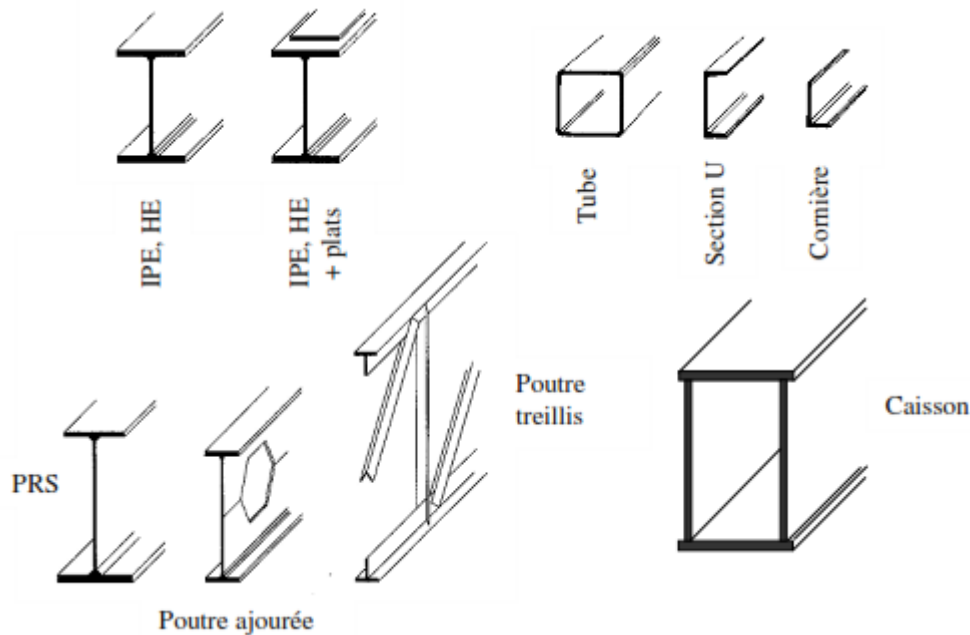


Chapitre V : Calcul des pièces fléchies

1. Introduction

Les poutres fléchies sont les éléments les plus fondamentaux et les plus courants en construction métallique. Toute une variété de formes de profilés et de type de poutres peut être utilisée selon la portée de l'élément et l'importance de son chargement. Le tableau suivant reprend une brève description des différents types de poutres pour diverses applications :

Type de poutre	Plage de portées (m)	Applications
1. Cornières	1 - 4	utilisées pour les linteaux, les supports de parement, les lisses de bardage, ... etc., lorsqu'il s'agit de ne soutenir que des charges légères.
2. Profils formés à froid	1 - 10	utilisés pour les pannes de toiture, les lisses de façades, les petites charpentes... etc., lorsqu'il s'agit de ne soutenir que des charges modérées.
3. Profils laminés Ex. : IPE, UPN, HE, ...	1 - 35	type de profil le plus fréquemment utilisé, dont les proportions ont été choisies pour éliminer divers types de ruine ; en général, raidissage d'âme non nécessaire.
4. Poutres en treillis	15 - 100	réalisées au moyen de cornières, de profils laminés ou de tubes utilisés comme membrures et diagonales; résistance bien adaptée aux sollicitations ; utilisées pour leur légèreté.
5. Poutres ajourées	6 - 35	utilisées pour les longues travées et/ou les charges modérées bien réparties ; hauteur augmentée par rapport aux profils laminés de base ; les ouvertures de l'âme peuvent être utilisées pour le passage des équipements, ... etc.
6. Profilés composés Ex. : IPE + UPN ou munis de plats « renforts »	5 - 25	utilisés lorsqu'un profil laminé unique n'offre pas une capacité suffisante; renforts souvent disposés de sorte à offrir une meilleure résistance à la flexion verticale mais souvent aussi horizontale.
7. Poutres reconstituées soudées (PRS)	10 - 100	fabriquées en assemblant des tôles ou plats par soudage, parfois automatiquement; hauteur d'âme jusqu'à 3-4m et possibilité d'inertie variable ; raidissage nécessaire pour les grandes hauteurs.
8. Poutres en caisson	15 - 200	fabriquées à partir de tôles ou plats de manière à obtenir des sections fermées uni- ou multicellulaire ; raidies en cas de grandes dimensions; utilisées en raison de leurs bonnes caractéristiques de rigidités transversale et de torsion.

