivante très utile pour déterminer ou placer les barres d'acier dans un élément en béton.fig 5

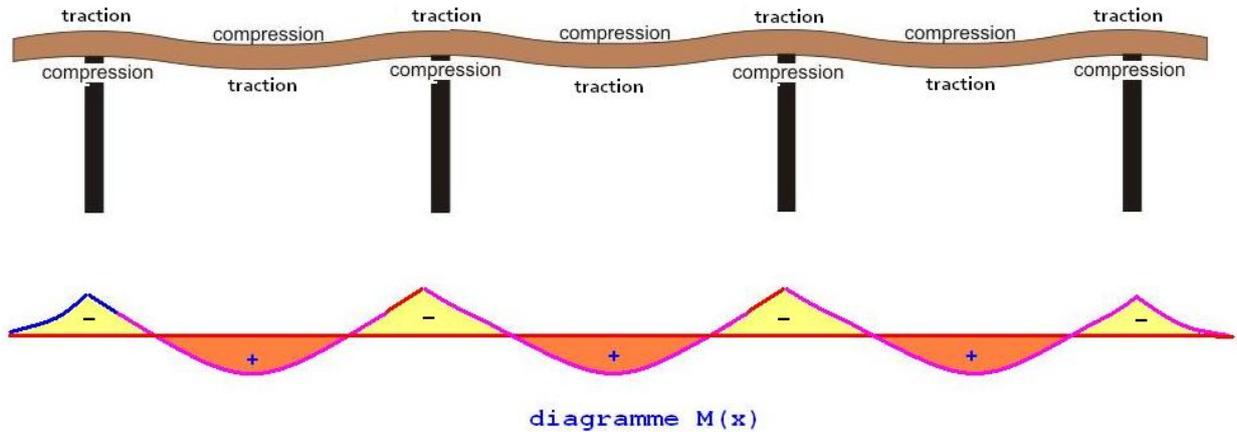


Figure 5 répartition des zones tendues en fonction de la variation du moment fléchissant

**REGLE.** Le diagramme des moments est toujours situé du côté des zones tendues.

On en déduit donc facilement les zones où la présence des aciers est requise. On en déduit donc les zones où l'on devra disposer les aciers. Fig6.

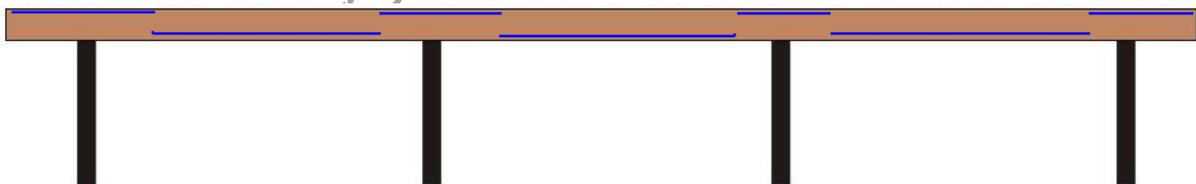


Figure 6 Positionnement des aciers principaux de traction.

#### 4.2.2. Expérience-Effets de l'effort tranchant.

Pour illustrer l'effet de l'effort tranchant considérons une poutre non pas en béton mais constituée par un empilement de planchettes en bois.Fig7.

Sous l'action d'un chargement extérieur, la poutre ainsi formée se déforme. L'allure déformée illustrée à la figure 7 laisse apparaître un glissement des planchettes qui est plus important au niveau des appuis.

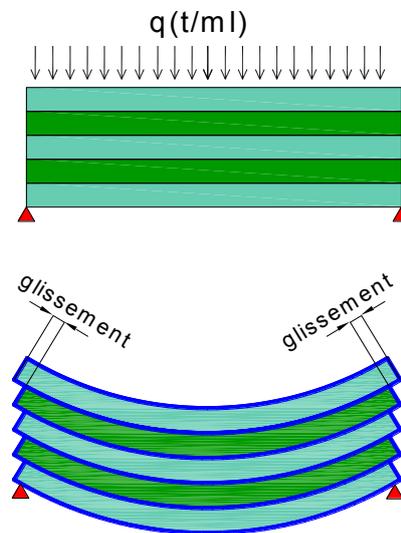
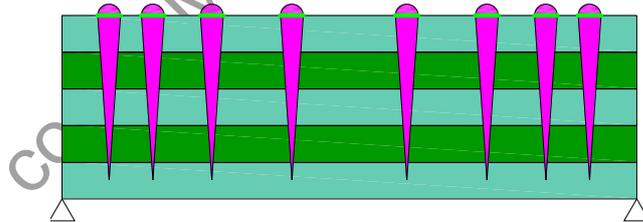


