

بسم الله الرحمن الرحيم

Université de Jijel, Département d'Architecture
3^{ème} Année Architecture LMD
Module : Structure. 2

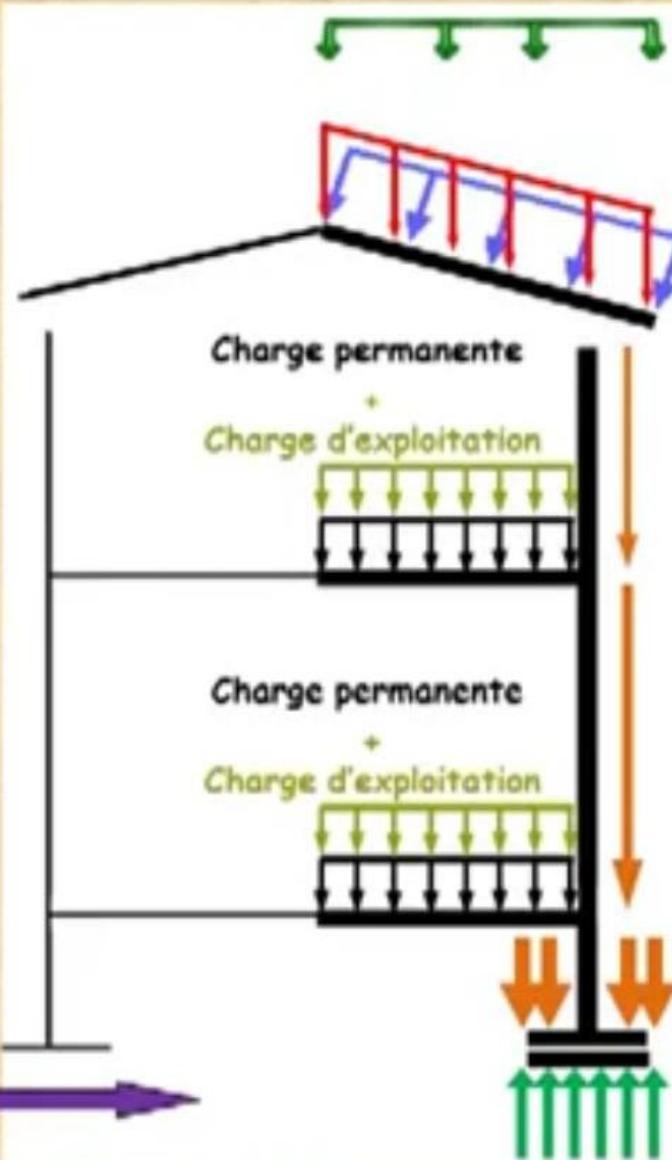
Ch.2 : Introduction aux différents systèmes de structure de moyenne et grande portée



I. GÉNÉRALITÉS

- On nomme ***structure*** l'ensemble des éléments qui assurent la stabilité d'un bâtiment.
 - Elle doit pouvoir transmettre les charges appliquées sans rupture ni déformation. L'objectif est de véhiculer puis de transmettre les charges et les surcharges d'une construction donnée, à travers des éléments porteurs, tout en assurant l'équilibre de l'ensemble, aux fondations qui se chargent à leur tour de les transmettre au sol.

Types de charges verticales pouvant s'exercer sur la structure



Charge de neige en daN/m²
* surface horizontale

Poids propre de la
toiture en daN/m²
* surface de toiture reprise par
l'appui de la toiture

Effet du vent en daN/m²

Poids propre du mur

Force supplémentaire
liée au risque sismique

II. CLASSIFICATION DES STRUCTURES

Il existe des formes de structures dites *traditionnelles*, comme les structures en portique en béton armé ou en charpente métallique, les structures à murs porteurs, structure à noyau centrale,..

des structures de *formes modernes*, beaucoup plus nouvelles et dont l'apparition et leur application sont dues aux développements des matériaux de constructions et des méthodes de calcul de la résistance des matériaux et des éléments plus évoluées et plus compliquées mais facilitées par l'utilisation de l'outil informatique.

II. 1. STRUCTURES DE FORMES TRADITIONNELLES

II. 1.1 Structures à murs porteurs :

Pour ce type de structures, la structure porteuse est l'ensemble des murs qui prennent non seulement les charges verticales mais aussi les charges verticales dû au tremblement de terre.

Un **mur porteur** est une installation qui supporte sa propre charge ainsi que les charges verticales telles que les dalles ou le mur des étages supérieurs et assure la stabilité horizontale.

Du point de vue architectural, un problème que posent les murs porteurs est la surface d'ouverture possible dans leurs parois : elle ne peut excéder dans la majorité des cas les 12%. Ce qui donne des façades plutôt fermées.

Ce problème est d'une grande importance dans l'architecture telle qu'elle est perçue actuellement vue les conditions d'hygiène, de santé et de confort exigées par toutes les normes internationales ; celles-ci concernent notamment l'éclairage, l'ensoleillement, le changement d'air, etc.

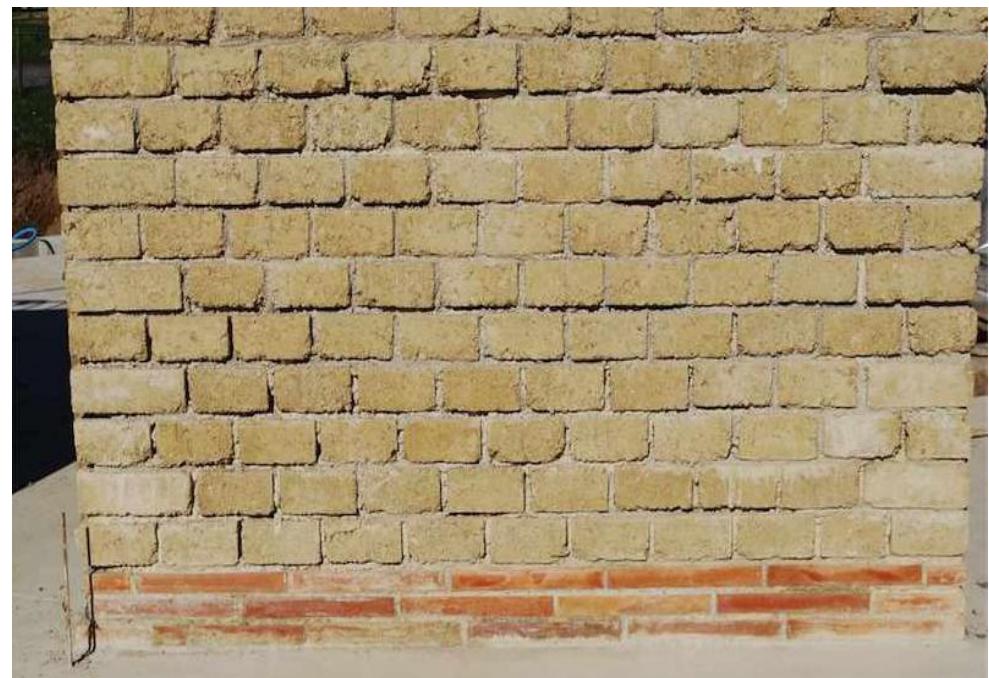
Du point de vue constructif, il existe plusieurs types de murs porteurs :

- Les murs en maçonnerie de pierres (les plus anciens) ;
- Les murs en maçonnerie de briques ;
- les murs en maçonneries de pierres reconstituées (type parpaing constructif) ;
- Les murs en béton simple ou en béton armé (les plus récents) ;
- Les murs en rondins de bois.

Les murs en maçonnerie de pierres (les plus anciens)



k4038297 www.fotosearch.com



Les murs en maçonnerie de briques



Bâtiment avec murs en maçonneries de pierres reconstituées (type parpaing constructif)



Bâtiment avec murs en béton armé (voiles)

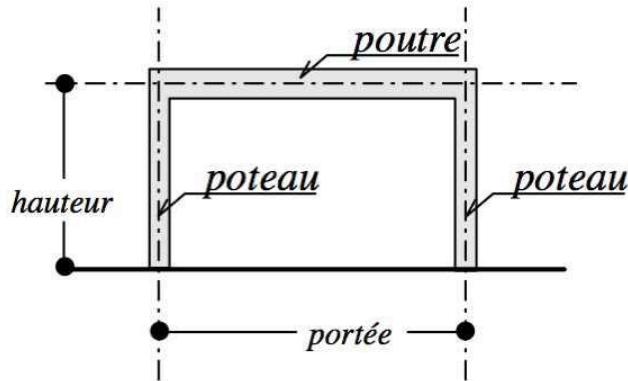


Les murs en rondins de bois

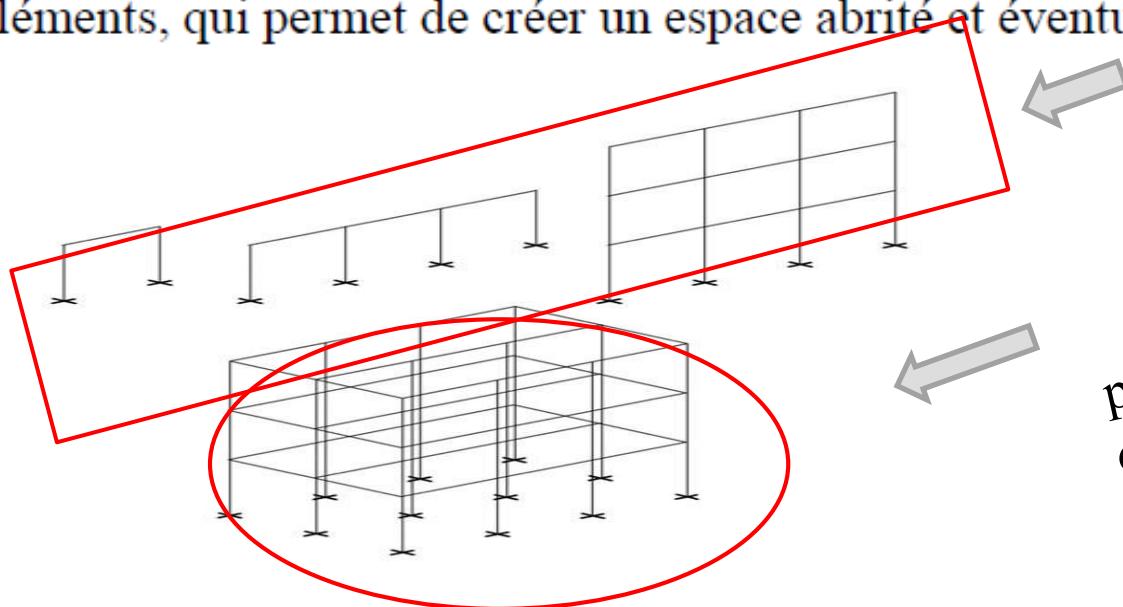


II. 1.2 Structures en portique :

Un **portique** est une structure élémentaire, constituée de deux montants (poteaux) supportant une traverse (poutre), ces trois éléments ayant leur axe contenu dans un même plan. Sa fonction structurelle est de porter les charges qui s'appliquent sur lui en les déviant vers ses fondations, pour générer ainsi un espace dégagé.



Une structure composée de portiques est une ossature obtenue par la répétition de ces éléments, qui permet de créer un espace abrité et éventuellement des étages.



Structure en portique (composée de plusieurs files de portiques)

Les portiques peuvent être en béton armé, en acier ou en bois. Le choix du matériau de construction dépend de plusieurs facteurs dont les principaux sont : la fonction du bâtiment, les dimensions en travée et en portée et la hauteur du bâtiment.







II. 1.3 Structures à noyau central :

- Dans ce cas, un noyau central formé de deux murs couplés à chaque étage par des poutres assure la résistance aux forces horizontales. Une certaine résistance supplémentaire peut être apportée par les portiques extérieurs.



(a) ensemble de la structure

(b) vue du premier niveau de la partie supportant les actions verticales

(c) vue de la partie supportant les actions horizontales (noyau) dégagée des derniers niveaux de l'ossature.

Fig.11 Schémas de la structure d'un bâtiment contreventé par un noyau

II. 1. STRUCTURES DE FORMES MODERNES

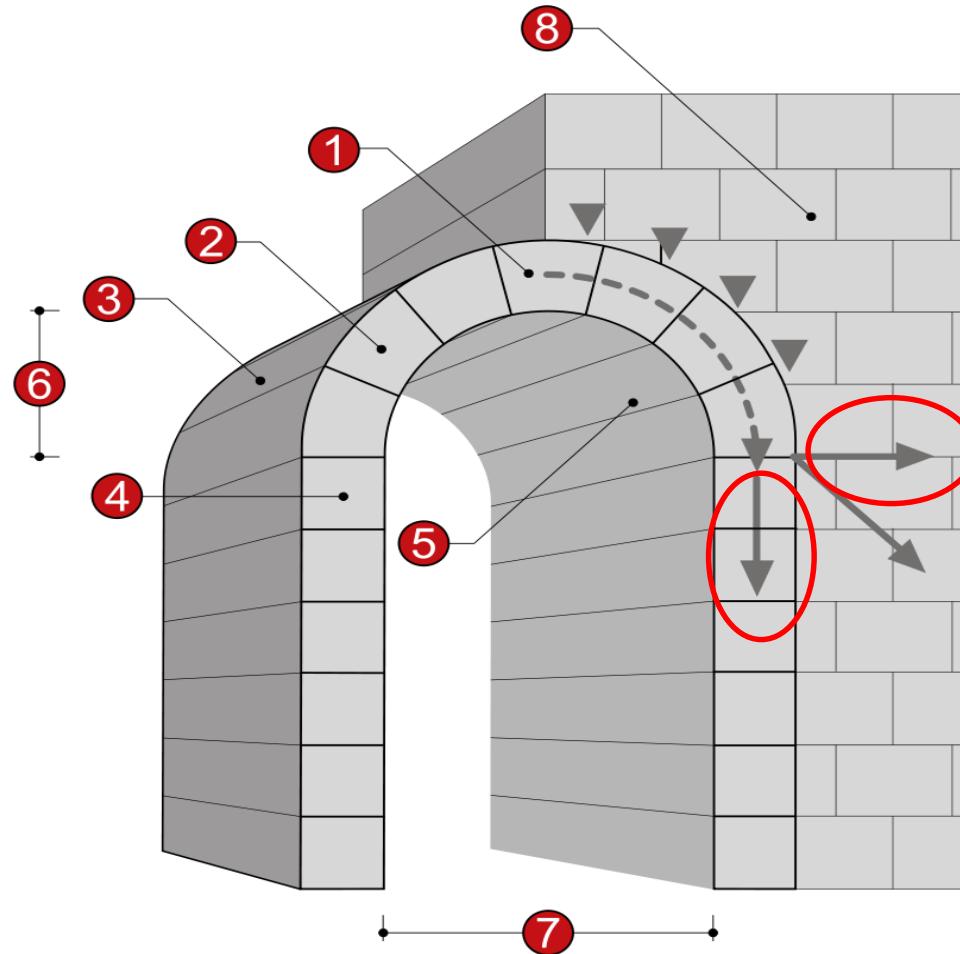
Certaines formes sont connues depuis des siècles comme la voûte et la coupole.