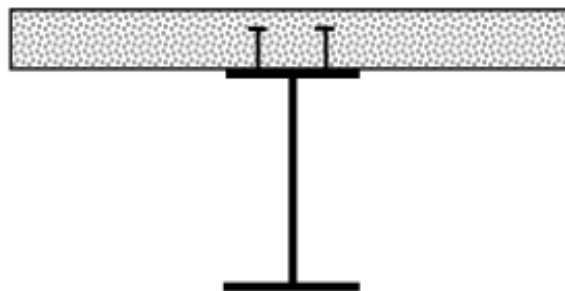


2. Poutres maintenues latéralement

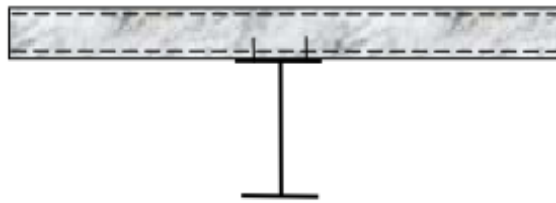
Les poutres en acier qui sont empêchées de se déplacer latéralement sont dites « maintenues latéralement » et ne sont pas affectées par le phénomène d'instabilité par flexion latérale et torsion appelé « déversement » (flambement latéral de la semelle comprimée, hors du plan principal de flexion). De telles poutres doivent simplement faire l'objet, à l'ELU, d'une vérification de la résistance au(x) moment(s) de flexion et à(aux) l'effort(s) tranchant(s) de leur section transversale. Il est donc particulièrement important d'identifier de telles poutres.

Les poutres peuvent être considérées comme maintenues latéralement si :

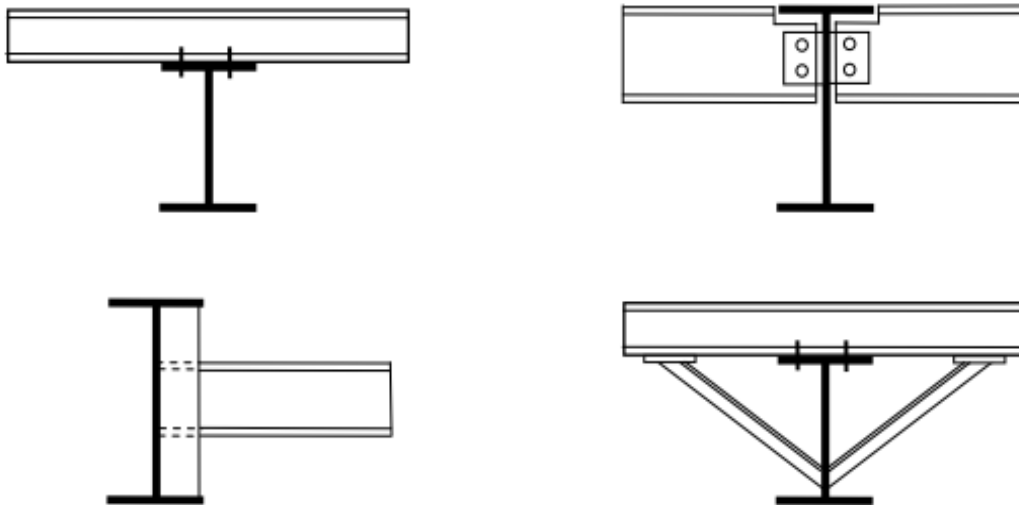
- un maintien latéral continu de la semelle comprimée est réalisé, par exemple par une véritable fixation d'un système de plancher sur la semelle supérieure d'une poutre à appuis simples (de nombreux concepteurs considèrent que le frottement généré entre une dalle en béton et la semelle d'une poutre en acier constitue une véritable fixation). Il faut noter qu'un blocage latéral de la semelle tendue est pratiquement inutile et ne permet pas de considérer que la poutre est maintenue latéralement !