Figure 7 Glissement conséquence par cisaillement

Ce glissement n'est autre que la manifestation de l'effet de l'effort tranchant. De ce fait il est clair que pour éviter à la poutre de se 'ruiner' par effort tranchant il devient nécessaire de trouver une solution pour 'bloquer' les effets de l'effort tranchant. Dans le cas de la poutre constituée par l'empilement des planchettes, la solution réside à enfoncer des clous.



Cependant dans le cas réel des poutres en béton on ne peut pas parler de 'clous' mais plutôt d'armatures transversales ou encore des cadres, épingles et étriers. La Figure suivante illustre bien la distribution des cadres le long d'une poutre en béton armé.

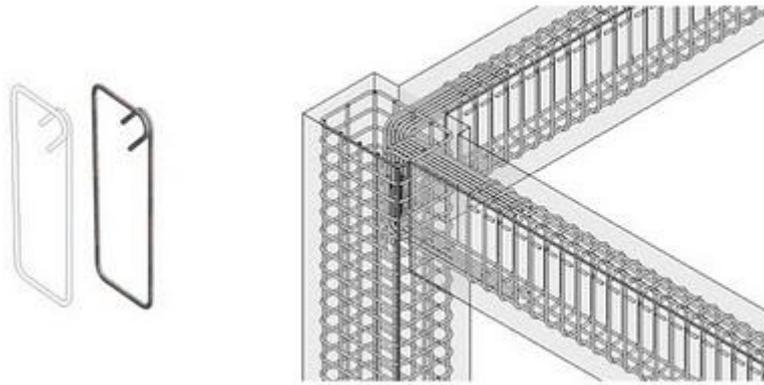
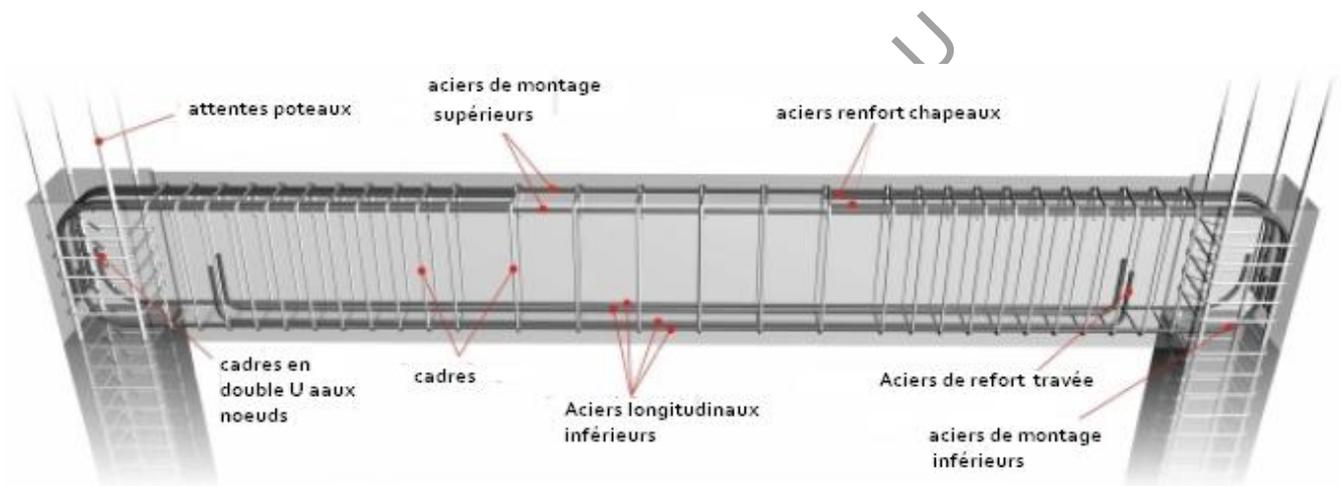


Figure 8 Armatures d'effort tranchant (cadres) le long d'une poutre

En définitive le ferrailage des poutres en béton armé prend la configuration suivante :



Ainsi pour des raisons pratiques de mise en œuvre, il y a lieu de remarquer ce qui suit :

Les aciers constituant le ferrailage d'une poutre se compose de :