Ces dernières sont retrouvées dans les architectures romaine, gothique et musulmane sous leurs formes simples. Le plus souvent, elles ont été plutôt un moyen de couverture qu'un moyen purement constructif puisqu'elles reposent soit sur des murs soit sur des colonnes.

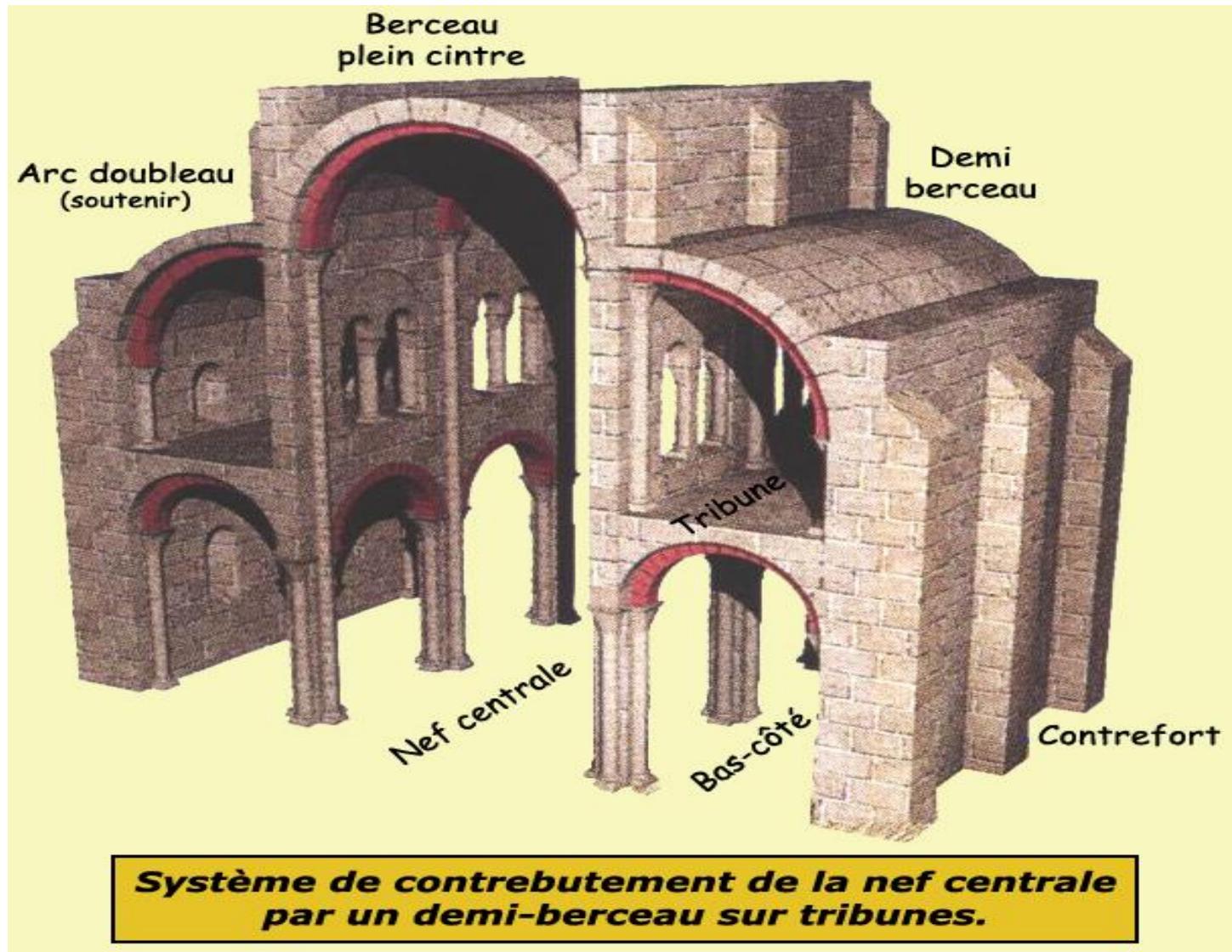
Ce n'est qu'avec l'apparition du béton armé et de son développement que les formes auto stables ont été utilisé comme élément porteur.

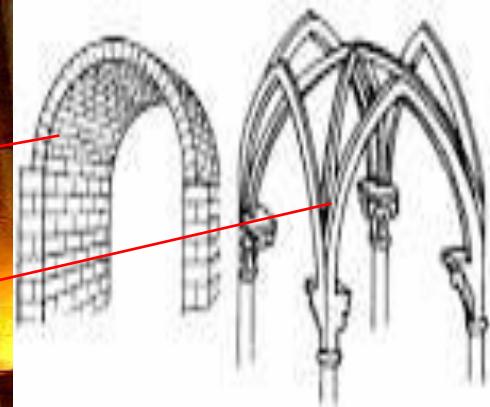
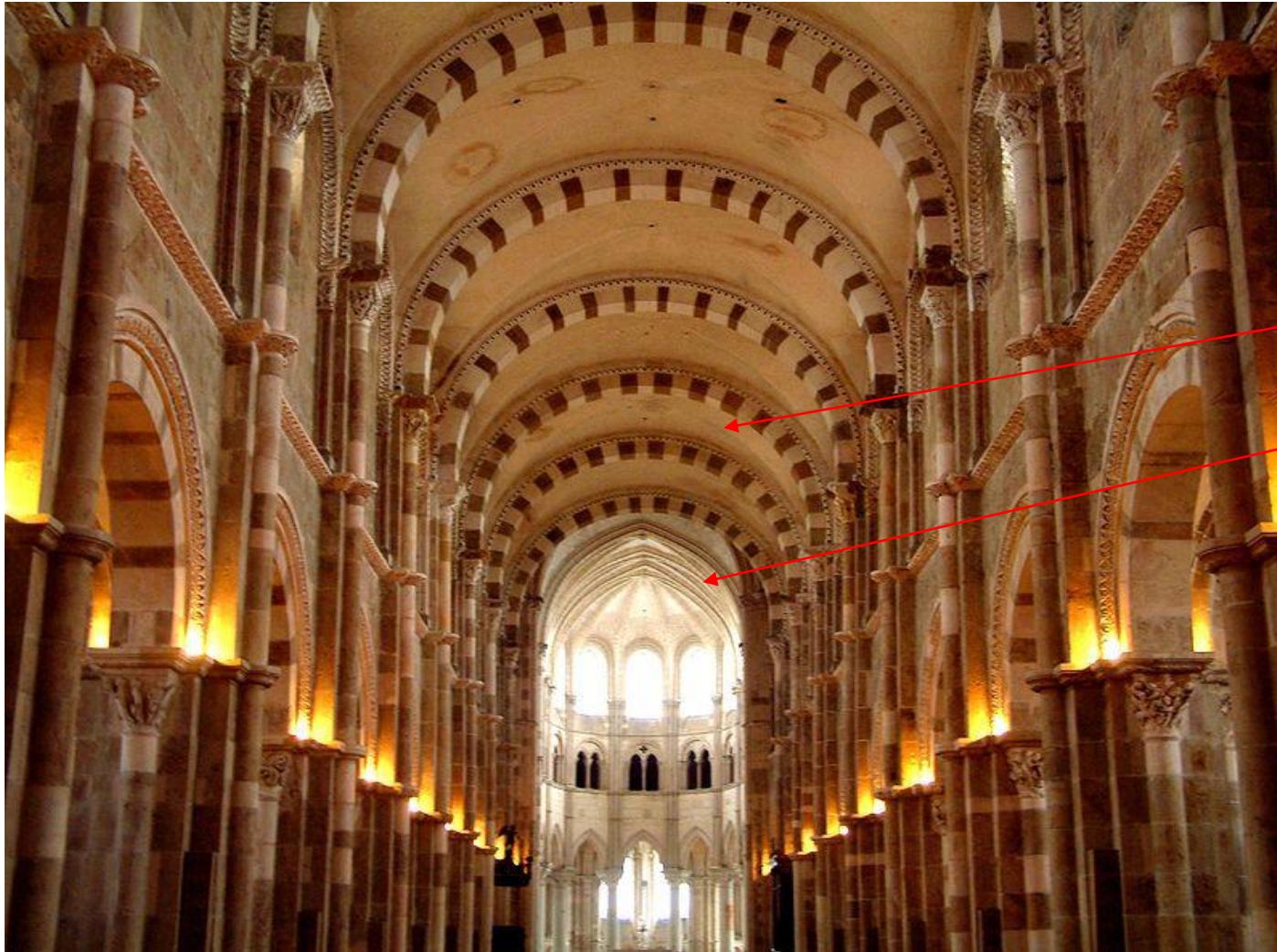
✓ Petit aperçu sur les structures voutés anciennes (Romaine)

Les édifices voûtés subissent à la fois des charges, qui sont des forces verticales, et des poussées. Ces dernières sont des forces horizontales exercées par les arcs et les voûtes.

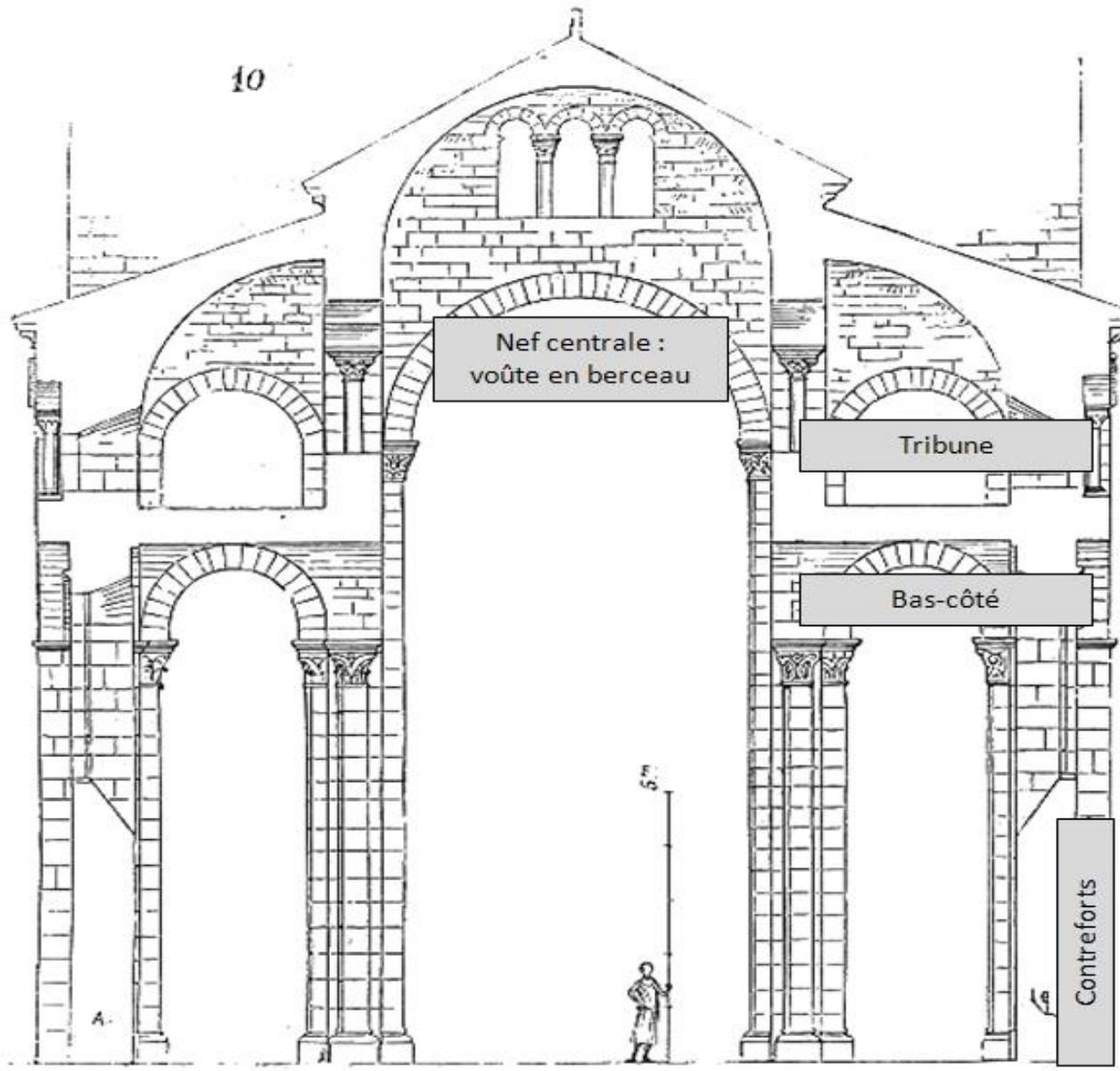


Les bâtisseurs romans ont dû trouver des solutions pour répartir la force d'écartement des poussées de la grande nef centrale. Les solutions trouvées pour contrebalancer ces poussées furent les contreforts, l'épaississement des murs porteurs, les bas-côtés et les tribunes.





