

# CHAPITRE N°02 :

# OSSATURES INDUSTRIELLES

- Enseignant : Cédric LOINTHIER – Promotion 2015
- Contact : [cedric.lointhier@ingemetal.fr](mailto:cedric.lointhier@ingemetal.fr)

# SOMMAIRE

---

- ❑ Objectifs d'apprentissage
- ❑ Définition d'une ossature métallique
- ❑ Enveloppe du bâtiment
- ❑ Systèmes structuraux
  - Ossatures secondaires : pannes et lisses
  - Portiques
  - Fermes à treillis
  - Contreventement

## OBJECTIFS D' APPRENTISSAGE

---

□ Être capable de :

- Reconnaître les éléments constitutifs d'un bâtiment métallique
- Connaître les systèmes structuraux d'une ossature industrielle
- Repérer le cheminement des efforts

## DEFINITION - D'UNE OSSATURE METALLIQUE

---

- ❑ Elle **supporte les matériaux assurant l'étanchéité à l'air et à l'eau** du bâtiment et délimitant un ou plusieurs volumes
- ❑ Elle supporte les **équipements fixes ou mobiles** (exemple : pont roulant)
- ❑ Elle **supporte des structures intérieures** telles que des planchers, des passerelles, etc
- ❑ Cette ossature doit satisfaire plusieurs critères :
  - **Résistance des divers constituants** y compris les attaches
  - **Déformations limitées**
  - **Economie du projet**

## DEFINITION - D'UNE OSSATURE METALLIQUE

---

□ **Conception d'une ossature métallique** : Il s'agit d'imaginer l'ensemble des dispositions constructives de l'ossature :

- Permettant de répondre aux exigences du client, dans le cadre des normes et des règlements
- Prenant en compte les impératifs de fabrication, de transport, de montage, de protection anti-corrosion, etc.
- Dans un cadre économique donné (coût, planning)

## DEFINITION - D'UNE OSSATURE METALLIQUE

---

- ❑ Les bâtiments industriels sont composés d'une **ossature en portiques et des revêtements métalliques** de tous types.
- ❑ La technique permet de créer de **grands volumes ouverts** efficaces, faciles à entretenir et adaptables en fonction des évolutions de la demande.
- ❑ L'acier est choisi pour des **raisons économiques**, mais également pour d'autres raisons telles que la **qualité architecturale et le respect de l'environnement**.
- ❑ Dans la plupart des cas, un bâtiment industriel n'est pas constitué d'une structure unique, mais il est complété par des espaces de bureaux et d'administration ou par d'autres ouvrages tels des auvents.
- ❑ Les mêmes technologies peuvent être étendues à un large éventail de types de bâtiments, y compris les **installations sportives et de loisirs, les halles, les supermarchés et autres enceintes**.

## EXEMPLES - BATIMENTS INDUSTRIELS



## EXEMPLES - BATIMENTS INDUSTRIELS

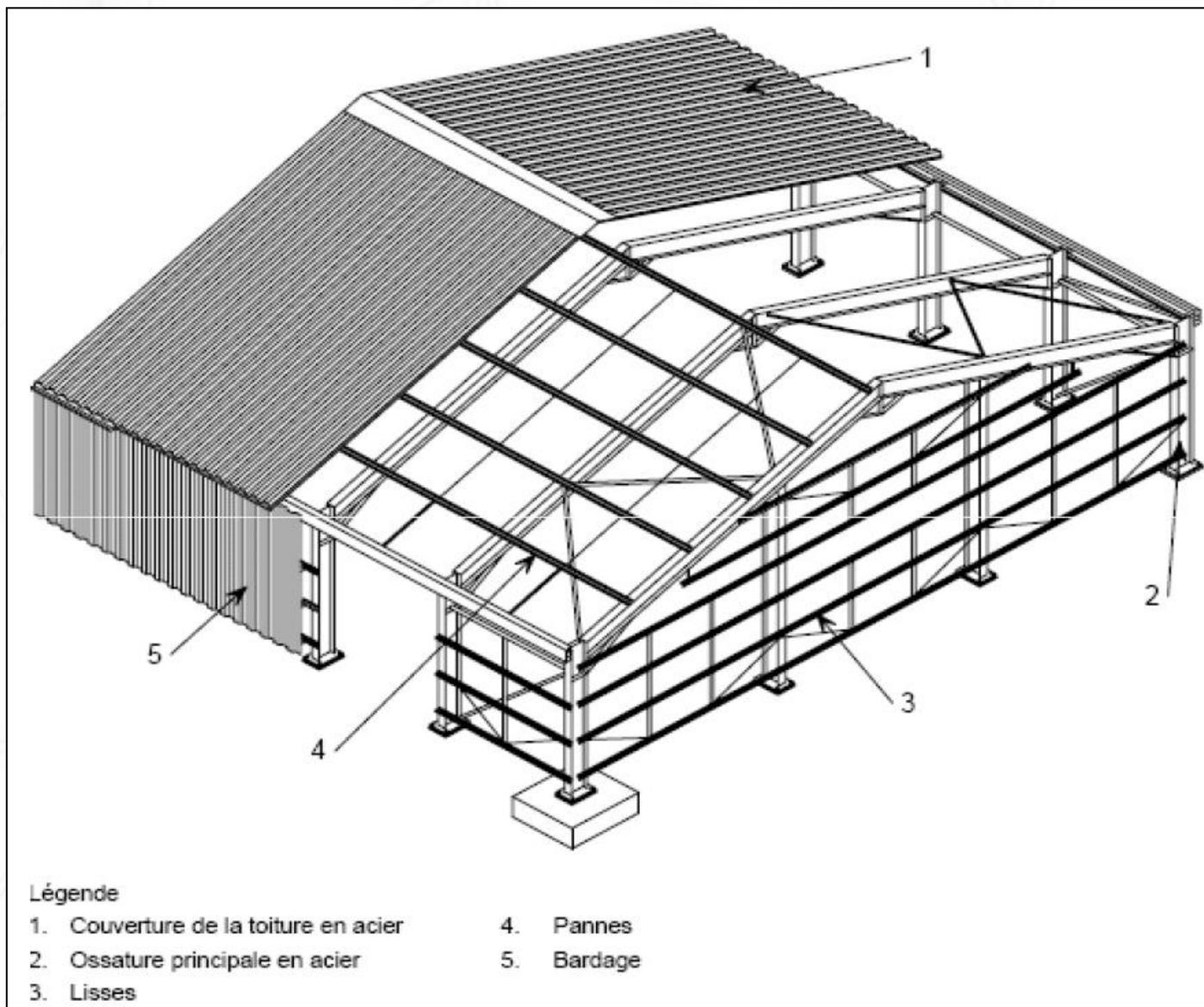


□ L'enveloppe du bâtiment est réalisée par des PAROIS Verticales & Horizontales ou Inclinaées :

- FACADE = BARDAGE
- TOITURE = COUVERTURE

+ ACCESSOIRES dont le rôle est de :

- Résister aux influences de la pluie, de la neige ou du vent
- Isoler thermiquement – phoniquement
- Drainer les eaux pluviales vers les exutoires (chéneaux – descentes d'eau)
- Résister au feu
- Correspondre à l'esthétique exigée (acrotères, bavettes)
- Eventuellement stabiliser partiellement / complètement la structure.



### □ Rôle fonctionnel :

- Diversité de formes, de matériaux (acier, aluminium, acier inoxydable, etc.), avec des capacités d'isolation thermique, phonique, de résistance au feu, de traitement contre la corrosion, d'esthétisme très varié y compris formes architecturales (panneaux cintrés)

### □ Rôle esthétique :

- Le type de pose peut également varier selon l'aspect esthétique recherchée (« nervures » horizontales ou verticales dans le cas des bardages....)

### □ Rôle structurel :

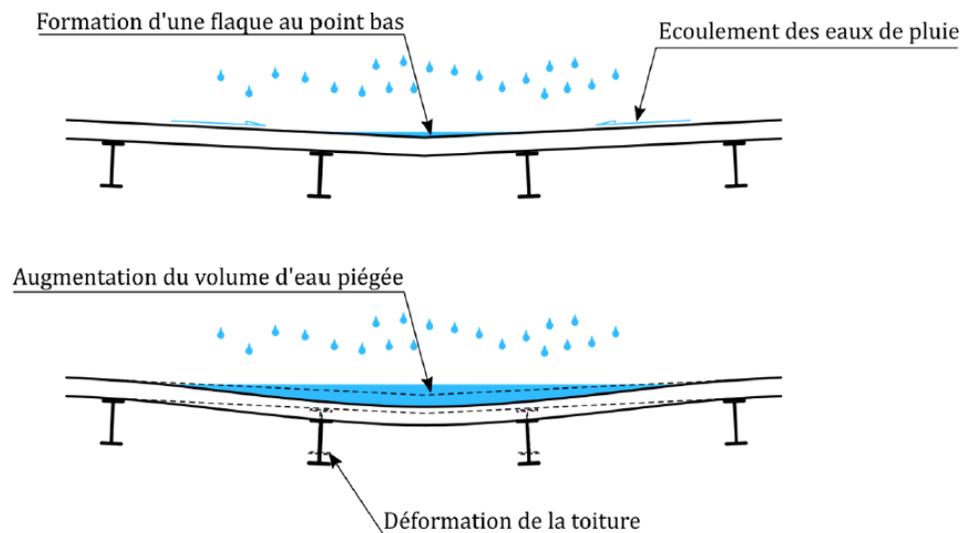
- Certains composants de bardage / couverture peuvent même avoir des caractéristiques structurales de telle sorte qu'ils puissent être utilisés pour « stabiliser » en partie ou en totalité un bâtiment (effet diaphragme – stabilisation des éléments porteurs par les parois)



## ❑ Conception générale :

- Conception générale importante amenant à se poser des questions « non structurales » ayant un impact significatif :
  - Pente des versants (hauteur libre) : pente mini
  - Positions et diamètres des DEP, chéneaux, position des drains
  - Acrotères – noues, relevé d'étanchéité
  - Ainsi que toutes sujétions architecturales

! Risque d'accumulation d'eau



- ❑ Les bacs de faible longueur peuvent porter sur 2 pannes (calcul isostatique). Mais la plupart du temps, les bacs sont utilisés en grande longueur (économie de temps et de main d'œuvre à la pose) et portent, de ce fait, sur 3 ou 4 appuis. Ils sont alors calculés en continuité et présente des flèches réduites.
  
- ❑ Il s'agit de bacs nervurés, en acier galvanisé, généralement prélaqués, et de grandes dimensions :
  - Largeur : environ 1 m suivant les produits
  - Longueur : jusqu'à 12 m
  - Épaisseurs courantes : 0,75mm et 1mm

# COUVERTURE – EN BACS ACIER NERVURES

- ❑ La pente réelle in situ doit être > 3%
- ❑ L'ossature support des noues doit être vérifiée sous le phénomène d'accumulation d'eau et de neige
- ❑ La pente des noues à des conséquences sur ce phénomène, sur le nombre et l'implantation des entrées d'eau pluviale
- ❑ La toiture est inaccessible sauf pour l'entretien
- ❑ D.T.U de référence : 43.3 – Mise en œuvre des toitures en tôles acier nervurées

Configuration de la couverture	Hauteur des nervures h (mm)	Zone et situation climatique (H étant l'altitude en mètres)						Toutes situations
		Zone I			Zone II			
		Situation			Situation			
		protégée	normale	exposée	protégée	normale	exposée	
Simultanément : – pas de pénétrations – pas de plaques PRV translucides – plaques nervurées de longueur égale à celle du rampant	h ≥ 35	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
	h < 35	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	15 %
Autres cas	h ≥ 35	7 %	7 %	10 % 1)	7 %	10 % 1)	10 % 1)	H ≤ 500 : 10 % 1) 500 < H ≤ 900 1) 15 % 1)
	h < 35	10 % 1)	10 % 1)	15 % 1)	10 % 1)	15 % 1)	15 % 1)	15 %

*Tableau des pentes mini pour des tôles nervurées d'après le DTU 43.35*

### ❑ Couverture sèche simple peau :

- Tôle acier nervurée
- Performance thermique à obtenir ultérieurement
- Pente minimale en fonction de la localisation de l'ouvrage (5 à 10% en général)

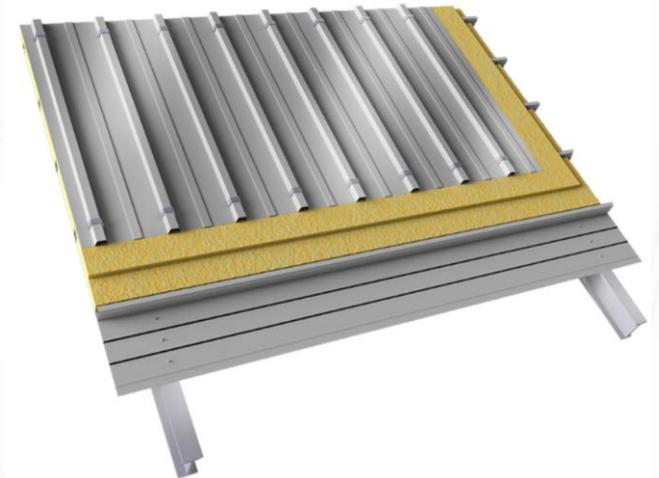
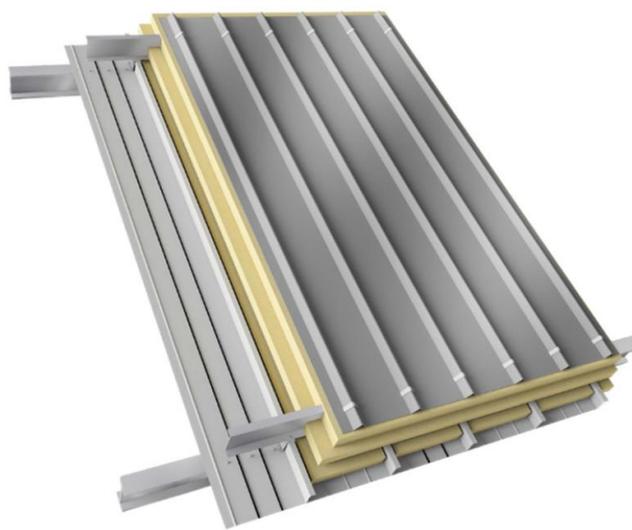
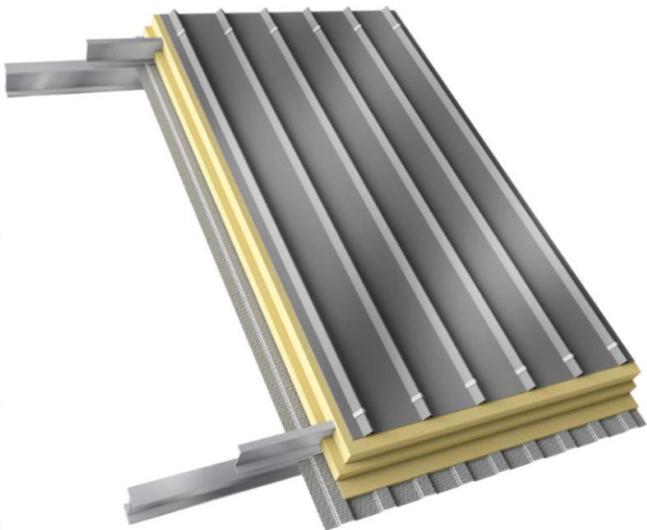
### ❑ Panneau sandwich :

- 2 tôles métalliques nervurées entourant une âme isolante (mousse polyuréthane par exemple)
- Pente minimale en fonction de la localisation de l'ouvrage (5 à 10% en général)



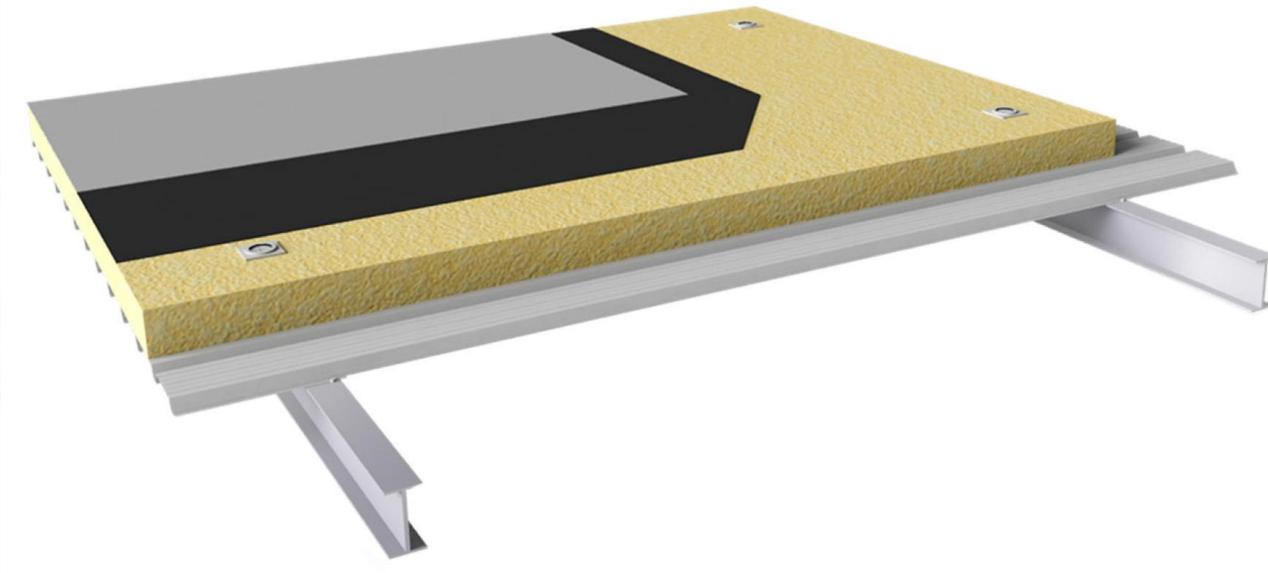
### □ Couverture double peau :

- Tôle acier nervurée ou plateau inférieur(e), écarteurs et tôles nervurée extérieure
- Volume entre les éléments comblé par un isolant
- Le sens porteur de l'élément intérieur peut-être différent de celui de la tôle de couverture extérieure



