

Chapitre I : Bâtiments industriels

Introduction :

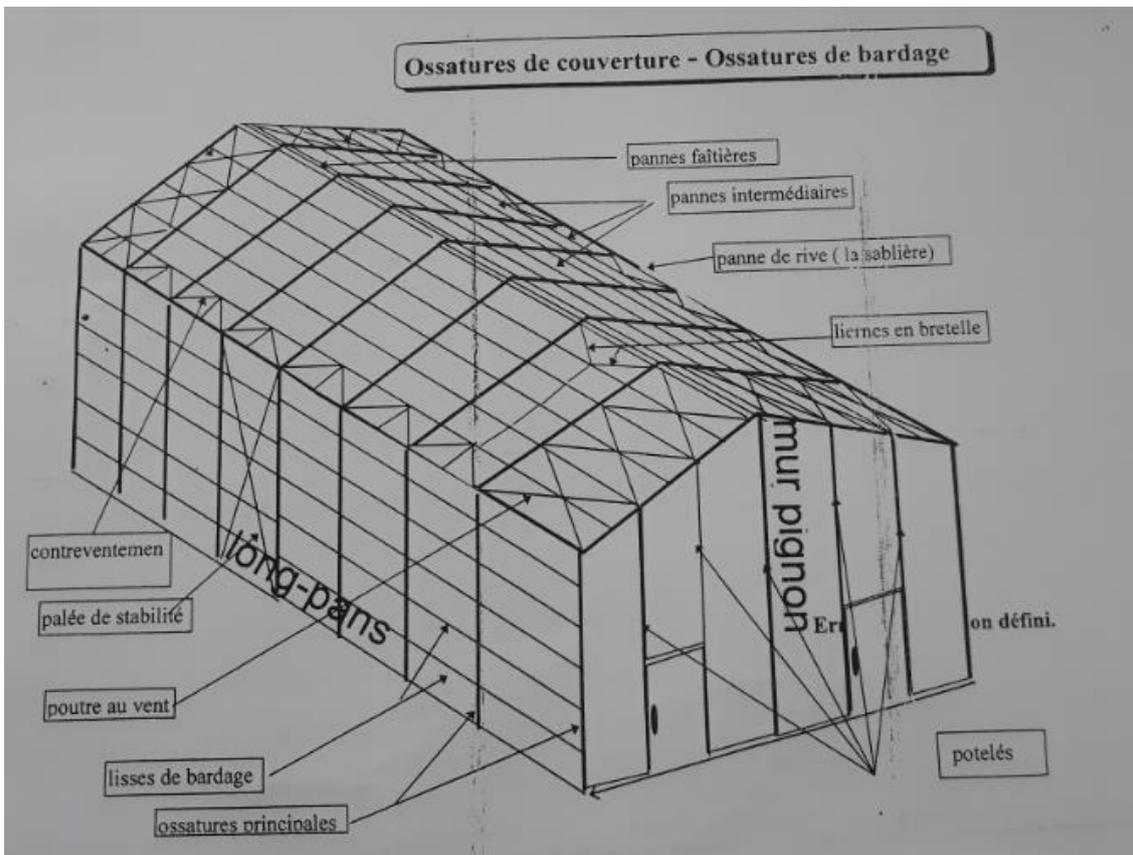
- Les bâtiments industriels sont des hangars habitants des ateliers de mécanique, des Laboratoires de structures,....etc.
- Ces hangars sont munis généralement d'un pont roulant destiné à la manutention, ils sont composés par deux structures (l' une principale et l'autre secondaire). On définit par:

1- Ossature secondaire:

Les pannes, les lisses de bardage, les contreventements et les potelets.

2- Ossature principale:

Les portiques à âme pleine, les portiques à treillis, les poutres à treillis, les poutres ajourées (alvéolaires), les poutres vierondel.