La Basilique de Vézelay est couverte par une voûte d'arêtes sur arcs doubleaux en plein cintre (premier plan), typique de l'architecture romane, et une voute d'ogive dans le chœur (au fond), typique de l'architecture gothique.



II. 2.1 Les coques (voiles) minces :

Sous ce terme nous comprenons les couvertures sous forme de membrane mince (plaqué supportant des charges dans son plan) ayant une forme géométrique simple (cylindre, demi sphère, cône tronqué) ou complexe (hyperboloïde, paraboloïde hyperbolique).

De part leur forme ces coques sont autoportantes et présentent une grande surface de couvertures par rapport à leur épaisseur.

Elles sont employées pour les bâtiments de grandes surfaces libres tels que les marchés, les salles de sport ou de spectacles.

Elles sont constituées d'un béton dont l'armature est très fine. Leur calcul est informatisé.

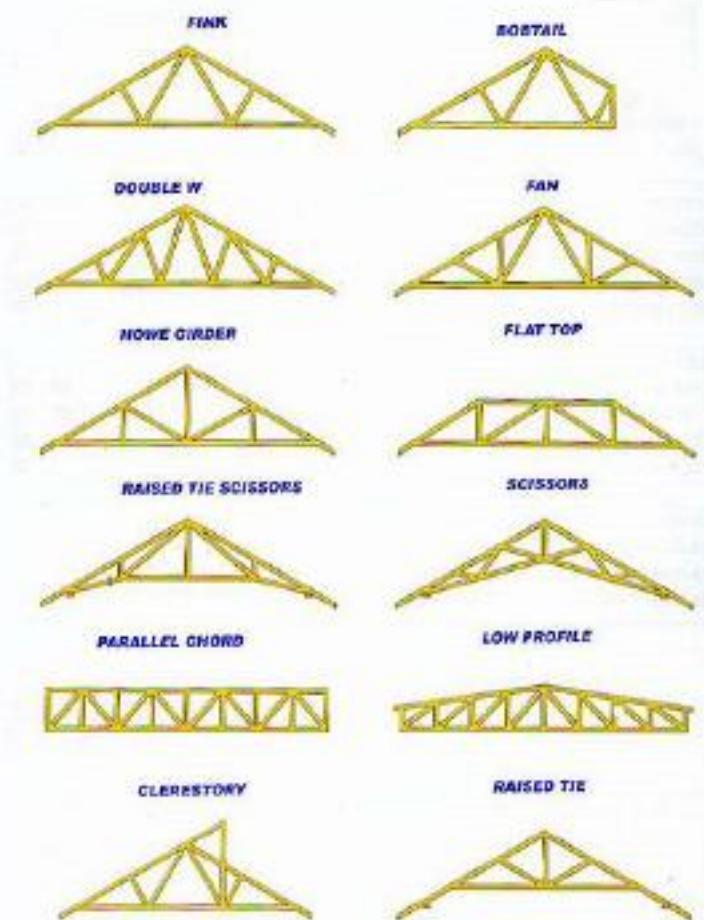




II. 2.2 Les systèmes réticulés :

Ce type de système obéie à la particularité du triangle c.-à-d.. son indéformabilité et son absorption des charges qui lui sont internes.

Si cette particularité a toujours été connue puisque le triangle dans le plan, a été utilisé dans la construction des fermes (d'abord en bois puis en acier) au vingtième siècle il connaîtra son évolution dans l'espace : d'où le terme système tridimensionnel.







Assemblage d'un système réticulé



II. 2.3 Les structures tendues :

Il y a deux types de structures tendues :

- Les câbles tendus
- Les toiles tendues.

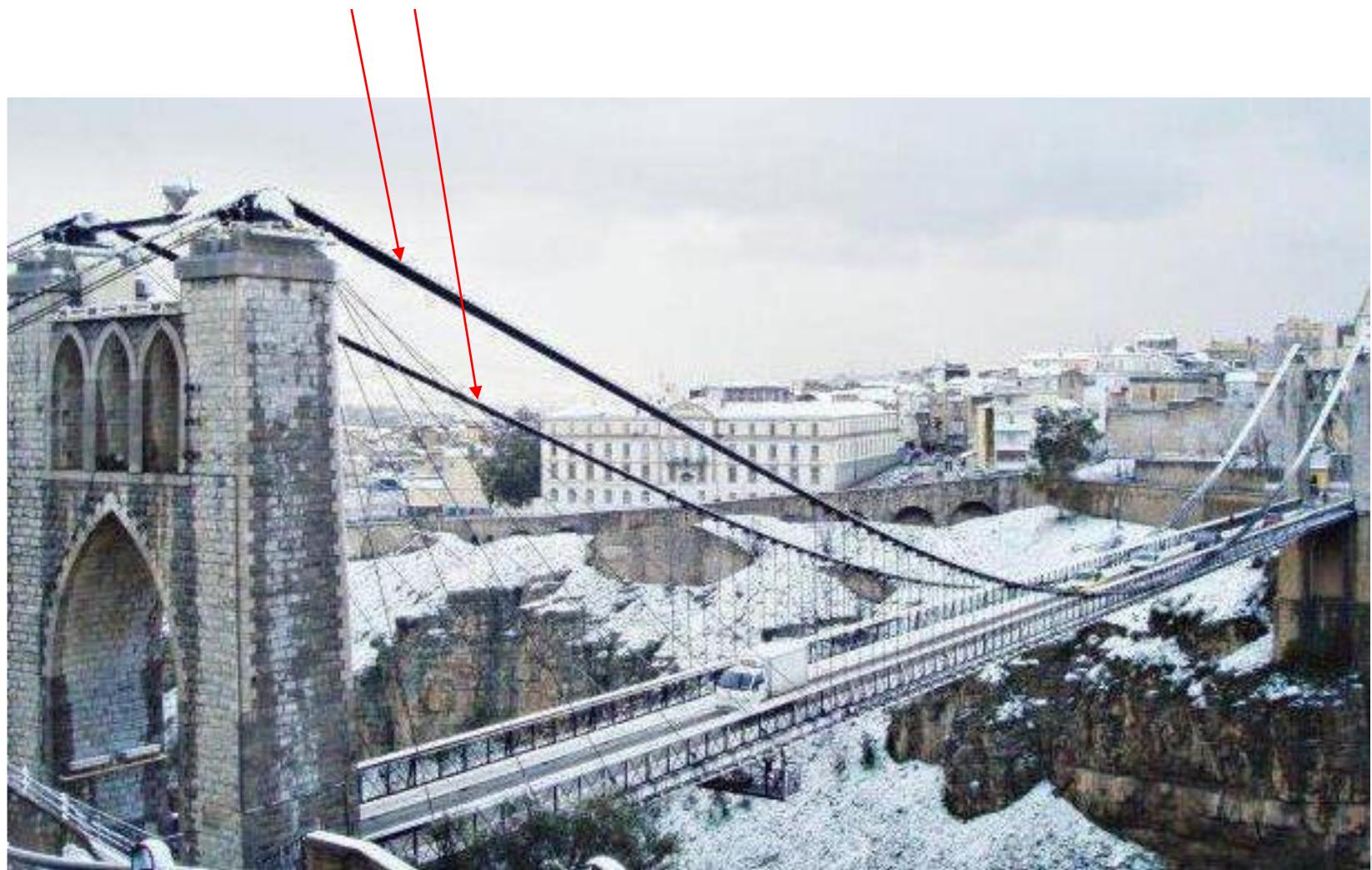
➤ **Les câbles tendus :**

La grande résistance de l'acier à la traction ajoutée à l'efficacité de la tension simple font du câble d'acier l'élément de structure idéal pour franchir les grandes distances.

Au départ, les câbles tendus furent utilisés pour supporter des ponts ou comme raidisseurs dans certaines structures traditionnelles.

Le développement de la technologie a permis aux architectes leur utilisation pour la couverture de grands ensembles (complexes sportifs, hangars, halls d'exposition)

Des câbles tendus



➤ Les toiles tendues

C'est l'une des formes de couverture les plus anciennes (tente, kheima).

L'utilisation de ce type de couverture par des sociétés mobiles a montré ses avantages c.-à-d. : facilité de montage et de démontage de la couverture, sa légèreté, la possibilité illimitée de réutilisation.



- Toujours le développement de la technologie des matériaux a redonné à ce système toute son importance .Ceux sont ses qualités premières qui ont déterminé le domaine de son utilisation : foires, expositions, bâtiments de secours, piscines....





II. 2.4 Les structures gonflables :

Ceux sont les montgolfières qui donnèrent l'idée aux constructeurs d'utiliser les volumes gonflés pour couvrir de grandes surfaces (toujours pour des périodes déterminées).

Les structures gonflables ne nécessitent pas de structure de tension obligatoire pour les toiles tendues .Elles ont besoin de système d'ancrage uniquement.

Le domaine d'utilisation étant pratiquement le même du point de vue architecturale.





Ch.3 : Introduction au comportement mécanique des systèmes et aux dispositions constructives associées

I NOTION DE STRUCTURE PORTEUSE

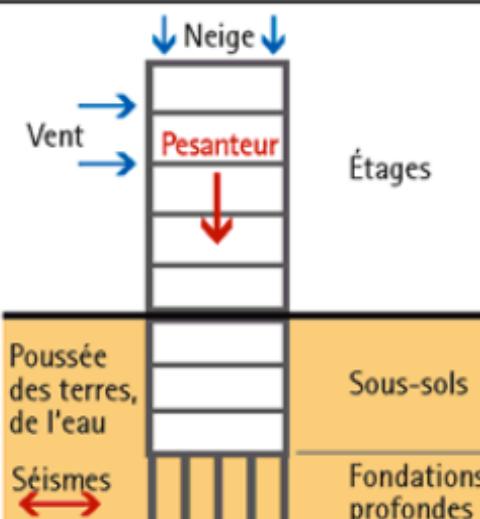
Les structures porteuses rencontrées dans le domaine de la construction sont principalement de deux types : les bâtiments (à usages individuels ou collectifs) et les ouvrages d'aménagement du territoire (ponts, barrages, stations d'épuration...). Le service rendu par ces réalisations n'est pas le même, cependant les principes de comportement de leurs structures sont similaires. Le comportement mécanique des structures porteuses dépend principalement de leur constitution au regard des actions mécaniques qu'elles subissent.

II NOTION DE STRUCTURE PORTEUSE

La structure porteuse est l'ensemble des éléments structurels chargés de reprendre les sollicitations mécaniques subies par la construction.

Les structures sont parfois apparentes, mais elles sont le plus souvent masquées derrière des enveloppes. Il est nécessaire d'en identifier les constituants.

Les constructions reposent sur un terrain et sont souvent destinées à abriter des espaces fonctionnels. Leurs structures porteuses ont pour fonction d'encaisser et d'acheminer les charges mécaniques subies (poids, charges spécifiques comme le vent ou la neige) jusqu'aux points d'ancrage au sol (fondations). Certaines structures flottantes comme les plates-formes *offshore* sont ancrées au fond de l'eau. On distingue la partie visible nommée **superstructure** de la partie invisible nommée **infrastructure**.

Type de structure	Constituants	Schéma	Principales fonctions mécaniques
Superstructure	<ul style="list-style-type: none"> - Toitures - Étages 		<ul style="list-style-type: none"> - Résister aux actions de l'environnement (neige, vent). - Supporter le poids des espaces et leurs charges.
Infrastructure	<ul style="list-style-type: none"> - Sous-sols éventuels - Parkings - Fondations 		<ul style="list-style-type: none"> - Retenir le terrain environnant et les pressions d'eaux souterraines. - Transmettre les charges mécaniques au sol.

III Comportement des structures sous chargement verticale et horizontales

III.1 Principales actions mécaniques sur les structures porteuses

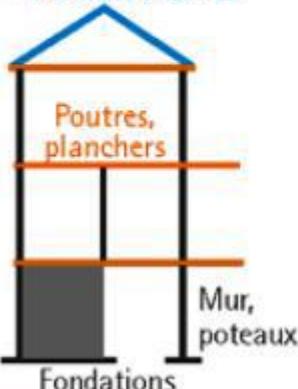
Le poids propre des structures s'exerce de façon permanente et constitue souvent l'action mécanique principale. L'optimisation mécanique des structures nécessite de les alléger au maximum (ce qui améliore aussi souvent l'impact écologique d'une structure).

On peut cependant être amené à concevoir des structures plus lourdes pour atteindre d'autres objectifs fonctionnels (acoustique, thermique, sécurité au feu ou anti-intrusions...).

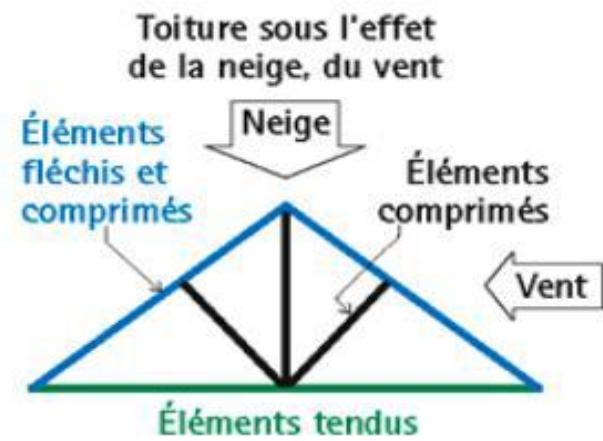
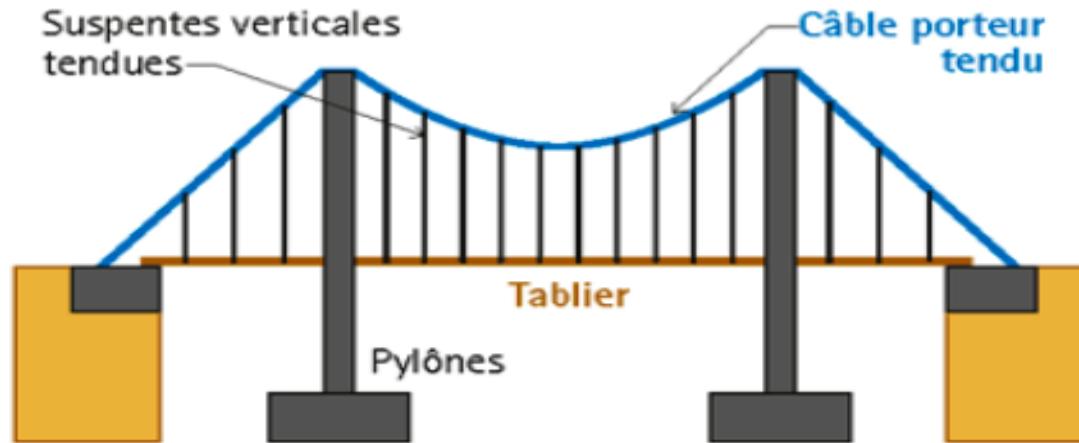
Direction des actions mécaniques	Fréquence	Source de l'action mécanique
Verticale	Permanente	Poids propre
	Variable	Charges d'exploitation (utilisateurs, stockages...), neige, sous-pressions des nappes phréatiques
Horizontale	Permanente	Poussée des terres
	Variable	Vent, séisme, pressions de l'eau...

