

Chapitre I

Introduction au dimensionnement des ouvrages

La fonction première d'un bâtiment est de mettre à l'abri les personnes et les biens face aux aléas climatiques : principalement la pluie, la température, le vent et la neige. La protection est en premier lieu assurée par la présence de la peau qui enveloppe la construction, celle-ci est soutenue par une structure ramenant les charges au sol. L'ouvrage, notamment s'il comporte des étages, devra aussi supporter ce qu'il contient, c'est-à-dire les personnes et les biens ; et comme il est pesant, devra se supporter lui-même, les poids propres des matériaux de construction ne sont pas à négliger.

Le cheminement suivi par les efforts dans les divers éléments structuraux : barres et liaisons, doit s'effectuer sans mettre en jeu la sécurité et sans occasionner de dommages irréversibles. Autrement dit, la construction doit conserver sa stabilité sous diverses actions qui peuvent se combiner entre elles. La perte de stabilité entraîne la ruine ou l'effondrement, c'est le premier objectif du dimensionnement des ouvrages que de se prémunir d'une telle éventualité.

La deuxième approche concerne l'aspect fonctionnel du bâtiment, tout ce qui touche à son usage. La déformation excessive de la poutre de roulement d'un pont roulant peut nuire à son déplacement alors que sa limite de résistance est loin d'être atteinte. De même, avec la notion de ressenti pour les usagers, la flexion visible d'un plancher ou d'une paroi peut inquiéter alors que la sécurité n'est pas entamée. Le dimensionnement consiste également à se prémunir de ces désagréments.

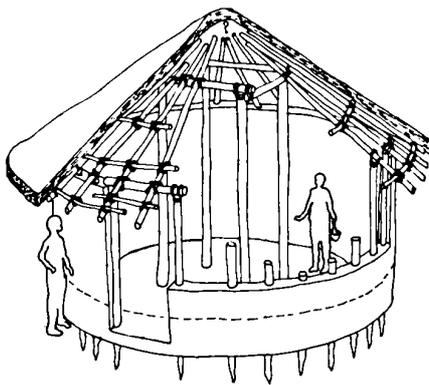
Le secteur d'activité s'étend à diverses catégories de construction :

- Bâtiments commerciaux et halles industrielles
- Bâtiments pour bureaux et habitat
- Ouvrages d'art : ponts et passerelles, gares et stades, aménagements urbains
- Plateformes pétrolières, pylônes

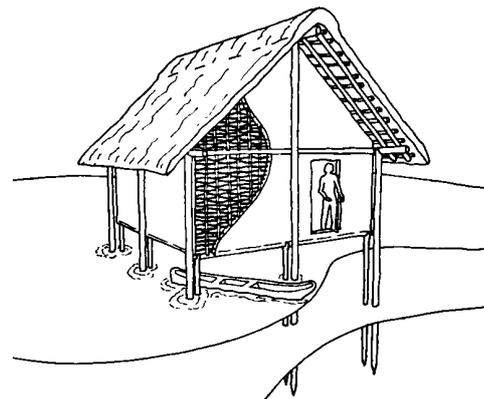
1. UNE BREVE HISTOIRE DES CHARPENTES

1.1 Le Néolithique

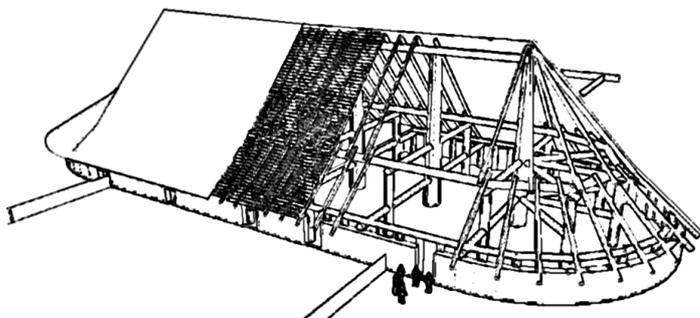
L'art de bâtir par ossature est délicat, c'est celui du charpentier. Il est d'abord amené, par le jeu des expériences successives, à retenir les principes structuraux garantissant la stabilité de l'ensemble, une construction instable s'effondre. Ensuite vient le bon choix des poutres : troncs et branches sélectionnés parmi les diverses essences ; ce sont elles qui devront résister aux charges propres et climatiques. Le troisième aspect, tout aussi important, est celui des assemblages, liaisons au travers desquelles transitent les efforts. Ils sont réalisés par brêlage : appuis ligaturés par des fibres végétales. La couverture, supportée par l'ossature, est faite de bottes de paille ou de plaques d'écorce. Les murs, souvent indépendant de l'ossature, ne sont pas porteurs. La technique la plus répandue est celle du torchis, mélange de terre et de paille (matériau composite) aggloméré sur un clayonnage.