1.1 Ossature secondaire :

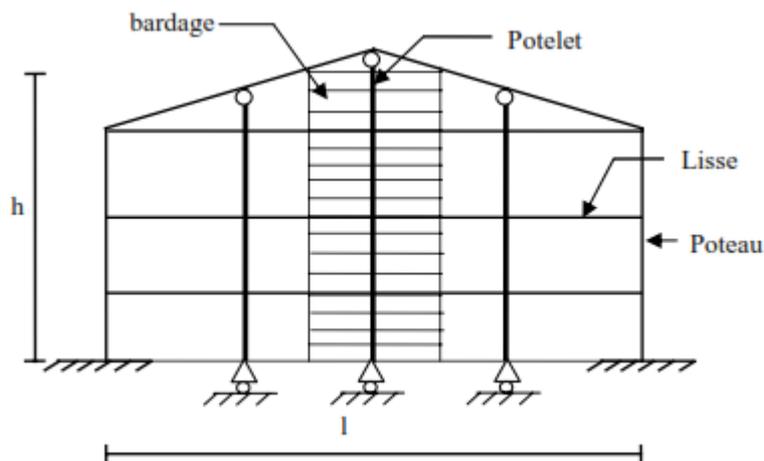
A – les pannes :

Les pannes sont des poutres destinées à transmettre les charges et surcharges s'appliquant sur la couverture à la traverse ou bien à la ferme. Elles sont réalisées soit en profilé (I , [) soit à treillis pour les portées supérieures à 6 m.



B- Les potelés:

Sont des éléments qui se trouvent soit à mi- portée de l'entraxe de poteaux dans le sens longitudinal du bâtiment soit au niveau du mur de pignon servant d'appuis pour les lisses de bardage et permettant de transmettre l'action du vent aux contreventements. Ils sont donc soumis à une flexion due à la poussée du vent et à une compression axiale due au poids du bardage.



C- Les lisses:

Sont des éléments qui ont pour rôle de supporter le bardage dans le sens longitudinal du bâtiment. Elles sont soumises à une flexion bi-axiale due à son poids propre et à l'action du vent.

D- Les liernes:

Sont des éléments qui se trouvent à mi- portée des pannes(ou des lisses) dans la direction de l'axe de forte inertie réduisant ainsi la portée de la panne (ou de la lisse).

E- Le bardage:

Permet de couvrir l'enveloppe du hangar , ce bardage peut être soit en tôle nervurée (T N) , en maçonnerie ou en vitrage.

F- Les contreventements:

La rigidité nécessaire d'un bâtiment industriel dans l'espace ainsi que la stabilité des éléments des portiques sont assurés par des contreventements .

Malgré qu'ils sont classés parmi les éléments secondaires, ils peuvent être considérés comme des éléments importants à cause du rôle qu'ils jouent pour la transmission des actions du vent à l'infrastructure. On distingue deux types de contreventements:

• **Contreventements horizontaux:**

Dans le plan des membrures supérieures des fermes ou des portiques.

• **Contreventements verticaux:**

Entre les poteaux des portiques. Ces contreventements sont nécessaires d'une part pour maintenir la forme invariable de l'ouvrage et de reporter et distribuer toutes les charges horizontales (poussée du vent et force d'inertie dues au freinage du pont roulant) aux fondations.

F-1- Les contreventements horizontaux:

On distingue deux types de contreventements horizontaux: transversaux et longitudinaux

a) Contreventements transversaux:

Appelés aussi, poutre au vent, ils sont prévus généralement aux deux extrémités des bâtiments près des murs pignons et au moins une poutre dans les blocs intermédiaires éventuellement séparés par des joints de dilatation.