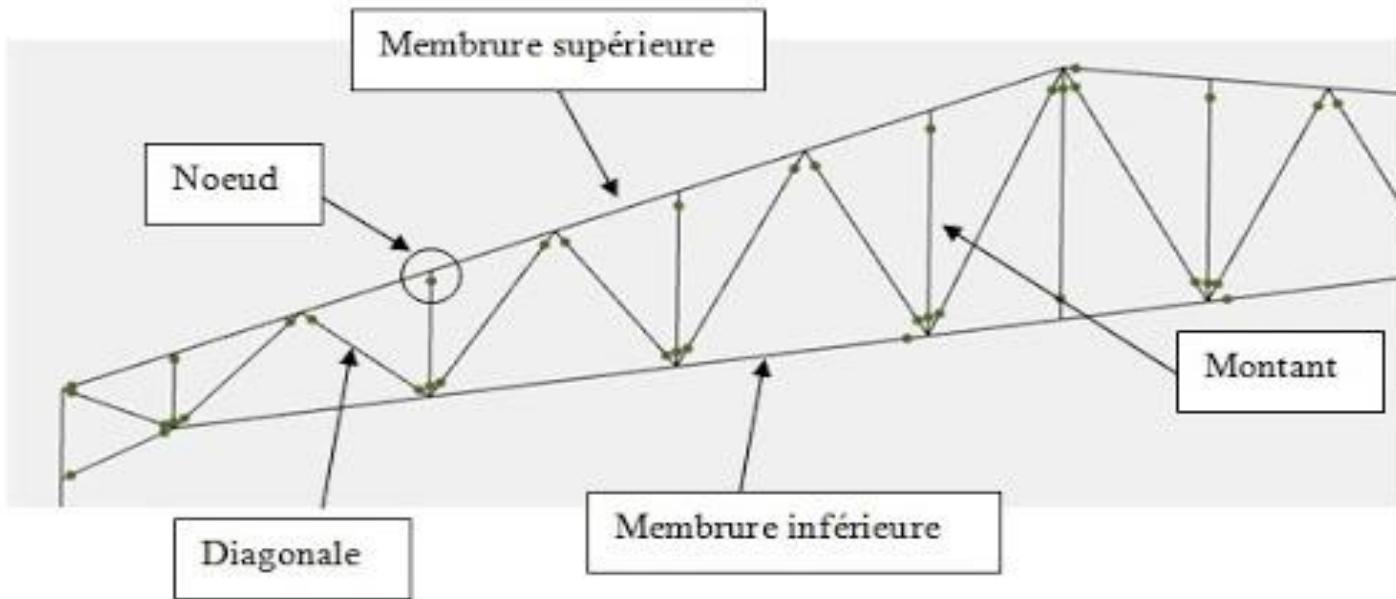
III.2 Principaux constituants structurels

Les charges principales sont généralement dues à la gravité. On analyse donc le comportement de la structure sous ces charges verticales. Elles transitent par plusieurs éléments porteurs dits « horizontaux » principalement fléchis, lesquels reportent ces charges sur des porteurs « verticaux » principalement comprimés.

Schéma	Type de structure	Exemples	Fonctions	Sollicitation principale
 <p>Porteurs verticaux Porteurs horizontaux Porteurs inclinés</p> <p>Poutres, planchers</p> <p>Mur, poteaux</p> <p>Fondations</p>	Porteurs horizontaux	Planchers, poutres, charpentes	<ul style="list-style-type: none">Supporter le poids des espaces fonctionnels (forces verticales réparties).Transmettre ce poids aux porteurs verticaux inférieurs.	Sollicitation principale en flexion
		Murs, poteaux	<ul style="list-style-type: none">Recevoir les charges verticales apportées par les porteurs horizontaux.Transmettre ces charges vers le sol de fondation.	Sollicitation principale en compression

D'autres constituants structurels peuvent intervenir, comme des éléments inclinés (comprimés et fléchis comme dans les charpentes) ou des éléments tendus (câbles porteurs, haubans, suspentes verticales, ...)







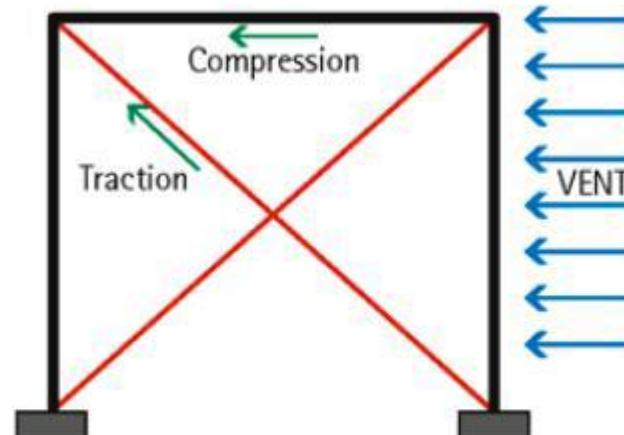
III.3 Comportement des structures sous chargement horizontal

On s'assure aussi que les structures ne se déforment pas sous chargement horizontal tel que l'action du vent ou des séismes. On peut les stabiliser par un raidissement des porteurs verticaux et des ancrages au sol au prix d'un surdimensionnement des constituants.

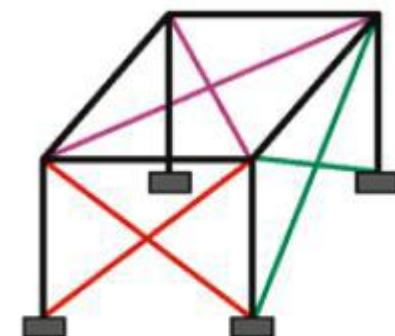
On optimise la structure en ajoutant des dispositifs de « contreventement » à l'aide de murs rigides créant des blocages ou des « croix de Saint-André ». Ces contreventements doivent être disposés dans les 3 plans de l'espace pour stabiliser la structure en 3D.



Stabilité assurée par la raideur des poteaux et des encastrements en pied de poteaux



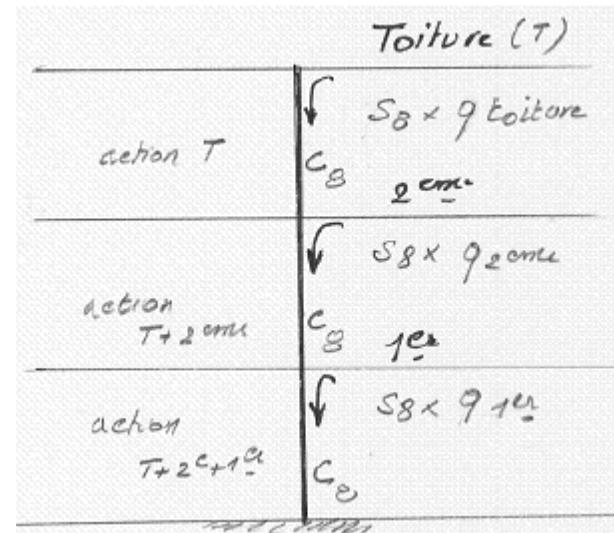
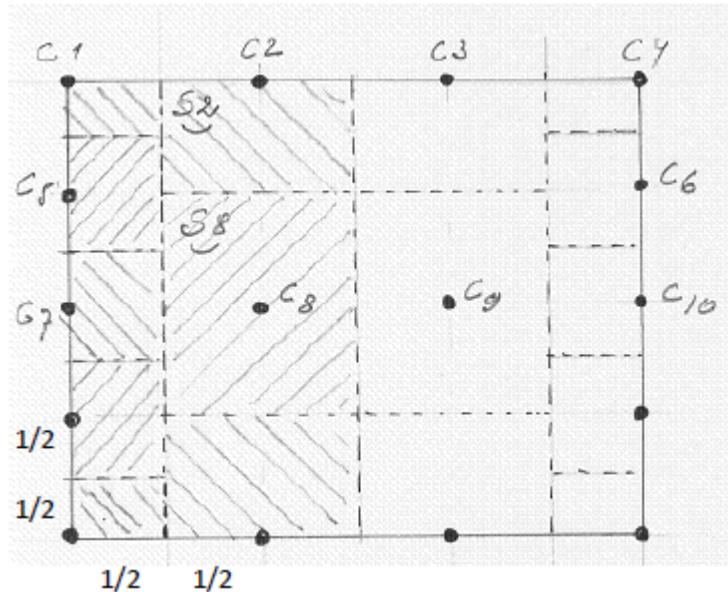
Contreventement par palée de stabilité



Contreventement 3D

III.4 Descente de charge (rappel)

Afin de maîtriser le comportement de l'ensemble de la structure, on réalise une étude de « descente de charge » en étudiant les sources de sollicitations mécaniques (neige, vent, chargements...) et le transfert des sollicitations mécaniques au travers de la structure porteuse, jusqu'aux liaisons au sol. Les règlements de calcul imposent de prendre en compte des valeurs d'actions mécaniques données et différentes combinaisons de ces valeurs, permanentes, variables et même accidentelles (chocs, explosions, feu, ...).



IV Principe de conception des structures

Le dimensionnement des structures amène donc à réaliser des choix technologiques concernant les matériaux, les géométries et les liaisons, à calculer les dimensions des constituants permettant de limiter les déformations locales et d'ensemble, de prévenir les dépassements de contraintes et les instabilités.

Les matériaux utilisés pour la réalisation des ossatures (notamment le béton ou le bois) sont très souvent hétérogènes et anisotropes (leurs caractéristiques varient dans l'espace, suivant les directions et même au cours du temps). Des modèles réglementaires sont nécessaires afin de tenir compte des comportements complexes et de la variabilité des caractéristiques ou des actions (vent, séismes, neige, charges d'exploitation, ...). En Europe, dix règlements nommés « Eurocodes » permettent à tout bureau d'étude de dimensionner et vérifier les structures porteuses.

Les constructions devant présenter des garanties de pérennité suffisantes, la plupart des structures conçues sont des **structures hyperstatiques** (la structure comporte plus d'immobilisations qu'il ne serait nécessaire pour l'immobiliser).

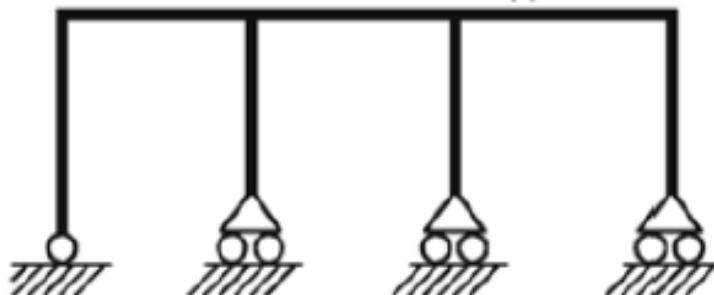
Pas de sécurité pour la stabilité d'ensemble