1. des armatures de montage de petit diamètre en général.
2. des armatures de renfort en travée pour reprendre les effets de la flexion importante en travée qui donne des effets de traction sur les fibres inférieures de la poutre..
3. des armatures de renfort aux appuis 'les chapeaux' pour reprendre le moment négatif qui donne des zones de traction sur les fibres supérieures de la poutre.
4. Les armatures transversales (cadres, étriers, épingles) qui reprennent l'effet de l'effort tranchant. Remarque que le nombre des cadres aux appuis est plus important qu'en travée. Ceci en raison de l'importance de l'effort tranchant à chaque fois que l'on rapproche des appuis (voir diagramme de  $T(x)$  plus haut).

#### 4.3. pré dimensionnement des poutres en béton armé.

Lorsqu'il s'agit de pré dimensionner une poutre, c'est-à-dire choisir forfaitairement la largeur ' $b$ ' et la hauteur ' $H$ ' d'une poutre rectangulaire par exemple on aura recours au tableau suivant.

Noter que  $L$  désigne la portée entre nu d'appui de la poutre

	Poutre	
	Isostatique sur deux appuis	Hyperstatique –continue sur plusieurs appuis
Ratio H/L	1/15 <sup>ème</sup> à 1/10 <sup>ème</sup>	1/20 <sup>ème</sup> - 1/15 <sup>ème</sup>
Largeur <b>b</b> (section rectangulaire)	0.3H à 0.6 H (valeur moyenne 0.45 H)	
Largeur <b>b<sub>0</sub></b> (Poutre en I ou en T)	0.2H à 0.4 h (valeur moyenne 0.3 H)	

5. Les poutres métalliques en acier.

Dans la construction métallique, on utilise généralement trois types distincts de poutres.

1. Les poutres à âme pleine : Constituées par des profilés laminés à chaud de type **IPE ,IPN** et parfois mais rarement en **HEA , HEB**. Pour une utilisation ordinaire (surcharges d'exploitation modérées) la portée varie comme :

$$5 \text{ m} < L_{\text{poutre}} < 10 \text{ m (Maximum)}$$

Et la hauteur de la poutre est telle que :  $1/40^{\text{ème}} < H/L_{\text{poutre}} < 1/30^{\text{ème}}$

2. Les poutres à âme pleines ajourées. Ces dernières sont une reconstitution après découpage soudage de poutres à âme pleine. L'intérêt de ce genre de conception est une inertie beaucoup plus intéressante (forte) comparée à celle du profilé de départ. la figure suivante est représentée une poutre ajourée obtenue à partir d'un profilé type IPE

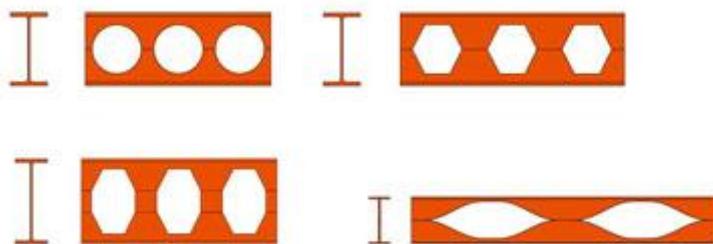


Figure 9 constitution d'une poutre ajourée en acier



Figure 10 découpage de profilés pour fabrication de poutres ajourées

Avec ce genre de conception (poutres ajourées), la portée peut facilement atteindre voire dépasser les 12 mètres même avec des planchers recevant des surcharges d'exploitation importantes.

3. Les poutres à treillis fig 11. Cette conception est réputée pour permettre le franchissement de portée importantes. Elles se rencontrent souvent dans les constructions de type hangar, mais elles sont aussi utilisées dans les planchers de structures associant portée et surcharges importantes.