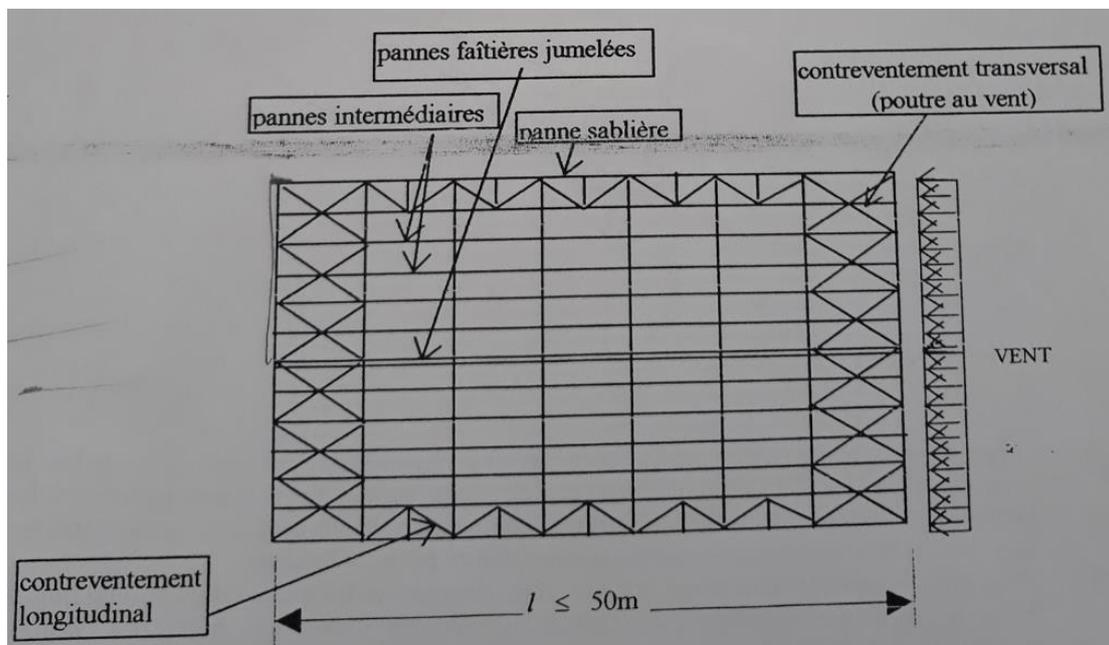
La poutre au vent est une ferme dans laquelle les diagonales sont doubles en forme de croix (croix de Saint André). Les diagonales tendues étant seules prises en compte dans le calcul. Les montants sont formés par des pannes et les membrures sont formées par les membrures des fermes ou par les traverses de portiques à âme pleine.

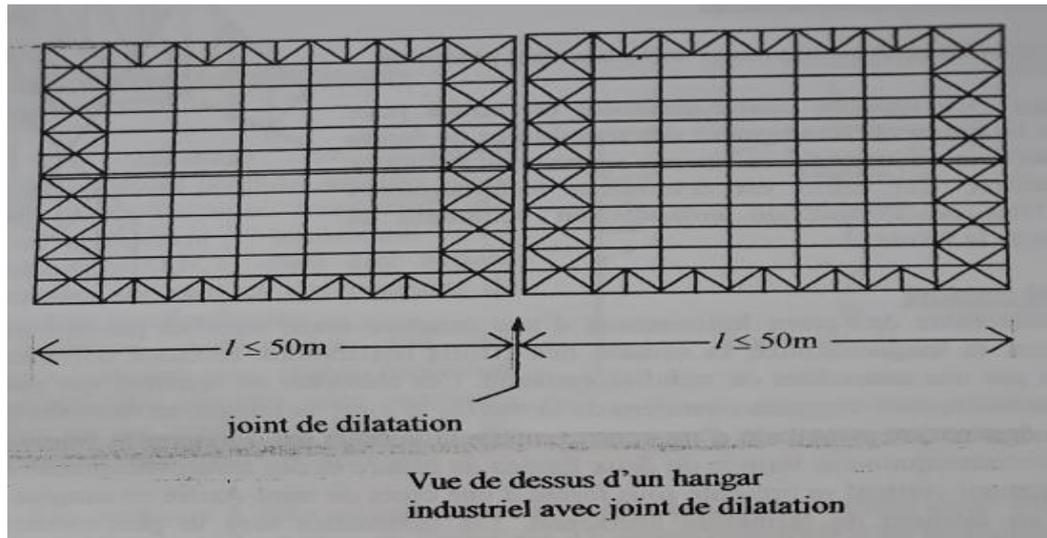
b) Contreventements longitudinaux:

Ce type de contreventement procure une meilleure résistance aux charges locales, dues par exemple aux ponts roulants et à la poussée du vent sur les long-pans

Il constitue avec les poutres au vent un cadre rigide et indéformable.

Ces contreventements longitudinaux sont considérés comme des poutres à treillis composées par la panne sablière et sa voisine reliée par une triangulation.