- un maintien approprié continu contre la torsion de la section est réalisé, théoriquement à n'importe quel niveau (mais de préférence au niveau de la semelle comprimée), par exemple, par des tôles nervurées fixées efficacement sur des profilés de faible hauteur (≤ 200 mm) ;



- il existe des éléments ou dispositifs de contreventement latéral de la membrure comprimée ou de maintien de la section contre la torsion, « suffisamment rapprochés » (pannes, poutres transversales, bracons). Dans ce cas, l'élançement selon l'axe faible de la poutre fléchie sera suffisamment petit.



Il faut signaler, en outre, que les profilés fléchis selon leur axe faible ne peuvent présenter une ruine par déversement et il est peu probable que les profilés offrant des rigidités latérales et de torsion élevées (par exemple les caissons et sections creuse rectangulaires) présentent également ce mode de ruine.

Dans la pratique, il est de la responsabilité du concepteur de s'assurer que les dispositions constructives sont conformes à l'hypothèse de maintien latéral ou en rotation, notamment en ce qui concerne la raideur, le blocage et l'entretoisement propres des éléments sur lesquels on compte.

Dans bon nombre de cas, les conditions de maintiens latéraux le long des poutres fléchies sont difficiles à interpréter et il est malaisé pour le concepteur d'évaluer leur réelle efficacité. Par exemple, lorsque :

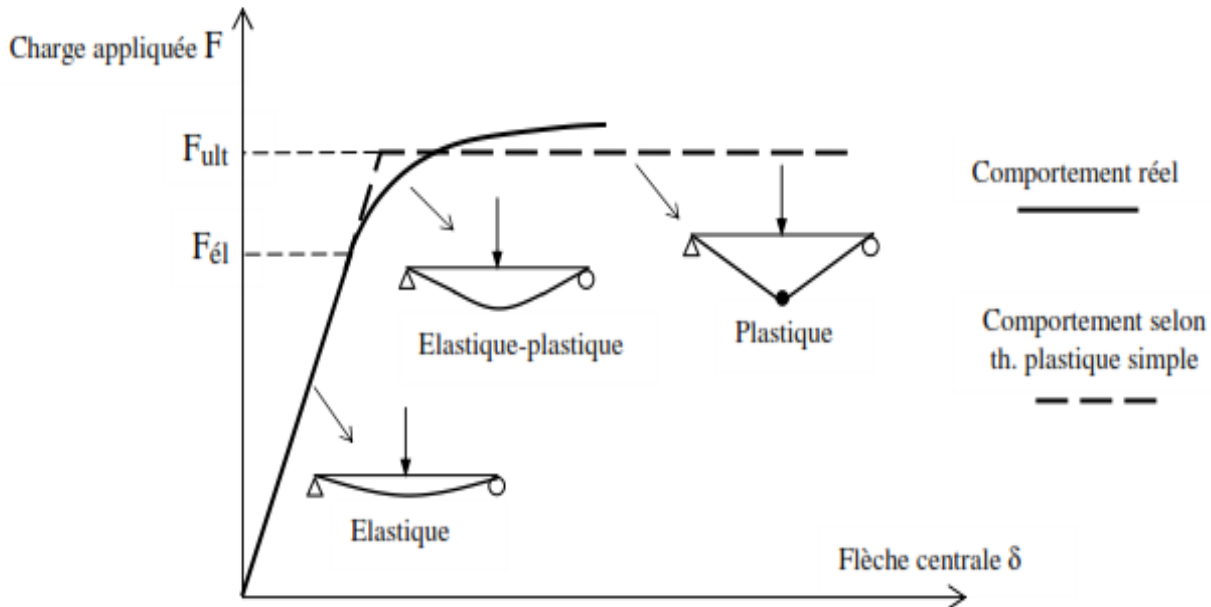
- une traverse à mi-longueur de plusieurs poutres fléchies parallèles n'est pas, elle-même, reliée à un contreventement qui assure son propre blocage ;
- une couverture en tôles n'est pas fixée fermement aux poutres (points de soudure ou clous tirés par exemple) ;
- les pièces d'entretoisement sont fixées sur, ou à proximité, de la semelle tendue ;
- des pièces de bois posent sur la poutre sans liaison ferme, ...etc.