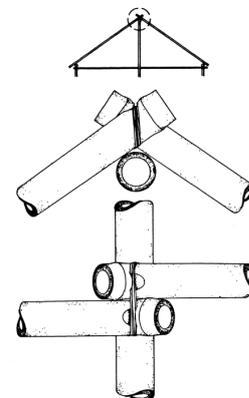
Site de Banpo - Chine - sixième millénaire



Maison lacustre à clayonnage site de Clairvaux les Lacs - Jura - quatrième millénaire



Restitution de la maison longue de Beauclair à Douchamp en Dordogne 2000 avant JC

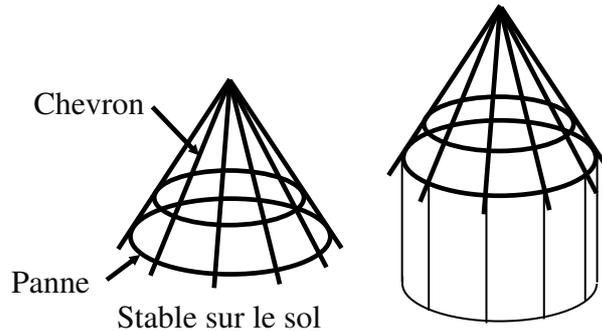


Assemblage des chevrons sur la panne faîtière par brêlage

Pour les charpentes et couverture, la quantité de matériaux nécessaires et le poids afférant rendaient les constructions peu sensibles à l'action du vent pour le soulèvement. Les actions horizontales pouvaient être reprises par l'encastrement des poteaux dans le sol.

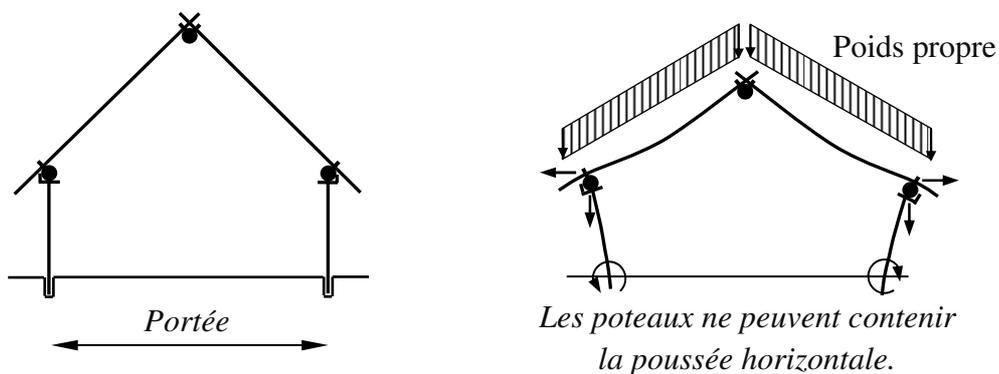
- Stabilité des maisons à toiture conique

Le cône est auto stable grâce au chaînage naturellement inclus dans l'élément : l'équivalent des pannes.