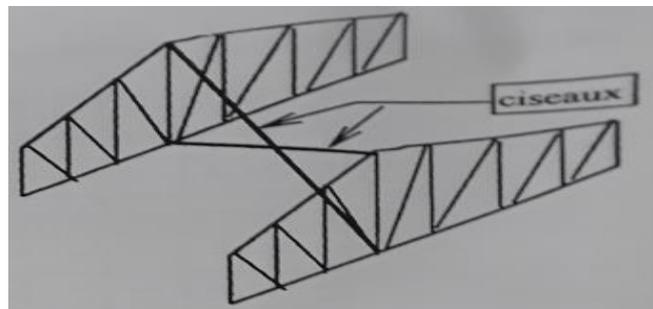


F-2 Contreventements verticaux:

Deux types de contreventements verticaux sont disponibles:

a- Ciseaux:

Ce type de contreventement est utilisé pour réduire la longueur de flambement des membrures de ferme susceptible de se déverser. Les ciseaux ne peuvent travailler qu'en traction, cet effort est déterminé forfaitairement suivant $1/10$ de l'effort de compression sollicitant la membrure de la ferme.



b- Palée de stabilité:

L'ensemble des plans horizontaux d'une ossature étant stabilisé par des contreventements transversaux et longitudinaux, la somme des efforts résultant doit être transmise aux fondations par des ensembles de stabilité verticale.

Ces éléments de stabilité qui portent le nom de palée de stabilité sont disposés au milieu de la travée, le long du hangar au droit des poutres au vent.

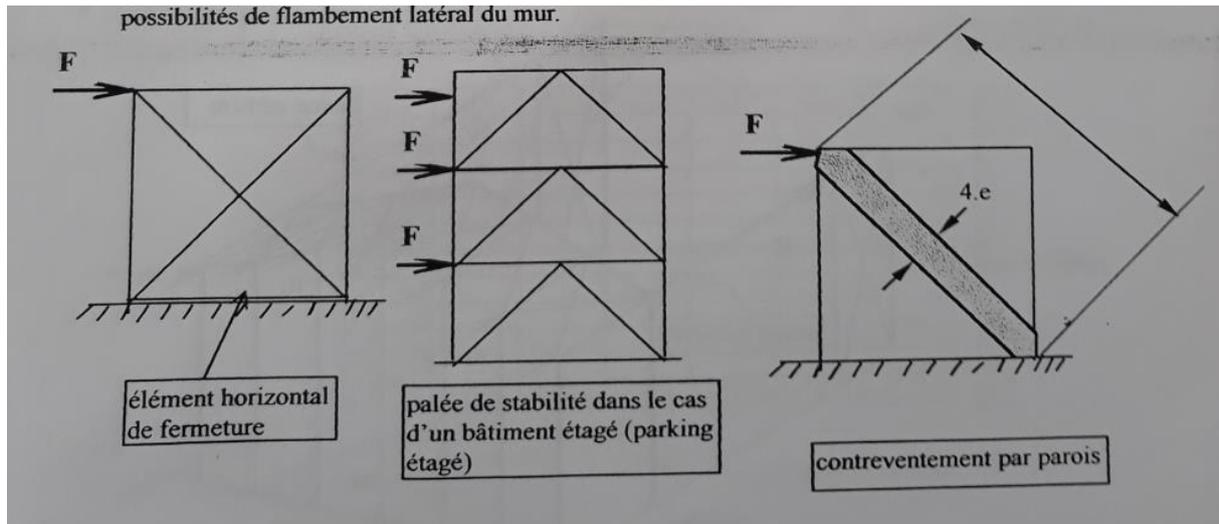
La destination principale d'un contreventement vertical est d'assurer la forme invariable de la structure tridimensionnelle formée de deux fermes de toiture et des contreventements horizontaux.

Le contreventement vertical se présente sous forme d'une croix de Saint André en simples cornières il est pourvu d'un élément de fermeture horizontal. Les diagonales sont le plus souvent calculées en traction en négligeant la deuxième diagonale comprimée.

Ces contreventements, placés dans le sens du long-pan, assurent la stabilité longitudinale du hangar et s'opposent aux réactions longitudinale du freinage des galets de pont roulant et à la poussée du vent qui exerce sur le mur pignon. La file de poteaux sur le long-pan avec les

poutres de roulement qui constituent un cadre déformable risqueraient de se plier s'il n'y avait pas de palée de stabilité.