Sollicitations limitées aux chargements extérieurs

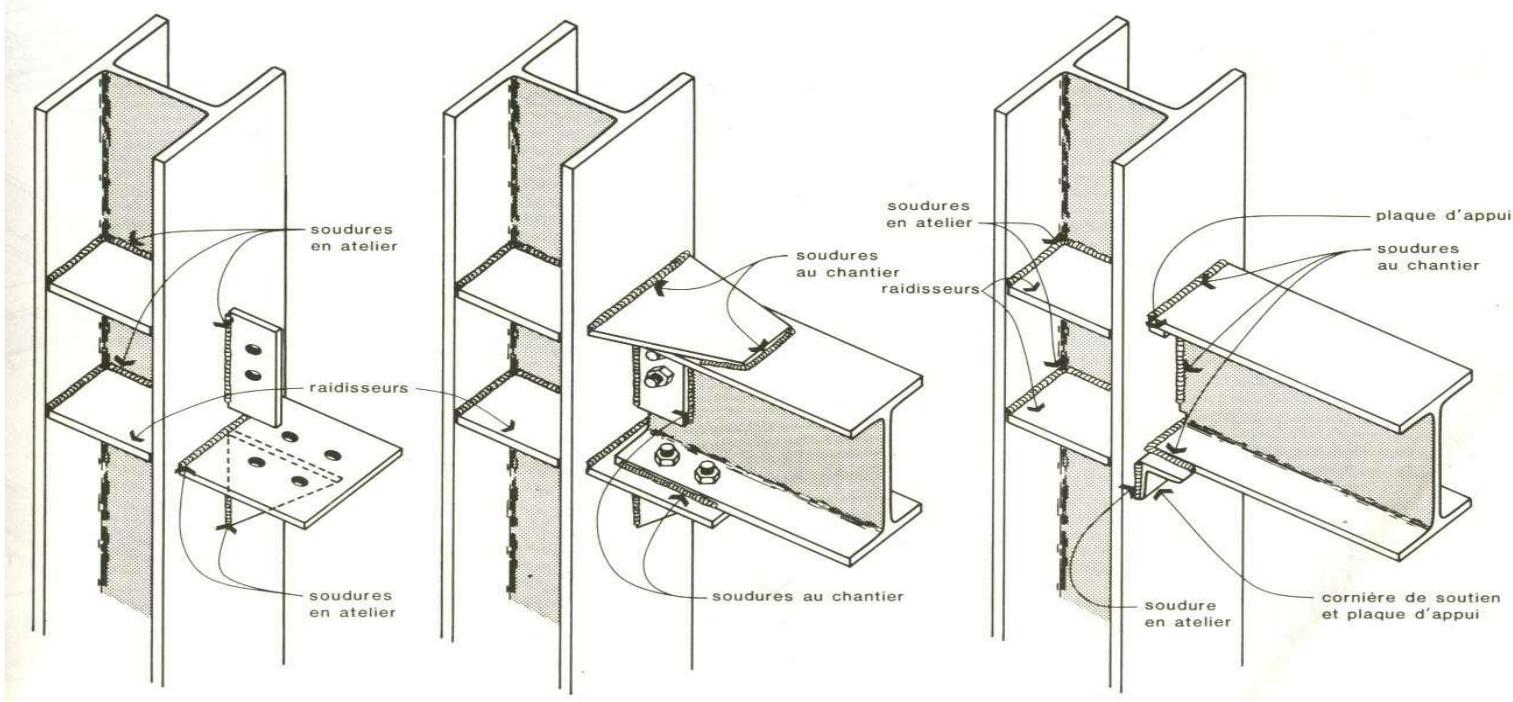
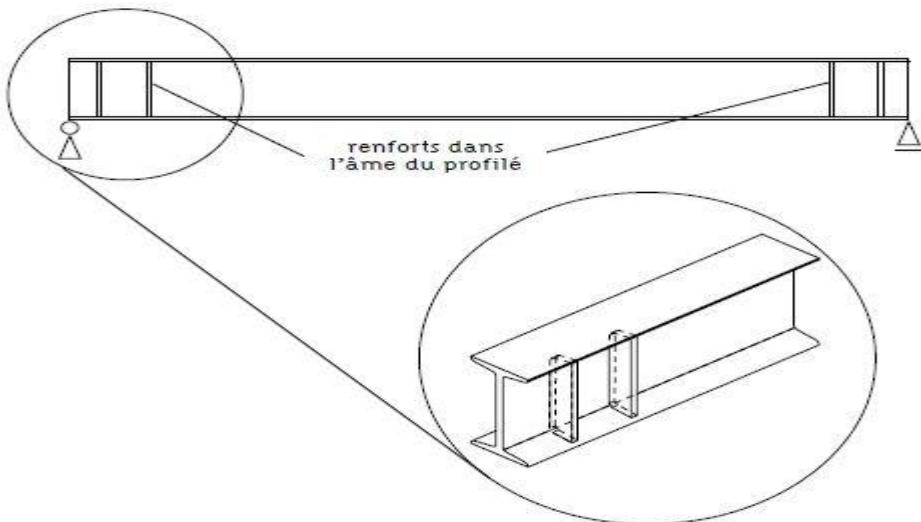
Portique isostatique : si on enlève un blocage mécanique, le système devient mobile (mécanisme).

La stabilité d'ensemble est sécurisée en cas de défaut d'un appui



Les appuis additionnels apportent des sollicitations supplémentaires aux charges

Ajout de deux « blocages » supplémentaires sur la poutre isostatique.
La structure est hyperstatique d'ordre 2.



IV.1 Stabilité globale de la structure

Le premier souci que doit avoir l'ingénieur d'études est de prévoir des dispositions assurant la *stabilité générale* et spécialement le *contreventement d'ensemble* des bâtiments. Ces dispositions doivent avoir pour objet non seulement d'assurer la résistance aux forces horizontales prises en compte dans les calculs, telles celles résultant de l'action du vent, mais aussi de permettre éventuellement aux bâtiments de subir sans dommages excessifs les effets de certaines sollicitations exceptionnelles, telles que des explosions localisées. Ces problèmes se posent avec une acuité particulière dans les immeubles à grand nombre d'étages.

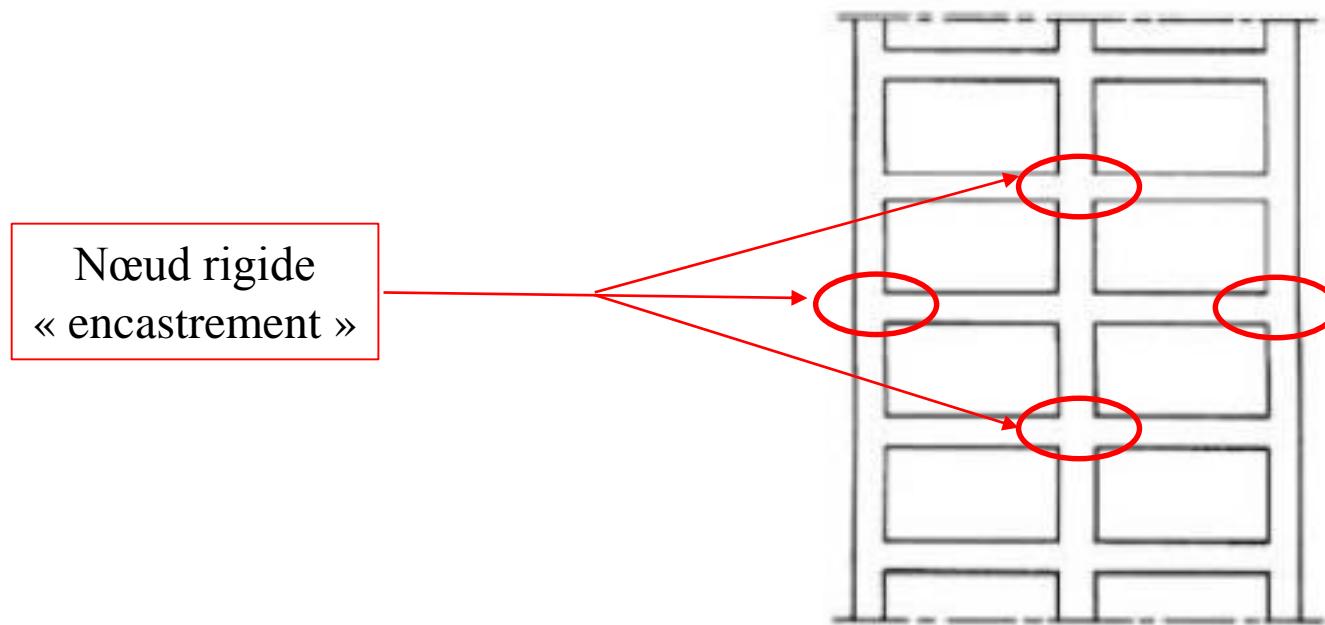
Les solutions susceptibles d'être choisies pour assurer le contreventement général des bâtiments sont évidemment liées aux contraintes qui peuvent être imposées par le parti architectural ; elles sont également dépendantes, dans une certaine mesure, du matériel dont dispose l'entreprise. Ces solutions peuvent être classées en trois grandes catégories

IV.1.1 Contreventement assuré par portiques : (Rigidification des nœuds « cadre-portique »)

Les portiques doivent être conçus pour résister non seulement aux forces de pesanteur, mais également aux forces horizontales ; celle résistance implique la rigidité des noeuds.

Cette conception se justifie lorsque l'on doit laisser le passage libre, ou pour éviter des diagonales inesthétiques, ou bien parfois pour laisser une plus grande liberté pour une modification de la structure.

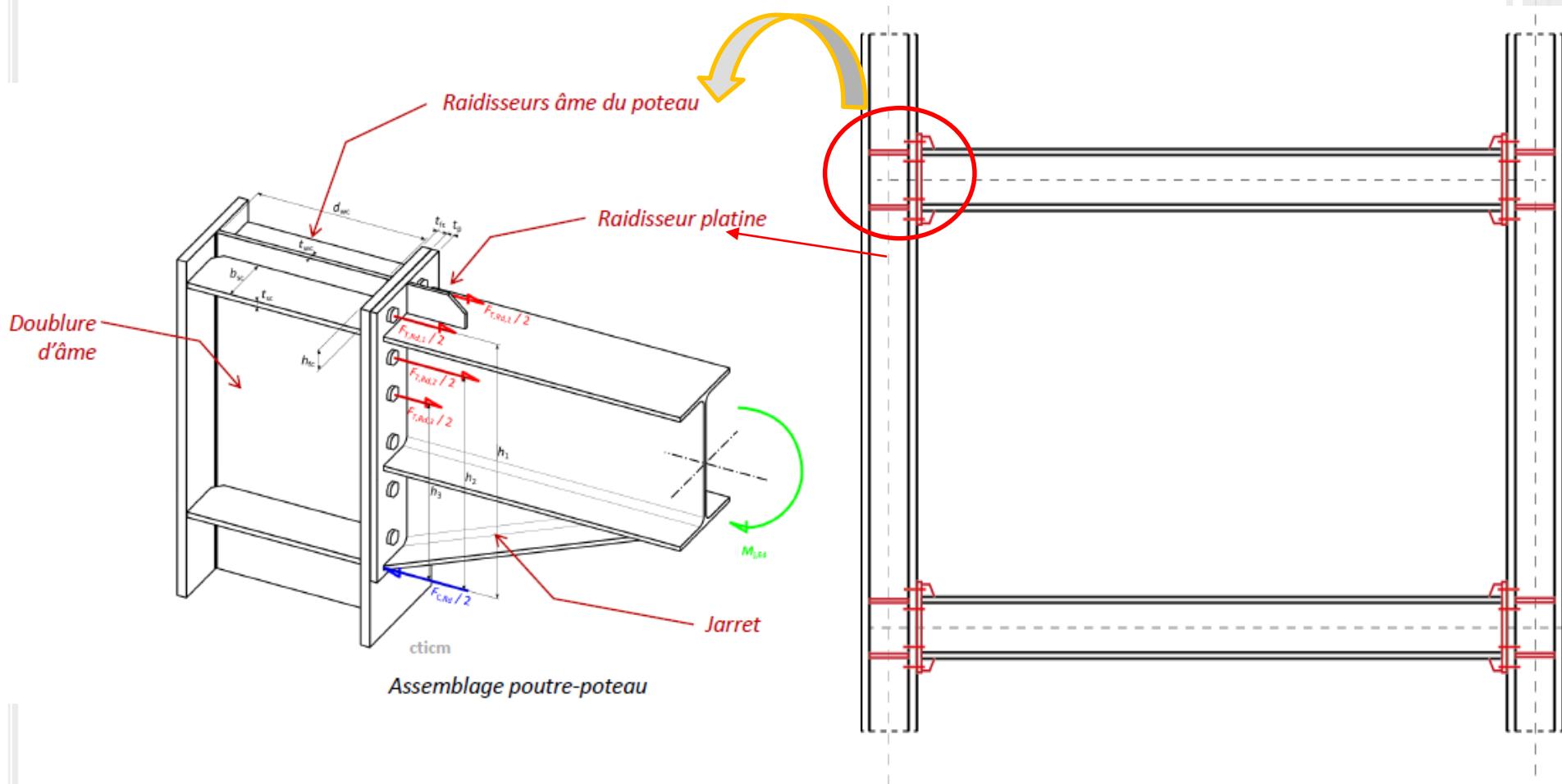
Pour les construction en béton armé, cette solution conduit en général à des sections de béton et d'armatures plus importantes, et à des dispositions de ferraillage plus complexes que celles usuellement adoptées dans les structures les plus courantes de bâtiments.





Contreventement assuré par portiques

Contreventement assuré par portiques « structure métallique »



Contreventement par effet portique

- Passage maintenu
- Assemblages en moment
- Renforcement des poutres pour obtenir la raideur souhaitée

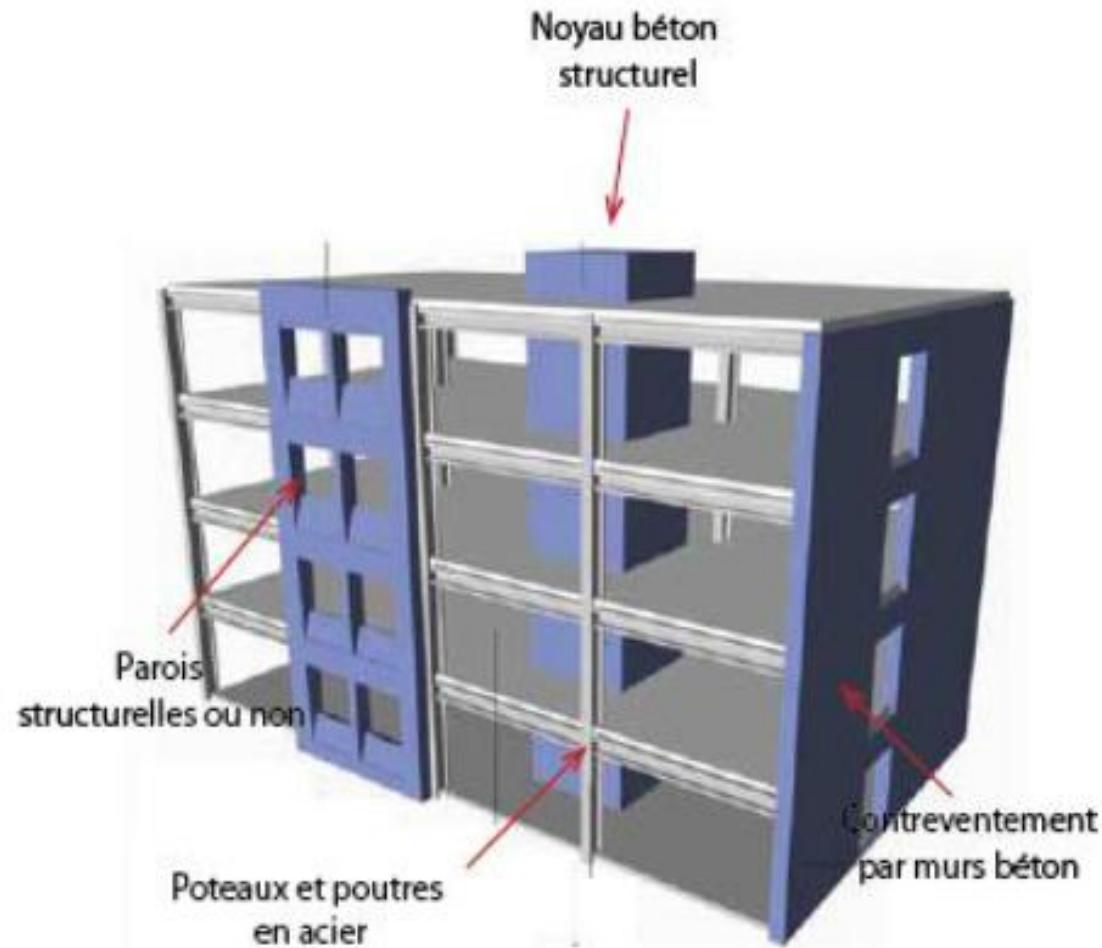
IV.1.2 Contreventement par remplissage (voile, diaphragme) :

On utilise des voiles en béton armé pour les fortes sollicitations. Pour les faibles sollicitations des voiles en maçonnerie conviennent. Lorsqu'il existe un noyau ou un mur de refend celui-ci peut bien sur servir de contreventements (il s'agit surtout d'un cas pour les bâtiments à étages). Il est imprudent d'estimer que des bardages ou couvertures en tôles puissent faire office de contreventements.