### ❑ Toiture multicouche :

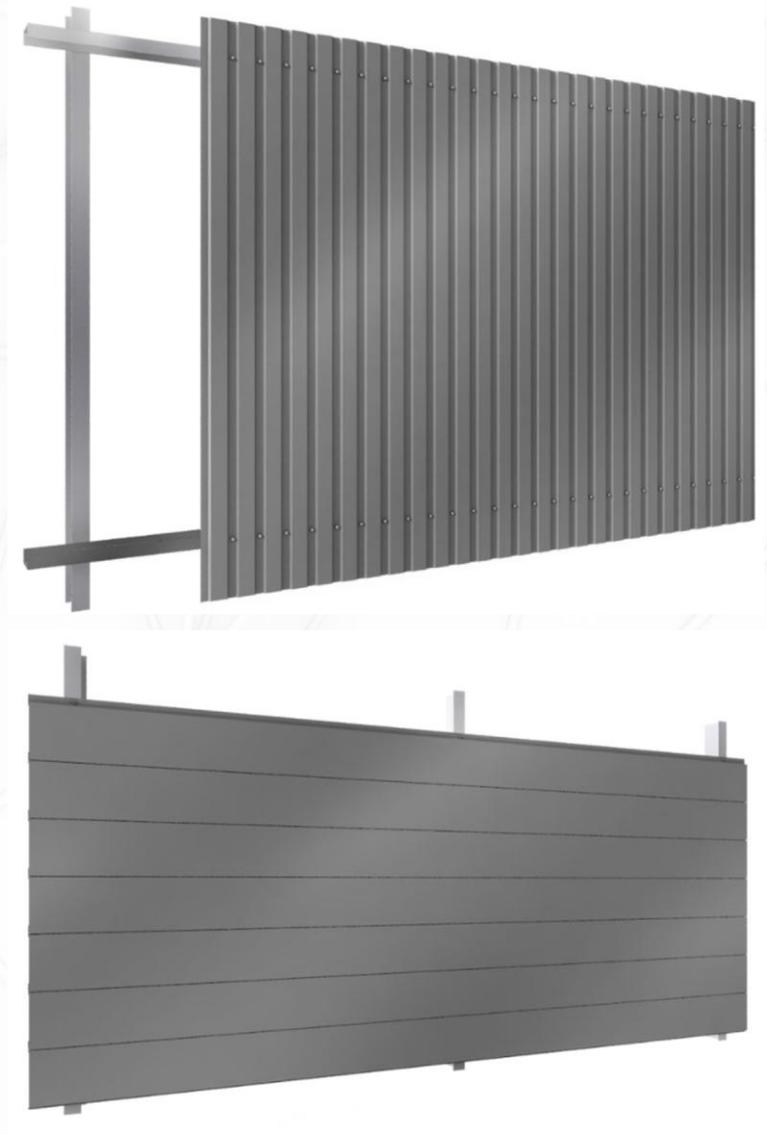
- Tôle acier nervurée support
- Couche isolante
- Couche d'étanchéité
- Pour les toitures « plates » (entre 3 et 5%)



- ❑ Les bardages, dont la fonction est le **remplissage des façades**, sont généralement réalisés en bacs acier.
- ❑ Constitués d'un simple parement de tôle nervuré, ils sont dits : **simple peau**. Constitués de deux parements, ils sont dits : **double-peau**. Dans ce dernier cas, les deux parements peuvent être posés à nervures croisées (avec isolation intercalaire, en laine de verre par exemple) ou à nervures parallèles (avec isolation par mousse rigide de polyuréthane injectée, qui solidarise les deux parements)

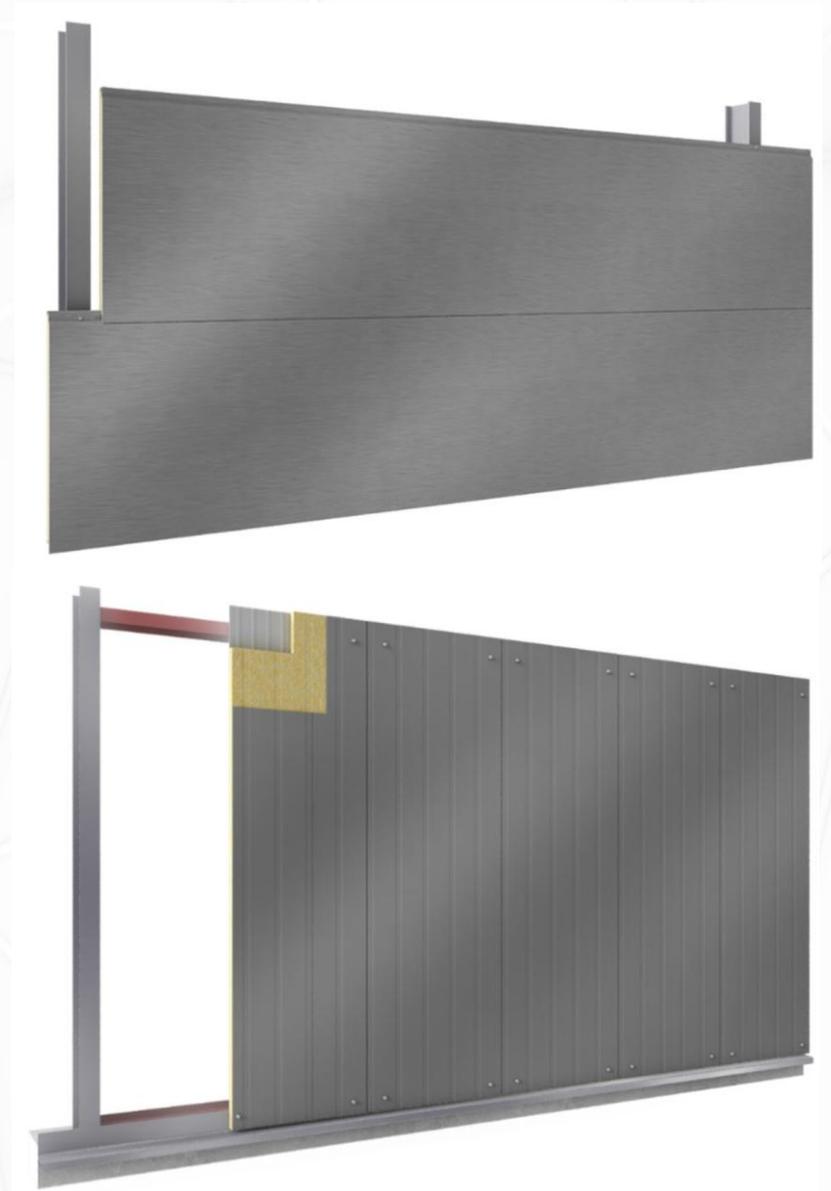
### □ Bardage simple peau :

- Tôle acier nervurée
- Performance thermique à obtenir ultérieurement
  
- Pose verticale ou horizontale :
  - Choix esthétique
  - Influence l'espacement des éléments secondaires de support (lisses, montants)



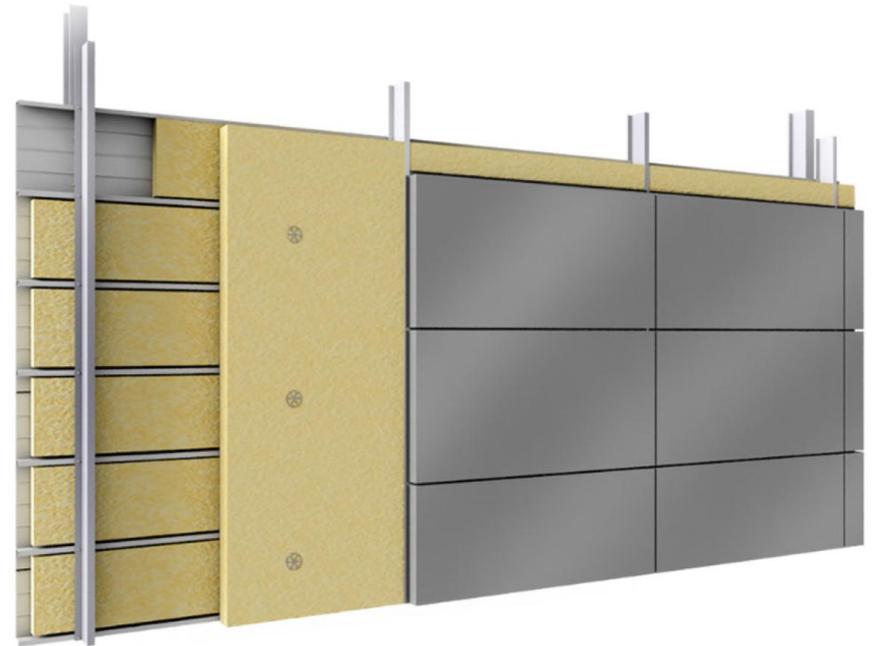
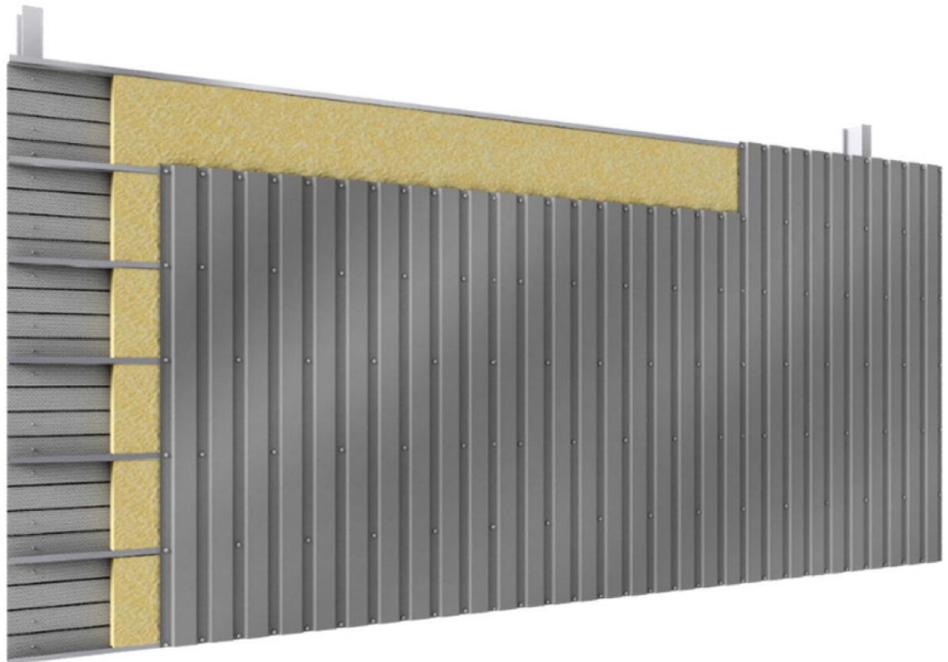
### □ Panneau sandwich :

- 2 tôles métalliques nervurées entourant une âme isolante (mousse polyuréthane par exemple)
- Pose verticale ou horizontale :
  - Choix esthétique
  - Influence l'espacement des éléments secondaires de support (lisses, montants)



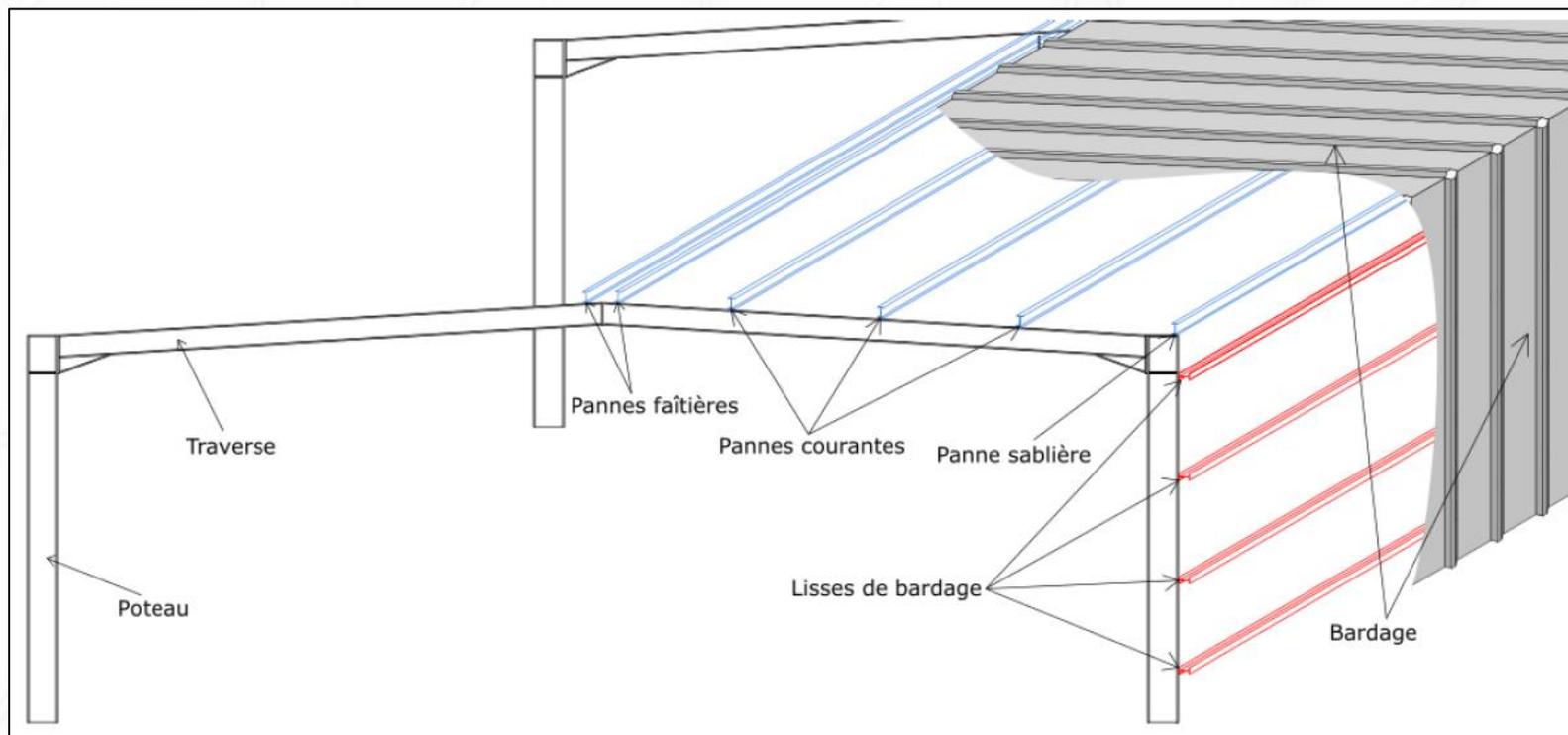
### □ Bardage double peau :

- Plateau intérieur, écarteurs éventuel et tôle nervurée ou cassette extérieure
- Volume entre les éléments comblé par un isolant



## OSSATURES - SECONDAIRES

- ❑ Les ossatures secondaires, comme les pannes et les lisses, sont destinées à supporter l'enveloppe du bâtiment.
- ❑ La couverture s'appuie habituellement sur des pannes et le bardage sur des lisses ou des potelets

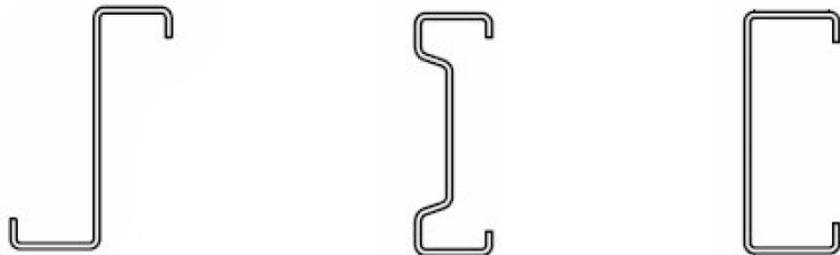


## ❑ Pannes – Fonctions :

- Transmettre les charges V à la structure porteuse
- Transmettre les charges H aux contreventements
- Participer à la stabilité des traverses et arbalétriers
- Participer comme montant de poutre au vent à la stabilité du bâtiment
- Entraxe courant de 2m à 3m (selon type de la couverture) avec une portée de 6 à 12m en profilé laminé et de 12 à 20m en poutre treillis

## ❑ Pannes – Types :

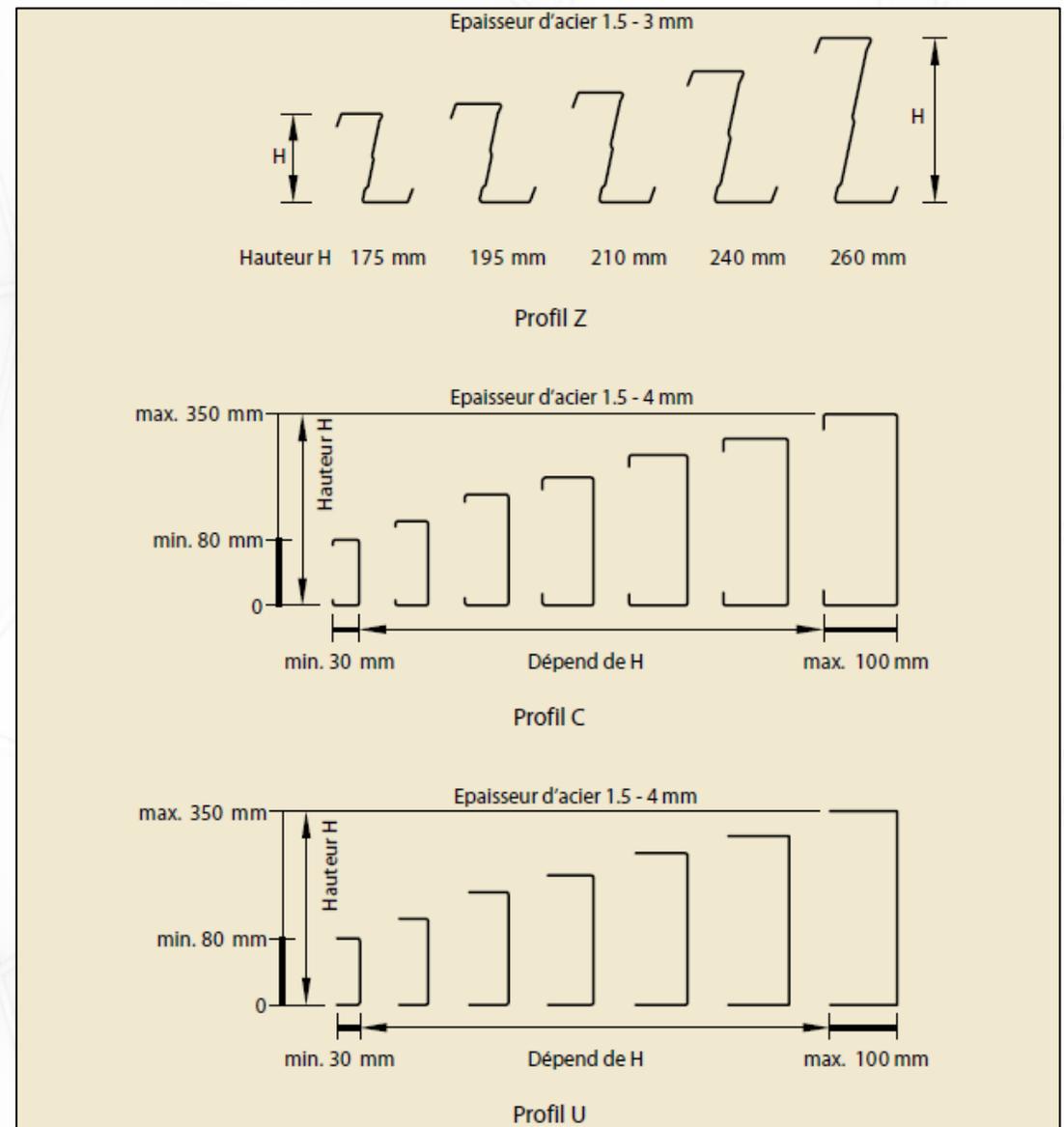
- Profils laminés à chaud (IPE, IPEA, HEA)
- Profilés à froid : épaisseur courante 1,5mm à 2,5mm d'épaisseur



