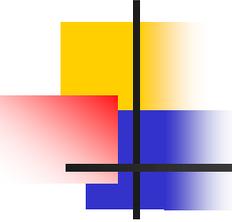


Cours Structures

3^{ème} année licence, Architecture
Semestre 06 // 2021/2022



La villa Méditerranéenne à Marseille
Porte-à-faux de 40 mètres de long, qui s'élève à 19 mètres.



Sommaire

I. SYSTÈMES CONSTRUCTIFS

- Définition;
- Rôle de la structure;
- Types d'infrastructure;

II. CLASSIFICATION DES STRUCTURES

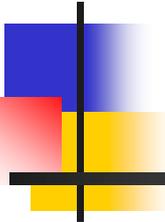
- Selon le matériau de construction;
- Selon le système constructif;
- Selon la forme.

III. CHOIX ET CONCEPTION DES STRUCTURES

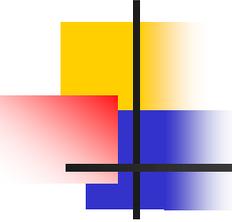
- Formes structurales;
- Conception des structures;
- Choix et conception des structures en zones sismiques.

IV. CONTREVENTEMENT DES STRUCTURES

- Principe du contreventement;
- Éléments verticaux de contreventement.



I. Systèmes constructifs

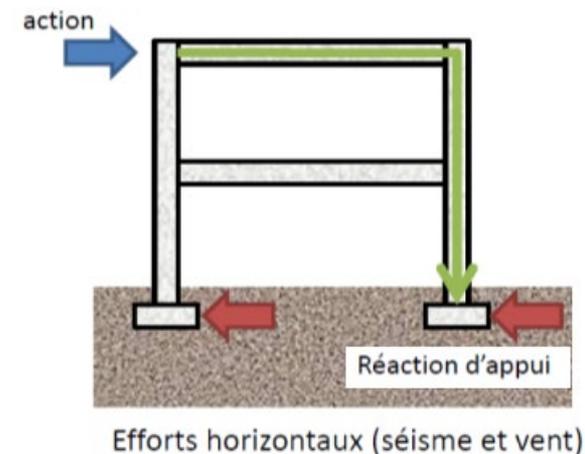
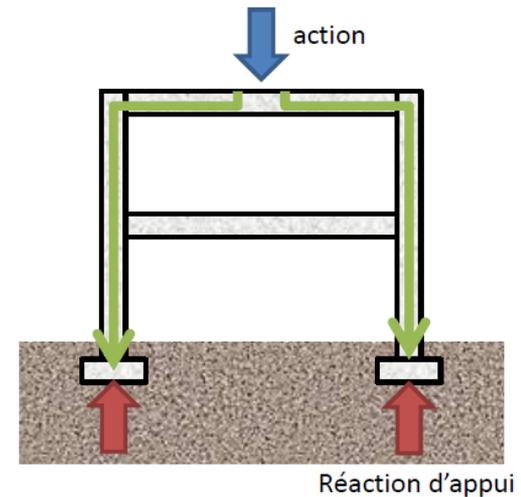


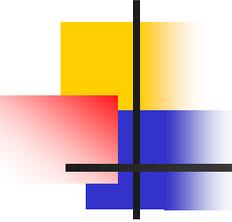
1.1. Définition d'une structure

- La structure en construction est une constitution, disposition et assemblage d'éléments structuraux (porteurs), qui assurent la stabilité d'une construction et le maintien des éléments non structuraux (équipements...).
- La fonction d'une structure peut se résumer comme étant la composante qui fournit la force et la rigidité qui sont nécessaires pour empêcher l'effondrement d'un bâtiment et préserver son intégrité physique.

1.2. Rôle de la structure

- Le rôle principal d'une structure est de transmettre les charges et les surcharges appliquées d'une construction, sans rupture ni déformation, à travers les éléments structuraux, tout en assurant l'équilibre et l'intégrité de l'ensemble, aux fondations qui se chargent à leur tour de les transmettre au sol.





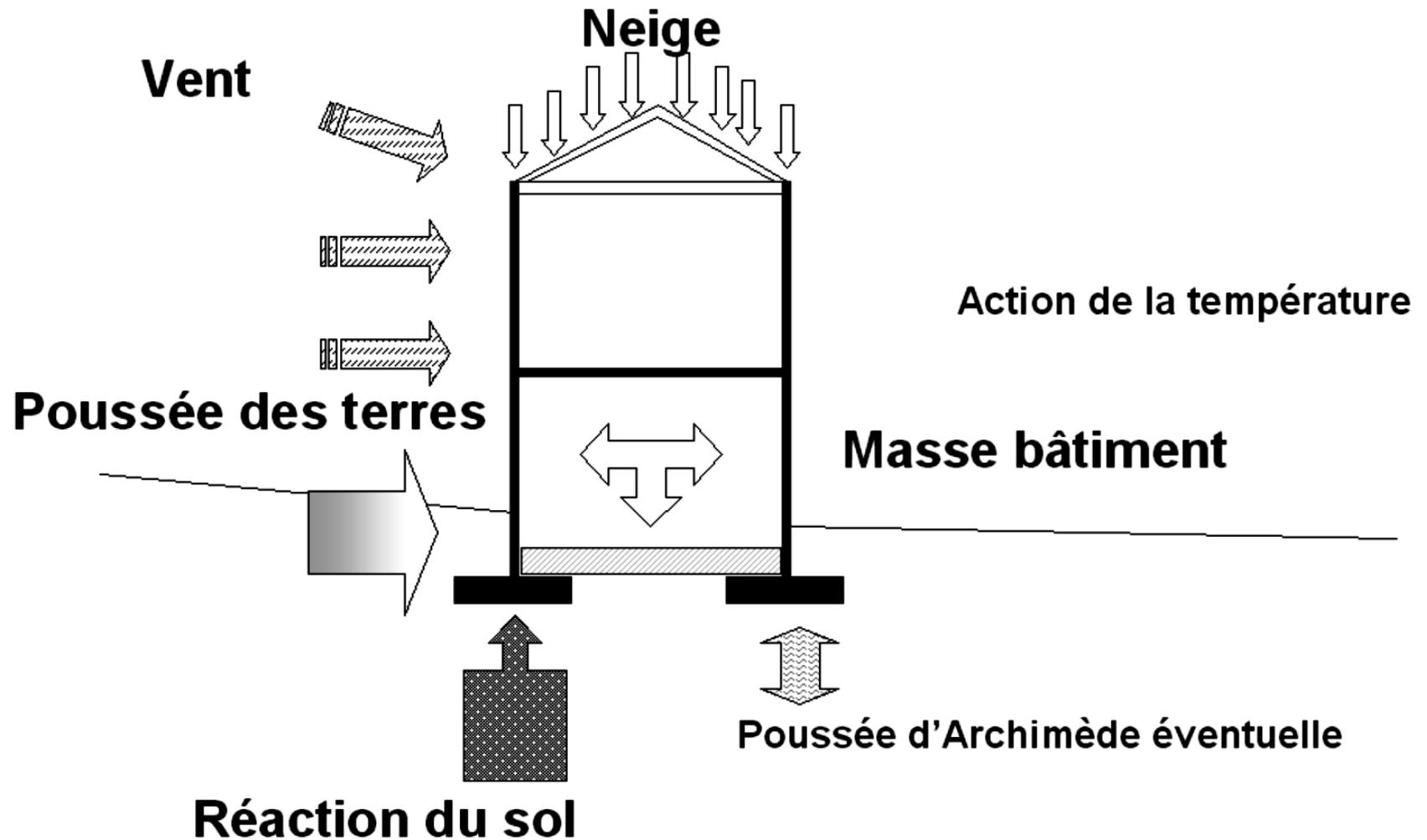
1.2. Rôle de la structure

- Le rôle et la fonction de la structure sont assurés par la structure du bâtiment qui est composée de :
 - La **Superstructure**

Reprendre toutes les charges du bâtiment (poids propre, charges permanentes et d'exploitation et surcharges accidentelles) et de les transmettre à l'infrastructure.
 - L'**Infrastructure (Fondations)**

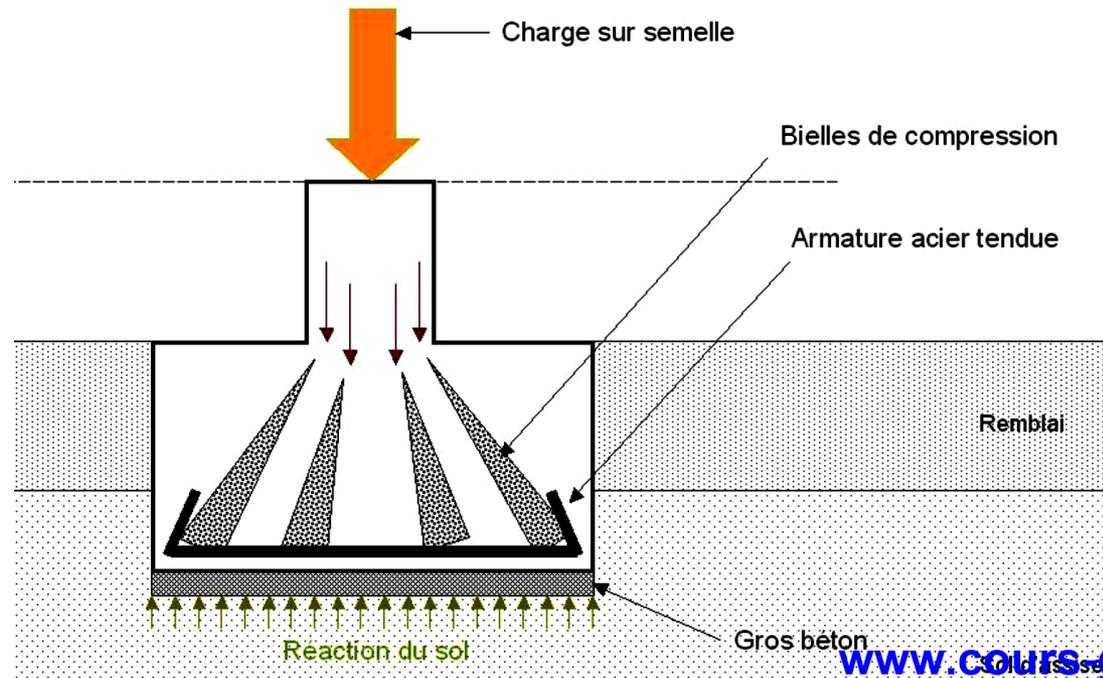
Reprendre les charges transmises par la superstructure, de les transmettre au sol d'assise et de résister aux forces qui peuvent exister dans le sol.

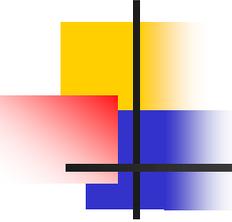
1.2. Rôle de la structure



1.3. Types de fondation

- L'infrastructure représente l'ensemble des fondations et des éléments situés en dessous du niveau de base.
- Le choix du type de fondation dépend de :
 - Type d'ouvrage à réaliser ;
 - Résistance du sol (capacité portante du sol);



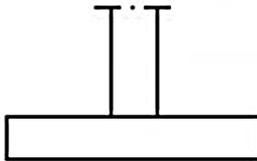
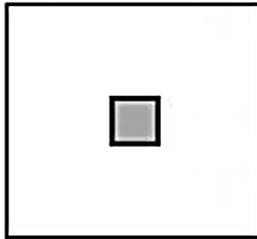


1.3. Types de fondation

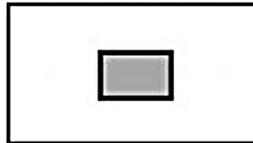
- L'infrastructure représente l'ensemble des fondations et des éléments situés en dessous du niveau de base.
 - Fondations superficielles
 - ❖ Des semelles plates, en béton armé, filantes sous murs ou ponctuelles sous poteaux;
 - ❖ Des massifs ou des longrines en béton souvent coulés à pleine fouille;
 - ❖ Des radiers de grande dimension;
 - ❖ Des massifs semi-profonds (puits courts).
 - Fondations profondes
 - ❖ Puits et barrettes;
 - ❖ Pieux et micro pieux;
 - ❖ Colonnes ballastées;
 - ❖ Parois moulées (fondations spéciales).