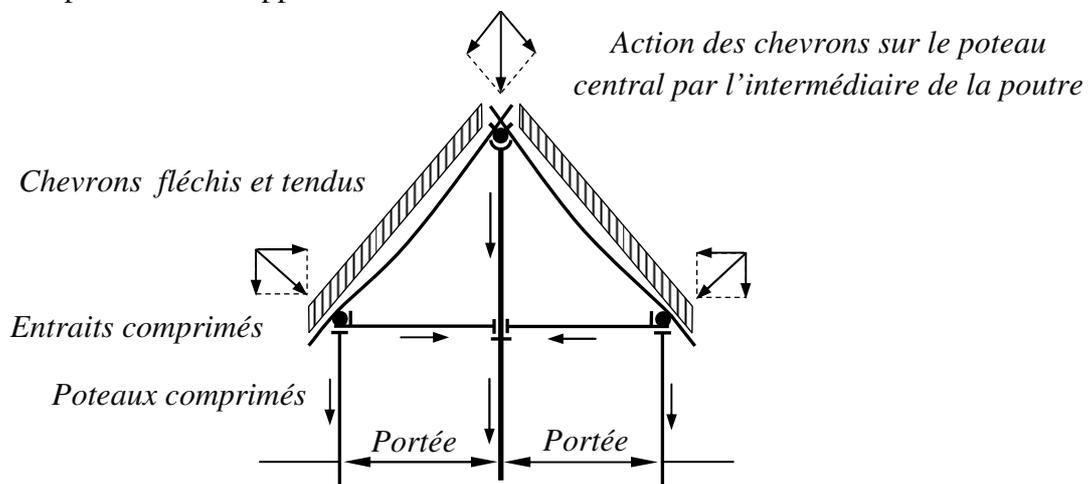


- Stabilité des maisons à deux versants

Deux poteaux : instabilité structurelle avec les techniques d'assemblage de l'époque

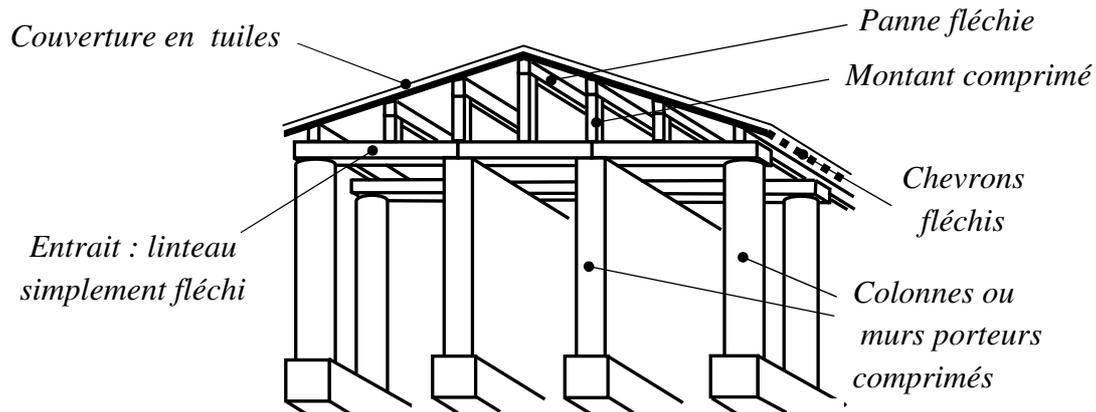


Trois poteaux : la stabilité est assurée avec des liaisons ne transmettant que de la compression : des appuis en butée.