Galvanisés  
Limite d'élasticité élevée  
Poids réduit (montage)

# LES PANNES

- ❑ Les pannes peuvent être en profilés laminés à froid (en Z, en C ou en U)



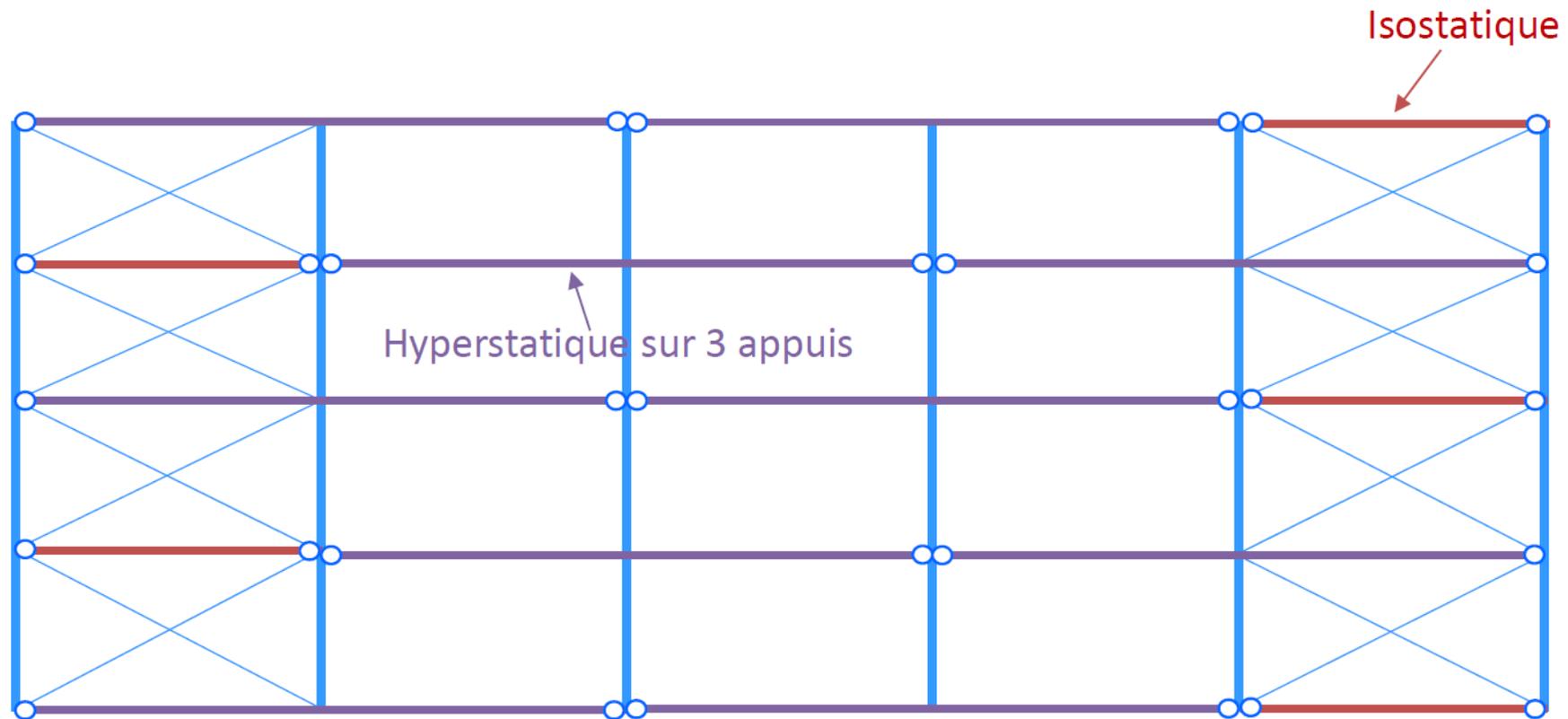
## ❑ Critère de choix :

- Pannes laminées à chaud de type IPE : Habituellement pris en charge par le constructeur en charge de la structure du bâtiment et permet de rester dans une gamme de profilés standards.
- Pannes formées à froid : le système d'empannage – lissage est sous traité (étude, fabrication, montage) à un industriel spécialiste de ces produits qui a également conçu toute une série d'accessoires (éclisses, échantignoies, etc.) pour faciliter sa mise en œuvre : système constructif « Profil du futur », « SADEF », « Profil C », etc.

# LES PANNES

## □ Pannes :

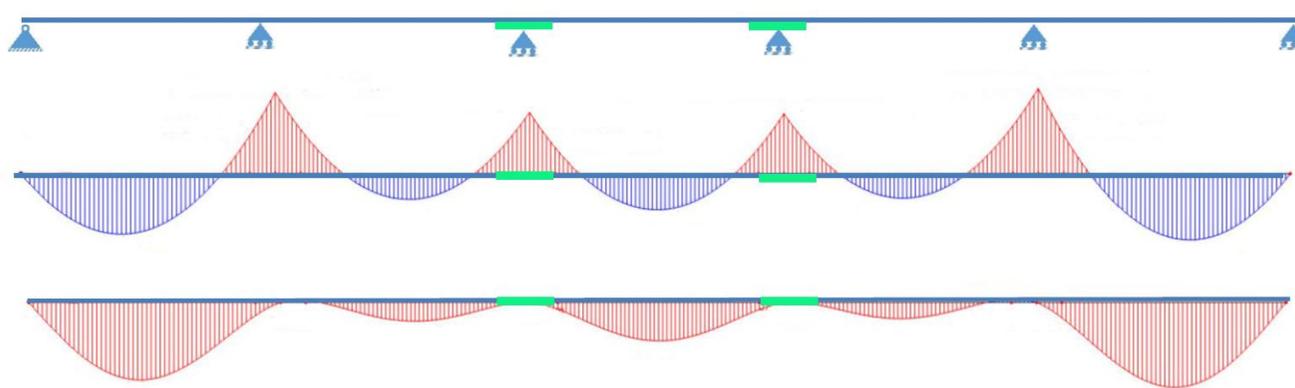
- Alternance des pannes isostatiques et continues sur 3 appuis pour limiter l'effet de continuité sur appui (afin de diminuer les réactions sur portiques).





## □ Pannes :

- Poutre « continue » sur appuis multiples (arbalétriers) pour réduire les déformations.
- Continuité pleine ou partielle suivant l'assemblage de continuité réalisé : longueur d'approvisionnement / éclissage / emboîtement.

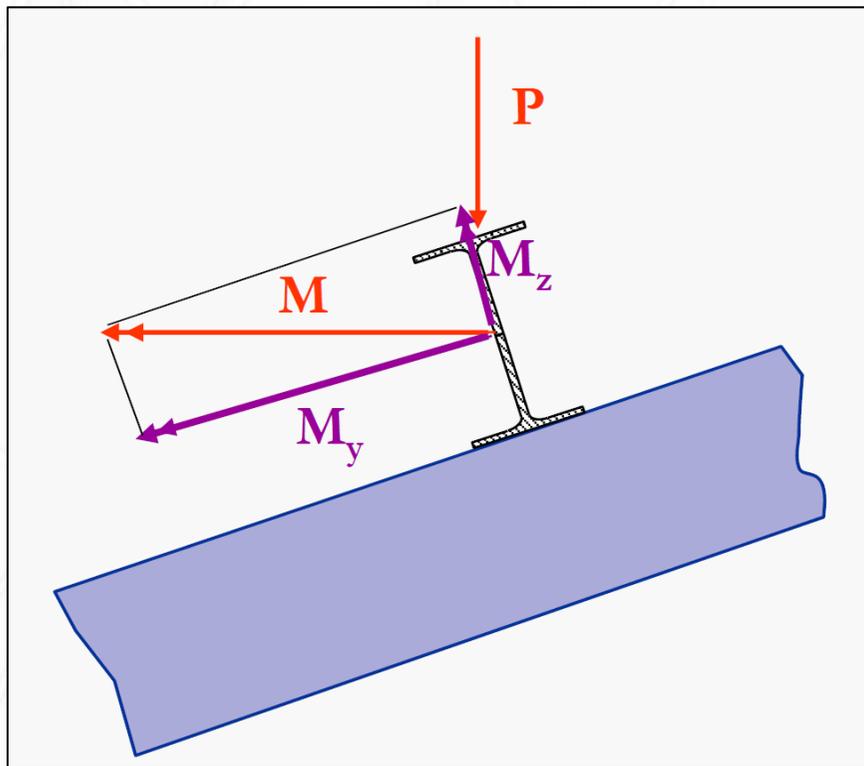


## □ Constats :

- Travées de rive les plus sollicitées et les plus déformées
- Remèdes possibles :
  - Augmenter l'épaisseur des pannes de rive (si formées à froids) ou modifier la section (si laminées à chaud)
  - Réduire les dimensions des travées de rive

## □ Pannes – Flexion déviée :

- Dans le cas de pentes de versants significatives, à la flexion « principale » sous les composantes des charges perpendiculaires au versant ( $M_y$ ), s'ajoute la flexion selon le petit sens d'inertie des pannes ( $M_z$ )

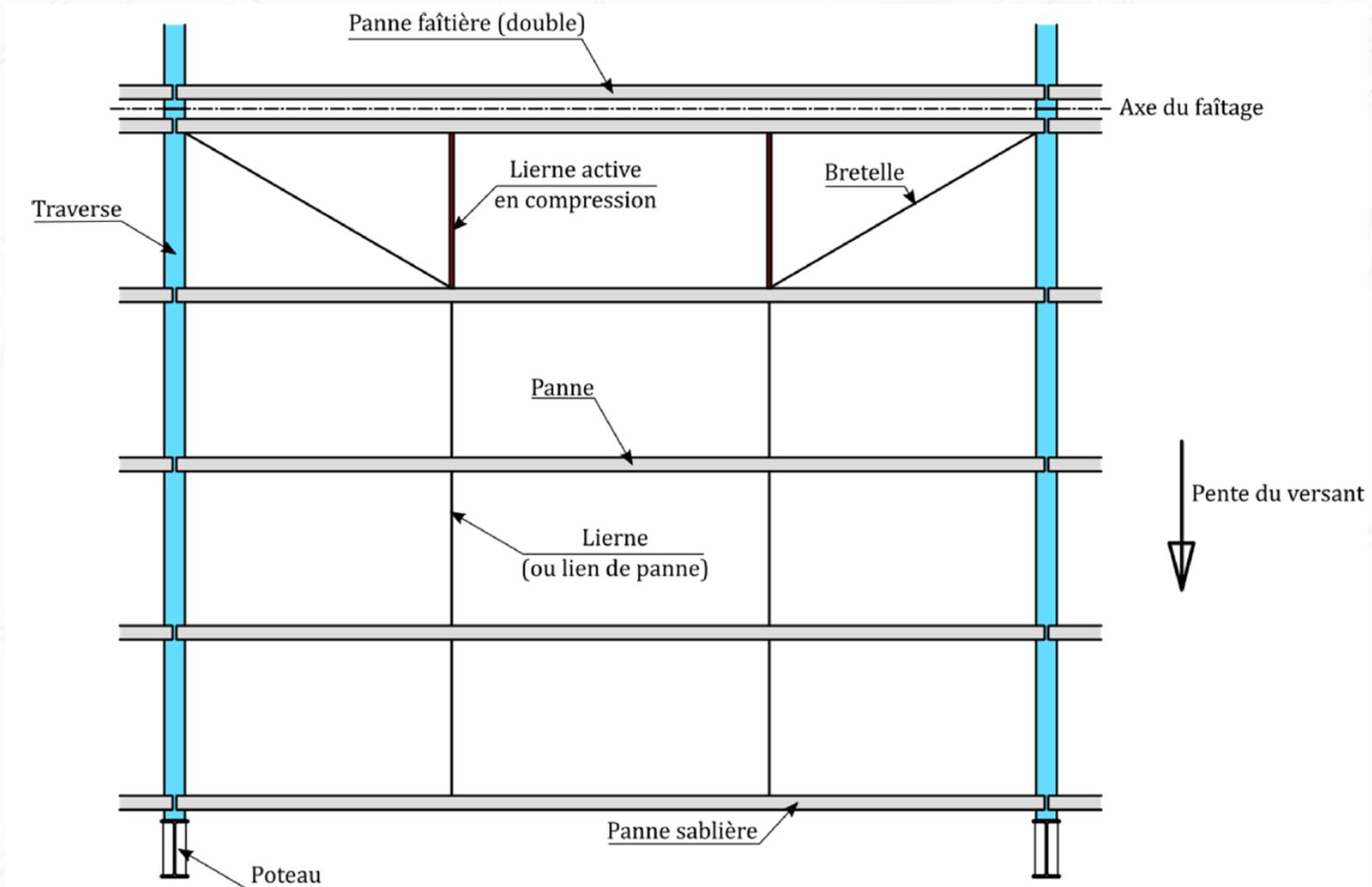


### *Utilité du système de liernage*

*Le système de liernage a pour effet d'ajouter des supports supplémentaires aux pannes dans leur petit sens de flexion et donc de minimiser cette contrainte de flexion.*

*Les pannes sont alors calculées en considérant deux systèmes structuraux différents.*

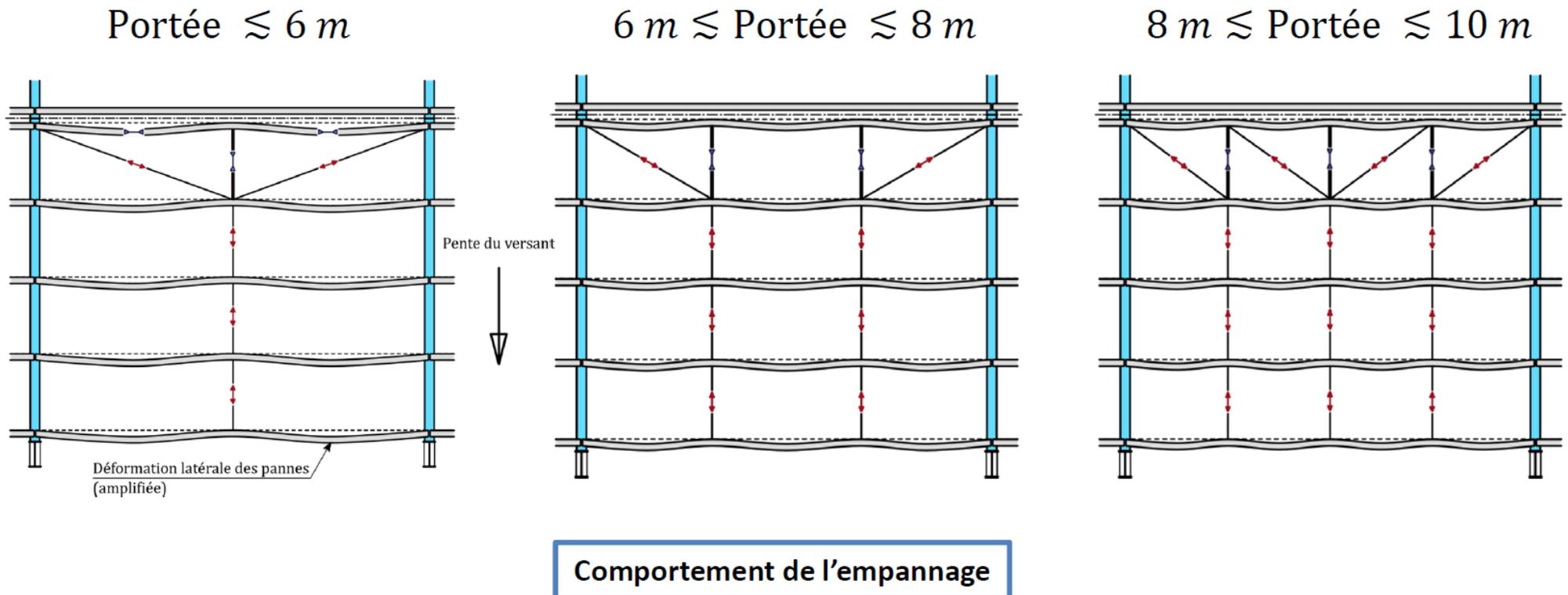
## □ Vocabulaire – système de liernage :



# LES PANNES

## □ Système de liernage :

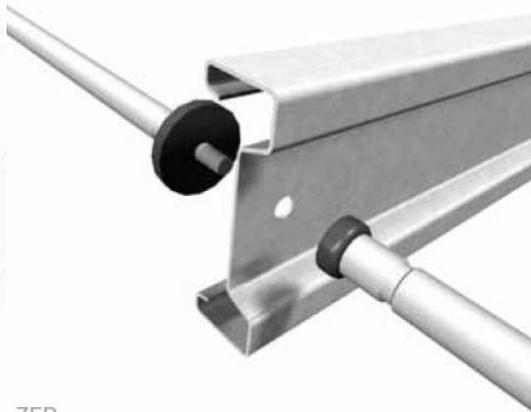
- Assure la rectitude des pannes en phase de montage
- Permet de réduire la portée pour la flexion suivant la petite inertie
- Peut constituer un maintien hors plan pour la panne