Ossature métallique assurant la reprise des charges gravitaires

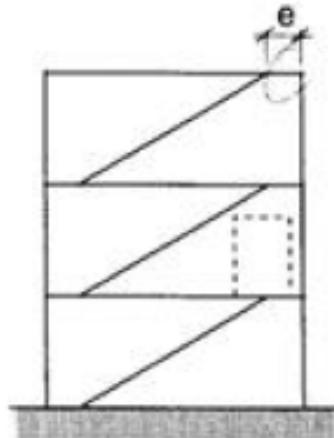
Contreventement latéral par murs en béton armé (éventuellement remplissage maçonnerie sur structures plus anciennes)

Dalle béton pleine ou sur bacs. Voutain maçonnerie sur structures plus anciennes)

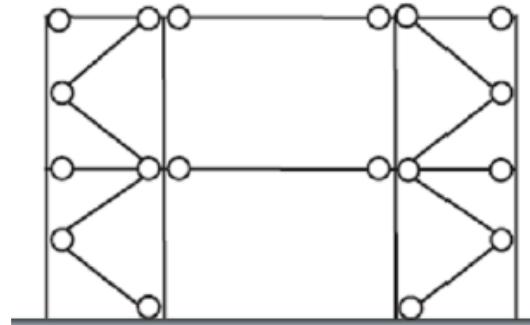


IV.1.3 Contreventement triangulé : (treillis)

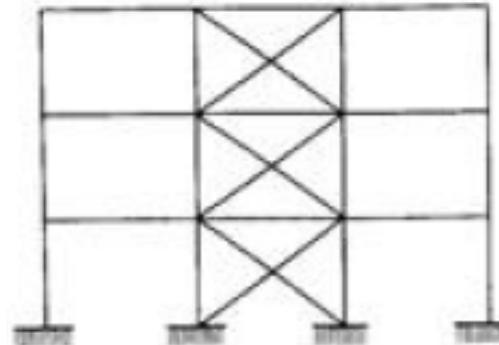
Il s'agit du type le plus fréquent ; les treillis en N conviennent bien lorsqu'il n'y a pas d'inversions d'efforts. Lorsque l'on est en présence d'inversions d'efforts possibles on préféré les croix de saint André (quelquefois les treillis en K ou V peuvent convenir).



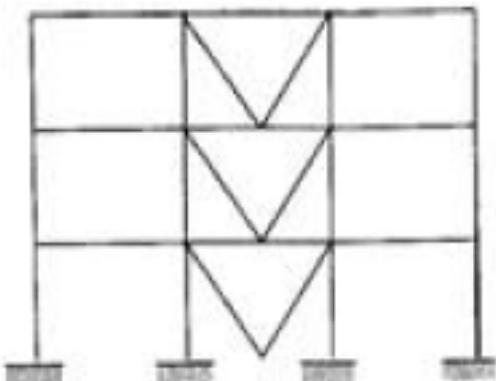
Treillis en « N »
à barre excentré »



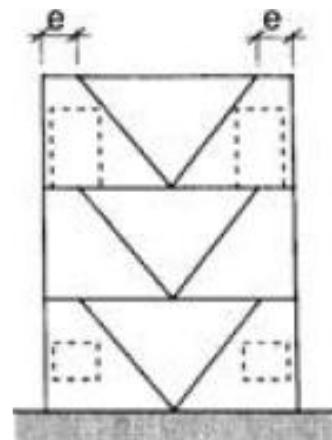
Treillis en « K »
à barre centré »



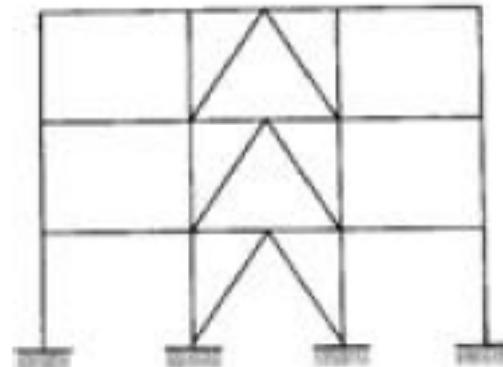
Treillis en X
Croix de Saint André



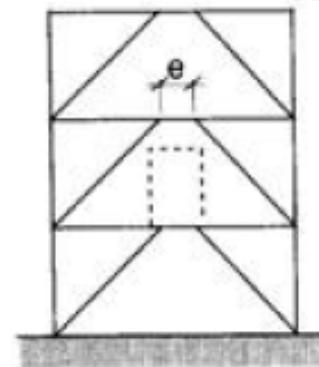
Treillis en « V »
« à barre centré »



Treillis en « V »
« à barre excentré »

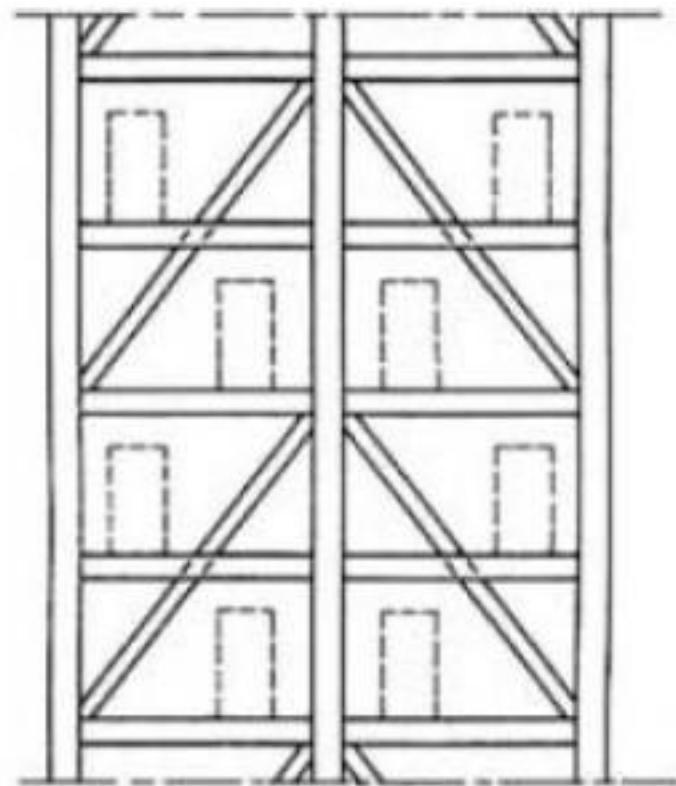


Treillis en « V inversé »
« à barre centré »

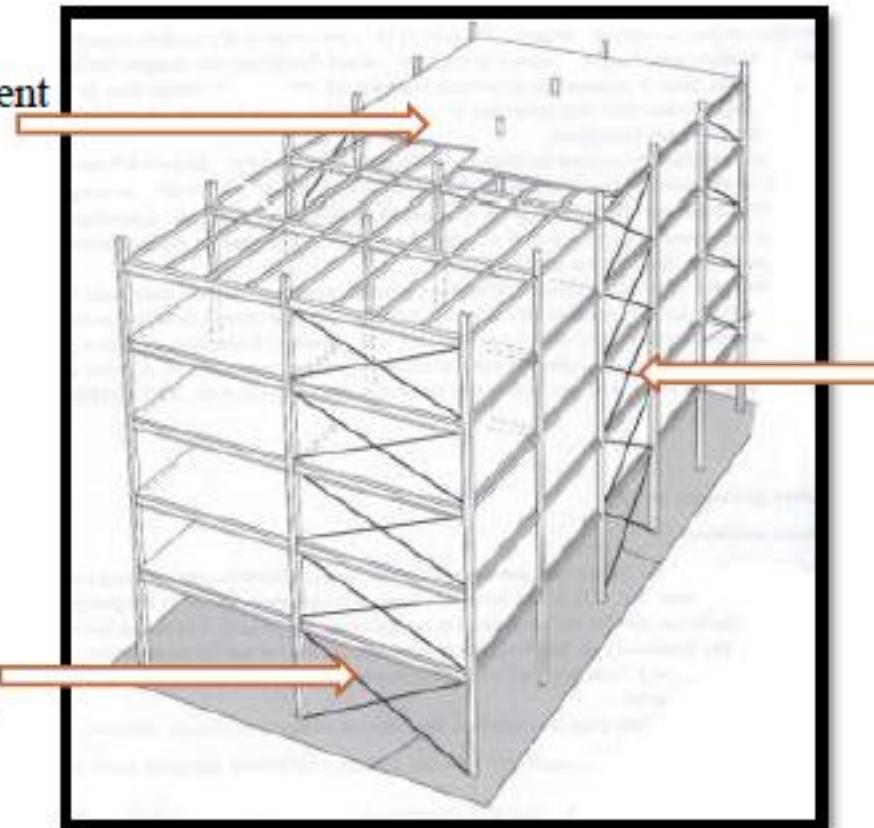


Treillis en « V inversé »
« à barre excentré »

La présence des **triangulations** crée souvent des difficultés pour la réalisation d'ouvertures dans les pans de contreventement : on peut quelquefois trouver une solution plus satisfaisante en disposant les éléments de triangulation non plus sur la hauteur d'un étage, mais sur celle de deux étages



Dalle(contreventement horizontal)

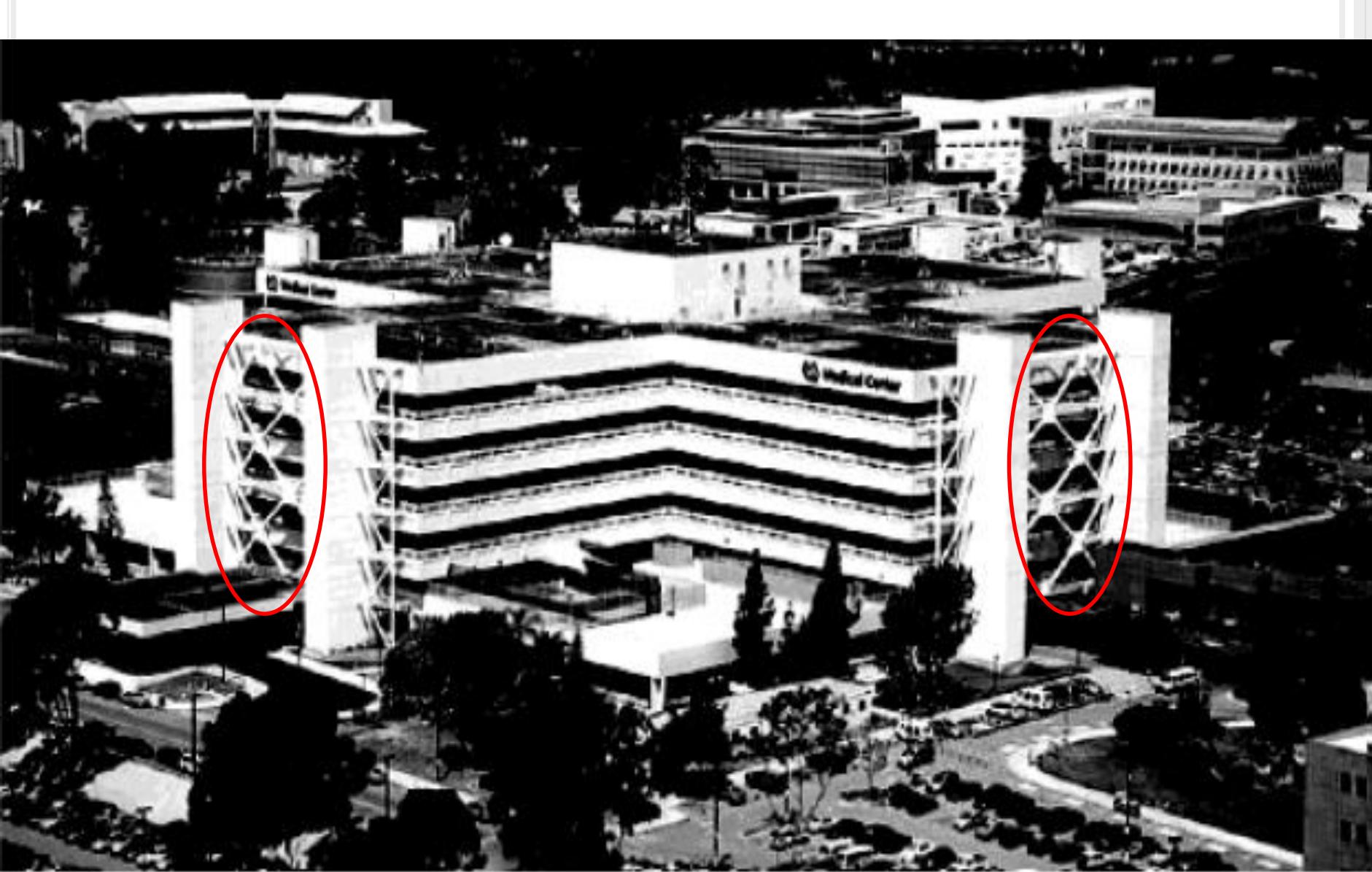


Contreventement vertical longitudinal

Contreventement vertical transversal

Contreventement d'un bâtiment en C.M par des croix de SAINT ANDRE





Hôpital de San-Diego - Californie

Contreventement par triangulation en X sur plusieurs étages



Construction de la Tour Pearl River. Les contreventements en X résistent aux efforts horizontaux causés par le vent ou les séismes
Photo: [Wikipedia Commons](#), 12 mars 2009.