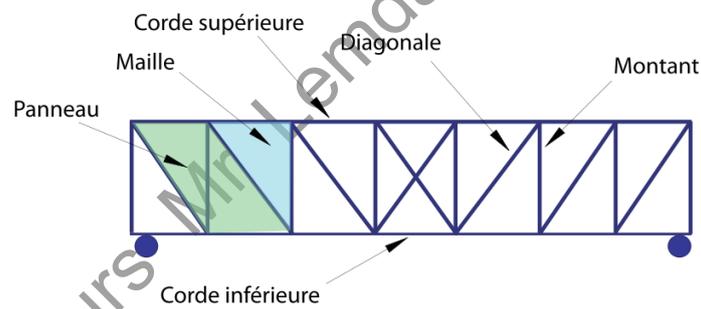
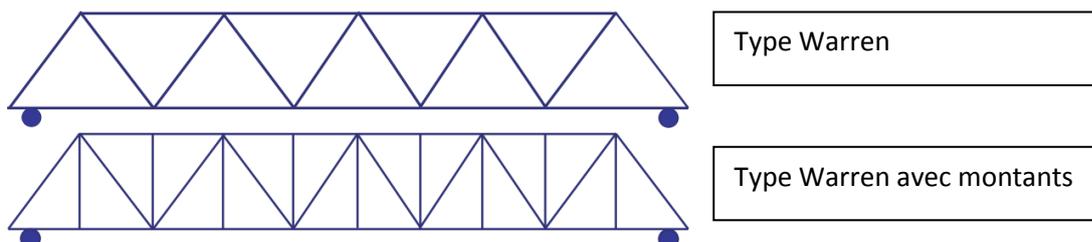


Figure 11 configuration d'une poutre à treillis

Nota : On appelle souvent la corde inférieure : **membrure inférieure** ou **Entrait** et la corde supérieure **membrure supérieure** ou **Arbalétrier**

Il existe différentes configurations des fermes à treillis en fonction de la configuration et la disposition des arbalétriers, des entrails et diagonales, montants. Fig 12



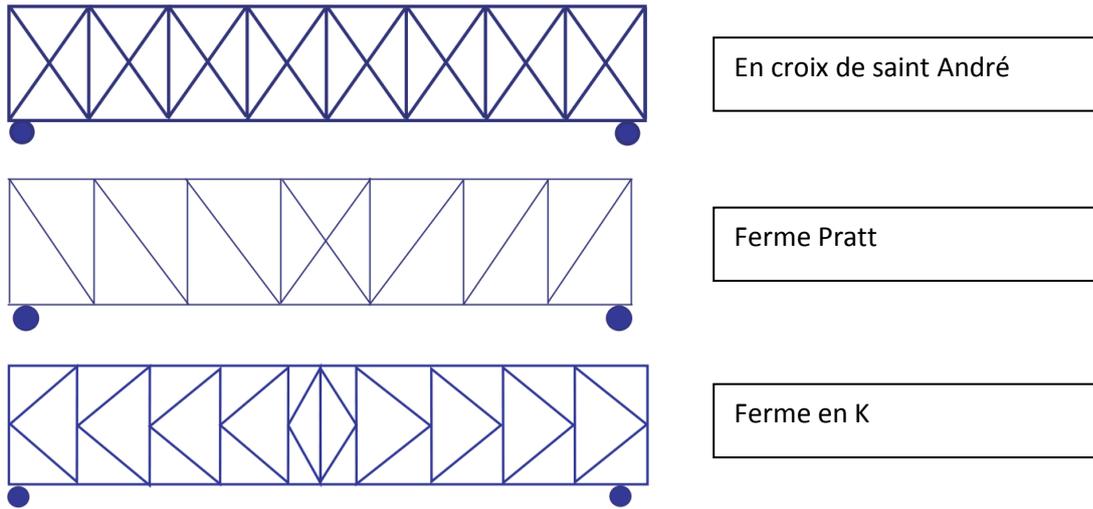


Figure 12 Différents types de poutres treillis

La portée franchie par ce genre de poutres varie

$$10 \text{ m} < L_{\text{POUTRE}} < 50 \text{ m voire plus}$$

La hauteur de ces poutres est en moyenne calculée comme :

$$1/23 < H/L_{\text{poutre}} < 1/30$$

D'autres configurations de poutres en treillis :