## □ Système de liernage :

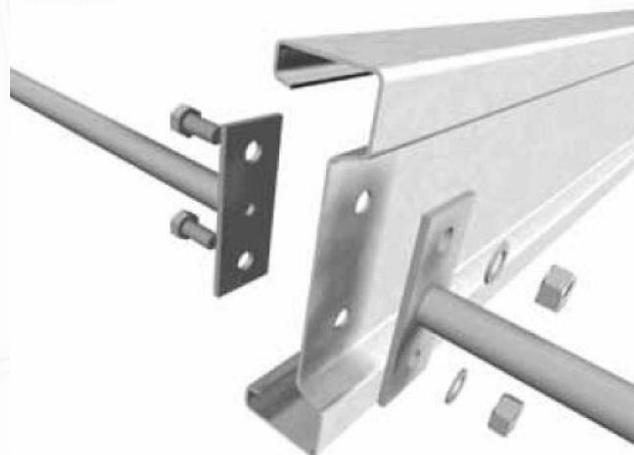
- A pour but de :
  - Faciliter le montage rectiligne des pannes
  - Limiter la portée en flexion latérale de la semelle isolée (composante des charges suivant versant)
  - Limiter la longueur de déversement pour les pannes fléchies
  - Limiter la longueur de flambement pour les pannes comprimées
  - Les liernes travaillent en traction et transmettent les efforts correspondants à la structure principale par les bretelles

SIGMA



ZED

SIGMA

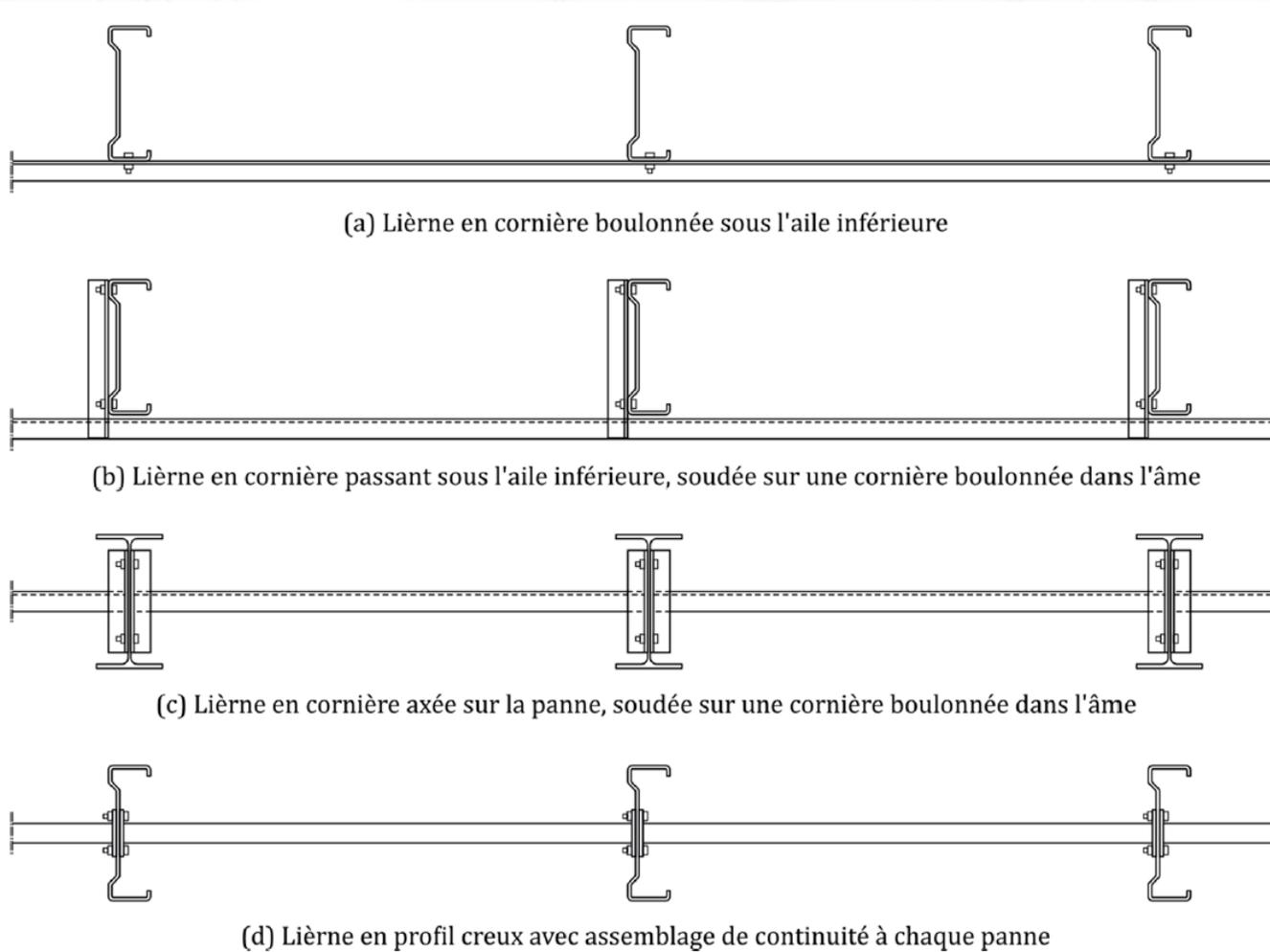


ZED



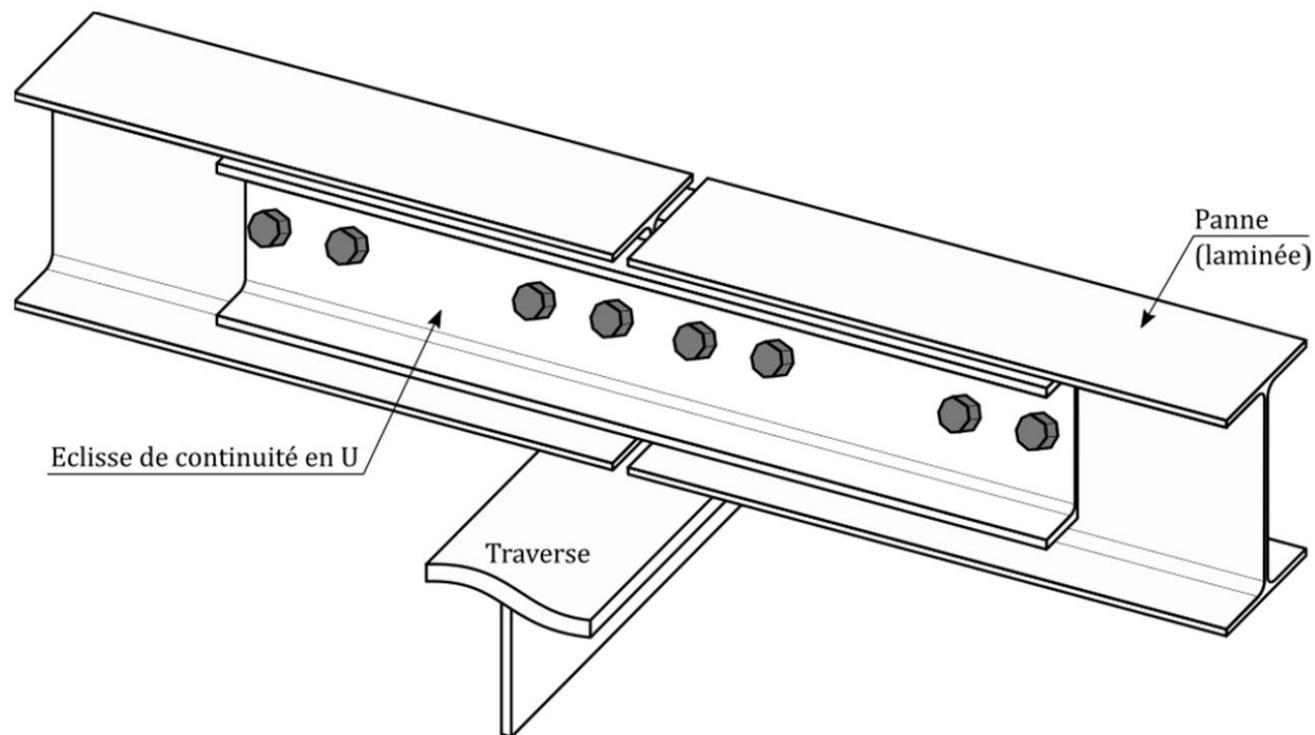
## □ Système de liernage :

- Différents types de liernes



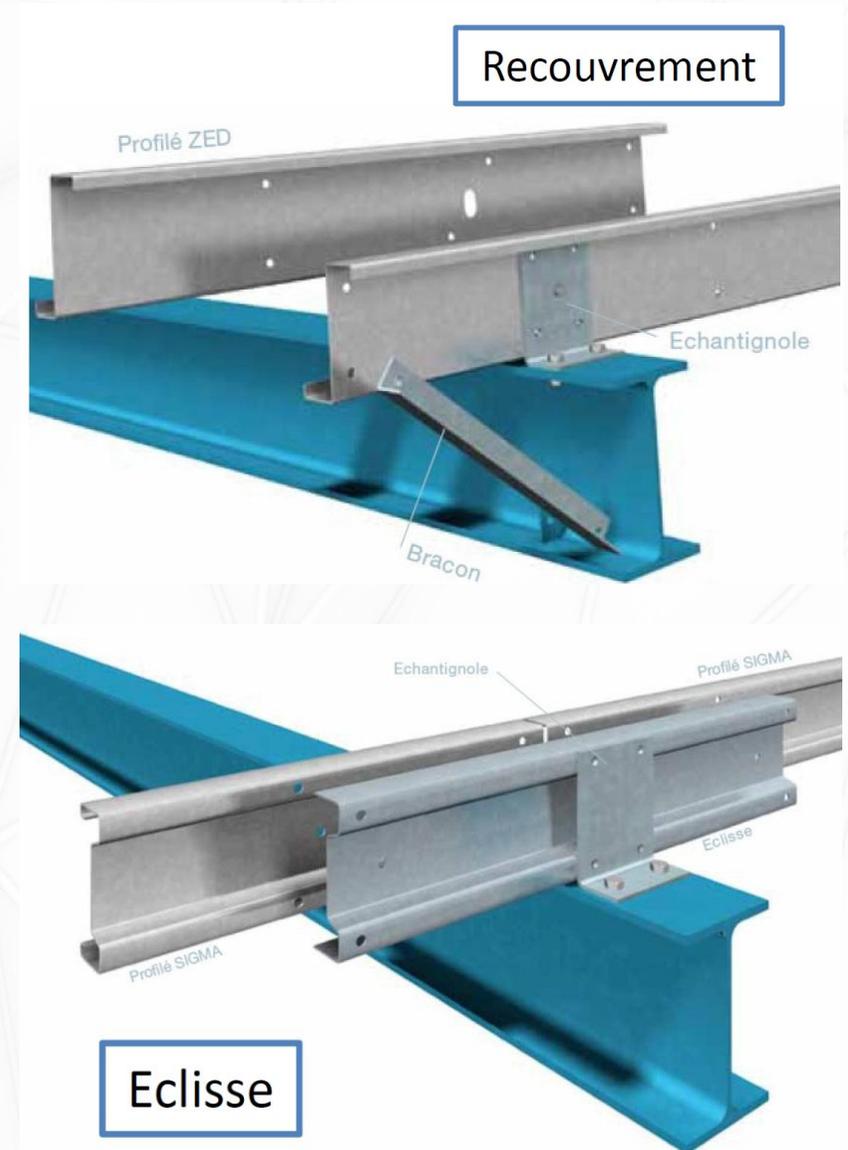
## □ Pannes en continuité par assemblage :

- Pannes laminées
  - Continuité acceptable obtenue avec un assemblage par double U
  - Longueur de l'assemblage : environ 10% de la portée de part et d'autre de l'appui.



# LES PANNES

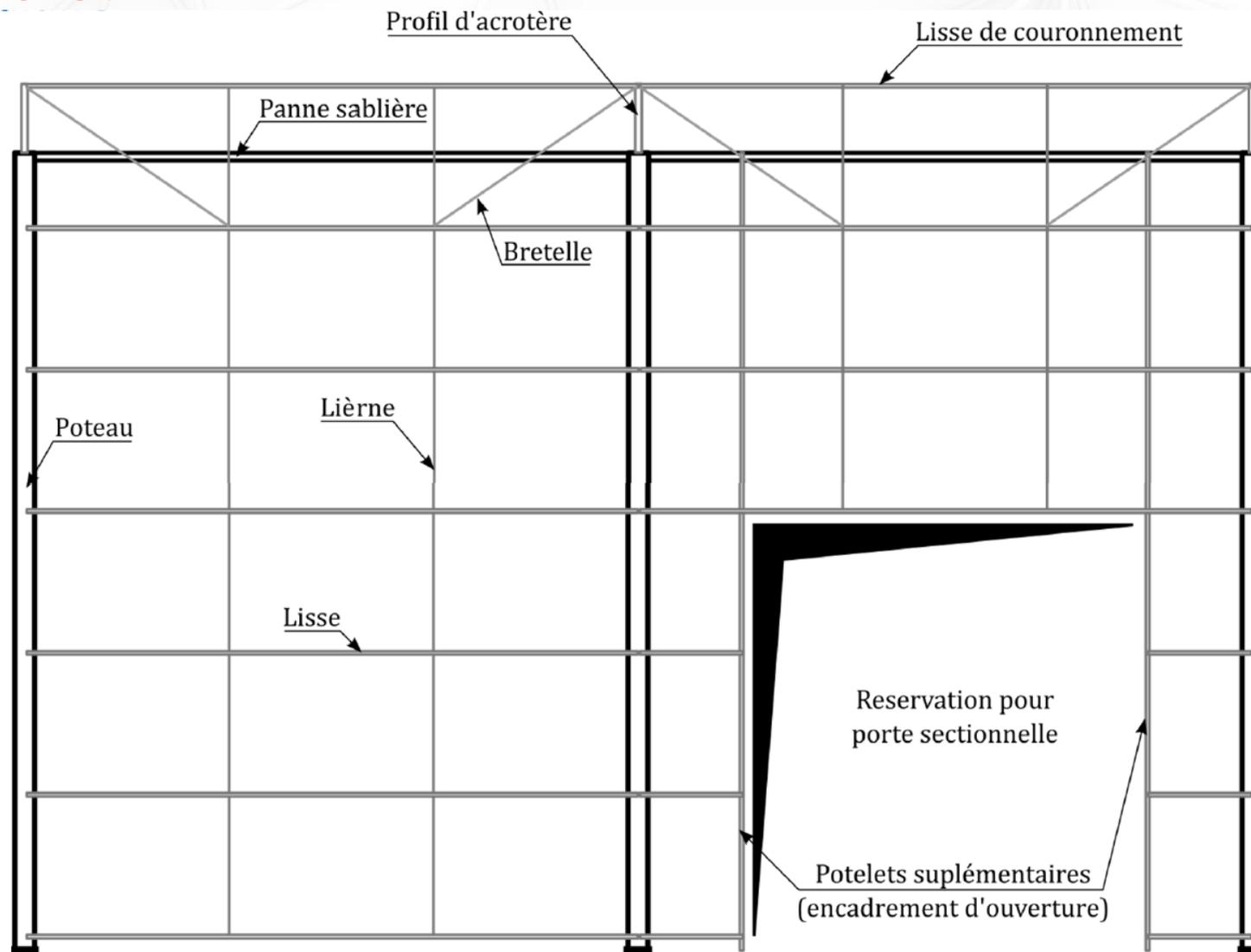
- ❑ Pannes en continuité par assemblage :
  - Pannes formées à froid



- ❑ Les lisses sont des éléments porteurs secondaires qui reprennent les charges permanentes des éléments de bardage et des châssis ainsi que les surcharges sur les façades (vent) et les transmettent aux éléments porteurs principaux.
- ❑ Entraxe courant de 2m à 2,5m avec une portée courante de 6m.
- ❑ Dans le cas courant on utilise des profilés en tube carré (meilleure résistance à la bi-flexion).
- ❑ Il existe : des lisses d'acrotère/de couronnement, lisse de bardage, lisse de châssis.

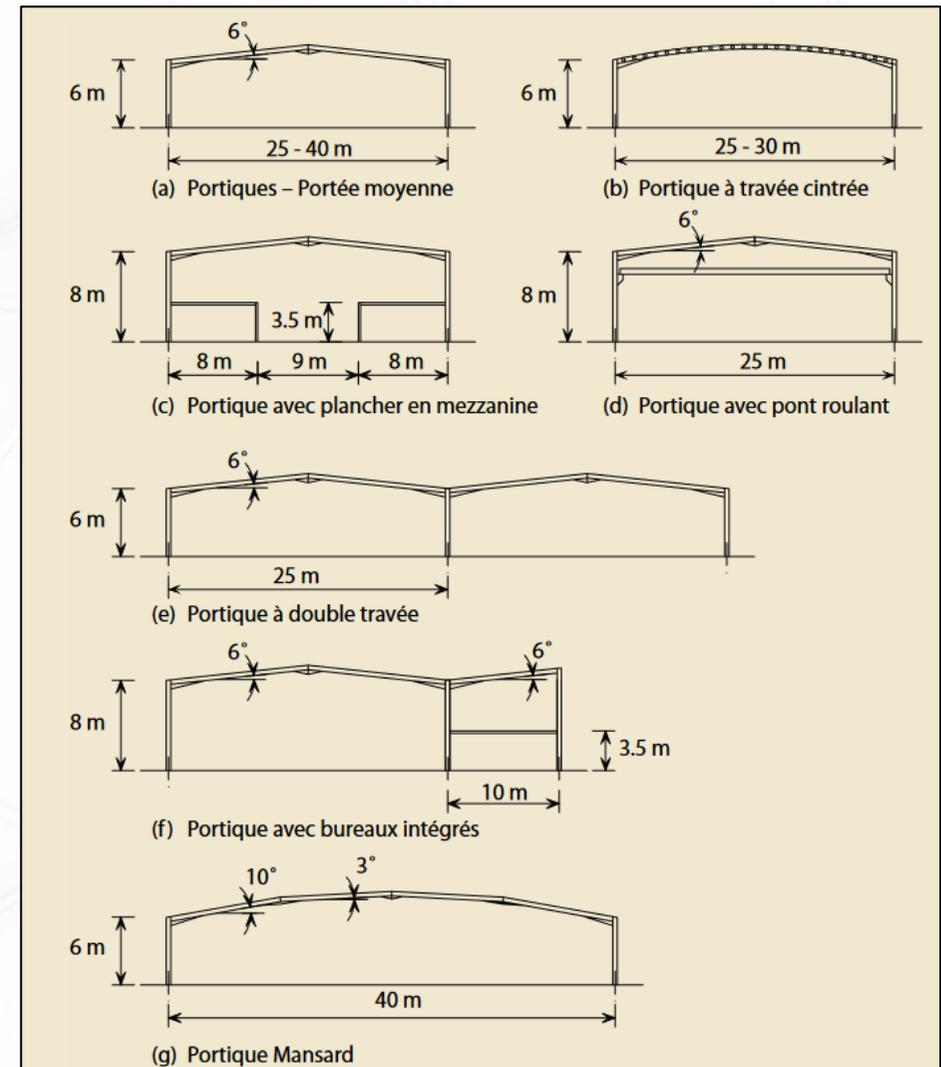
# LES LISSES - QU'EST CE QUI VA CHANGER PAR RAPPORT AUX PANNES ?