1.3. Types de fondation

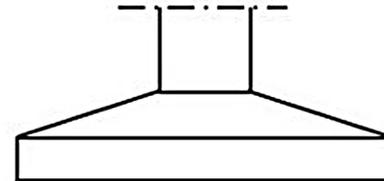
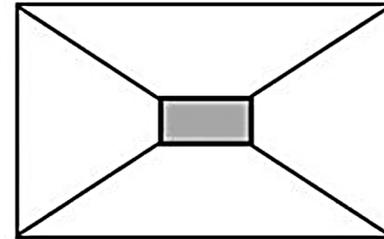
Carrée



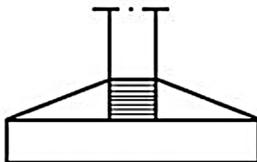
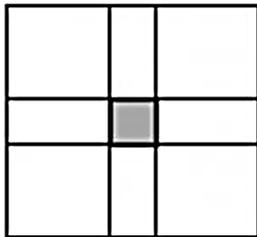
Rectangulaire



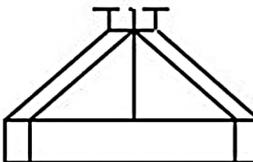
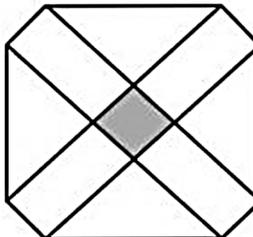
Rectangulaire avec glacis



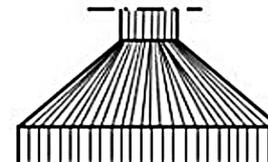
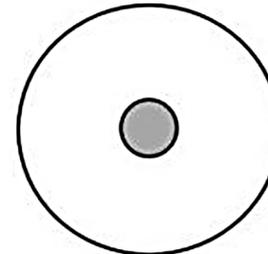
Avec contreforts



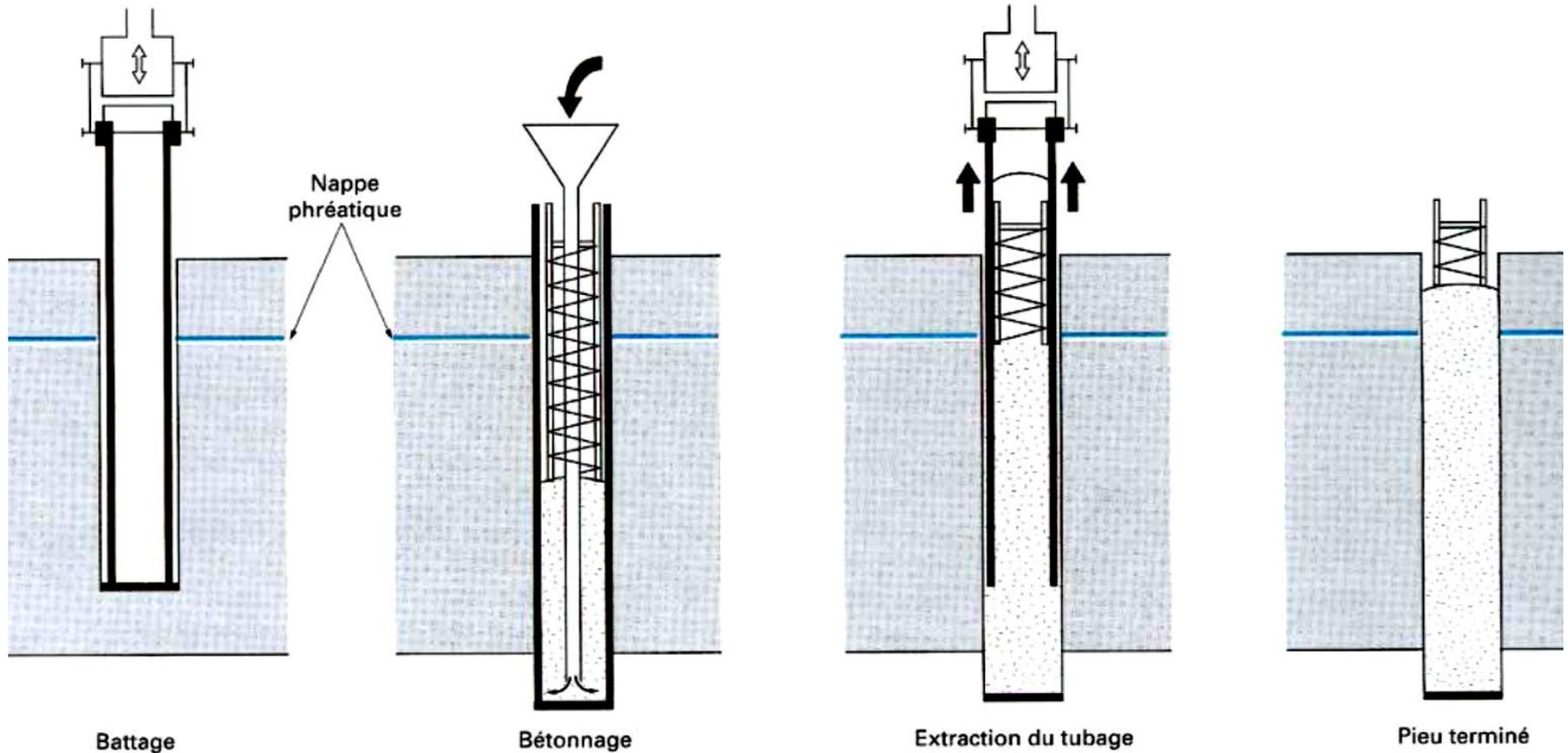
Avec nervures croisées

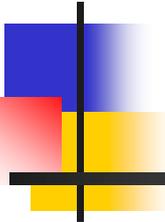


Tronconique



1.3. Types de fondation





II. Classification des structures

2.1. Matériau de construction

LE MATERIAU DE CONSTRUCTION

- Structure en béton
- Structure métallique
- Structure en bois
- Structure mixte
- Structure en verre
- Structure légère



2.2. Système constructif

LE SYSTEME CONSTRUCTIF

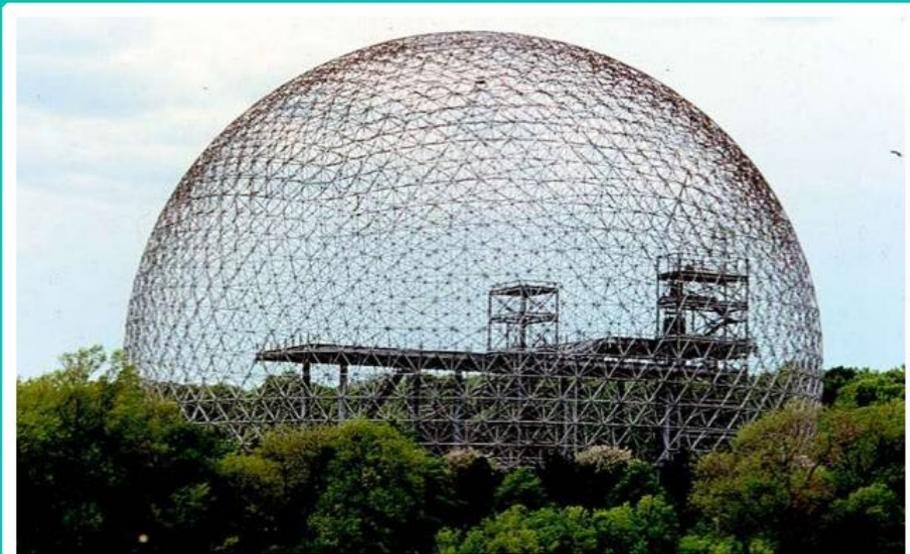
- Structure Traditionnelle
- Structure en poteaux poutres
- Structure en ferme
(bidimensionnelle et tridimensionnelle)
- Structure tendue
- Structure gonflable
- Structure des tours
- Les coques
- Structure hybride

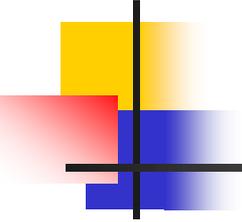


2.3. Forme

LA FORME

- Structure en voûte
- Structure en dôme
- Structure élancée
- Structure pyramidale
- Structure complexe
- Les coques



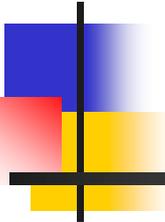


STRUCTURAL ENGINEERING IS :

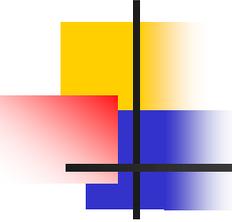
- ✓ THE **ART** OF USING MATERIALS
 - ✓ *That Have Properties witch Can only be Estimated*
- ✓ TO BUILD **REAL** STRUCTURES
 - That Can Only Be Approximately Analyzed,*
- ✓ TO **WITHSTAND** FORCES
 - That are not Accurately Known*

SO THAT OUR RESPONSIBILITY WITH RESPECT
TO PUBLIC IS SATISFIED

Adapted from unknown Author

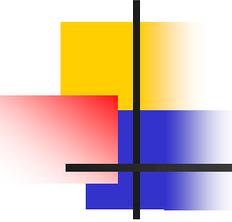


III. Choix et conception des structures



3.1. Formes structurales

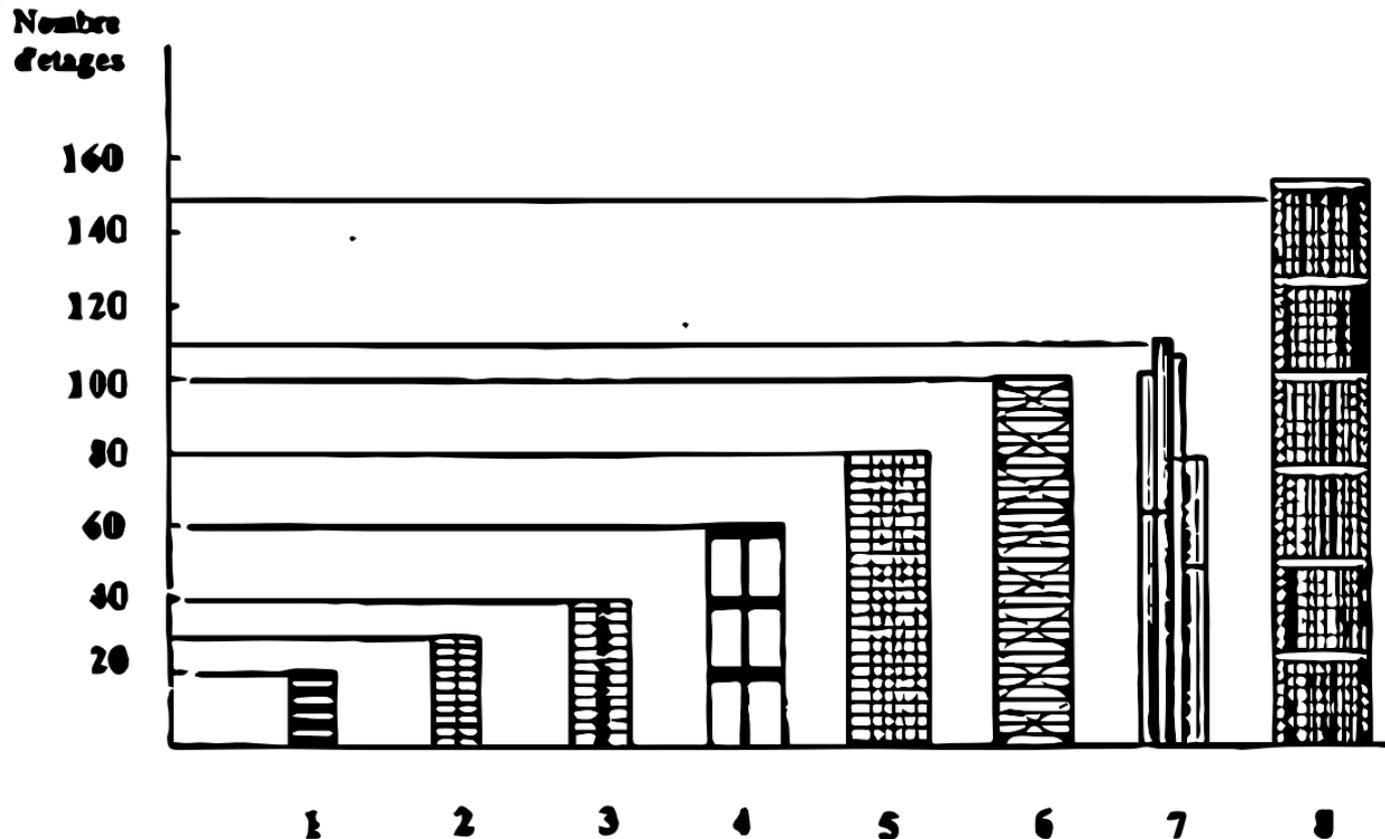
- D'un point de vue structural, la détermination de la forme structurale revient à une sélection d'un certains types d'arrangement des éléments résistants.
- En réalité, ce choix dépend de plusieurs autres considérations :
 - ❖ fonctionnements internes;
 - ❖ matériaux et méthodes de construction;
 - ❖ traitement architectural externe;
 - ❖ nature et intensité du chargement horizontal;
 - ❖ hauteur et proportion du bâtiment.
- **Effet de l'usage et de la destination de l'ouvrage**
 - ❖ Privilégier les planchers à grande travée dans les immeubles à usage de bureau par exemple;
 - ❖ Cependant la situation est à l'opposé dans le cas des immeubles à usage résidentiel.