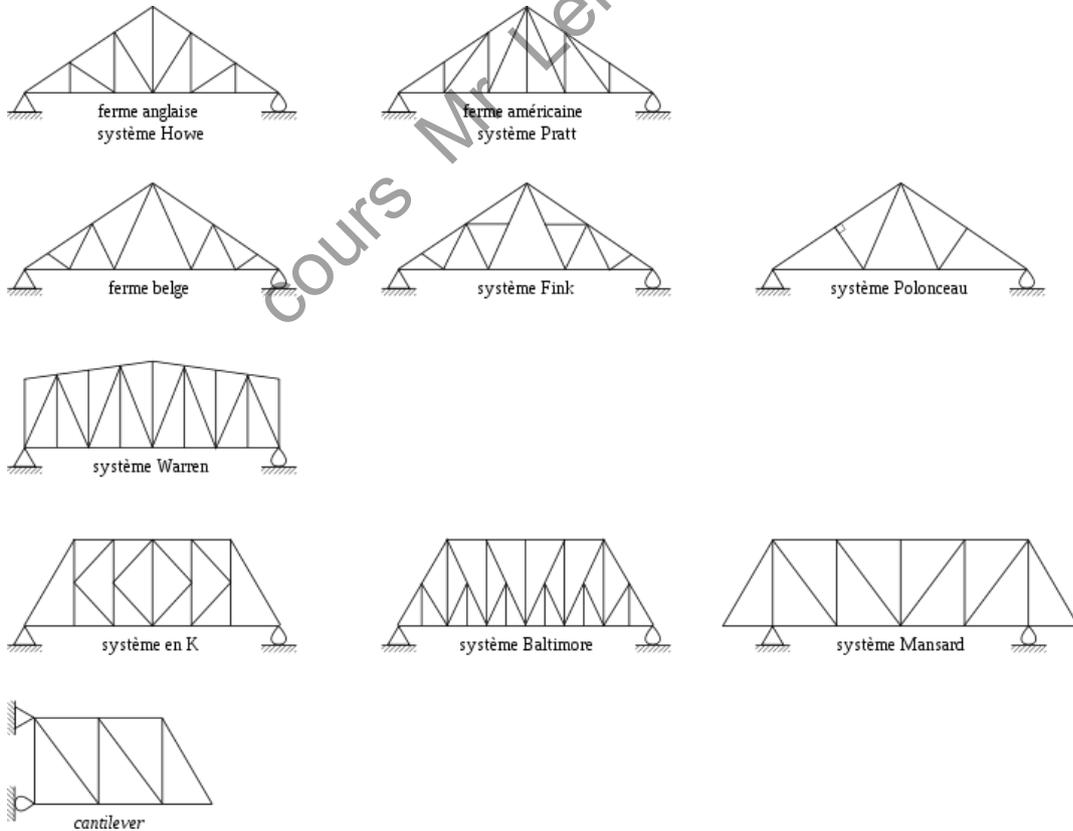


Figure 13 autres configurations d poutres treillis-Fermes

Concernant les éléments constituant les poutres ou fermes à treillis, ces derniers sont en général constitués par des doubles cornières ou encore des doubles UPN. Pour des planchers à forte surcharges et/ou de grandes portées, l'utilisation de petits H est indispensable vu les efforts internes importants régnant dans les membrures, diagonales .Fig14.

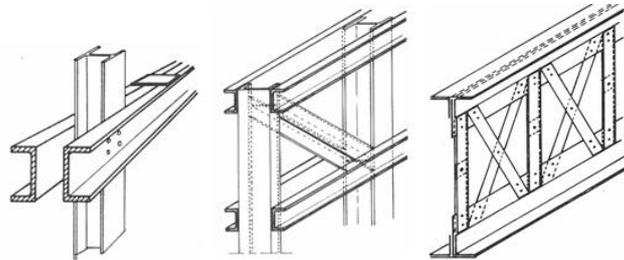
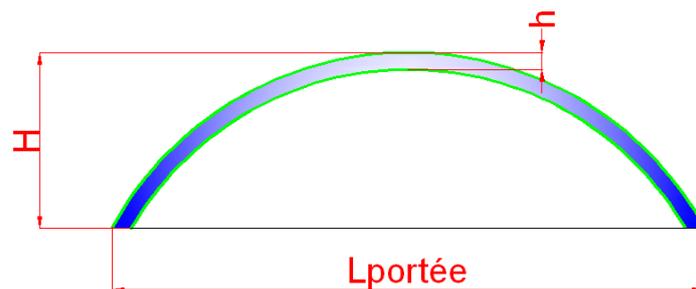


Figure 14 éléments constituant une poutre à treillis

### 5.3. Éléments métalliques en arc.

Grace à ce type de structure portante, on pourra franchir des portées assez importantes avec de moindres couts. Les portées dans ce cas varient comme :

$$15 \text{ m} < L_{\text{portée}} < 60 \text{ m}$$



En général le choix des différentes quantités se fait sur la base des formules suivantes :

$$1/15 < H/L_{\text{portée}} < 1/10$$

$1/60 < h/L_{\text{portée}} < 1/50$  (les éléments de la structure sont très mince donc solution économique)