## □ Vocabulaire :



# LES PORTIQUES

- ❑ Les portiques en acier sont largement utilisés dans la plupart des pays européens car ils associent efficacité structurale et adéquation fonctionnelle.
- ❑ Diverses configurations de portiques peuvent être conçues en utilisant le même concept structural, comme le montre la figure 3.

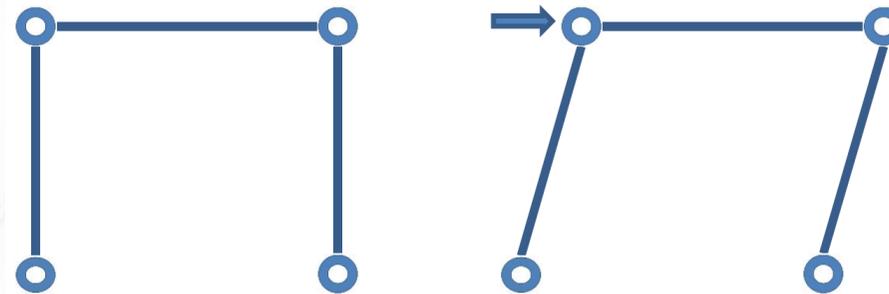


*Différentes formes de portique*

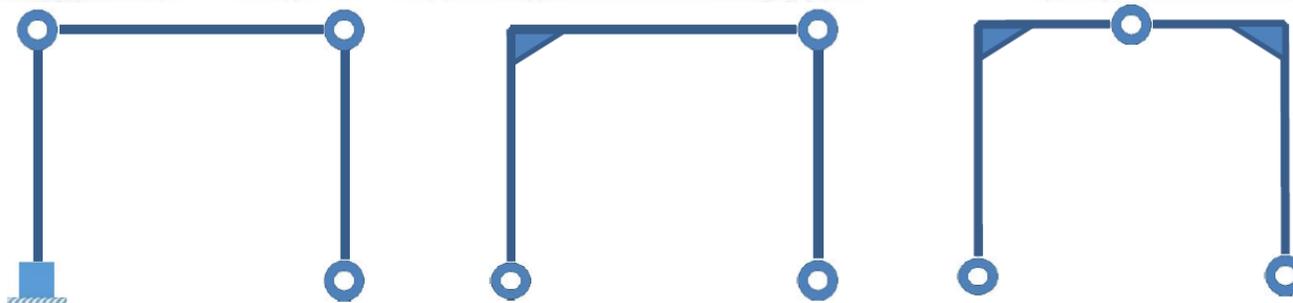
## □ Principes :

- Un portique correspond à une ossature en cadre dans laquelle 1 nœud au moins ne permet pas de rotation relative (= permet la transmission d'un moment de flexion significatif)

## □ Cadre instable (hypostatique = instable) :

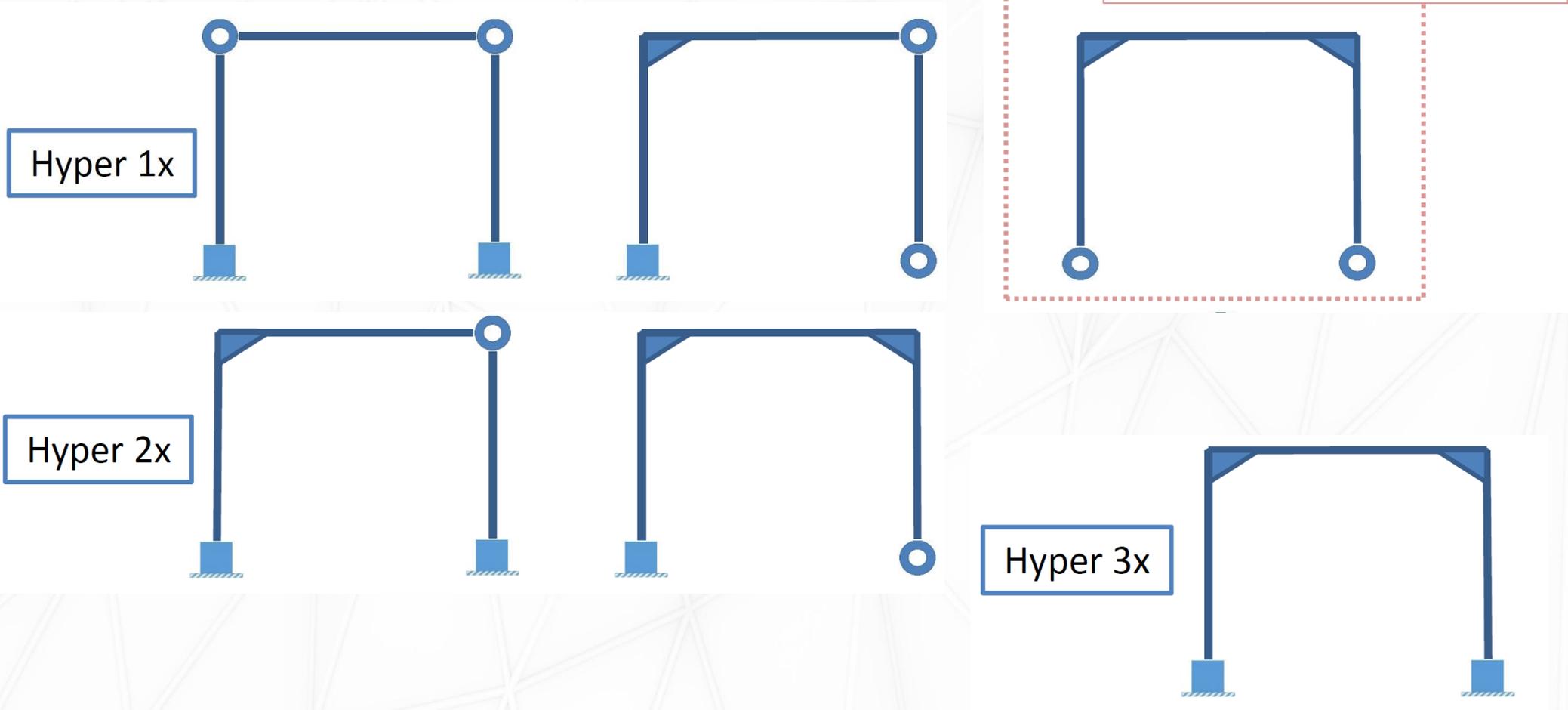


## □ Cadres stables (condition minimale = isostatique) :



# LES PORTIQUES

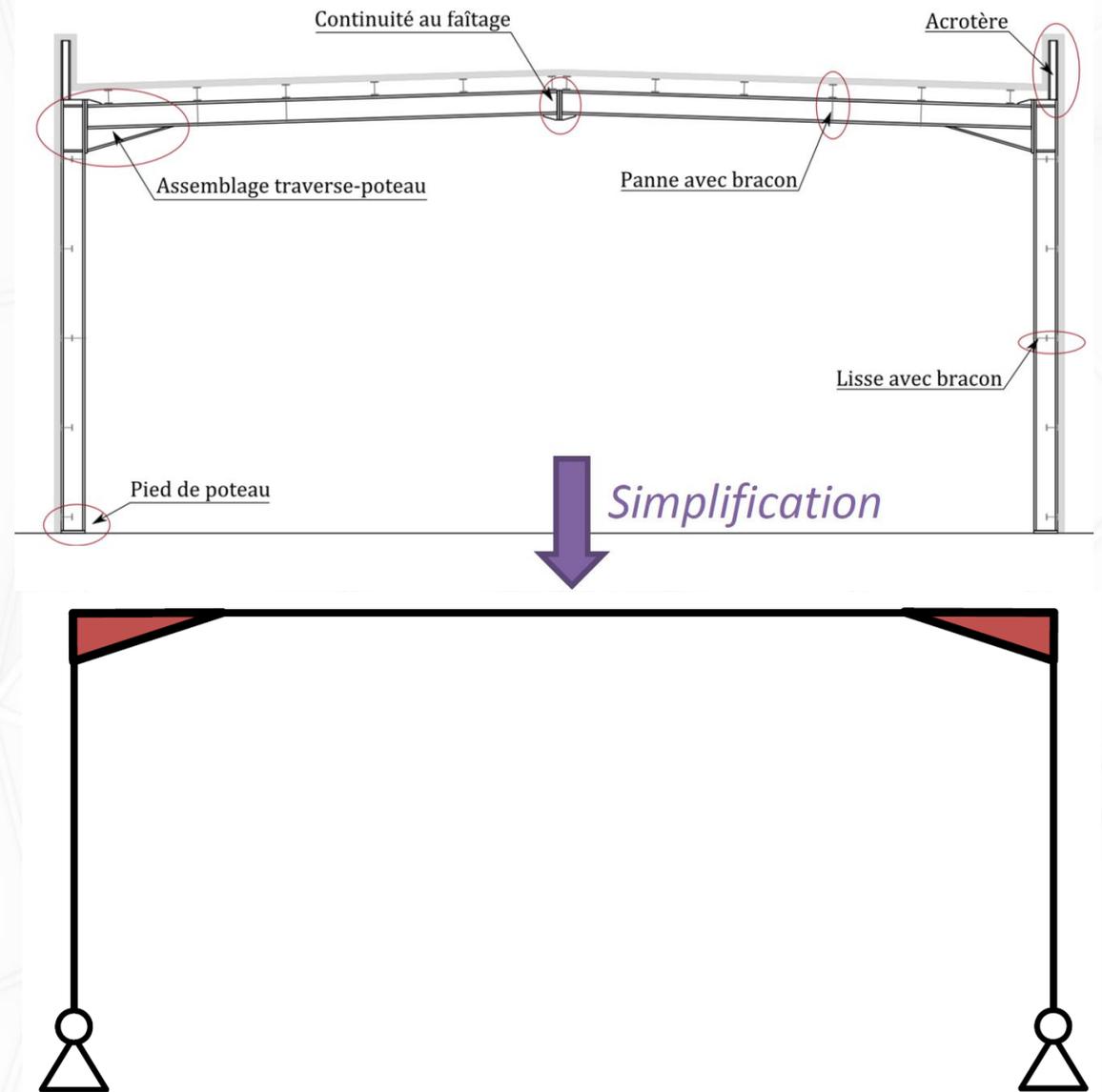
## □ Cadres hyperstatiques :



# LES PORTIQUES

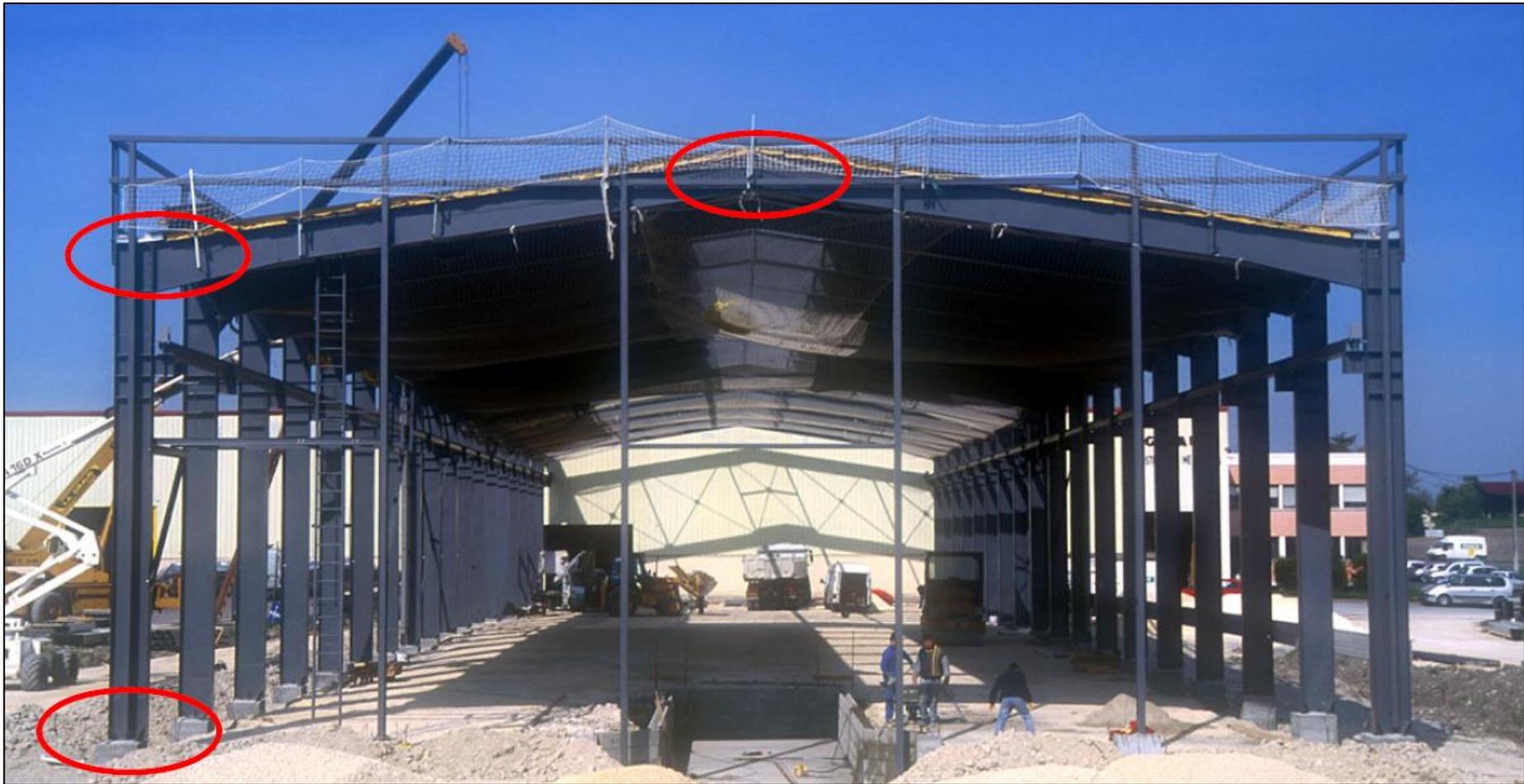
## □ Portiques courants :

- Pied de poteau « articulé »
- Traverse « encastrée » sur le poteau
- Brisure / pente de la traverse peu prononcée



## LES PORTIQUES

- ❑ On désigne par portiques les sous-ensembles plans participant à la stabilité d'une structure, par encastrement de barres entre elles :



- Un portique peut-être constitué d'éléments en treillis :

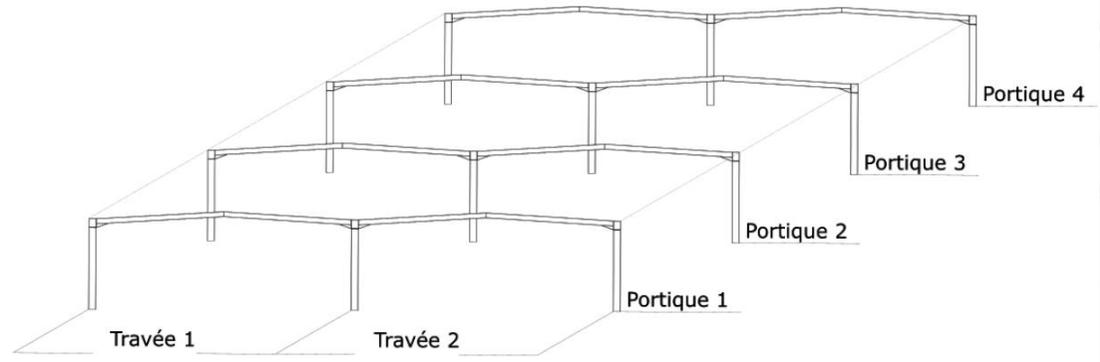


## □ Utilisation :

- C'est une conception très couramment utilisée pour réaliser la stabilité transversale des bâtiments industriels dans une gamme de portée très étendue
- Jusqu'à 15 à 20m : traverse en laminé ou PRS
- Au-delà, traverse en treillis

## □ Type de portique :

- Isostatique ou hyperstatique
  - Articulés en pieds
  - Encastrés en pieds
- À une seule nef ou à nefs multiples
- A un seul niveau ou multi-étages



### □ Conception :

- Platine de faible hauteur (300mm en général), et d'épaisseur modérée
- 2 à 4 tiges d'ancrages, le plus proche possible de l'axe du poteau ou de la platine
- Pour les ossatures les plus importantes, mise en œuvre d'un grain.