3.2. Conception des structures

- ❑ Structures traditionnelles;
- ❑ Structures contreventées par des palées de stabilité;
- ❑ Structures en portiques autostables ;
- ❑ Structures avec voiles;
- ❑ Structures mixtes voiles – portiques;
- ❑ Structures en tube;
- ❑ Structures suspendues;
- ❑ Structures avec noyau central;
- ❑ Structures hybrides.

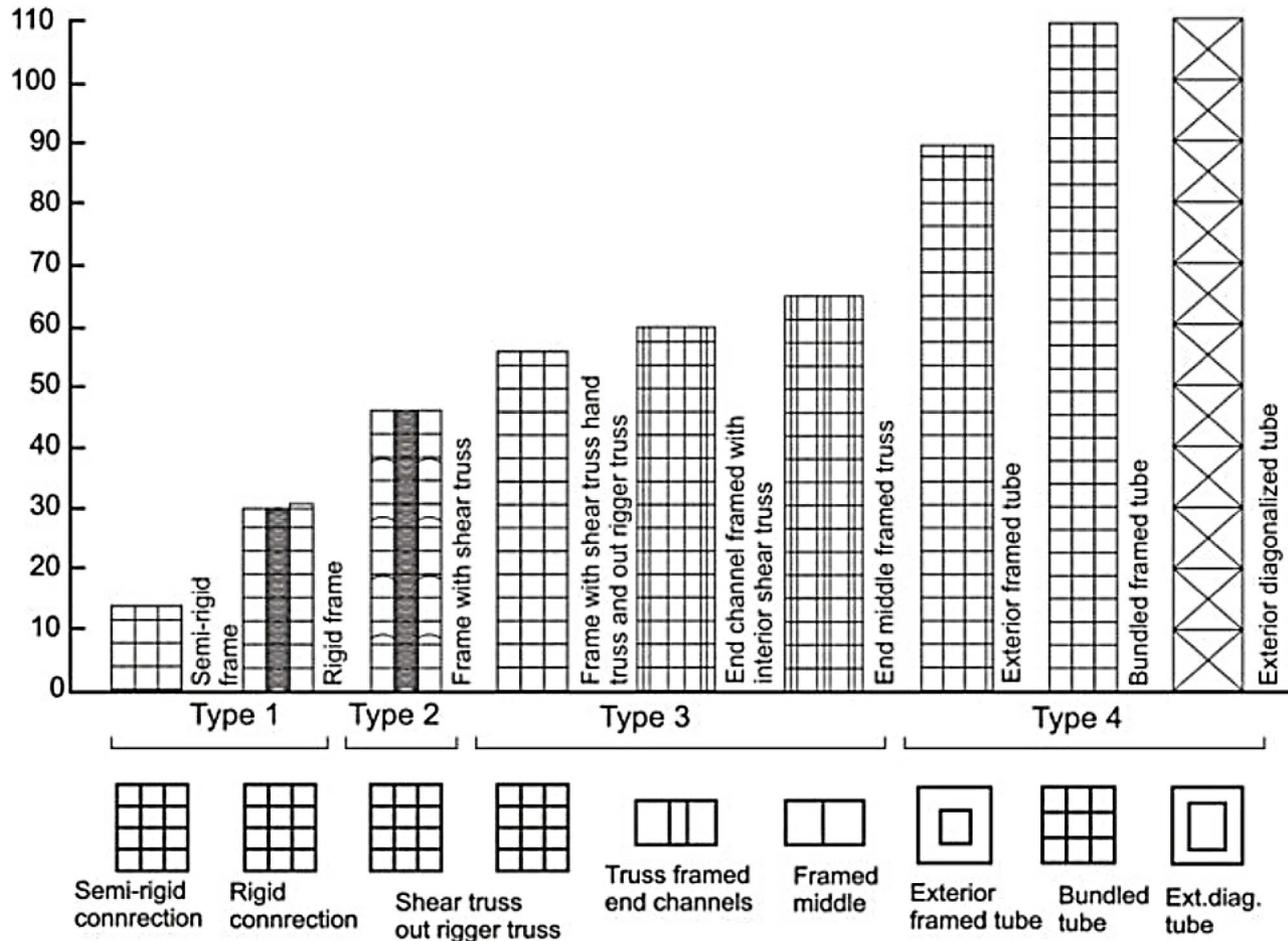
3.2. Conception des structures



1. Structure à poutres à treillis.
2. Structure en portiques.
3. Structure à noyau.
4. Structure à palées de stabilité

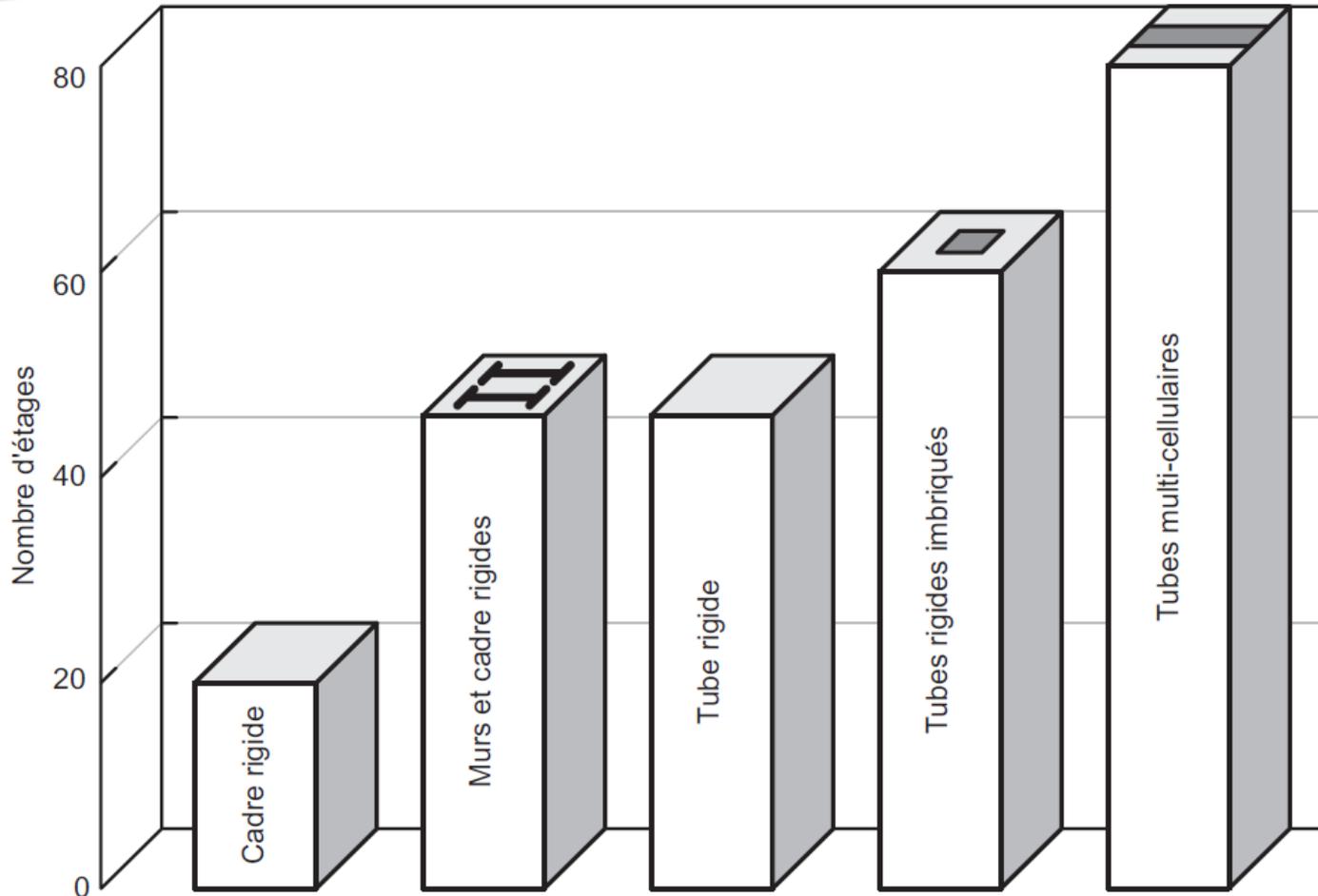
5. Structure tube.
6. Structure tube avec contreventement de façade.
7. Structure en tube gerbé.
8. Structure tube et méga portiques.