Par sécurité, toutes ces situations seront considérées comme des cas de poutres non maintenues latéralement à moins que l'on ne puisse estimer (prudemment), pour en tenir compte, la rigidité de ces supports (ressorts élastiques).

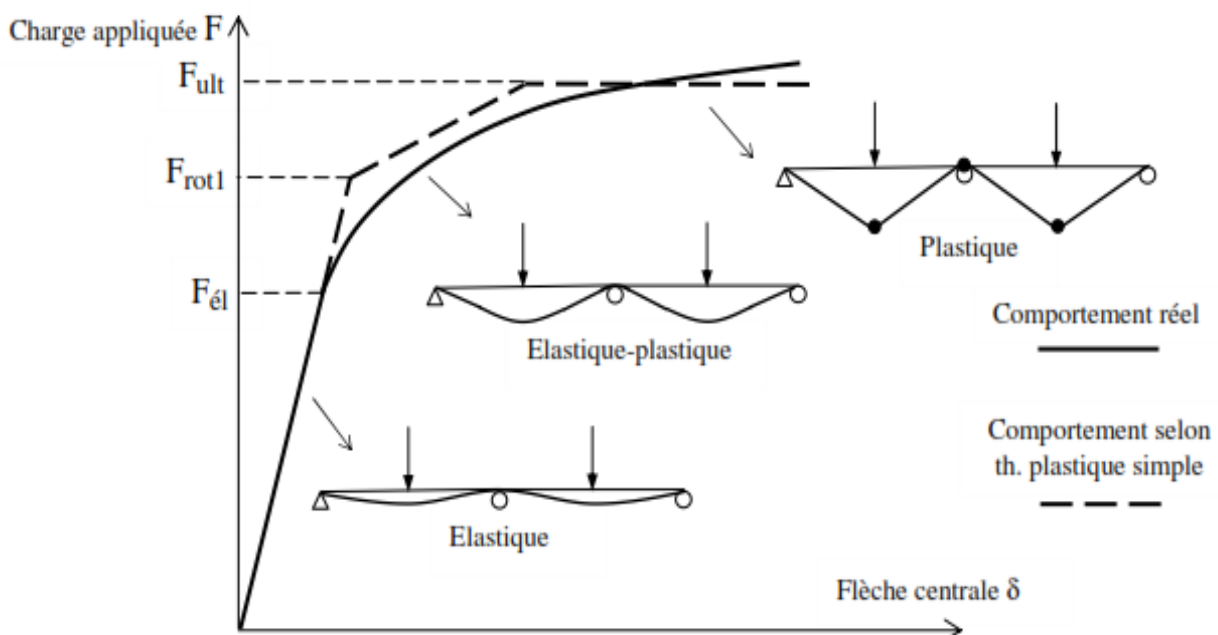
Une attention toute particulière sera également accordée aux différentes phases de construction des ouvrages, phases durant lesquelles, tous les supports ne sont pas nécessairement en place !

2.1 Résistance en flexion

Dans une poutre simple à travée unique, la ruine survient lorsque la valeur du moment fléchissant M_{Fd} dépasse le moment de résistance de la **section transversale**, dont la grandeur dépend de la forme du profil, de la résistance du matériau et de la classification de la section. On est donc ramené à un problème **de vérification de section** avec interaction possible avec l'effort tranchant par exemple!