### *Objectifs*

*Résistance et rigidité faible vis-à-vis d'un moment de flexion*

*+*

*Capacité à se déformer sans créer de désordres*



## □ Conception :

- Platine généralement plus « haute » que la section du poteau et d'épaisseur élevée et souvent raidie
- Tiges d'ancrages éloignées de l'axe du poteau pour augmenter le bras de levier de l'assemblage



## *Objectifs*

*Résistance et rigidité élevée vis-à-vis d'un moment de flexion sans déformation significative*



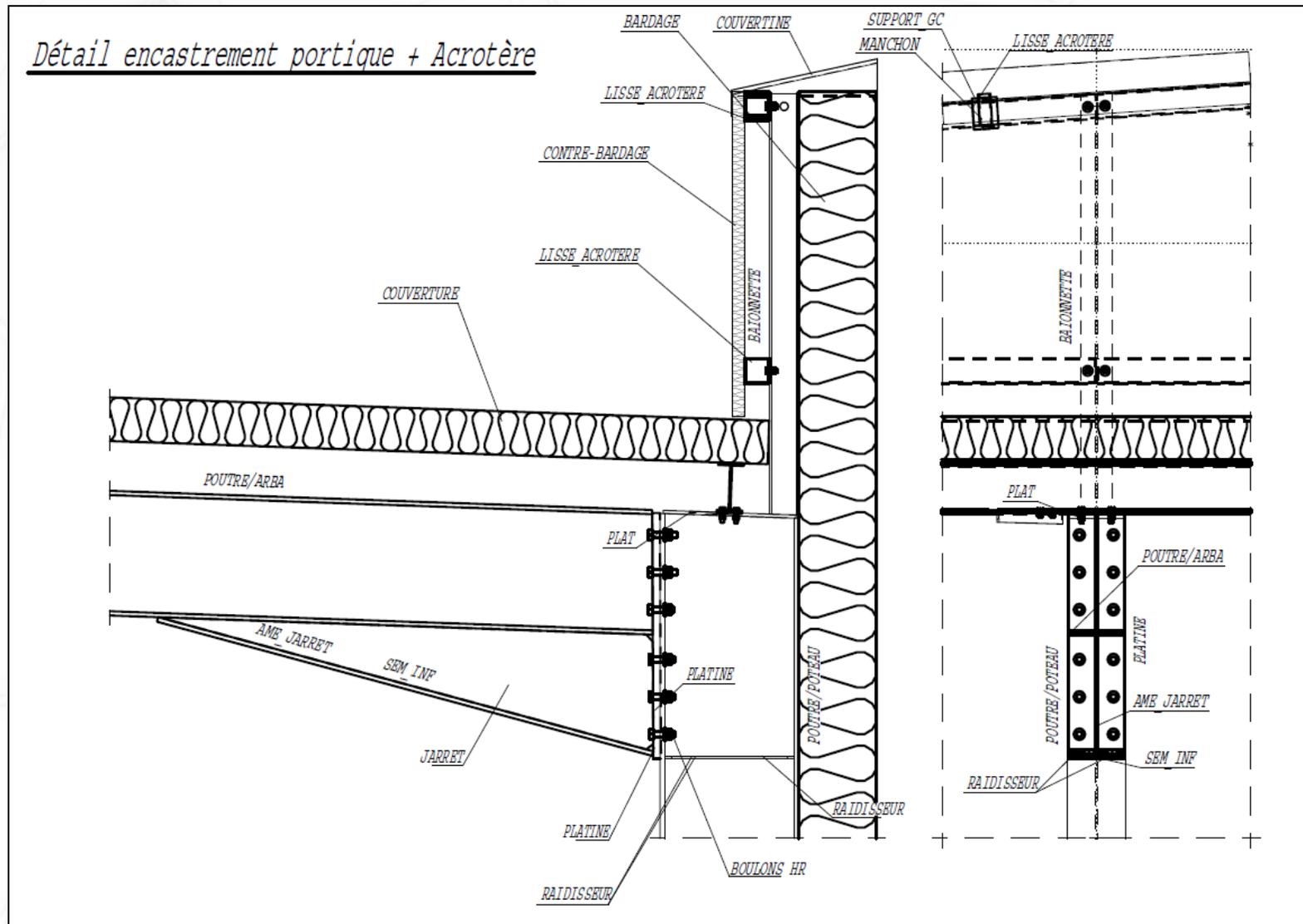
## PdP « articulés »

- Ossature métallique plus sollicitée (moment d'encastrement au jarret)
- Fondations moins sollicitées
- Plus grande déformation de l'ossature métallique
- Ossature plus « tolérante » aux tassements d'appuis
- Pied de poteau et fondation plutôt simple et économique

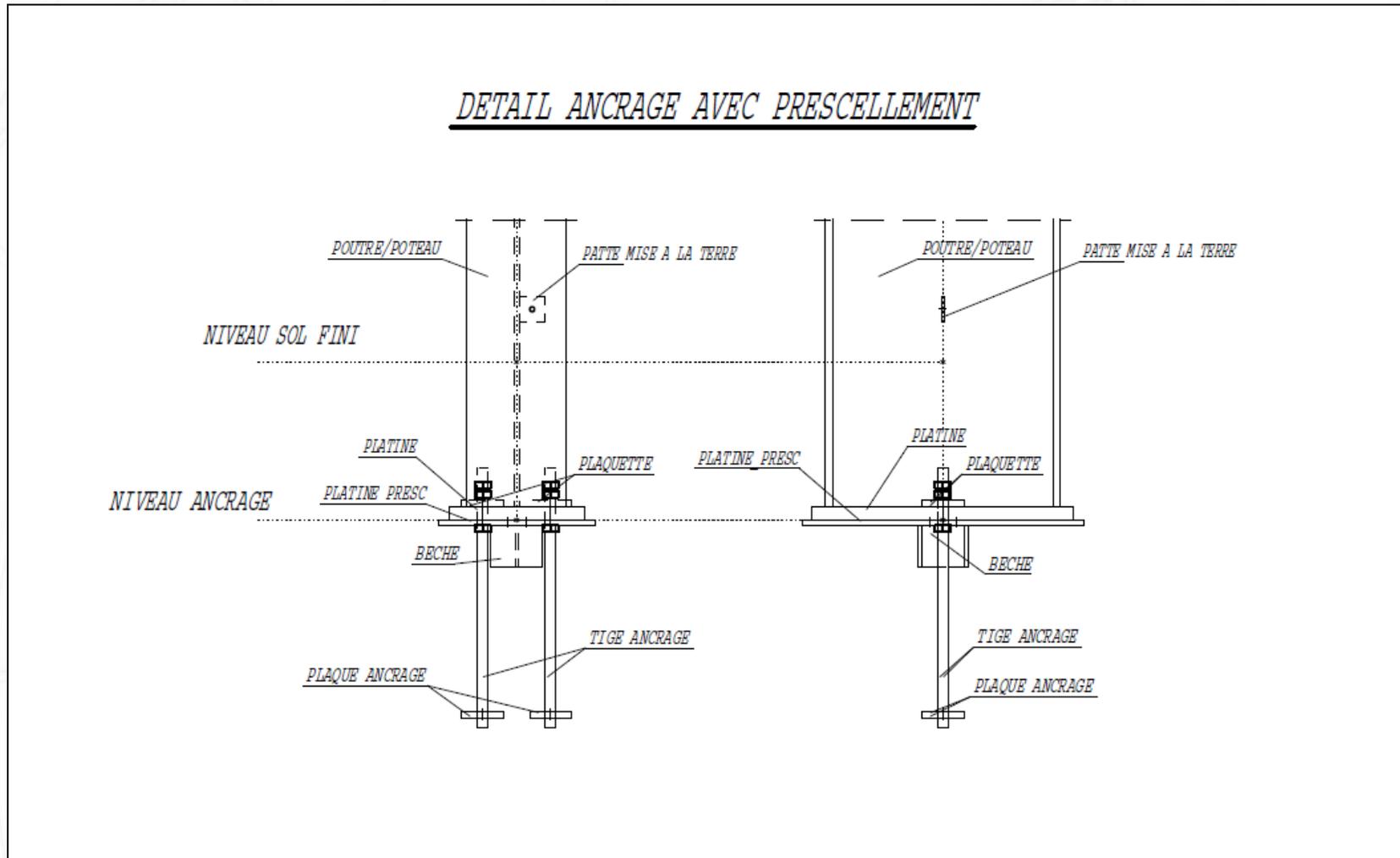
## PdP « encastrés »

- Ossature métallique moins sollicitée
- Fondations plus sollicitées (attention aux conditions géotechniques)
- Moins de déformation de l'ossature métallique (intéressant lors de la présence d'un pont roulant)
- Ossature sensible aux tassements d'appuis
- Pied de poteau et fondation plutôt complexe et peu économique

# LES PORTIQUES - DETAILS DE CONCEPTION

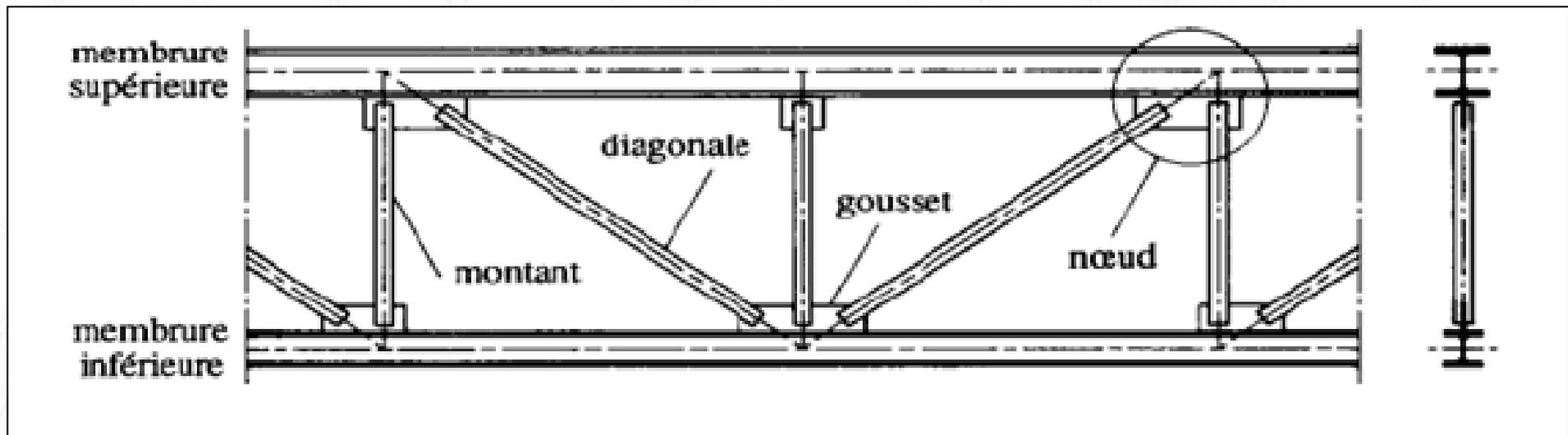


## DETAIL ANCRAGE AVEC PRESCELLEMENT

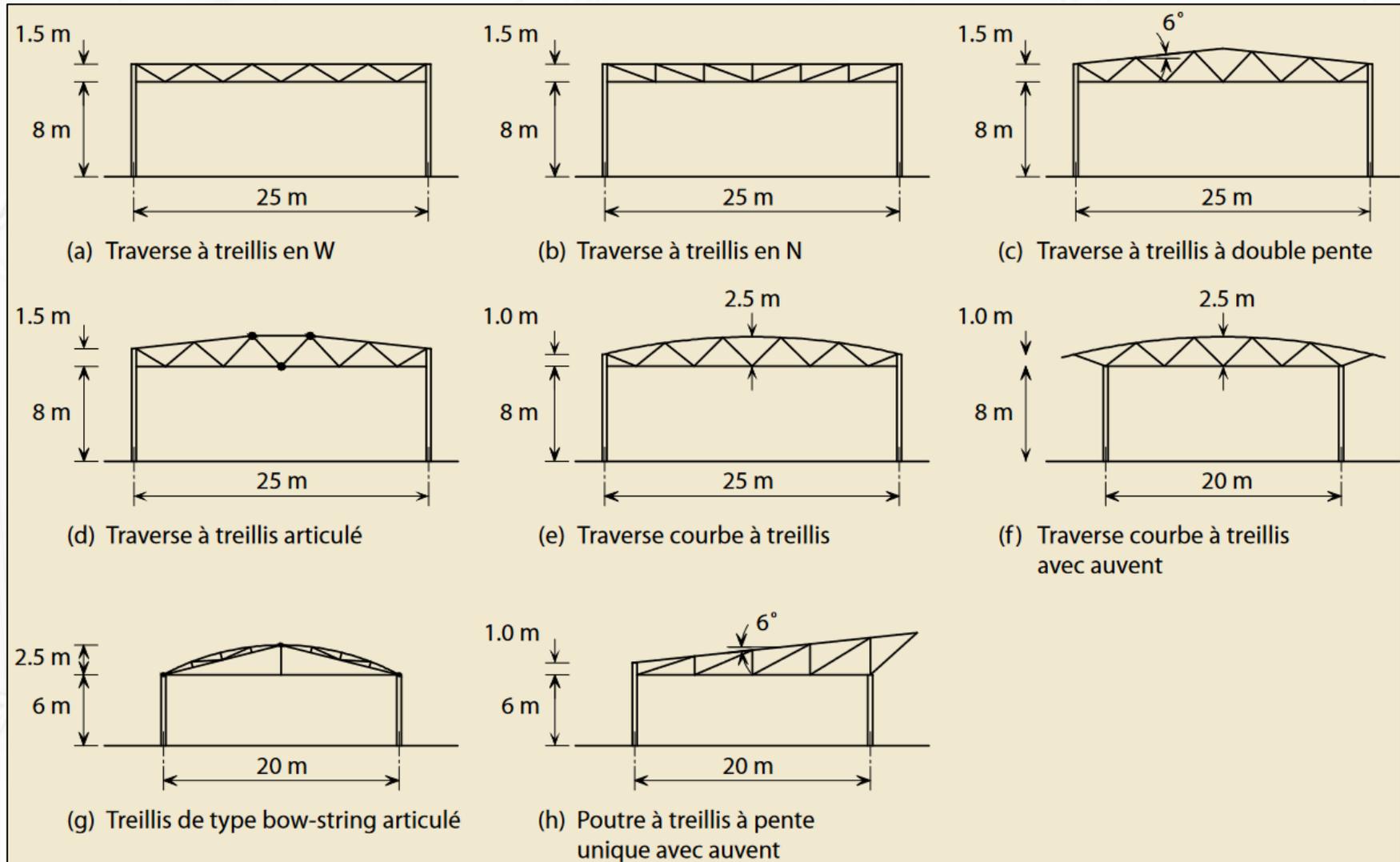


### □ Conception générale :

- Une poutre treillis est composé de membrures reliées par des éléments verticaux et/ou obliques (montants et diagonales).
- Les barres sont articulées entre elles et forment une triangulation
- L'utilisation de structures à treillis permet d'obtenir une rigidité et une résistance aux charges relativement élevées tout en réduisant au minimum l'utilisation de matériaux.



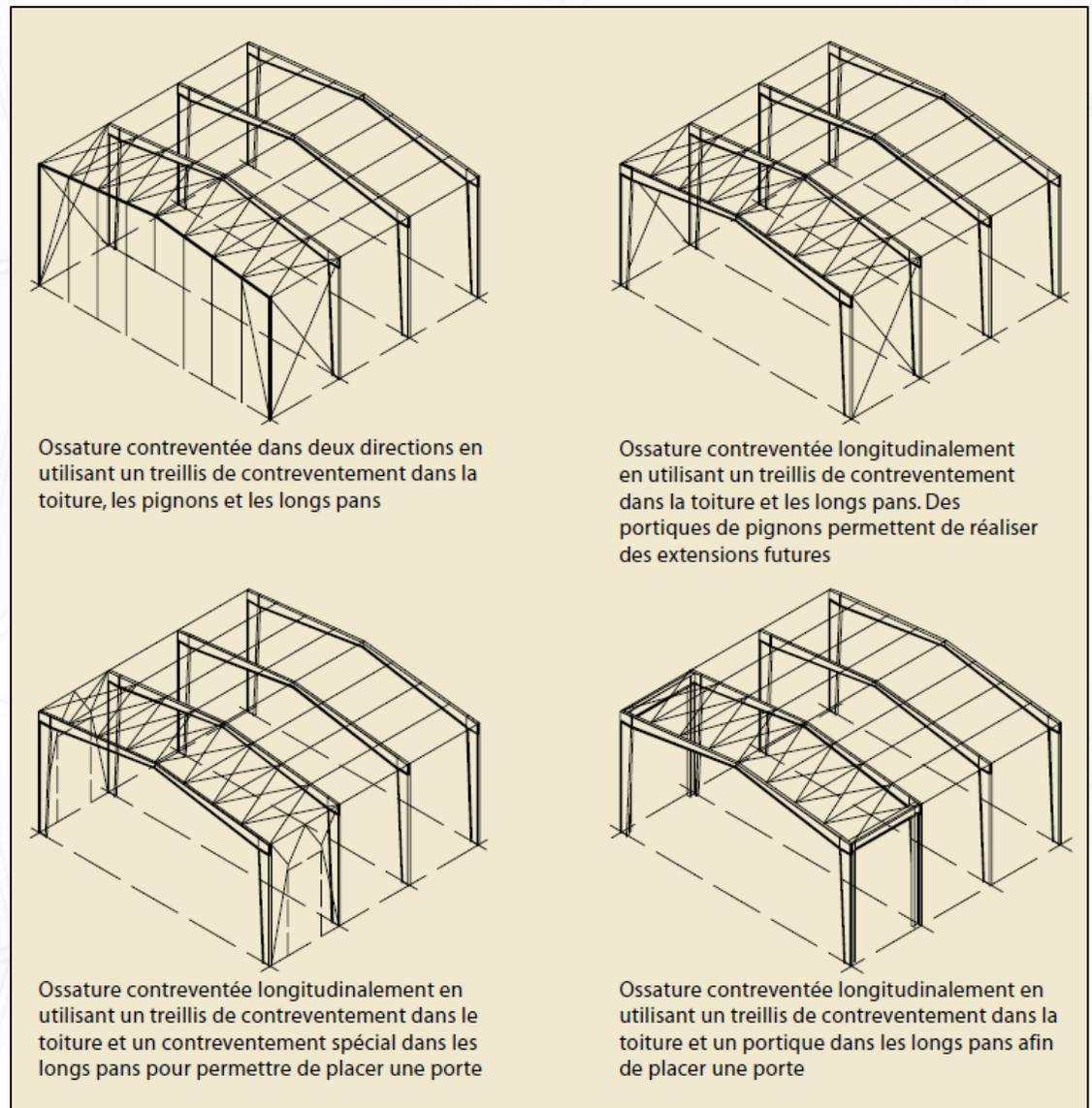
# FERMES - A TREILLIS



*Différentes formes de fermes à treillis*

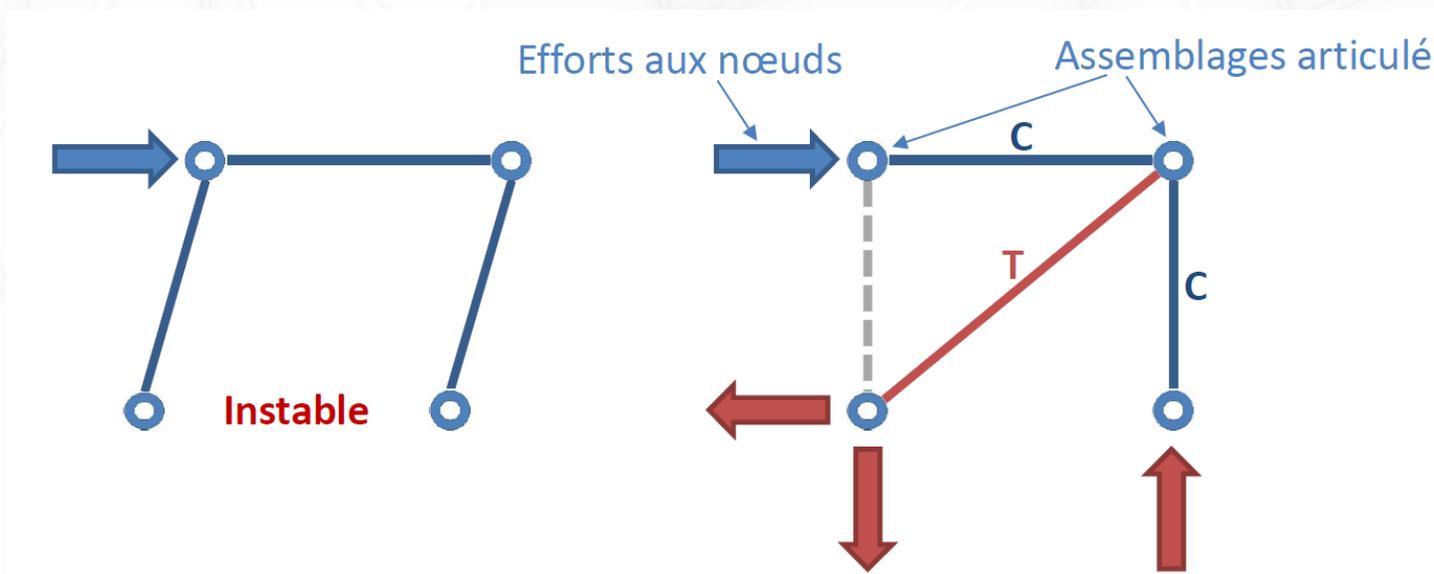
# CONTREVENTEMENT

- D'une façon générale, ce sont des poutres treillis situées dans un plan vertical ou horizontal, soumises principalement à des charges horizontales extérieures comme le vent ou à des fins de stabilisation interne.