3.2. Conception des structures

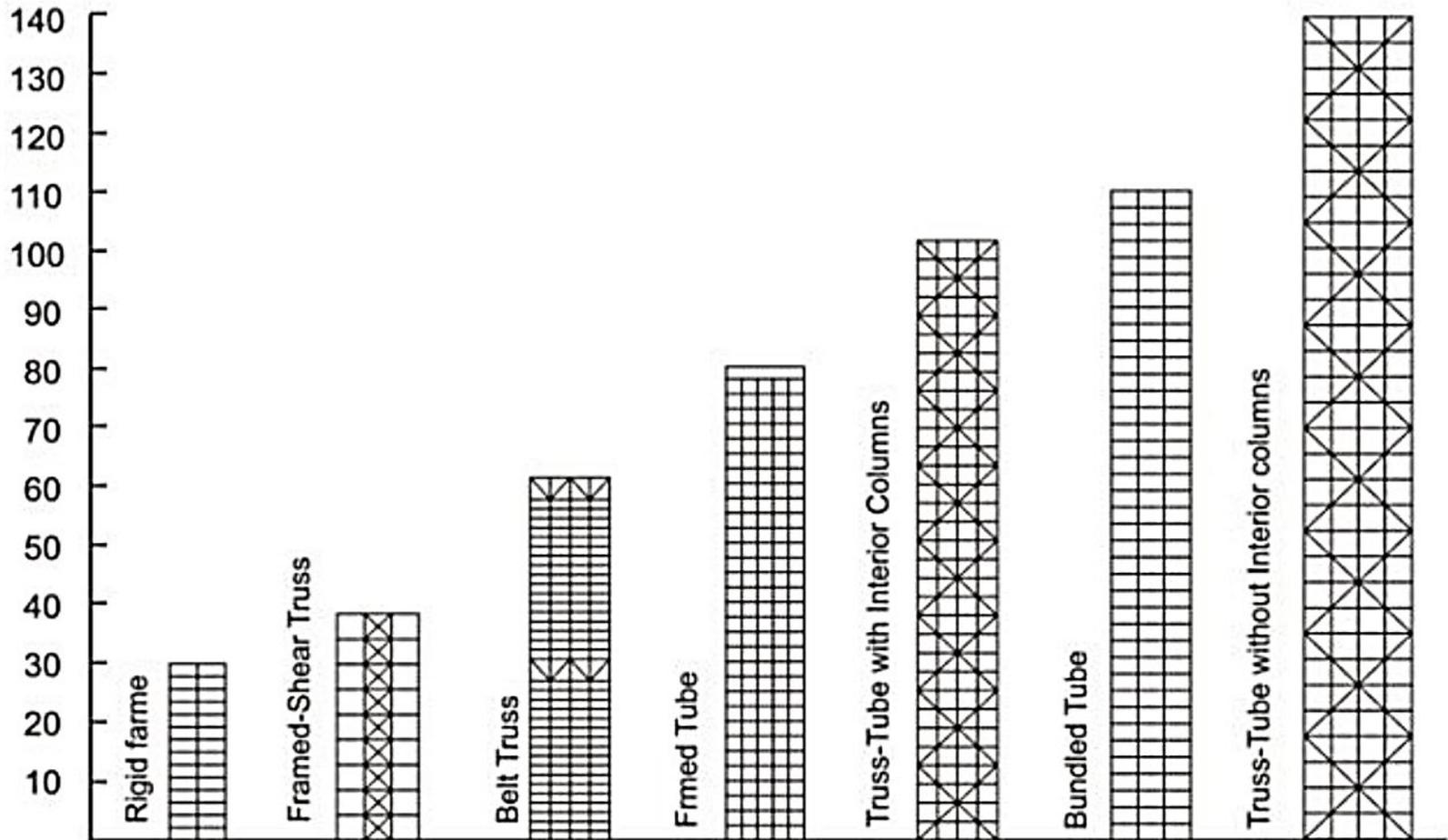


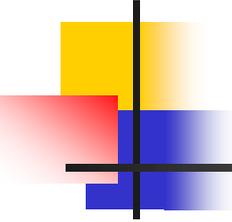
Différents systèmes constructifs de bâtiments

3.2. Conception des structures



3.2. Conception des structures

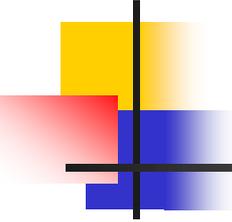




Structures traditionnelles

□ Structures en murs porteurs

- Le système de structure le plus ancien, Il convient pour les bâtiments abritant des espaces cloisonnés : habitations, internats, motels, ...etc.
- Le mur porteur constitue l'enveloppe verticale externe du bâtiment.
- L'épaisseur du murs dépend de la hauteur des bâtiments et des dimensions en plan (portée).
- Un mur porteur ne peut en aucun cas être modifié ou déplacé;
- Ouvertures inférieures ou égales à 12% de la surface du mur porteur.



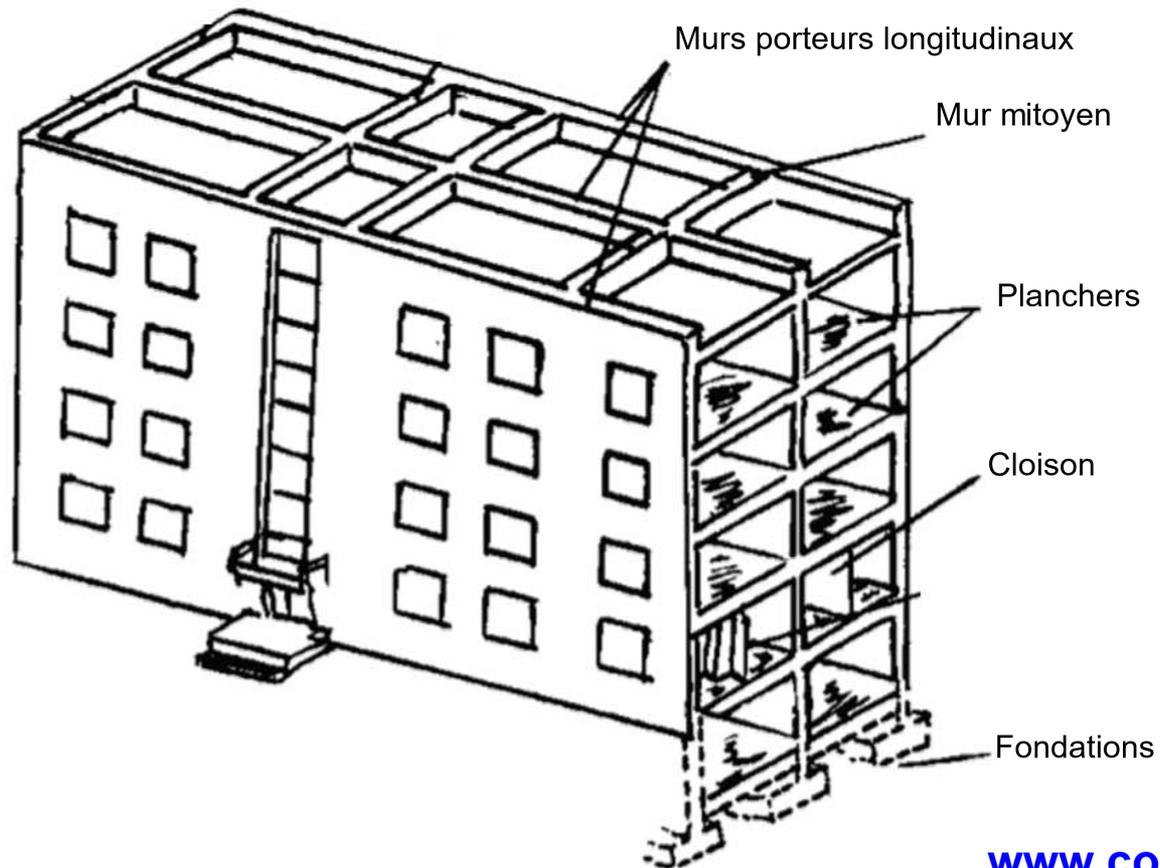
Structures traditionnelles

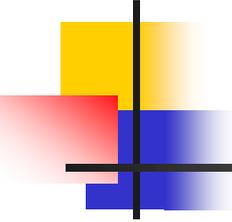
□ Structures en murs porteurs

- Murs en maçonneries de petits éléments (pierres, briques, blocs de béton); reconstituées (type parpaing constructif) ;
- Murs en béton armé ou faiblement armé;
- Murs à ossatures en bois;
- Murs à ossatures en acier;
- Murs en grands panneaux préfabriqués en béton armé

Structures traditionnelles

□ Structures en murs porteurs





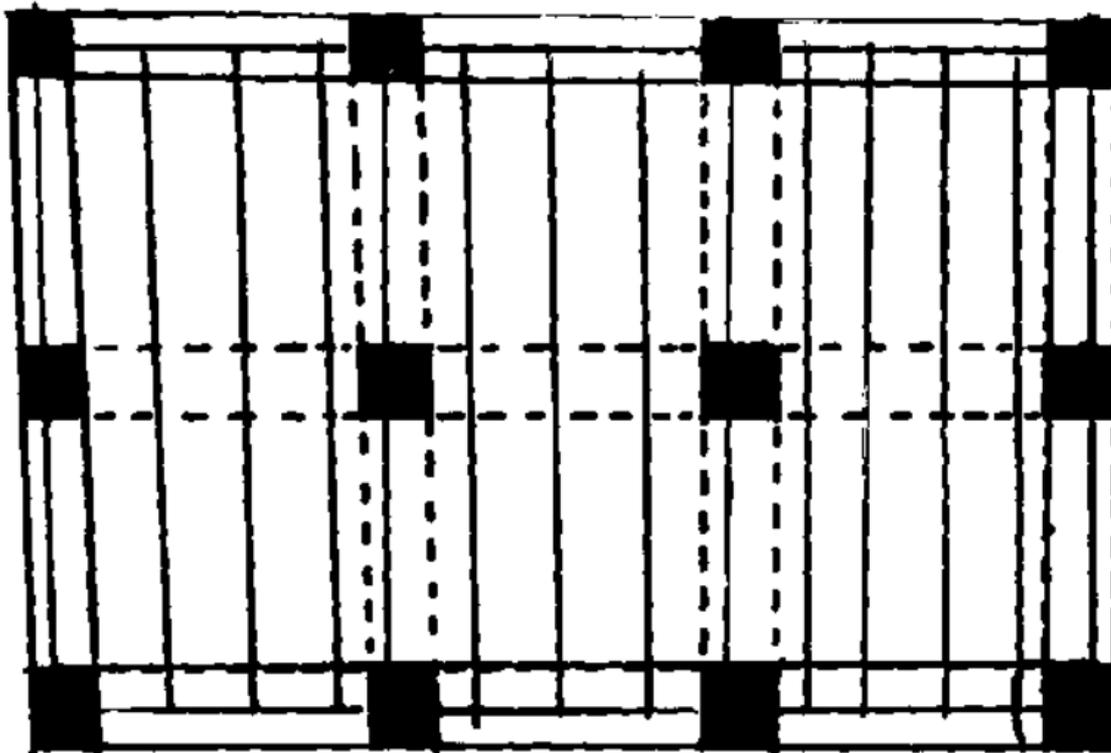
Structures traditionnelles

□ Structures à ossature

- Ossatures en poteaux et poutres en béton armé coulés en place (portiques ou ossatures complètes);
- Ossatures en poteaux et poutres de béton armé préfabriqués;
- Systèmes poteaux-dalle en béton armé coulé en place (ossatures incomplètes);
- Ossatures en acier;
- Ossatures en bois.

Structures traditionnelles

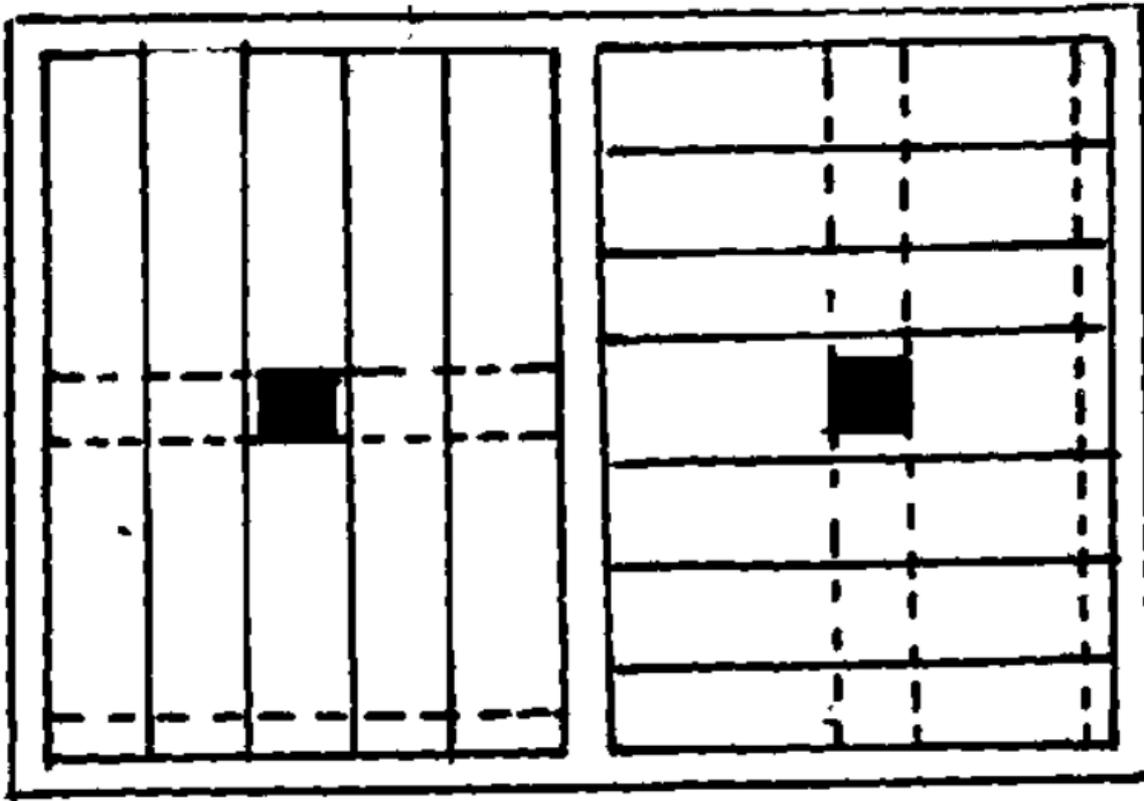
- Structures à ossature



Structure à ossature complète (poteau-poutre)