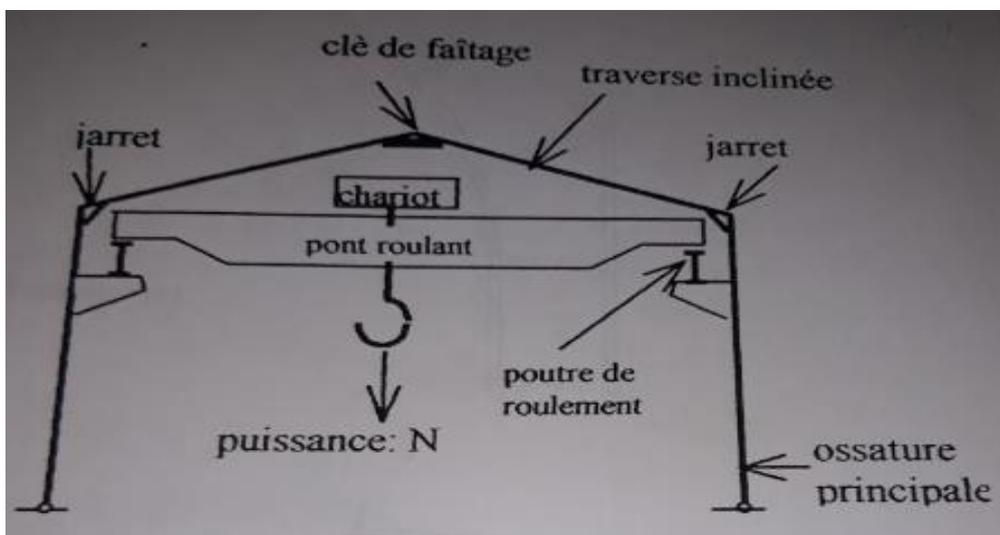
Remarque : il est toujours possible de considérer les parois de remplissage comme contreventement vertical, à condition que les parois de maçonnerie soient bloquées entre les poteaux. La maçonnerie doit être d'une qualité suffisante pour résister aux efforts appliqués. On vérifie cette paroi en considérant une diagonale fictive comprimée ayant pour largeur quatre fois son épaisseur et en tenant compte des possibilités de flambement latéral du mur.



2. Ossatures principales

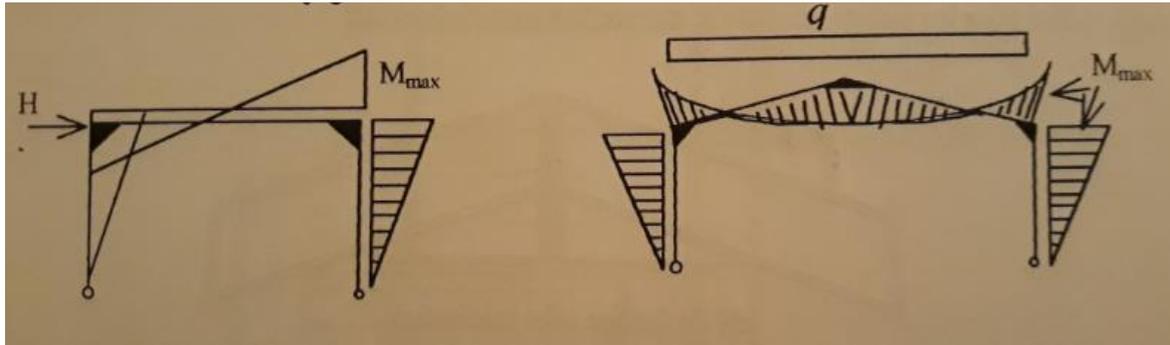
les ossatures de bâtiments industriels doivent posséder une très bonne rigidité dans le sens transversal afin qu'elles puissent transmettre les sollicitations (M, N, T) dues aux actions horizontales du vent et des poussées du pont roulant aux fondations.

Ces ossatures peuvent être soit des portiques articulés aux angles supérieurs (au niveau des jarrets), des portiques articulés sur les appuis de fondations ou des portiques encastrés.