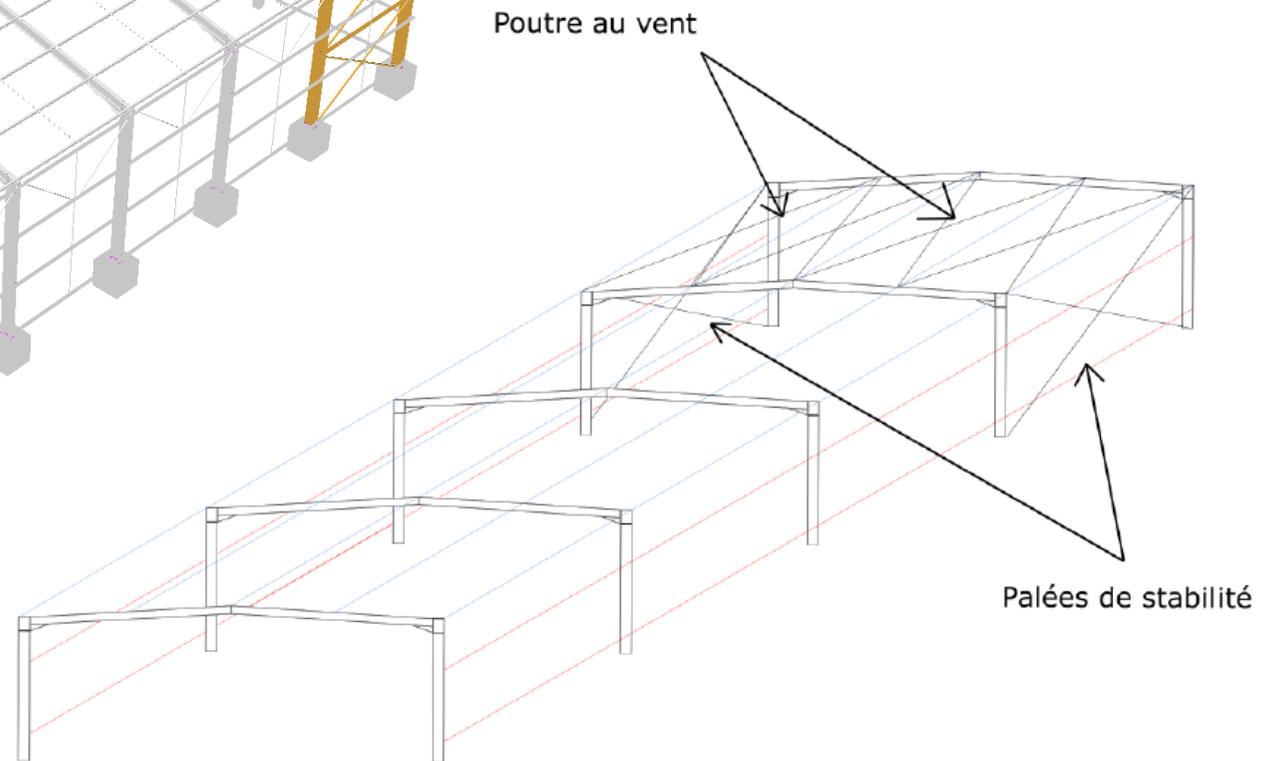
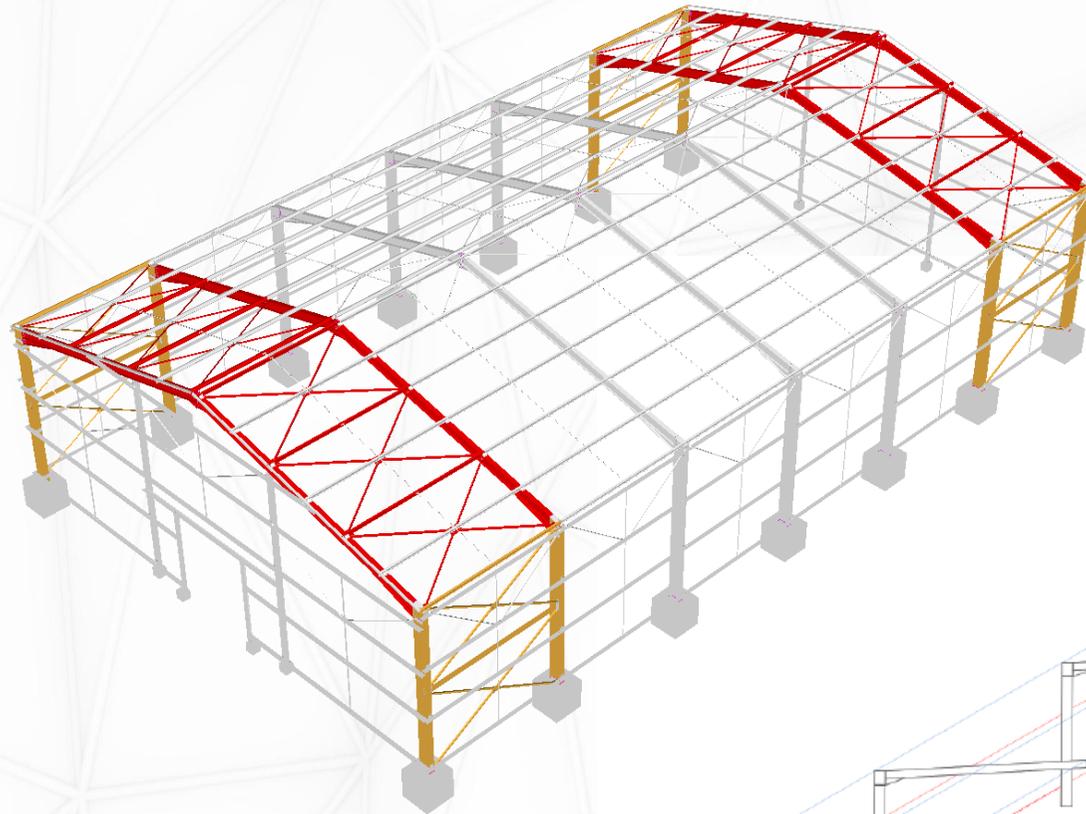
## □ Principe :

- Le principe des treillis est largement utilisé pour transmettre les efforts de « renversement » sous charges horizontales aux fondations.

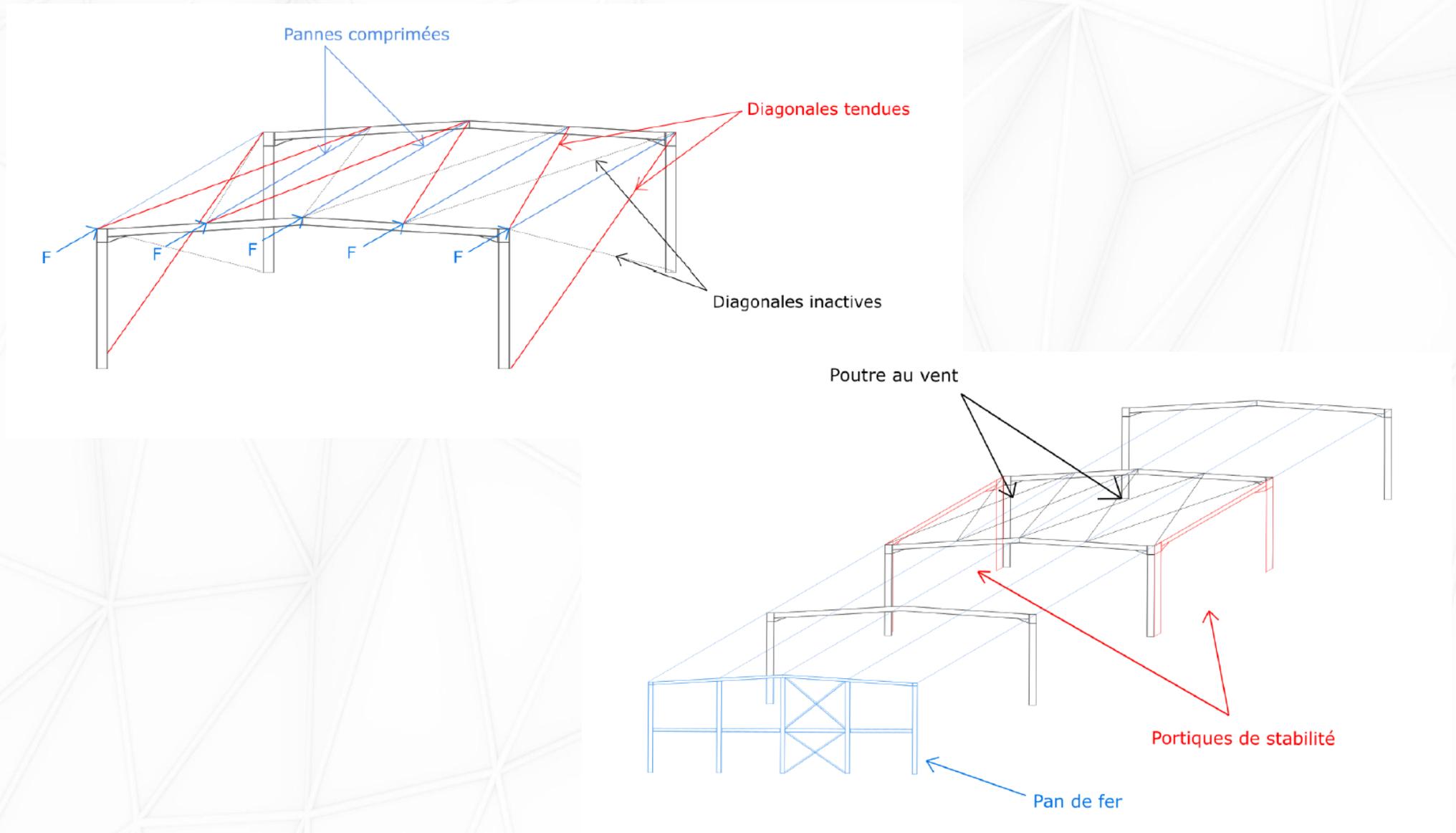


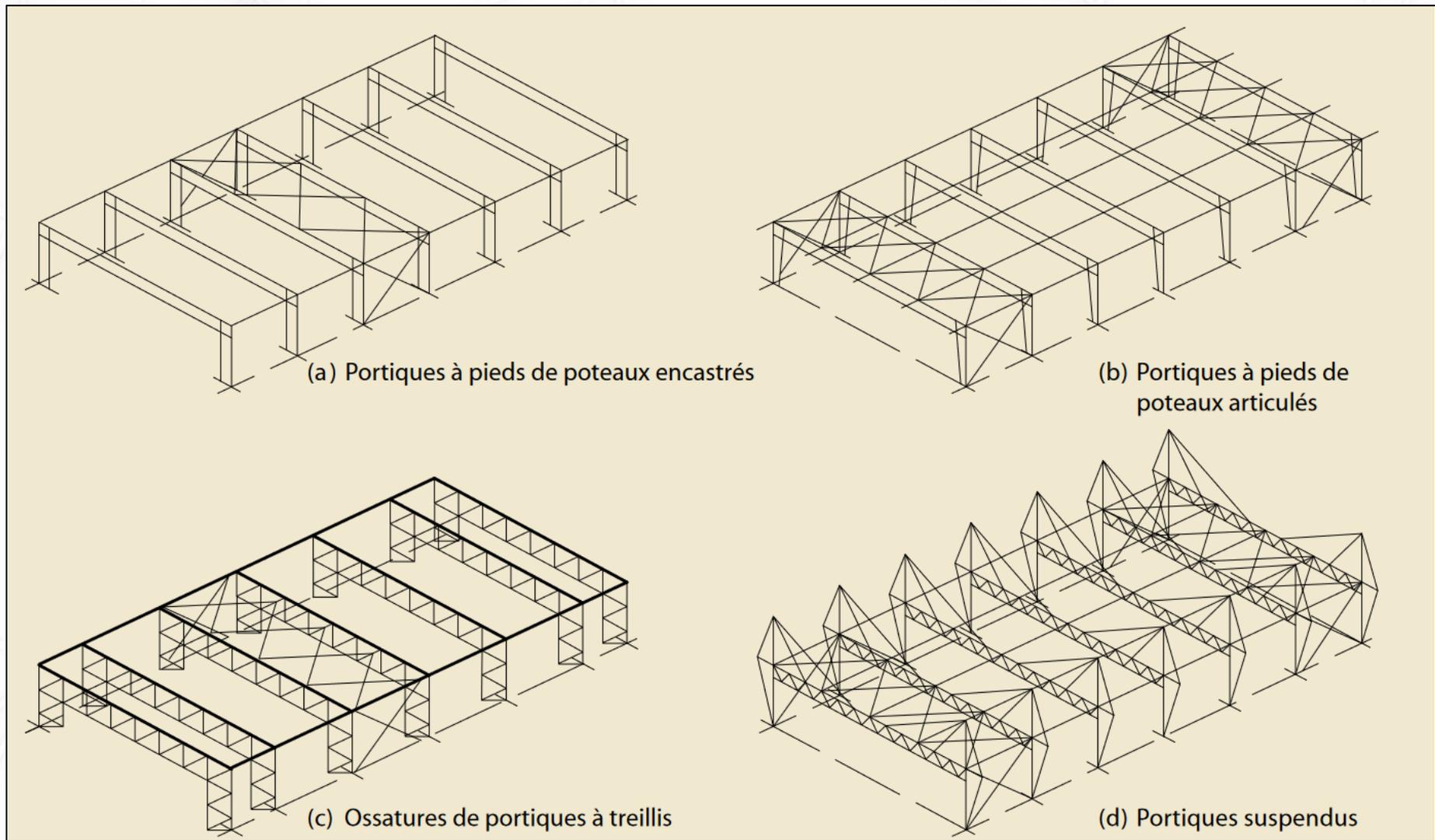
- En simplifiant le mode de fonctionnement on peut dire que la palée de stabilité transforme le moment de renversement en des efforts « antagonistes » de traction-compression dans les poteaux.

# CONTREVENTEMENT



# CONTREVENTEMENT





*Figure 1 : Exemples de structures à portiques*

- ❑ La figure 1 montre divers portiques possédant des pieds de poteaux encastrés (a) ou articulés (b). Des pieds de poteaux encastrés peuvent être envisagés dans le cas d'utilisation de ponts roulants lourds, car les portiques fléchissent moins sous l'effet des forces horizontales. Les pieds de poteaux articulés possèdent des fondations de dimensions plus réduites et font appel à des assemblages plus simples.
- ❑ Dans les exemples (c) et (d), la structure est en partie située à l'extérieur du bâtiment, et les détails concernant les traversées de l'enveloppe du bâtiment doivent donc être soigneusement conçus vis-à-vis des déperditions thermiques possibles. Les détails complexes de ces types de structure servent également à des fins architecturales.