Structures traditionnelles

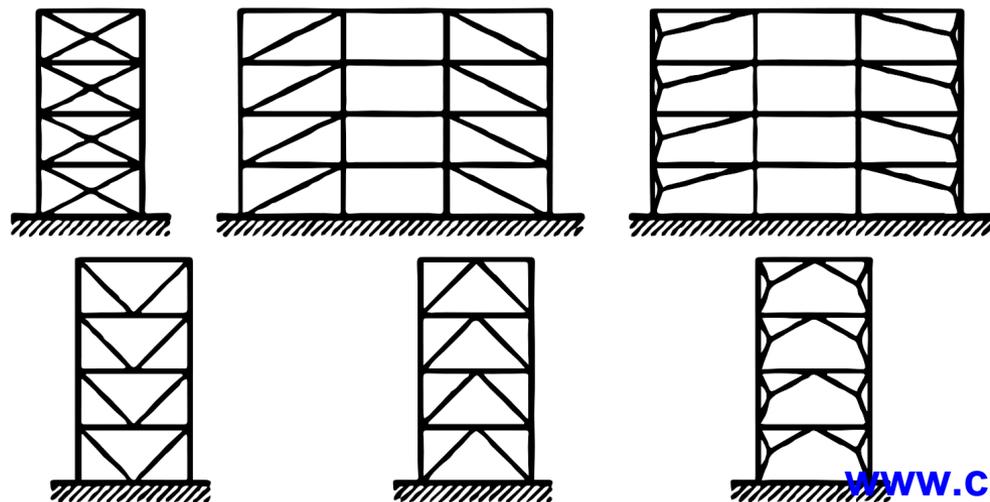
- Structures à ossature



Structure à ossature incomplète (planchers champignons)

Structures avec palées de stabilité

- La résistance **latérale** est assurée par les éléments diagonaux.
- Les **diagonales** forment avec les éléments horizontaux l'âme d'un treillis vertical.
- L'effort **tranchant** est repris par la composante horizontale de l'effort axial dans la diagonale.
- Ce système est essentiellement utilisé dans les structures en **acier** (élément travaillant en traction).
- L'utilisation des palées de stabilité en **béton armé** est possible (élément travaillant en compression).



Structures avec palées de stabilité

Avantages :

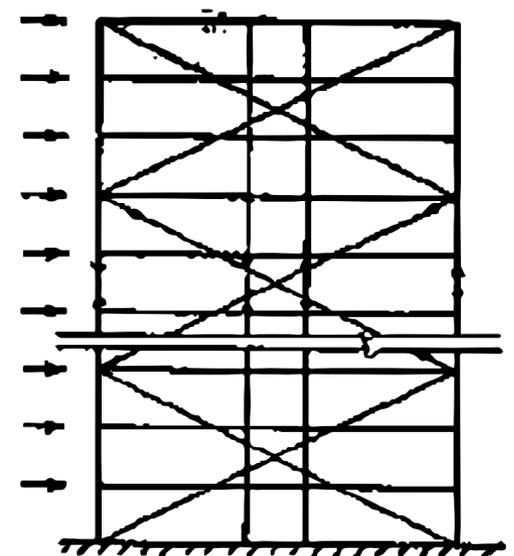
- Économique : système suffisamment rigide latéralement avec un minimum de matériau additionnel.
- Les éléments horizontaux du système sont faiblement sollicités dans le contreventement d'où la conception du plancher est indépendante du niveau considérée (répétitivité).

Inconvénients :

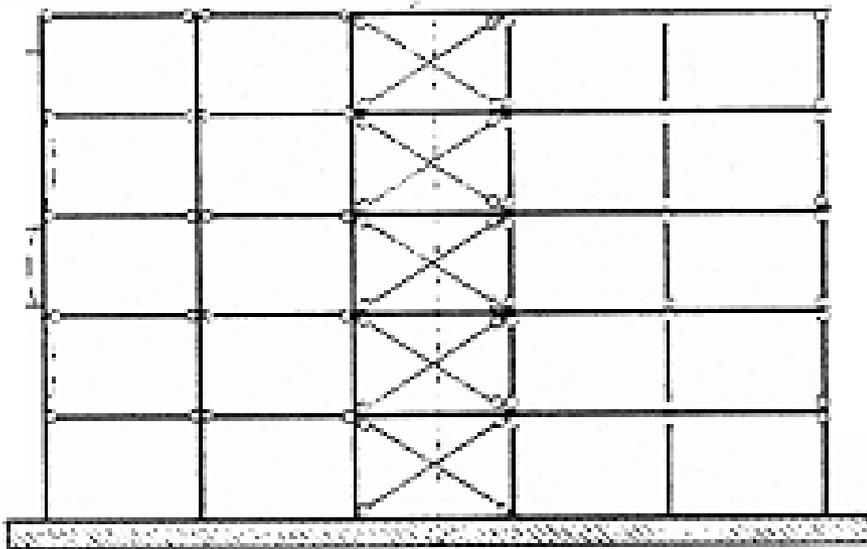
- Liberté architecturale limitée,
- Assemblages diagonaux complexes.

Dispositions :

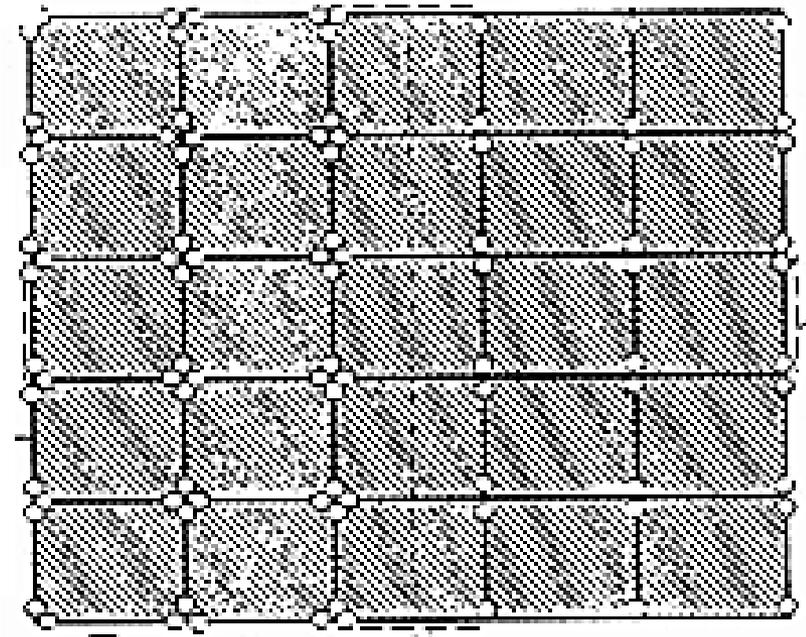
- Traditionnellement les diagonales sont insérées verticalement entre deux niveaux successifs et horizontalement sur une travée,
- D'autres dispositions 'larges' ont été utilisées avec, de plus, un avantage esthétique.



Structures avec palées de stabilité



Élévation longitudinale



Vue en plan

Structures autostables a nœuds rigides

- Structures poteaux–poutres rigidement encastrés.
- La rigidité latérale est assurée par la rigidité flexionnelle des poteaux, des poutres et des nœuds dans le plan de la flexion.

Avantages

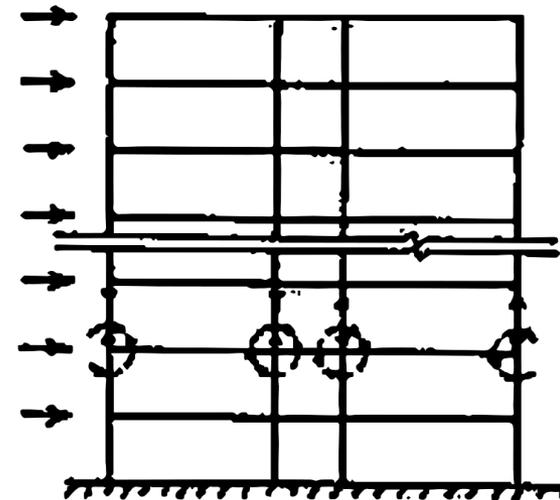
- Ouverture de l'espace d'où une liberté accrue dans les aménagements internes.

Actions gravitaires

- Moments négatifs aux nœuds causant une réduction des moments positifs en travée.

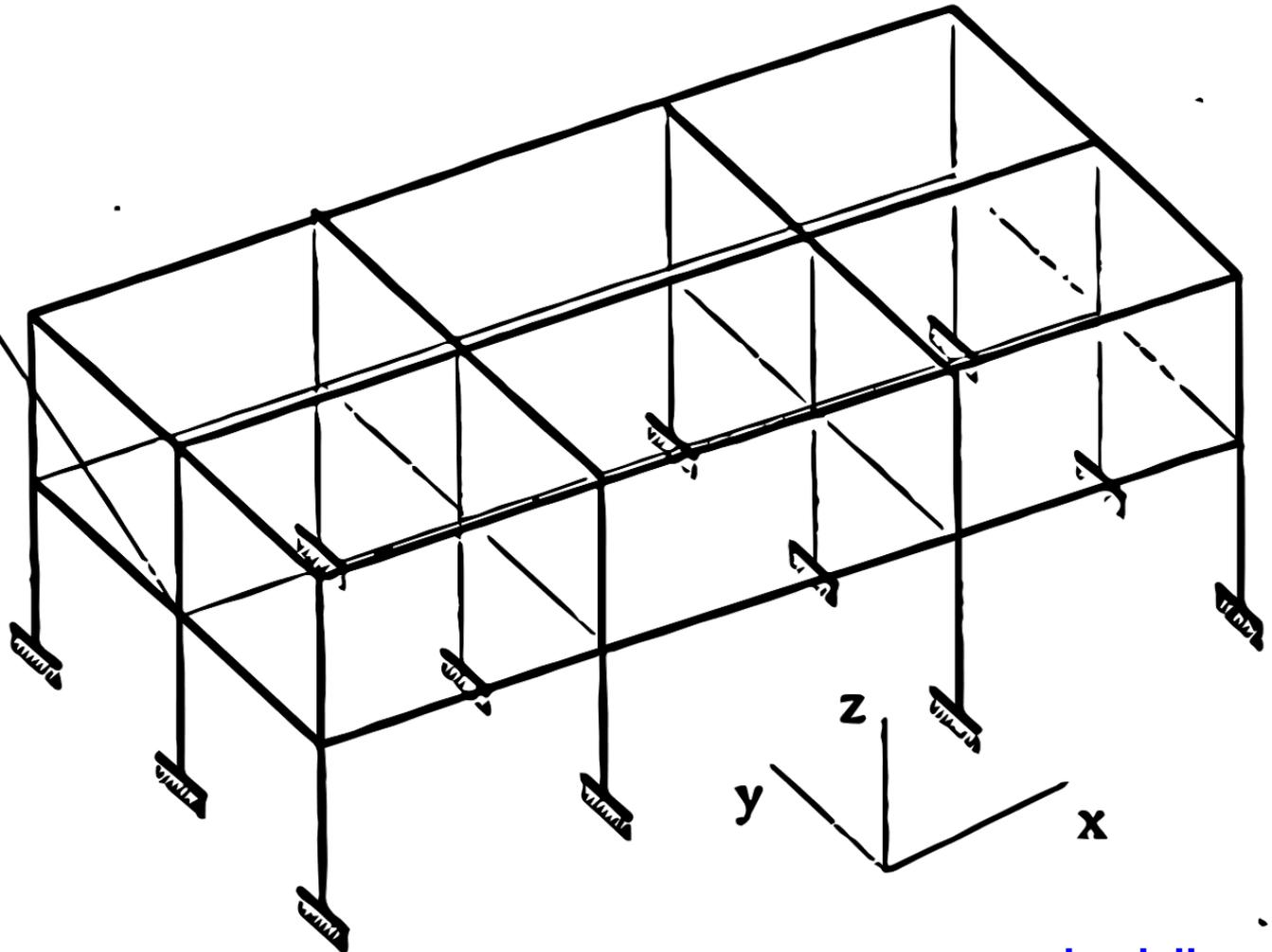
Réalisation

- la réalisation des nœuds rigides est facile dans la construction en béton armé, mais elle est coûteuse en acier;
- Les dimensions des poteaux et des poutres dans ce système dépend de l'intensité de l'effort tranchant du niveau considéré.