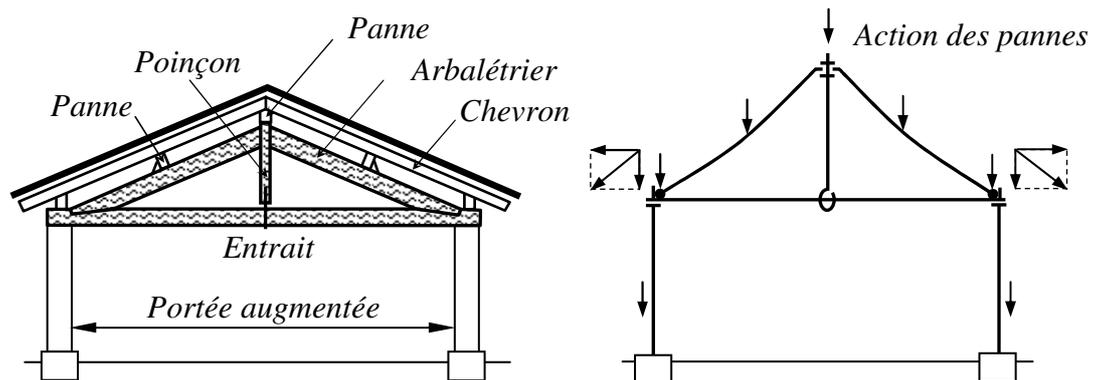
1.2 La charpente grecque

Le principe reste proche de celui des constructions du Néolithique, principe qui limite la portée entre appuis. Sur les constructions comportant des pignons de grande longueur, trois, quatre colonnes ou plus sont nécessaires pour supporter des entrails fonctionnant comme des linteaux. Les liaisons travaillent en compression, les divers éléments, généralement très massifs, sont assemblés par empilage.



1.3 La ferme romaine

L'invention de la ferme représente un saut technologique. C'est une entité structurelle *auto stable* ou *autoporteuse* qui se contente de deux appuis, le poteau central obstruant l'espace intérieur n'a plus lieu d'être. Les liaisons travaillent toujours en compression, mais des techniques d'assemblage plus sophistiquées (tenons et mortaises) permettent de réduire la taille des sections. Le principe est toujours en usage sur les charpentes traditionnelles en bois.



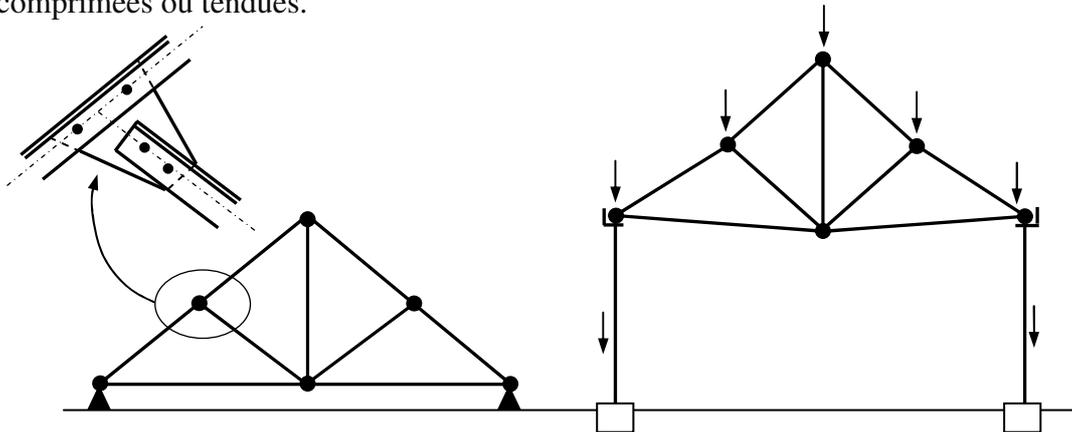
- Arbalétrier : comprimé par l'action de la partie haute du poinçon et fléchi par la panne.
- Entrait : tendu par les arbalétriers et fléchi sous son propre poids.
- Poinçon : comprimé en partie supérieure avec la transmission des efforts vers les arbalétriers et tendu en partie inférieure par le poids propre de l'entrait en limitant sa flexion.

1.4 La Révolution Industrielle

C'est avec la Révolution Industrielle qu'apparaissent les matériaux modernes avec la fonte moulée et le fer sous la forme de poutrelles laminées. Conjointement, l'arrivée de la vis sous sa forme actuelle, du rivetage puis du soudage à la fin du 19^{ème} permettent l'assemblage de ces poutrelles, les structures métalliques voient ainsi le jour avec, par exemple, la construction des premiers grands magasins vers 1850. L'intérêt majeur de ces structures est la grande portée entre appuis, cette caractéristique autorise de grands espaces intérieurs ouverts avec des coûts réduits. L'acier s'imposera ensuite progressivement au détriment de la fonte et du fer.

- Charpente acier à ferme treillis.