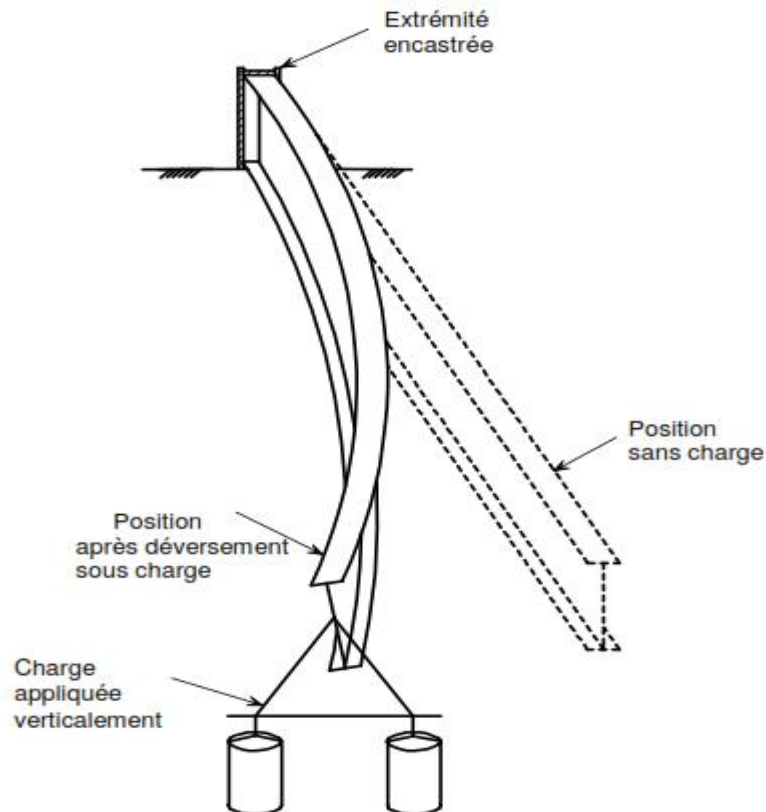


Dans le cas de structures continues (hyperstatiques) l'atteinte du moment de résistance de la section transversale, au point de moment maximum obtenu par une analyse élastique, ne conduit généralement pas à l'effondrement. En effet, la section transversale se comporte à ce point comme une **rotule plastique** et, à condition qu'elle possède la capacité de rotation requise, le schéma de répartition élastique originale des moments dans la structure se modifie au fur et à mesure que se forment des rotules plastiques successives. La redistribution des moments permet à la structure de supporter des charges au-delà de celle qui a provoqué la première rotule, jusqu'à ce qu'il se forme un nombre suffisant de rotules pour transformer la structure **en mécanisme**. Un dimensionnement plastique prend ce comportement en compte. Dans ce cas on exige une section transversale de **classe 1** capable de rotation tout en transmettant le moment de résistance plastique!



3. Poutres non maintenues latéralement

Les poutres fléchies sont souvent constituées de profilés en double T, dont l'inertie transversale (axe faible z-z) est largement inférieure à celle relative à l'axe fort y-y. Cette situation est souvent la cause d'un phénomène d'instabilité appelé « déversement » si la poutre n'est pas maintenue latéralement. Le dessin ci-dessous illustre ce phénomène.



Il s'agit d'une poutre parfaitement encastree, chargée verticalement à son extrémité libre.

Pour une charge faible, la poutre se déforme verticalement tout en restant dans le plan principal de flexion autour de son axe fort y-y. Au fur et à mesure que la charge augmente, la compression dans la semelle inférieure augmente et la partie comprimée du profilé finira par se dérober latéralement : **la poutre déverse**, ce qui fait subir à chaque section (en plus de la déformée verticale) une translation horizontale accompagnée d'une rotation autour de son centre de rotation.

Ce mode de ruine se produit pour une charge (appelée charge ultime) généralement inférieure à celle qui produirait la plastification de la section au droit de l'encastrement.

On pourrait considérer le déversement comme un flambement latéral de la semelle comprimée de la poutre dans un plan horizontal ! Cette façon de voir les choses est trop simpliste et trop sécuritaire. En effet, à supposer que la moitié inférieure de la section ait tendance à flamber latéralement, elle n'est pas libre de le faire vu sa continuité avec la moitié supérieure tendue qui exige que la totalité de la section subisse une rotation. Ce raisonnement simple montre déjà que la résistance au déversement fera intervenir la rigidité de flexion transversale et la rigidité torsionnelle de la section.