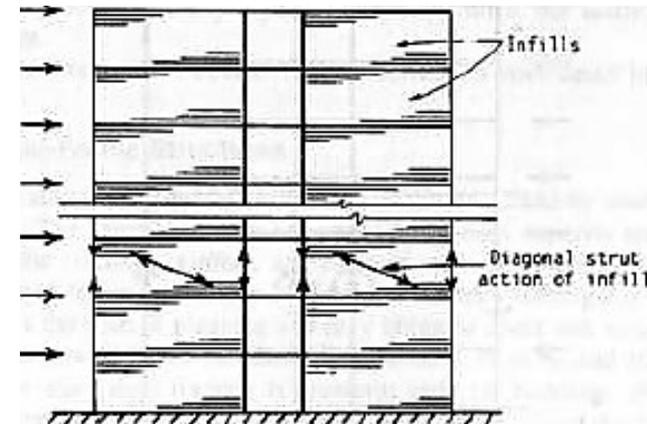
Structures autostables a nœuds rigides

ossature spatiale :
nœud rigide dans les
trois directions x, y, z



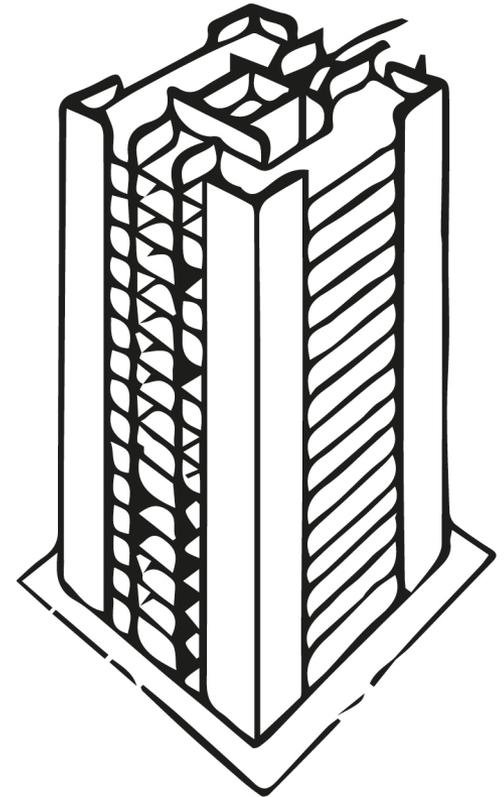
Structures en portiques autostables avec remplissage rigide

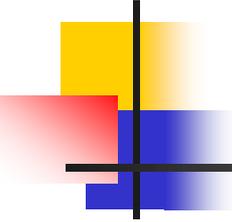
- Le remplissage peut être assuré soit par une maçonnerie de brique ou de bloc ou par du béton banché.
- Sous l'action d'effort latéral, le remplissage agit comme une bielle le long de la diagonale comprimée.
- Le comportement d'interaction entre ossature et remplissage est très complexe.
- La variation de la qualité du remplissage rend difficile la prévision précise de la résistance et de la rigidité de ce système.
- Il n'existe pas de méthodes universellement admises.
- Pour ces raisons et aussi de l'éventuelle suppression du remplissage, il y a lieu de ne prendre ce remplissage d'en guise de suppléments de résistance et de rigidité.



Structures en voiles

- Assurent à la fois la fonction porteuse et de remplissage.
- La rigidité importante des voiles les rends très utilisés dans le contreventement des bâtiments de grande hauteur.
- Agissant en consoles verticales lorsque disposés séparément et en assemblage non-plan si assemblés autour d'une cage d'ascenseur par exemple.
- Contrairement aux portiques auto stables, les voiles de contreventement limitent la liberté architecturale dans la disposition des ouvertures.
- Les voiles de contreventement conviennent dans le cas des hôtels (distribution uniforme et excellente isolation acoustique et feu).
- Si les voiles de contreventement sont associés à une ossature poteau-poutres, on peut admettre que les voiles attirent la plus grande part de l'effort horizontal (cas des bâtiment de moyenne et faible hauteur).
- Il est important de disposer les voiles de contreventement tels que les efforts de traction dus à la flexion soient équilibrés par les efforts de compression due à la gravité.





Couplage de voiles

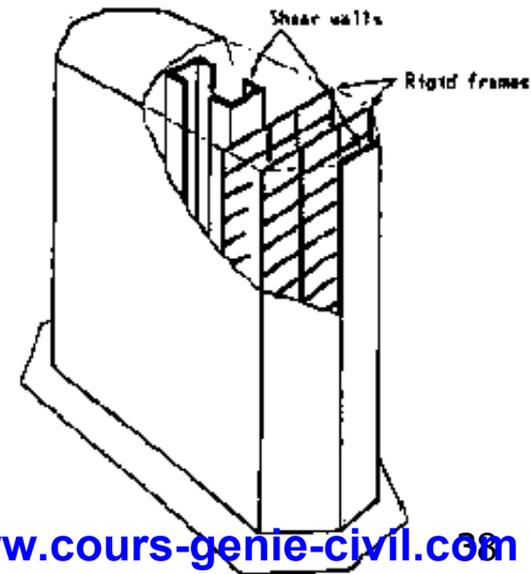
- Il consiste en deux ou plusieurs voiles dans le même plan liaisonnés par des éléments rigides au niveau des planchers.
- L'effet de résistance au cisaillement des éléments de liaison, confèrent au système couplé une meilleure résistance que les voiles non couplés.

Structures voiles-portiques

- Lorsque les voiles sont constitués avec des portiques, la déformée résultante est une combinaison (grâce à la rigidité du plancher) de la déformée individuelle des portiques (par distorsion) et des voiles (de flexion).

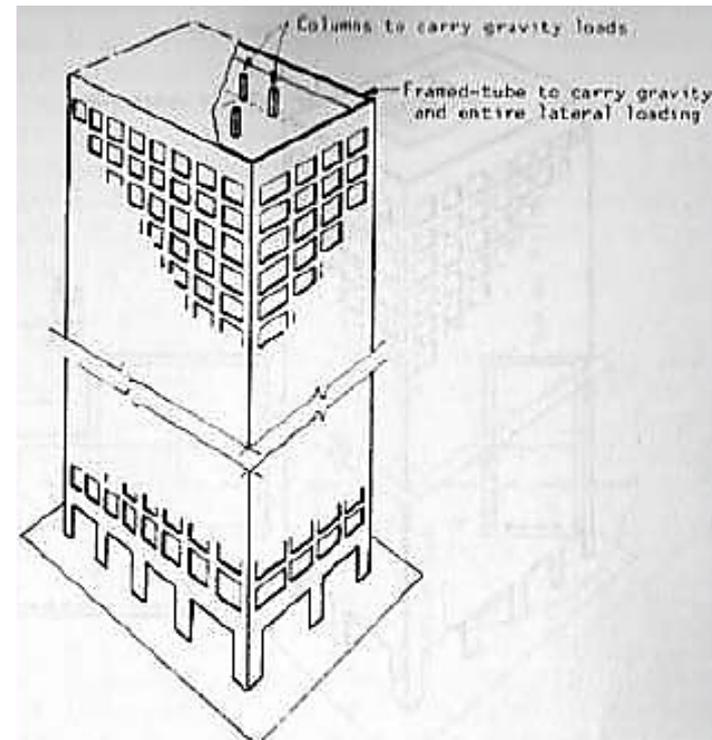
Un autre avantage moins connu :

- le cisaillement dans l'ossature est presque uniforme d'où Répétitivité.
- Le système en acier à ossature rigide avec contreventement en diagonale offre les mêmes avantages.



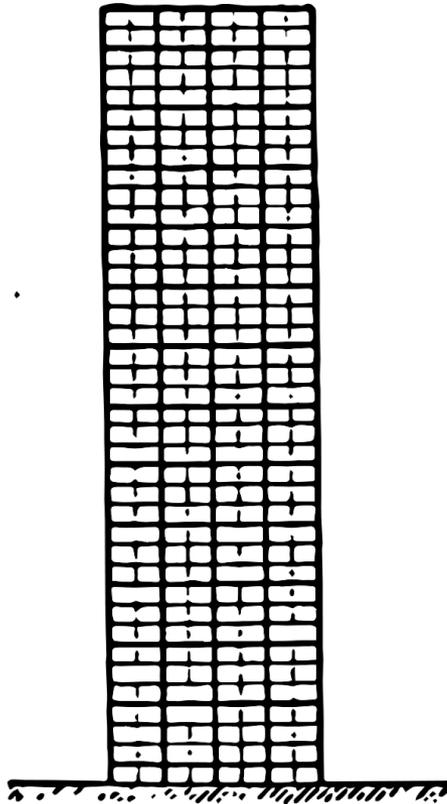
Structures en tube en ossature fermée

- Système formé par une ossature rigide formant un tube autour du périmètre.
- L'ossature est constituée de poteaux très rapprochés (2 à 4 m) connectés par des poutres profondes (de grande hauteur).
- L'effort latéral est totalement repris par le tube. Tandis que les efforts gravitaires sont partagés entre le tube et les poteaux intérieurs ou les voiles.
- Ce système convient essentiellement dans le cas des hauteurs entre 40 et 100 niveaux.