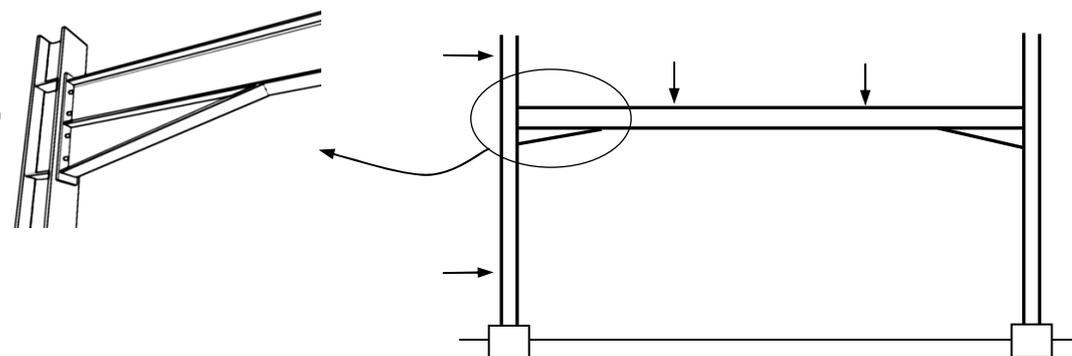
Les liaisons, obtenues par rivetage ou par boulonnage de plaques de jonction (goussets), supportent la compression et la traction, les barres peuvent être comprimées ou tendues.



La charpente gagne en légèreté et devient plus sensible à l'action de soulèvement du vent.

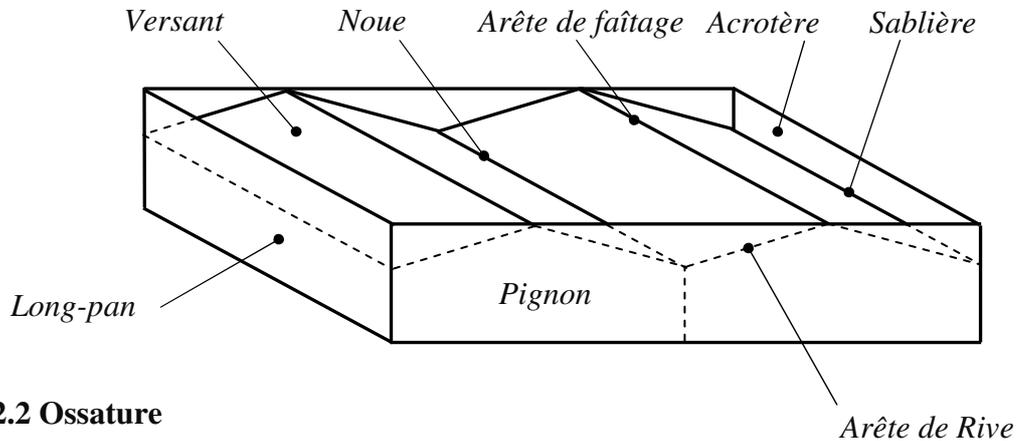
- Portique cadre acier

Les assemblages réalisés par rivetage, boulonnage et soudage sont aussi en mesure de transmettre d'une barre à l'autre des efforts de cisaillement et des moments. Ils réalisent dans ce cas des encastremements et permettent la réalisation d'une nouvelle entité structurelle : le portique cadre.