Contreventement horizontale en X d'une toiture d'un hangar en CM



Contreventement
vertical-longitudinal
en X d'un hangar en
CM

Contreventement vertical-transversal par encastrement



Contreventement en X d'une structure en bois



Contreventement horizontal et vertical en X d'une structure en bois



Contreventement horizontale en X d'une toiture en bois



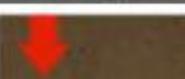
Contreventement par triangulation en K d'un structure en CM



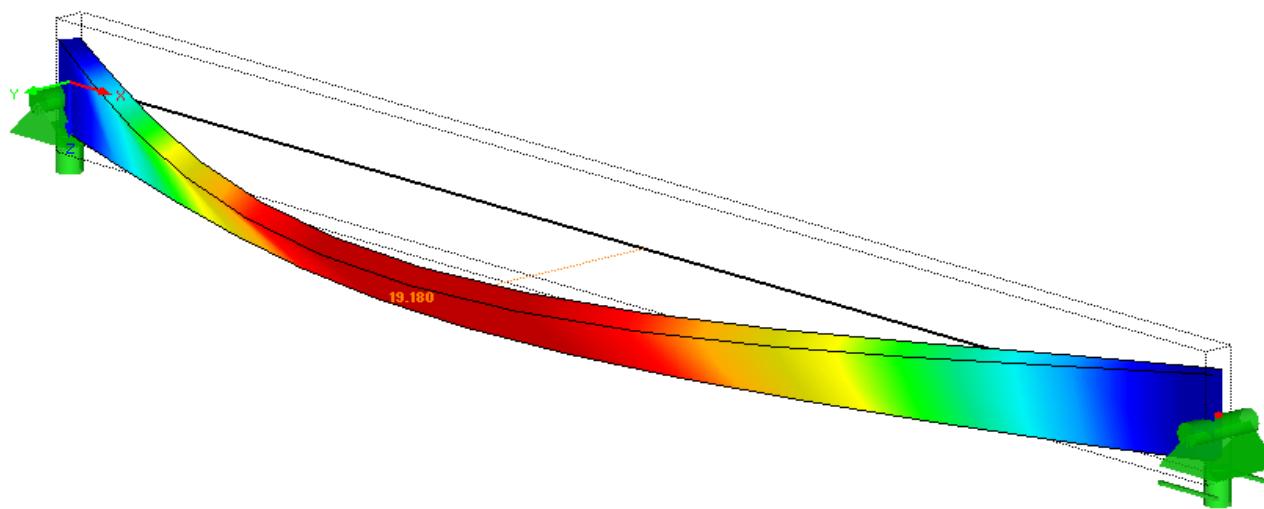
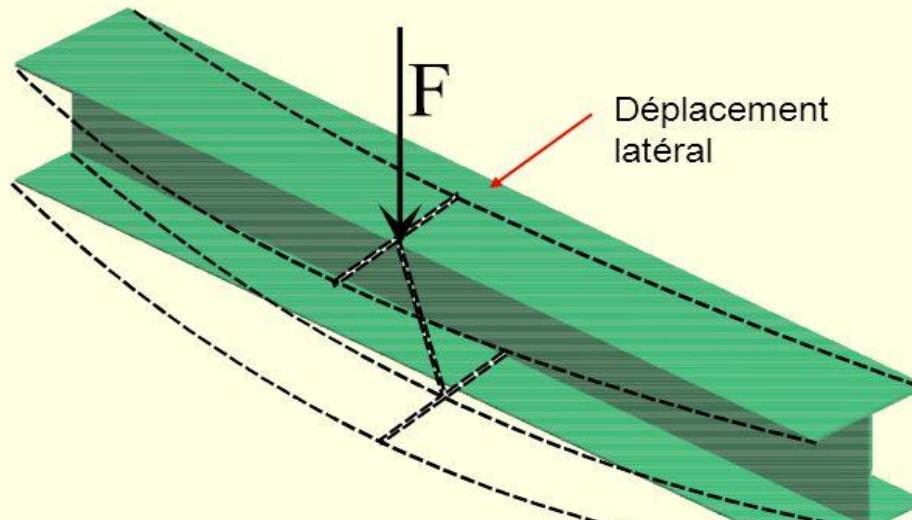
Contreventement par triangulation en K d'un structure en CM

IV. 2 Stabilité locale des éléments de la structure

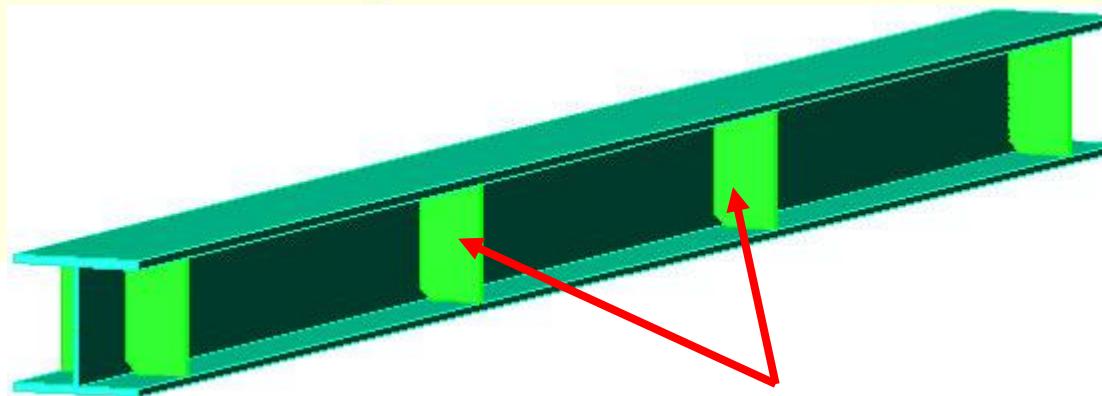
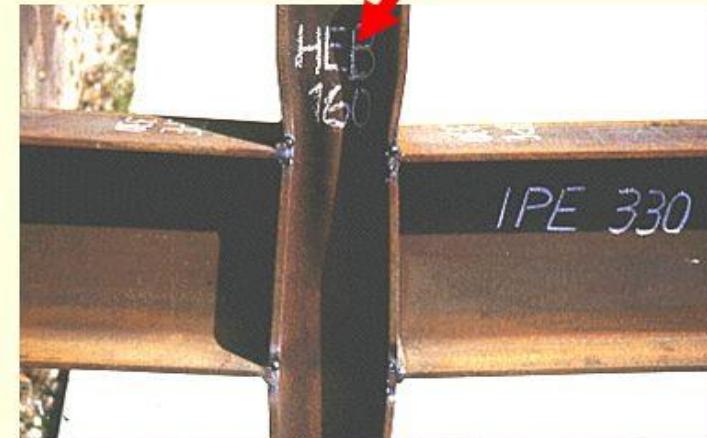
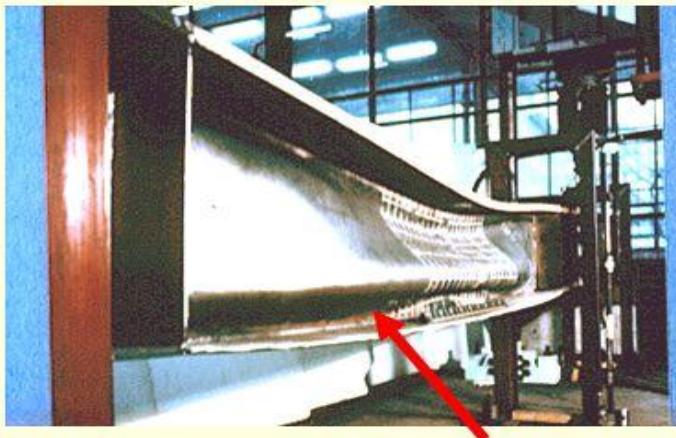
Les structures porteuses sont souvent très élancées afin d'en limiter le poids. Des risques d'instabilité apparaissent alors dans certains éléments fléchis ou comprimés. Il faut vérifier que le risque reste admissible par rapport aux normes et réglementations en vigueur.

Risque d'instabilité	Exemple	Action de prévention	Deux types de flambement
Risque de flambement	Poteau béton élancé	Augmenter la section du poteau	
Risque de voilement	Âme d'une poutre en acier	Ajouter un raidisseur localisé sur l'âme	
Risque de déversement	Panne de toiture fléchie	Stabiliser la poutre latéralement	Encastrement Articulation

Déversement poutres fléchies



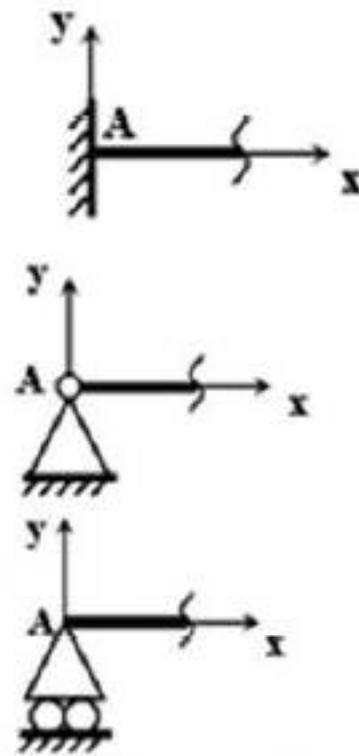
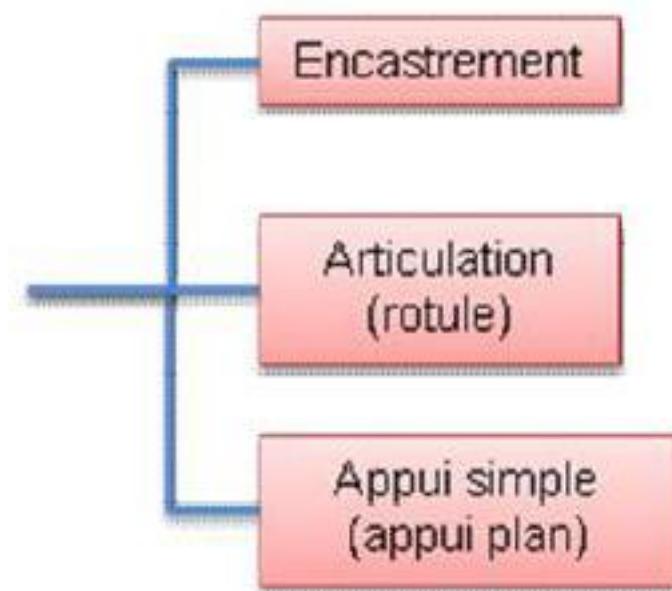
Problèmes de stabilité élastique: Voilement



Poutre en profilé avec des raidisseurs

V. Types de liaison entre élément de la structure (assemblages)

La modélisation des structures se fait le plus souvent en 2D, on utilise alors trois types de liaison :

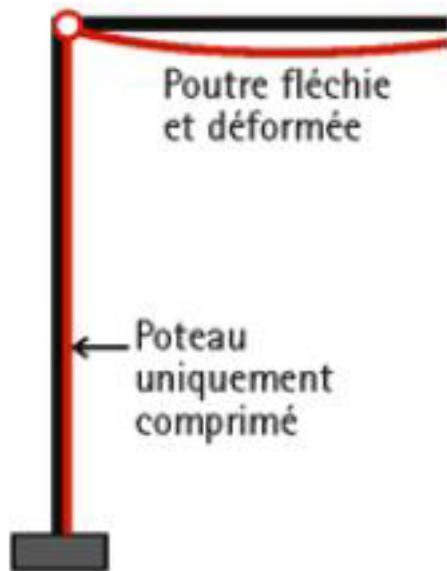


	Déplacements et rotations autorisés	Degrés de liaisons Inconnues de liaisons (actions transmissibles par la liaison)
Appui simple :	<p>Déplacements et rotations autorisés</p>	
Articulation ou rotule ou pivot :	<p>Rotation autorisée</p>	<p>Modélisation</p>
Encastrement :	<p>Symbol</p>	<p>Modélisation</p>

VI Rôle des assemblage

Les assemblages permettent de choisir quelles sollicitations seront reportées d'un constituant vers un autre. Le choix des assemblages influe sur le comportement structurel d'ensemble.

Pour une structure porteuse, on s'intéresse d'abord aux efforts qui sont transmis d'un élément à l'autre alors que pour un mécanisme, on s'intéressera principalement aux mouvements autorisés entre pièces.