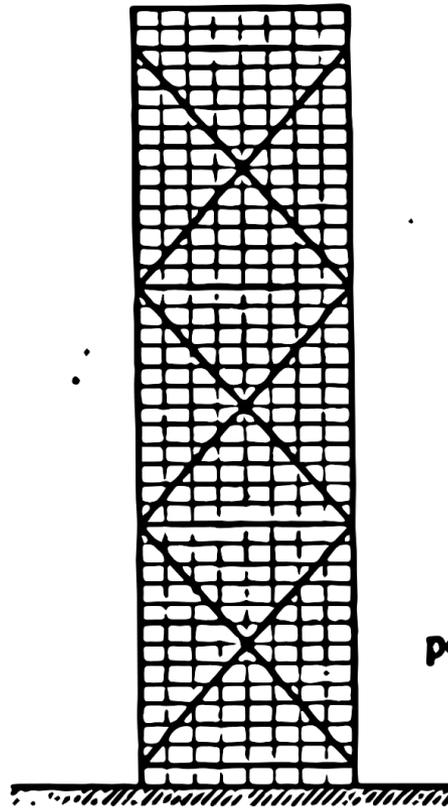


Structures en tube en ossature fermée

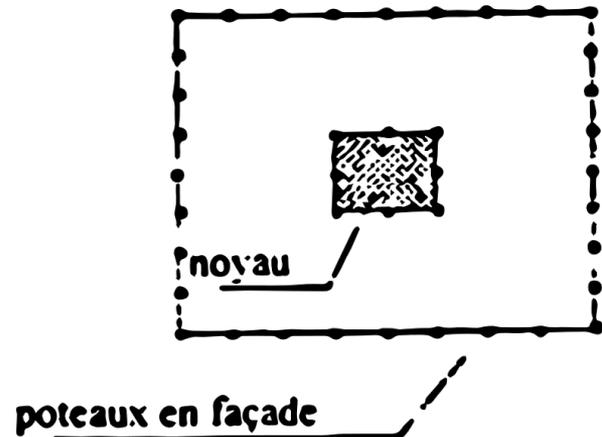
Vierendeel



Diagonales

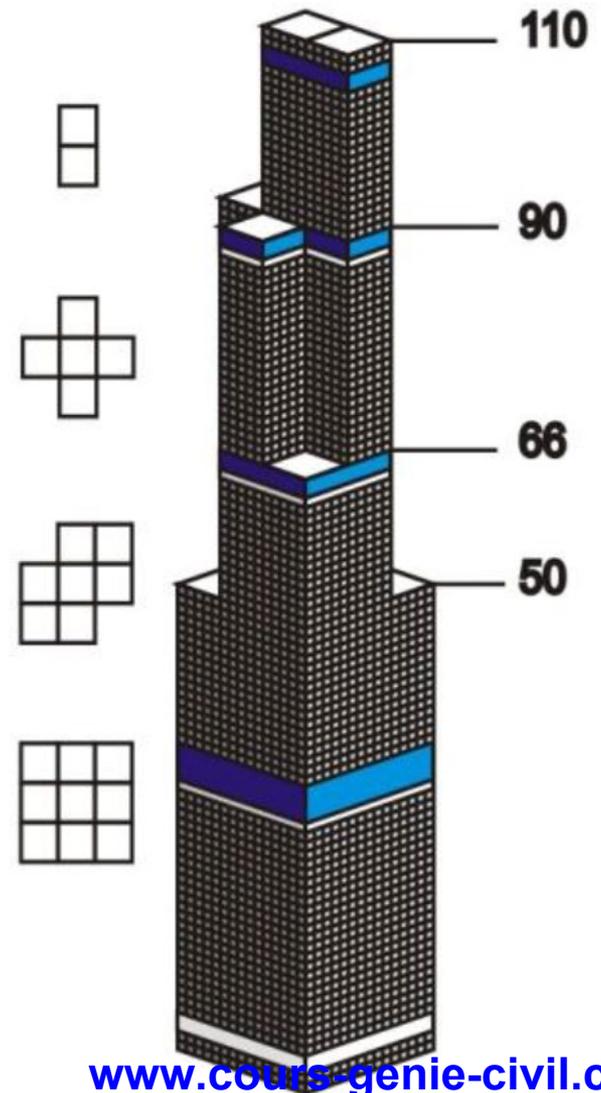


Vue en Plan



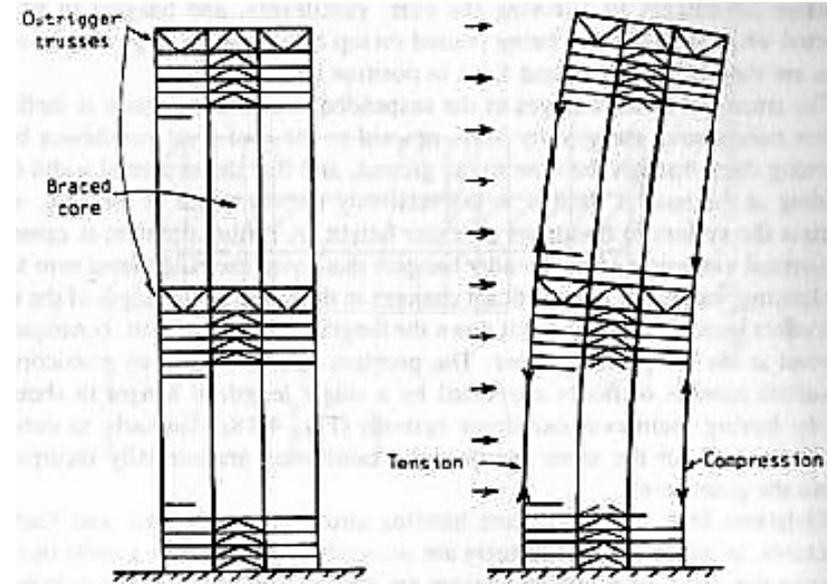
Structures en tubes gerbés (tube multicellulaire)

- La juxtaposition et l'interdépendance de plusieurs tubes présentent un intérêt tout particulier dans la conception des immeubles de très grande hauteur.
- Sous l'action du vent, les tubes multicellulaires assurent une meilleure répartition et distribution des efforts axiaux dans les poteaux de façade.
- Les tubes sont liés rigidement les uns aux autres, de hauteurs différentes, constituent ainsi une poutre cantilever (porte-à-faux) multicellulaire.

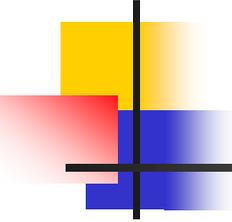


Structures à noyau avec poutre raidisseuse

- Il s'agit d'un système formé par un noyau central (voiles ou ossatures contreventés) avec une poutre horizontale à âme pleine ou en treillis, assurant la liaison noyau et poteaux périphériques.
- Sous l'action d'effort latéral, la poutre horizontale s'oppose à la rotation par la mise en traction des poteaux face à l'action et en compression des poteaux sous l'action.



- Les poteaux périphériques autres que ceux directement attachés à la méga-poutre peuvent être mis à profit en assemblant tous les poteaux périphériques par un système de treillis horizontal au niveau de la poutre.



Structures à noyau central

- Structure formée par un seul noyau pour reprendre à la fois les actions verticales et horizontales.
- Les dalles sont supportées soit par des consoles soit par des poteaux périphériques qui arrivent sur des consoles principales.

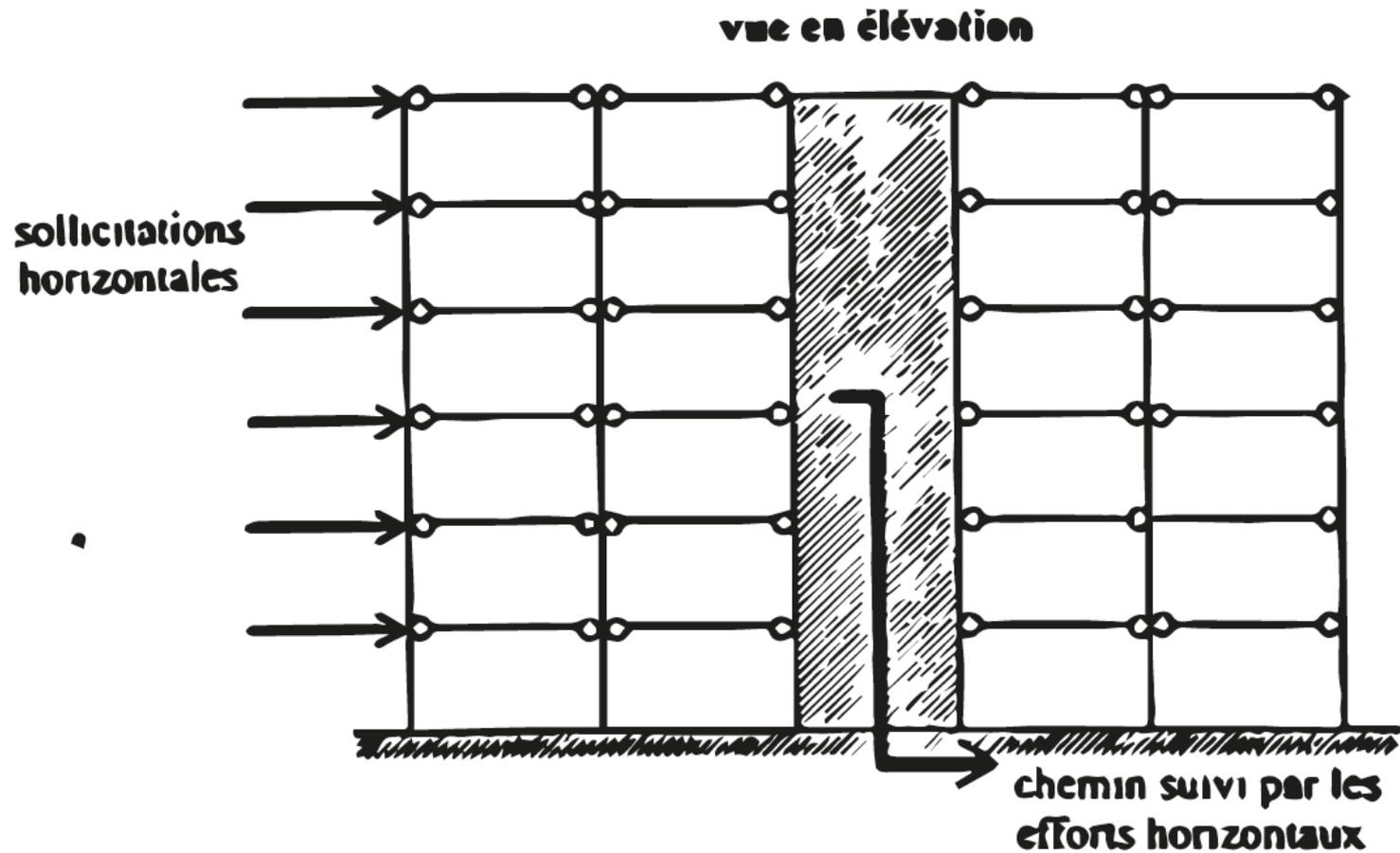
Avantages

- Architecturales

Inconvénients

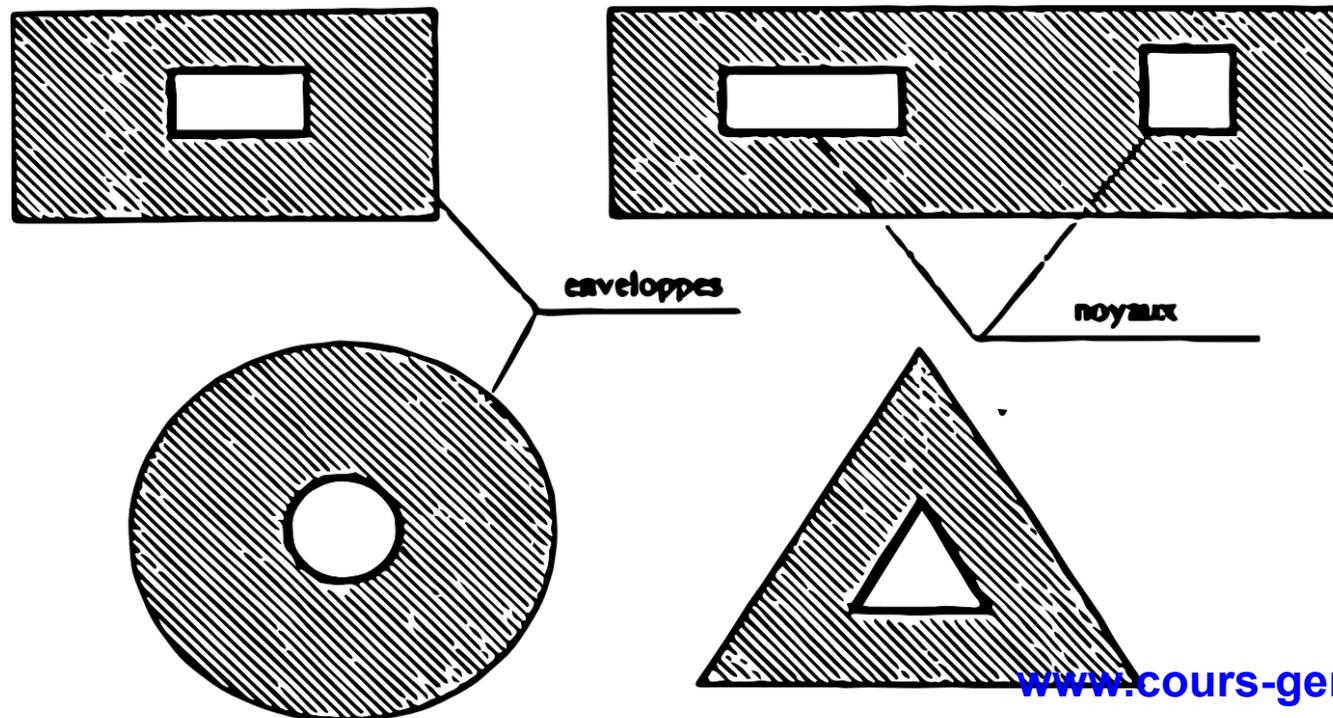
- Faibles dimensions du noyau pour reprendre les actions latérales et gravitaires.