2. TERMINOLOGIE DES CONSTRUCTIONS

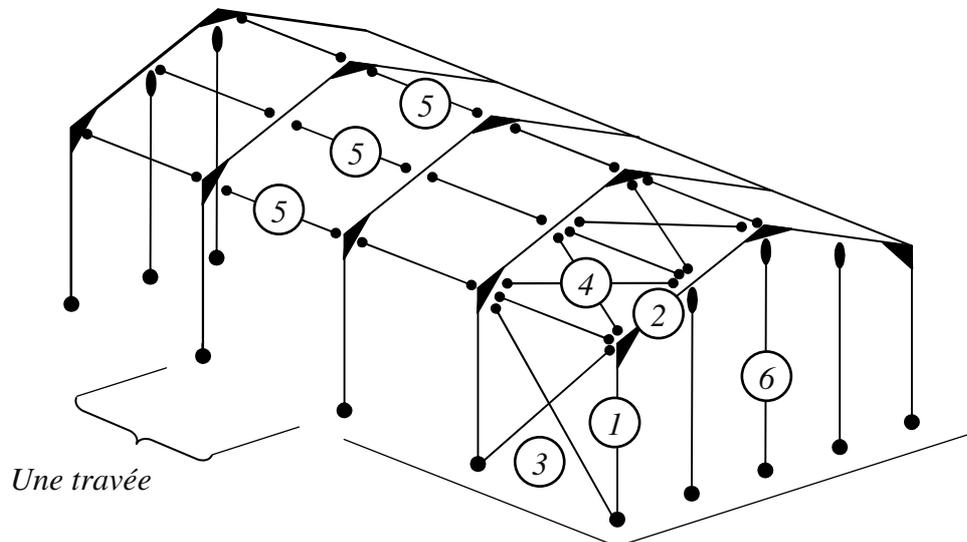
2.1 Peau ou enveloppe d'un bâtiment à quatre versants



2.2 Ossature

2.2.1 Ossature principale

Constituée de barres en acier doux, elle assure la stabilité d'ensemble du bâtiment. Une structure isostatique ou hyperstatique est stable mais des charges trop élevées peuvent entraîner sa ruine si elle n'a pas été correctement dimensionnée.



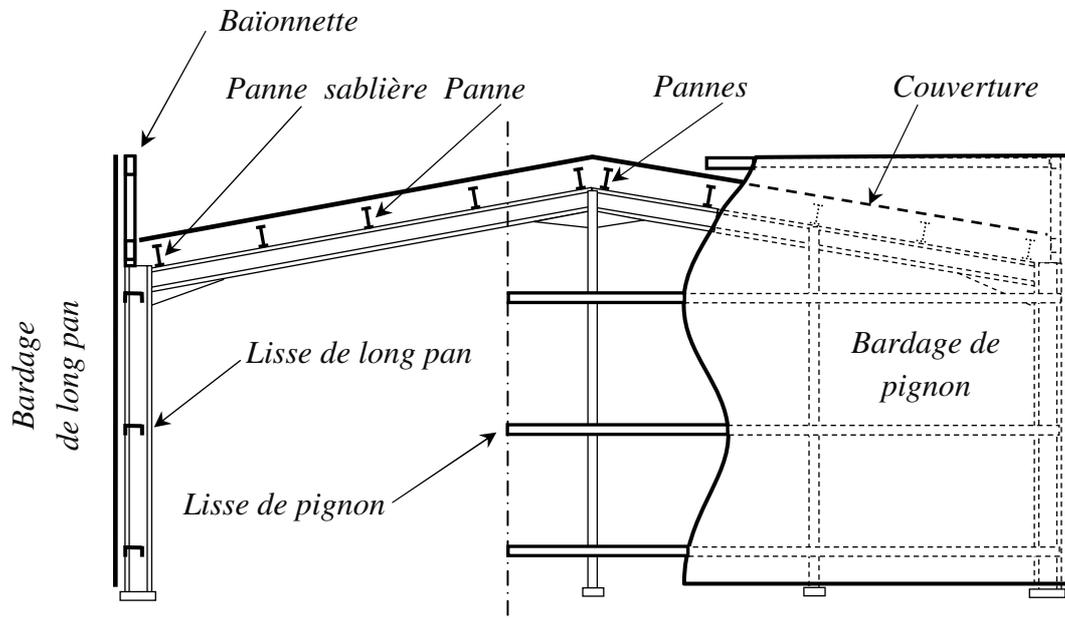
Halle industrielle ordinaire constituée de cinq portiques

Un portique : 2 poteaux et 1 traverse

- 1: poteau
- 2: traverse (deux arbalétriers)
- 3: contreventement de long-pan par croix de Saint-André
- 4: diagonales de poutre au vent
- 5: butons
- 6: potelet

2.2.2 Eléments secondaires

Ils reposent sur l'ossature principale et supportent directement l'enveloppe constituée de la couverture et pour les parois verticales, du bardage.