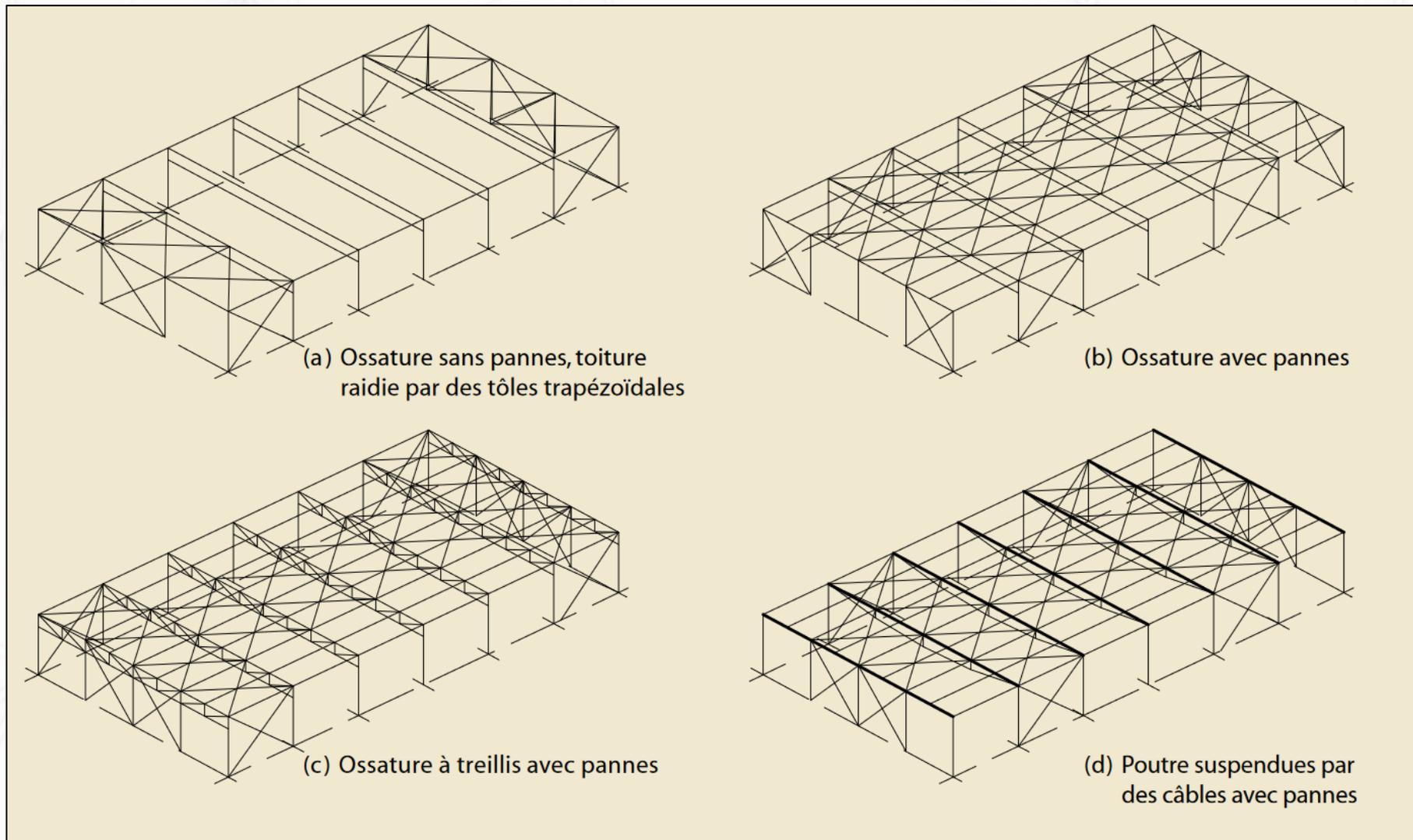


Figure 2 : Exemples de structures poteaux-poutres

- ❑ La figure 2 montre différentes structures composées de traverses et de poteaux. La vue (a) montre un exemple de structure sans pannes, raidie par l'action de diaphragme de la toiture et des contreventements dans les murs.
- ❑ La vue (b), ici, un exemple avec des pannes, ce qui permet une conception simple de la couverture avec des travées réduites ne servant qu'à supporter les charges verticales. La structure est raidie par des contreventements horizontaux et verticaux.
- ❑ Les vues (c) et (d) montrent des fermes à treillis et des traverses suspendues par des haubans, ce qui a l'avantage de permettre de plus grandes portées, et peut être également souhaitable pour des raisons esthétiques.

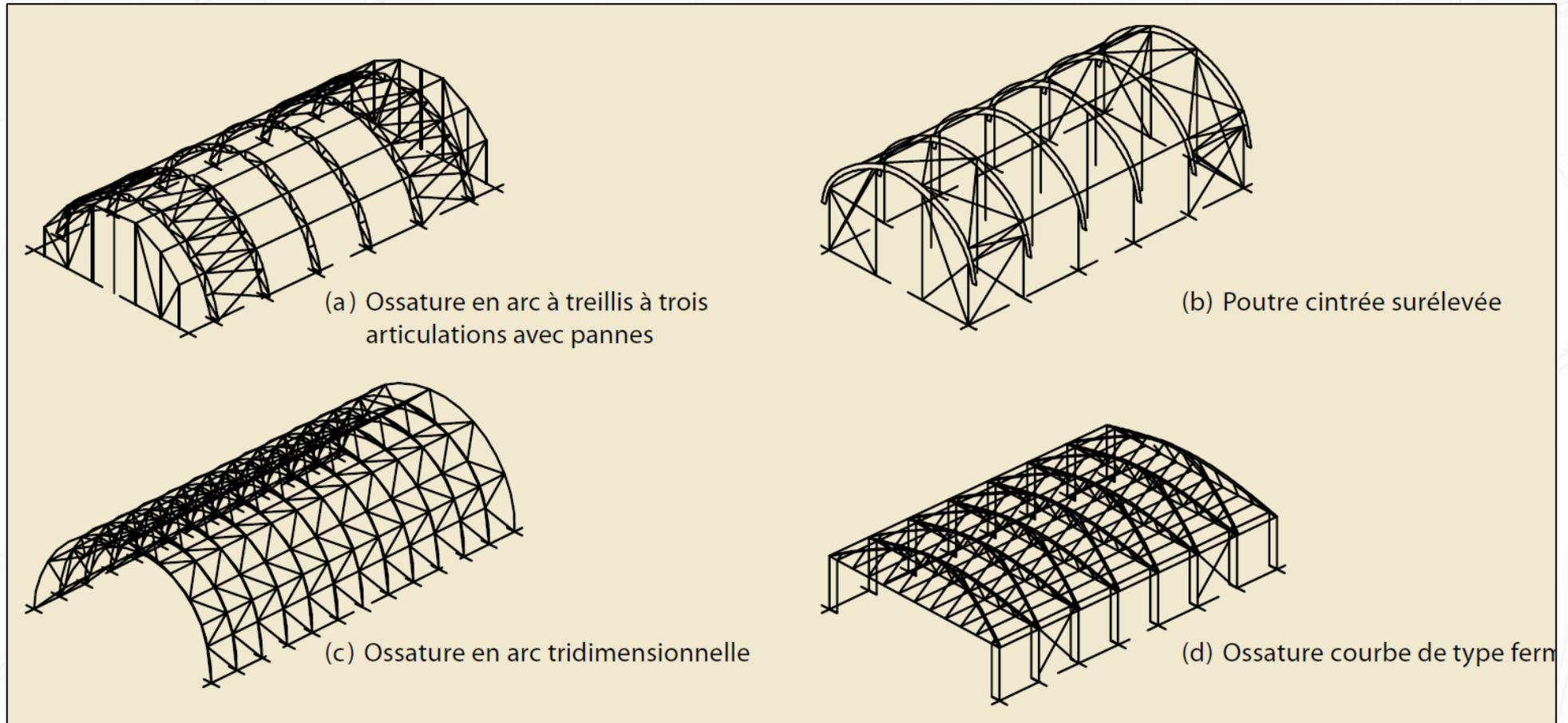


Figure 3 : Exemples de structures cintrées ou à arcs

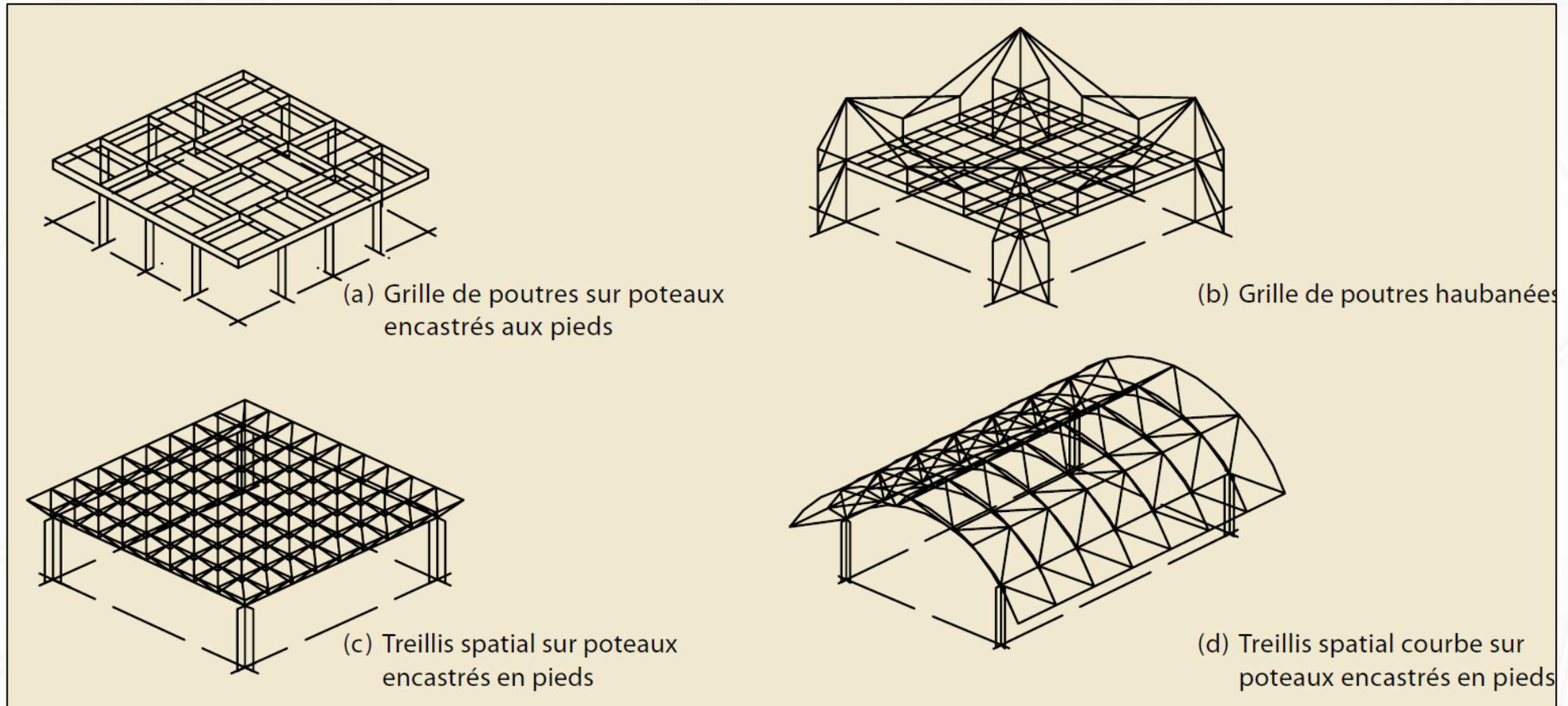
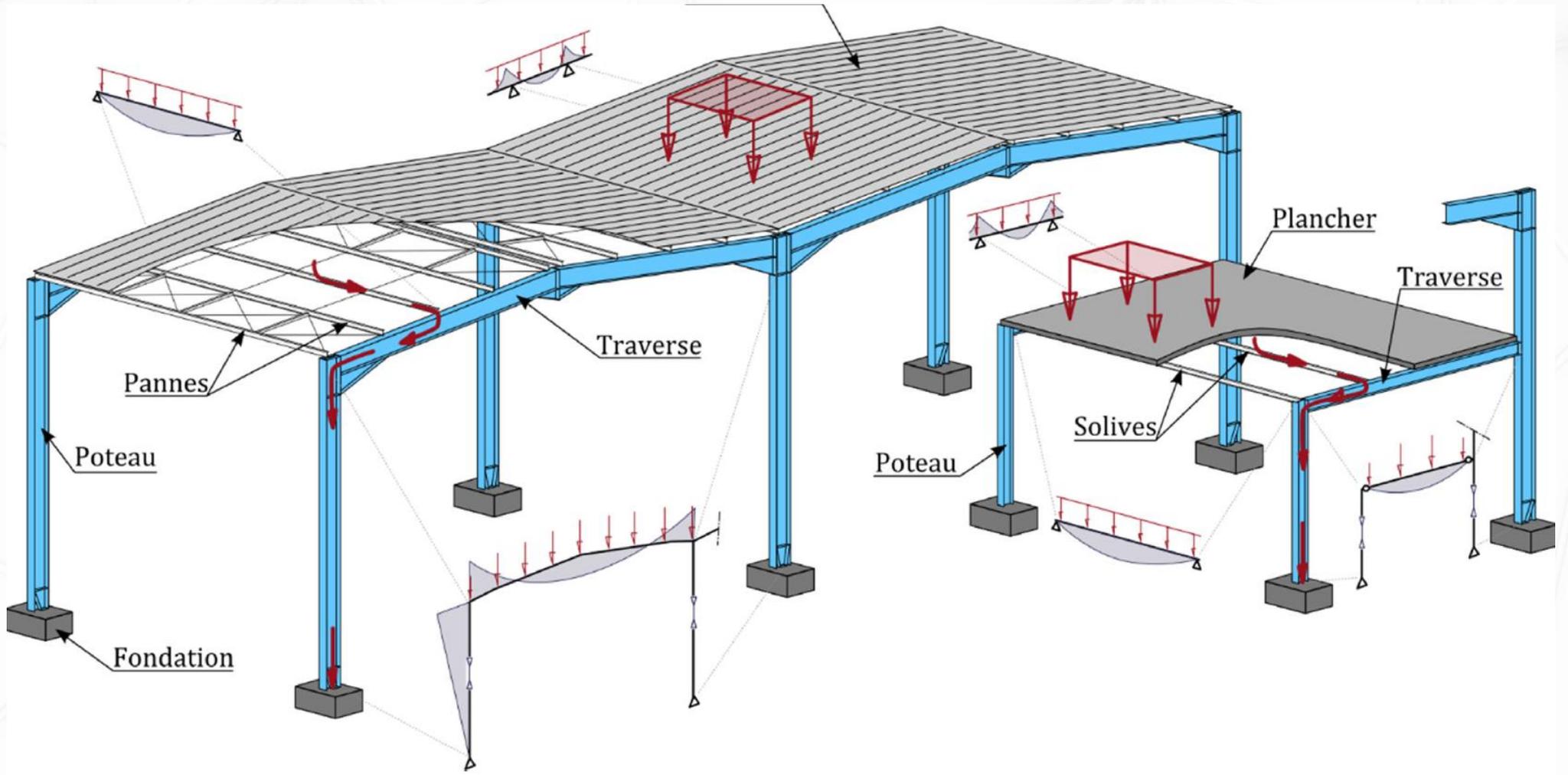
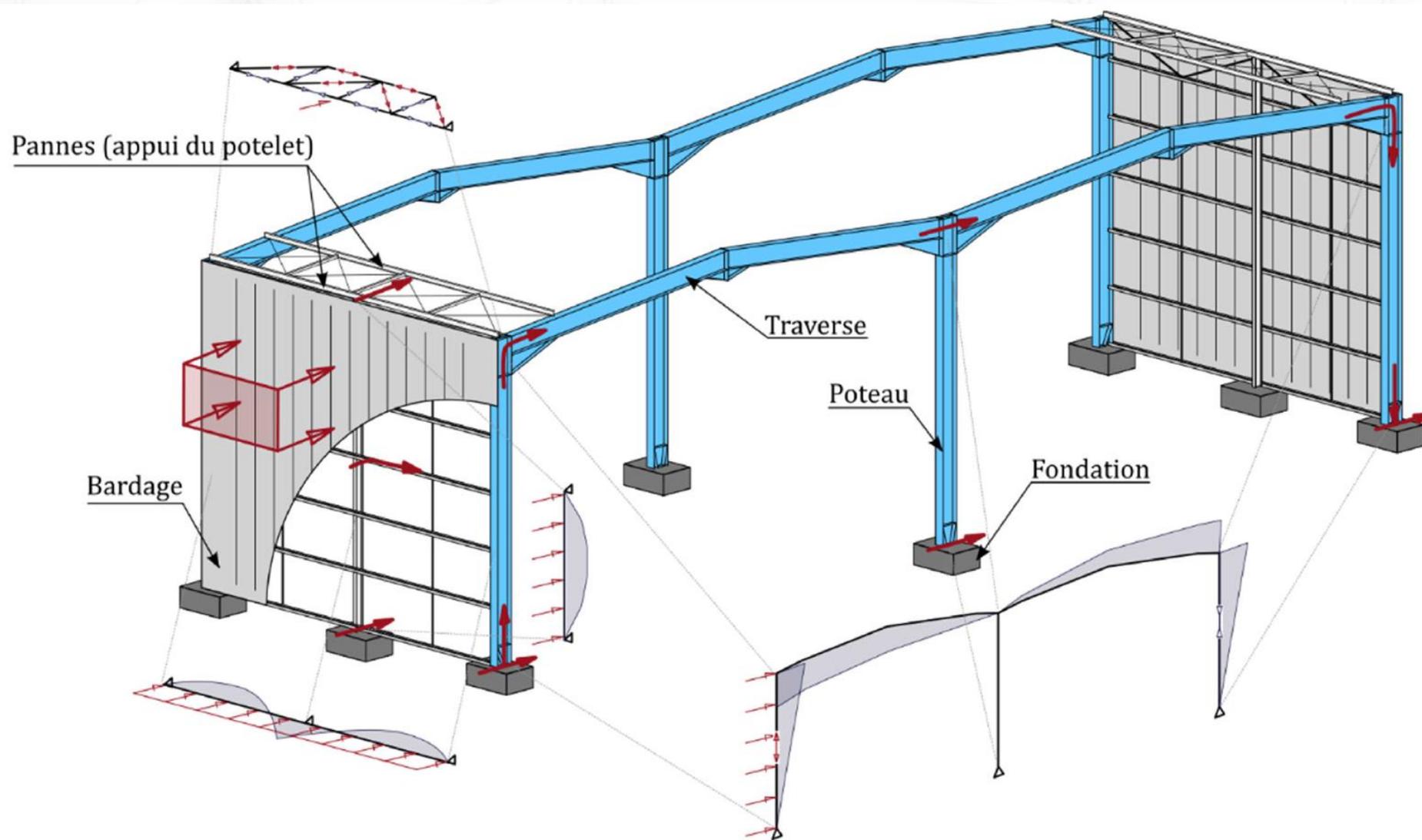


Figure 4 : Exemples de structures spatiales

# CHEMINEMENT DES EFFORTS - DANS UN BATIMENT METALLIQUE



# CHEMINEMENT DES EFFORTS - DANS UN BATIMENT METALLIQUE



# APPLICATION - A UN BATIMENT INDUSTRIEL COURANT