V.II Exemples de conception des assemblages :

V.II.1 Appui simple :

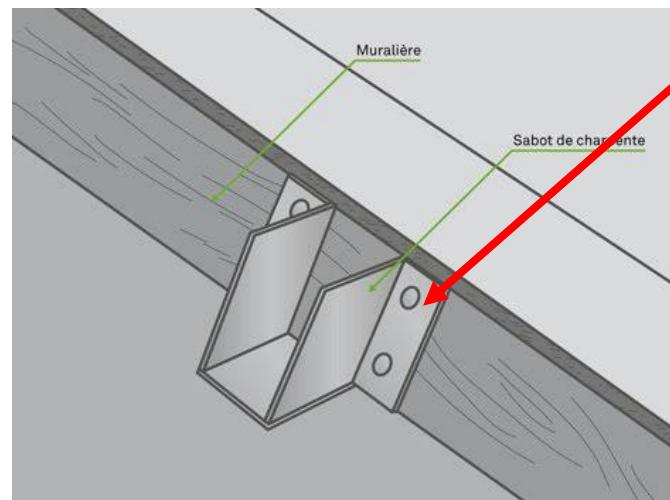
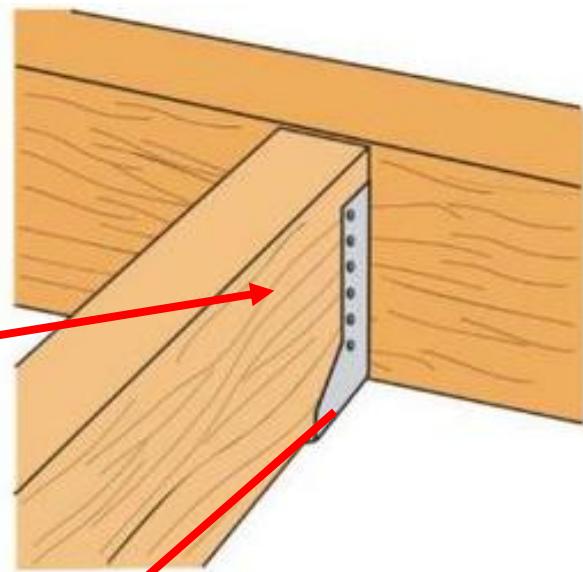
➤ Structure en béton :

Dans la construction des ponts, on utilise principalement, des **appuis élastomères** permettant la transmission de charges verticales tout en autorisant les déplacements horizontaux :



➤ Structure en bois :

Les éléments sont généralement **posés les uns sur les autres** ou on utilise des **sabots métalliques**.



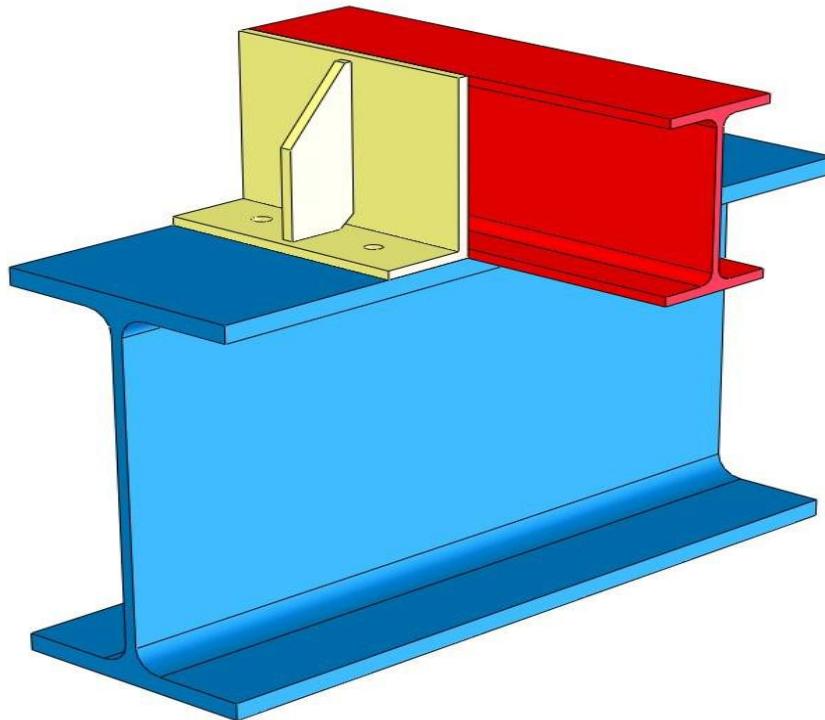
Sabots métallique

➤ Structure métallique :

Les deux poutres sont montées l'une sur l'autre et leurs axes ne sont pas parallèles.

Exemple: IPE 120 sur IPE 270

Une équerre rigidifiée est soudée sur les champs d'ailes de l'IPE 120.
L'ensemble est posé puis boulonné sur l'aile supérieure de l'IPE 270



V.II.2 Appui double (articulation) :

➤ Structure en béton :

Créer une articulation revient à bloquer les efforts horizontaux et verticaux en libérant les moments. Dans la construction d'ouvrage d'art, on utilise les **sections rétrécies de béton**.



➤ Structure en bois :

Par **chevillage ou boulonnage unique** :

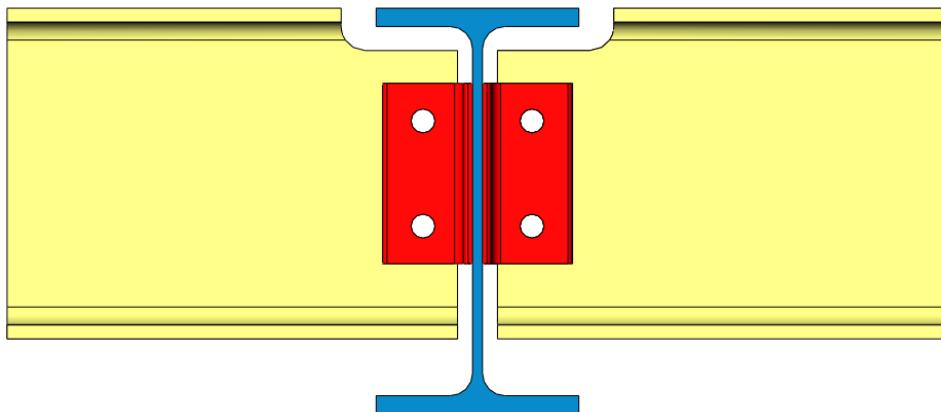
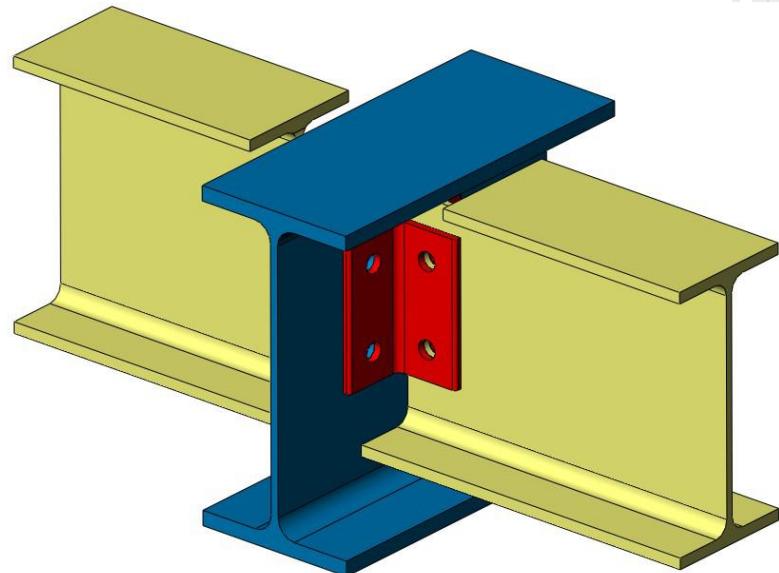


➤ Structure métallique :

Articulation entre une poutre et une solive de plancher.
Les solives sont fixées sur la poutre par des cornières boulonnées (les âmes sont reliées, les ailes sont libres).

Il y a un jeu entre les solives et la poutre.

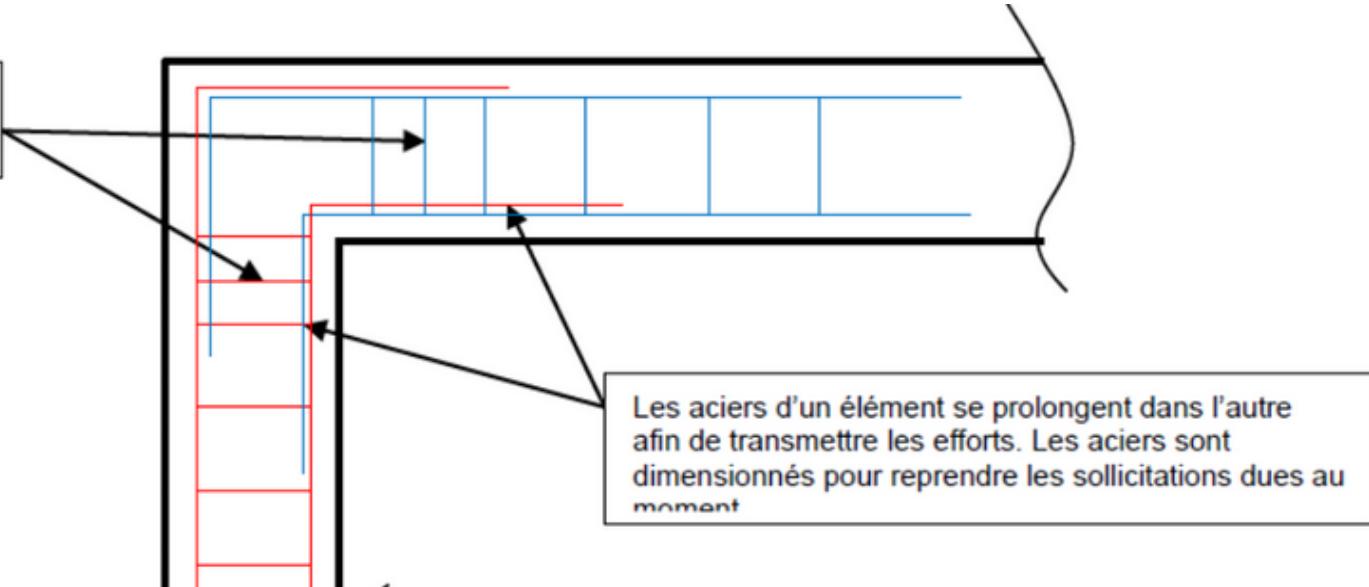
Pour assurer la continuité de la solive de plancher, on réalise un grugeage pour assurer le passage de l'aile de la poutre



V.II.3 Encastrement :

➤ Structure en béton :

On place quelques aciers en renfort



➤ Structure en bois :

Pour réaliser un encastrement, il va falloir **boulonner les pièces à assembler sur toute leur section** (de haut en bas). Mais dans tous les cas, il ne sera pas totalement rigide.



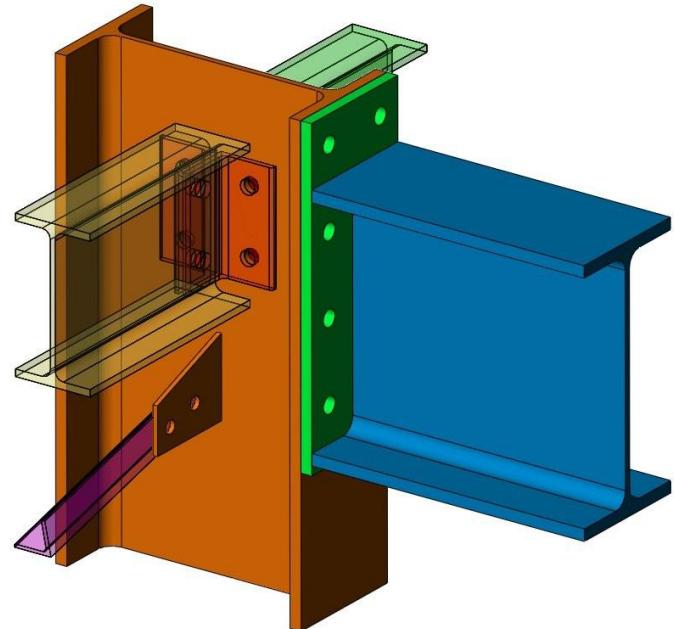
➤ Structure métallique :

Exemple 1 :

Liaison encastrement entre un poteau et une poutre.

Une platine est soudée en bout de poutre (L'âme et les ailes sont reliées à la platine par soudage), puis boulonnées sur le poteau (2 files de 4 boulons).

Il n'y a pas de jeu entre la poutre et le poteau.



Exemple 2 :

Encastrement de pied de poteau

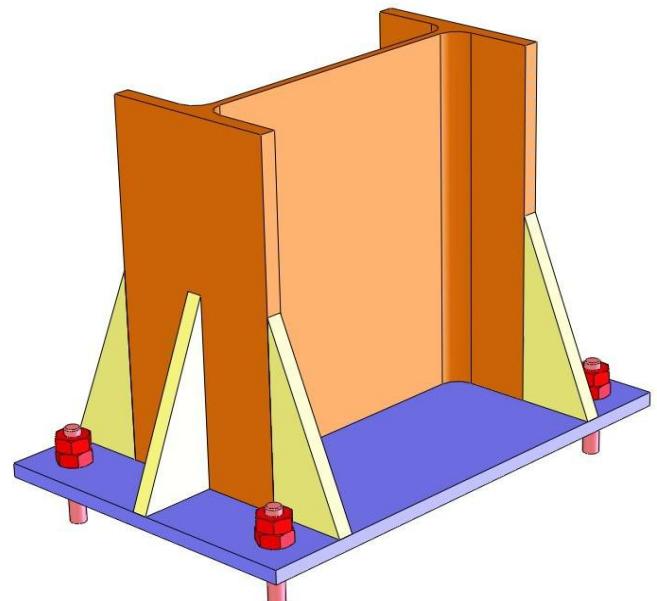
Un platine est soudée en pied de poteau.

L'ensemble est fixé au sol par 4 tiges d'ancrage.

Remarque:

Si la platine est de grande dimension (> 300 mm), elle doit avoir une épaisseur suffisante pour ne pas se déformer.

On peut utiliser des raidisseurs pour rigidifier l'ensemble



Remarque : Selon le RPA: en zones sismiques , seuls les assemblages rigides sont autorisés