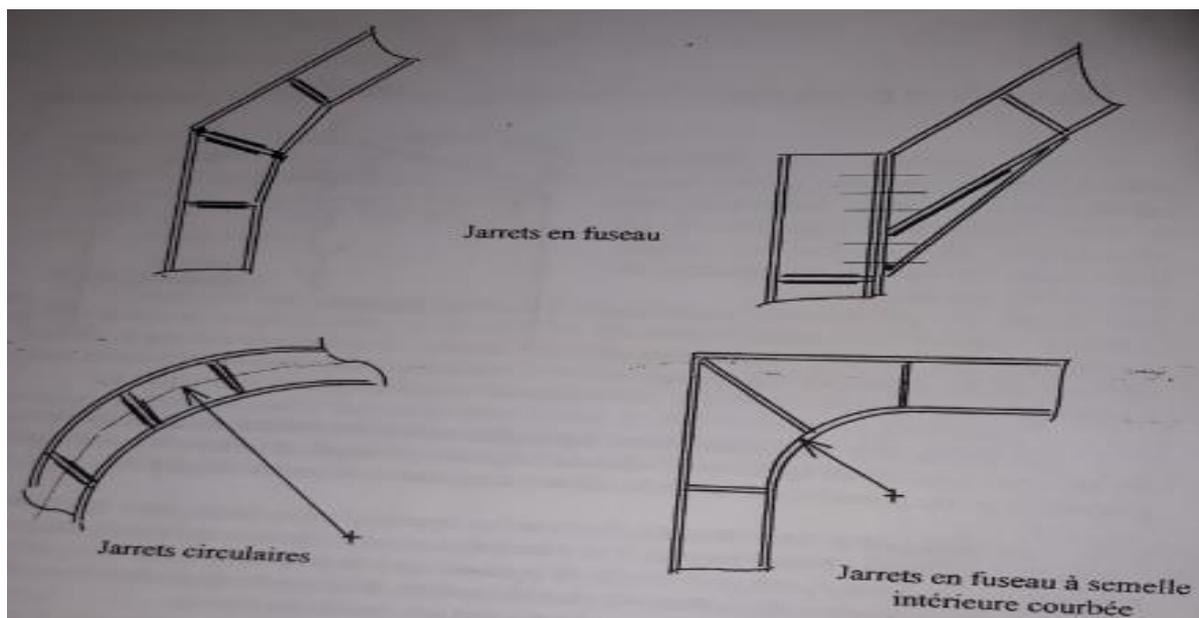
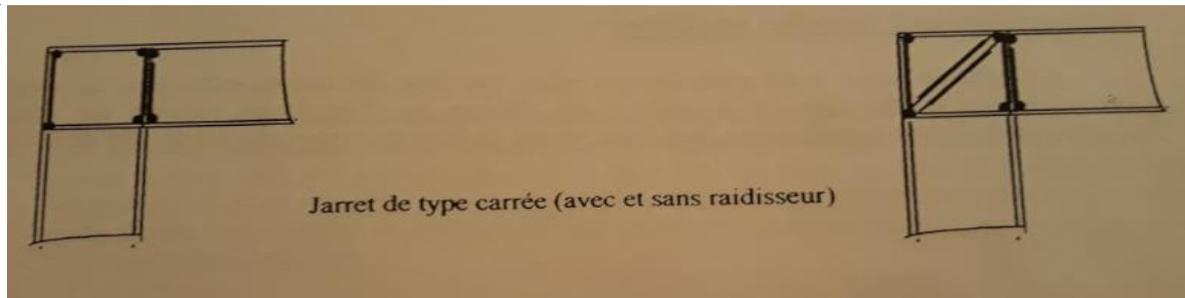


Les portiques à deux articulations aux angles supérieurs doivent avoir obligatoirement des encastremets sur les appuis de fondations. La poutre principale d'un tel portique est faite le Plus souvent soit de poutre à treillis, soit de poutres ajourées ou encore de poutre Vierendeel.