3. TYPOLOGIE DES BARRES

Les profilés utilisés en construction métallique sont des produits longs réalisés en acier doux (teneur en carbone faible, de l'ordre de 2%). Cette catégorie d'acier est très ductile et présente l'avantage d'accepter de grandes déformations avant de rompre. Les caractéristiques des aciers sont détaillées dans le chapitre *Plasticité*.

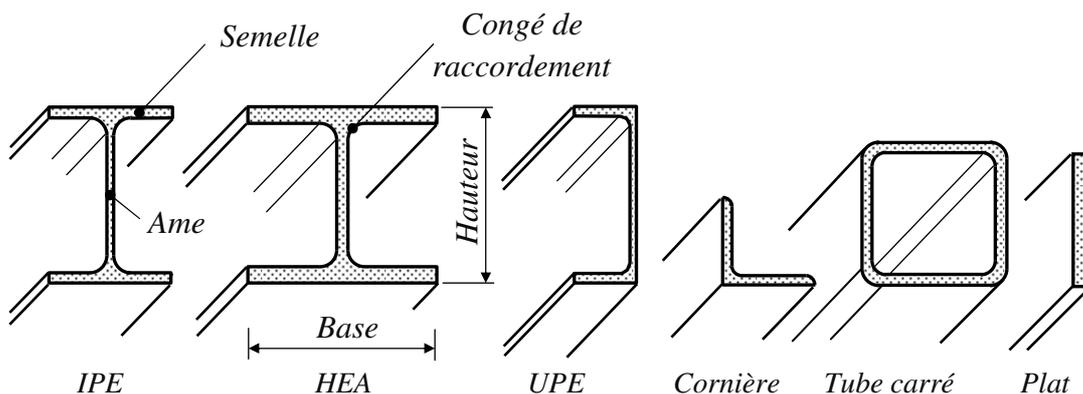
3.1 Produits laminés à chaud

Ces produits, également appelés *laminés marchands* rassemblent les sections dont la forme et les dimensions sont standardisées à l'échelle européenne. La gamme est large, voici les principales sections rencontrées :

- Profils IPE, IPEA : Conçus et optimisés pour supporter la sollicitation de flexion, ils sont utilisés entre autres pour réaliser les poutres de plancher, les traverses mais aussi les poteaux modérément comprimés. La hauteur s'échelonne de 80 à 750 mm.

- Profils HEA, HEB : Ils sont également adaptés à la flexion. Jusqu'à des hauteurs de l'ordre de 300 mm, la section s'inscrit dans une forme proche du carré pour le *HEA* et parfaitement carrée pour le *HEB*. Au-delà, le ratio *hauteur/base* augmente pour atteindre une hauteur de 1100 mm avec la série des *HL*. D'autre part, les semelles sont plus épaisses que celles des IPE. Ces dispositions leur confèrent une meilleure résistance au flambement et à la torsion, ils font souvent office de poteau.

- Profils UPN, UPE : la présence des trois plats extérieurs facilite les fixations, ces poutrelles sont régulièrement utilisées pour les lisses de bardage.
- Cornières à ailes égales ou inégales : peu adaptées à la flexion, elles réalisent la majorité des diagonales de contreventement doublées en croix. Ces éléments de grande finesse supportent bien la traction mais se dérobent devant la moindre compression, ils se comportent dans ce cas comme des câbles.
- Profils tubulaires : circulaires, carrés ou rectangulaires. La section étant fermée, ils se comportent bien face aux sollicitations de compression et de torsion. On les retrouve notamment dans les fonctions de buton, de diagonale de contreventement unique et de poteau. Le poteau peut en outre être rempli de béton pour améliorer la résistance au flambement et la tenue au feu.
- Tôles et plats (section rectangulaire pleine) pour les usages les plus variés.



3.2 Profils formés à froid

Les poutrelles sont obtenues par pliage ou profilage de tôles de faible épaisseur. Les fabricants proposent les produits dans leur propre standard ou répondent aux demandes spécifiques. Le marché des profils à froid se développe, ceux-ci présentent l'avantage de la légèreté devant les laminés qui ne peuvent pour des questions de fabrication prétendre à une telle finesse. La faible épaisseur des parois au regard des dimensions extérieures de la section rend cependant le produit sensible aux instabilités.