- Les portiques à deux articulations sur les appuis de fondations, sont généralement composés de traverses à deux versants. Les nœuds (jarrets et clés) doivent être très rigides afin d'assurer la stabilité du portique. Ce type de portique est très économique car il est composé, d'une part de simples profilés laminés (généralement en IPE), renforcés seulement au niveau des **jarrets** et de **clés de faitage** et il nécessite d'autre part des fondations légères



Il y'a plusieurs types de jarrets utilisés dans les portiques à âme pleine ,les plus connus sont présentés ci-dessous.



N.B: les clés de faitage sont généralement renforcées par des raidisseurs en « T » de même type que celui utilisé pour les jarrets, comme le montre la figure ci-dessous



.a- Jarrets courbes à semelles parallèles:

Ce type de jarrets n'est généralement utilisé que pour des raisons esthétiques.

La contrainte dans n'importe quelle fibre de la section et obtenue par l'expression suivante, qui donne un diagramme de forme hyperbolique dont l'axe neutre du bloc de contraintes est du côté de la semelle intérieure.

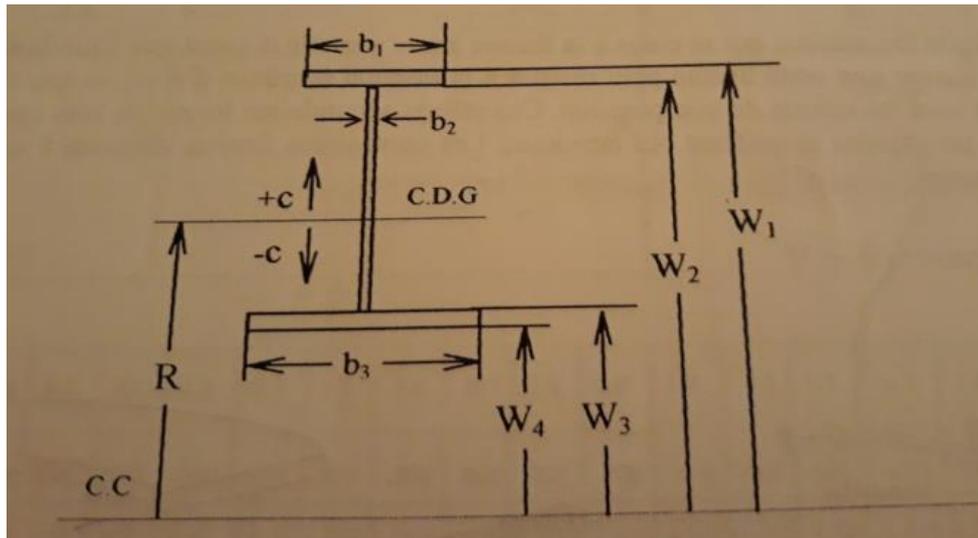
The diagram shows a curved beam of radius R, with a cross-section of width b and height d. A normal force N and a bending moment M are applied at the center of gravity (C.D.G). The stress distribution is shown as a hyperbolic curve. The neutral axis is located at a distance c from the C.D.G. The diagram also shows the center of curvature O.

$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M}{R \cdot A} - \frac{M \cdot c}{U} \times \frac{R}{R+c}$$

- (A) est l'aire de section de la barre courbée
- (N) est l'effort normal appliquée au C.D.G
- (M) est le moment fléchissant appliqué au C.D.G
- (R) est le rayon de courbure de la section par-rapport au C.D.G
- (c) est la position du point considérée par-rapport au C.DG
- (U) est un paramètre analogue au moment d'inertie « I » de la section, lequel égal à:

$$U = R^2 \left[R \cdot \sum b_i \cdot l_i \left(\frac{w_i}{w_{i+1}} \right) - A \right]$$

On peut remplacer « U » par le module d'inertie « I » de la section si $R > 2 \cdot d$



La formule présentée précédemment, est une expression généralisée pour n'importe quelle type de section d'une poutre courbe. Une attention toute particulière doit être portée sur l'application de cette formule pour des sections en **I** ou en **H**. En effet, ce type de section, qui est formé d'éléments (âme et semelles) élancés et flexibles, engendrent des efforts secondaires. Ces derniers, qui sont dirigés vers le centre de courbure (efforts centripètes) doivent être composés avec les contraintes principales longitudinales.

b- jarret en fuseau

La plupart des portiques de bâtiments industriels sont réalisés avec des jarrets en fuseau. Ce type des jarret a pour effet d'augmenter la résistance au moment fléchissant et à l'effort tranchant. Pour le calcul d'un jarret en fuseau, on peut utiliser la méthode du professeur Vierendel par exemple.

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} \pm \frac{M.y}{I}$$

$$A = B.t_s + B.t_s \cos\phi + d.t_w$$

$$I = B.t_s.y_t^2 + B.t_s \cos\phi.y_c^2 + \frac{t_w.d^3}{12}$$

y_c, y_t : sont les distances à partir respectivement, de la semelle inférieure et de la semelle sup.

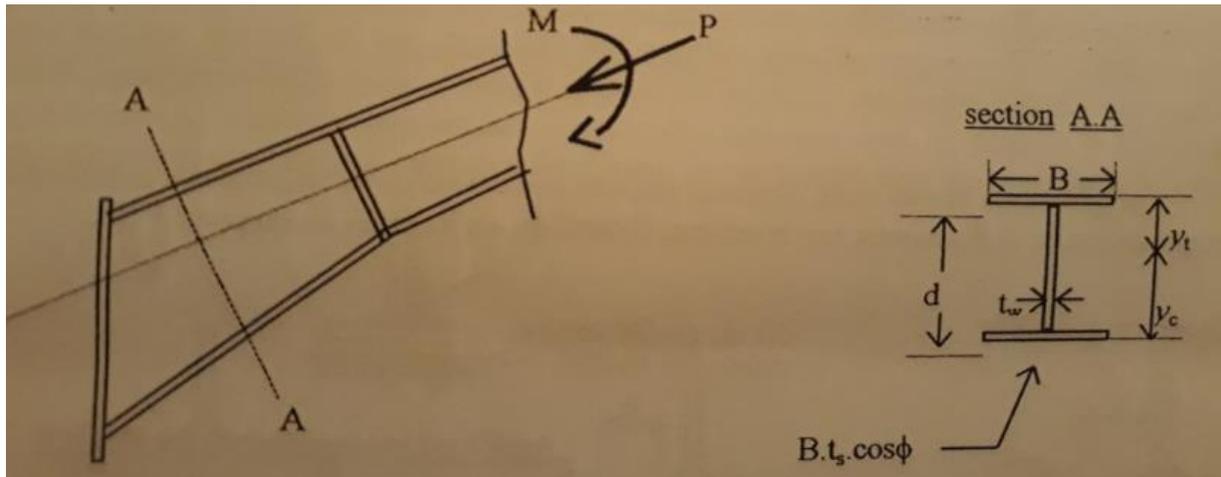
M : moment fléchissant max. dans la section du jarret

P : effort normal max. dans la section du jarret.

The diagram shows a gusset plate (jarret) in a truss joint. It is a vertical plate with a horizontal top flange and a vertical web. The joint is formed by several members meeting at a point. To the right, a cross-section of the gusset plate is shown, illustrating its T-shaped profile with a horizontal top flange and a vertical web.

Les jarrets les plus économiques sont ceux réalisés en maintenant la section de la traverse du portique constante et en soudant à sa partie inférieure un raidisseur en forme de « T »

Ce type de jarret peut être calculer en négligeant la semelle intermédiaire de la traverse.



Stabilité des jarret en fuseau

Sauf justification contraire, la réalisation des grands jarrets reconstitués des portiques de grande portée, suppose par hypothèse une instabilité au déversement de ces jarrets. Il est très difficile d'estimer la valeur de l'effort de stabilité résultant, une bonne pratique de la construction consiste à disposer une contre-fiche de stabilité (généralement de simples cornières) prenant appui sur la panne sablière permettant ainsi de réduire la longueur de flambement de la semelle comprimée comme l'illustre la figure ci-dessus.

12

The figure includes a stability diagram of a truss with a central vertical member and two inclined members. A detailed view of a joint shows a vertical member (raideur en « T ») connected to a horizontal member (traverse) via a diagonal brace (contre-fiche). The joint is supported by a sand beam (panne sablière) and a post (poteau).

appuis sur la panne sablière permettant ainsi de réduire la longueur de flambement de la semelle comprimée comme l'illustre la figure ci-dessus.