Structures à noyau central



Structures à noyau central

- Les bâtiments à noyau central sont généralement de forme rectangulaire ou carrée. Cependant, Il n'est pas rare de voir de tels bâtiments à section transversale triangulaire ou circulaire. Les noyaux pouvant être excentrés.



Structures suspendues

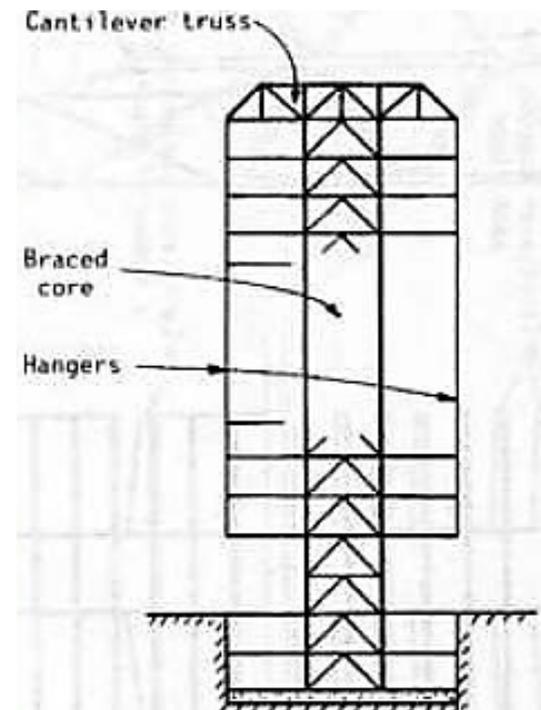
- Système formé par un noyau central ou batterie de noyau avec des consoles horizontales au niveau de la toiture auxquelles des tirants horizontaux ou câbles en acier sont attachés.

Avantages

- Architecturales : grande ouverture de l'espace à l'exception du noyau;
- Economique avec des tirants en acier, mais attention au Feu et à la corrosion.

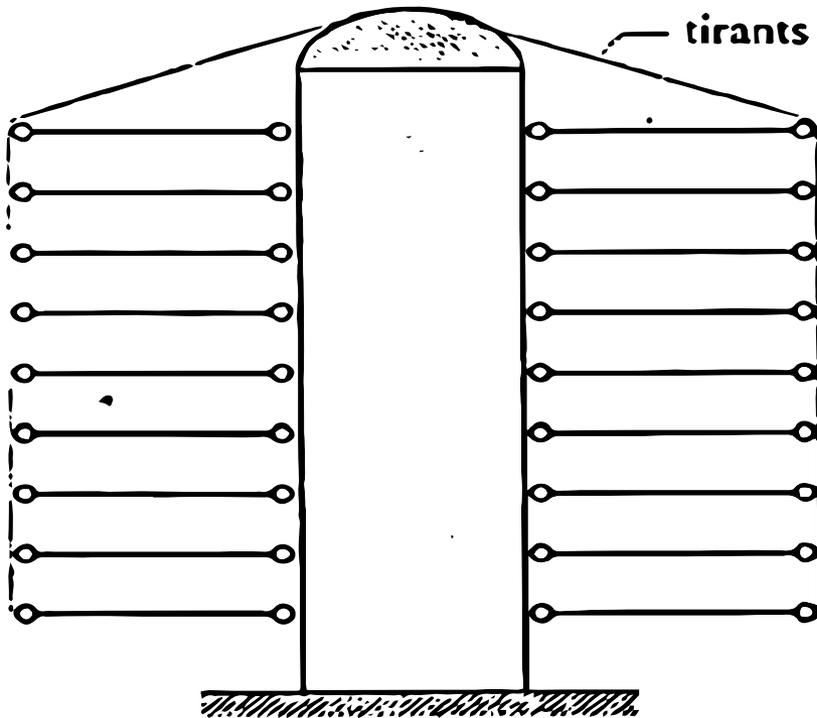
Inconvénients

- Système inefficace dans la transmission des efforts de gravité;
- Tolérance des déformations longitudinales des tirants (solution : limiter le nombre de plancher supportée par un tirant).

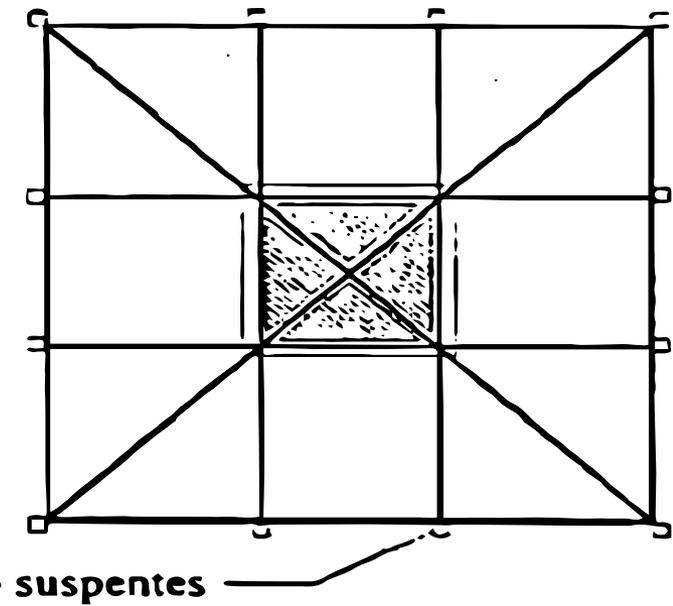


Structures suspendues

Vue en élévation

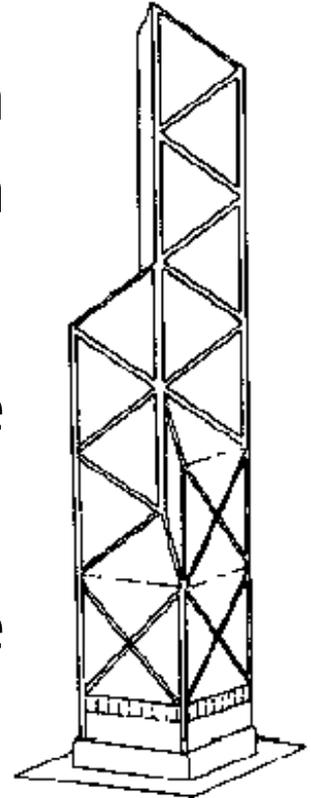


Vue de dessus



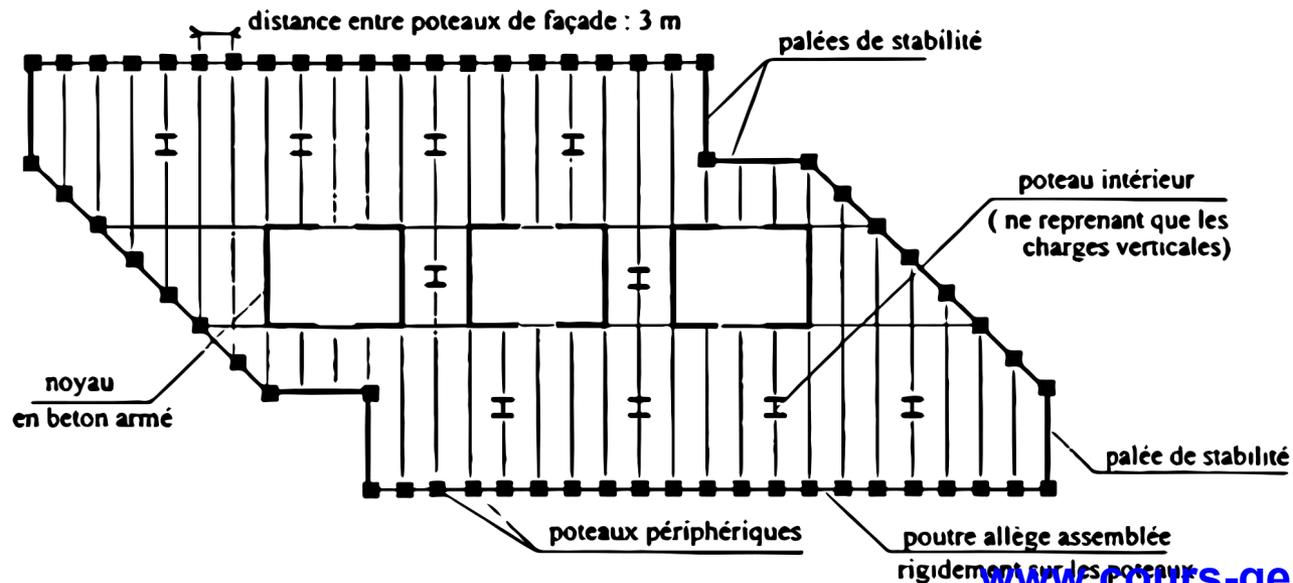
Structures en treillis spatial

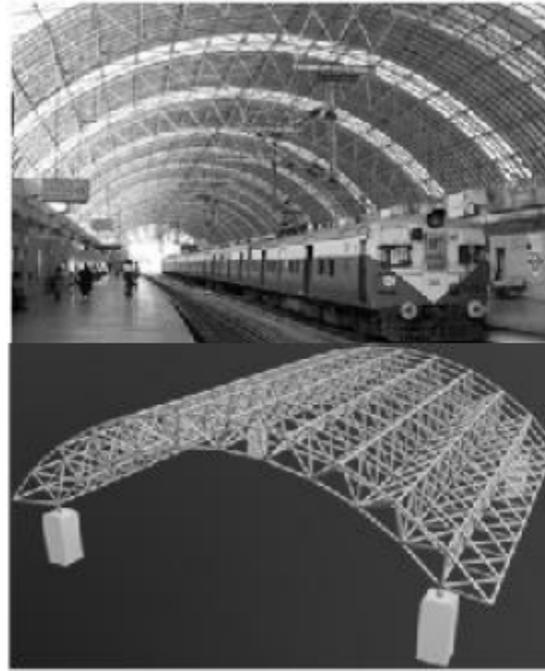
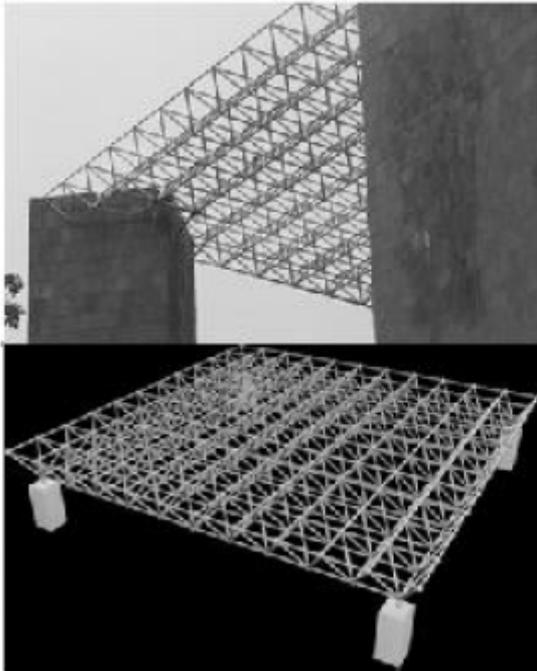
- Formé par une triangulation tridimensionnelle à la différence d'un système en treillis plan.
- Les éléments assurent à la fois la reprise des efforts horizontaux et verticaux.
- Structures légères mais à géométrie relativement complexe.



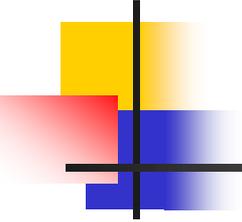
Structures hybrides : tube, noyau et palées

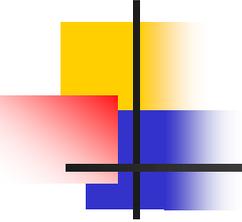
- Actuellement, ce sont les systèmes les plus utilisés, plus particulièrement en zone sismique. Ces systèmes consistent en une combinaison étudiée de plusieurs concepts de structures.
- D'autres facteurs extérieurs (le séisme, le vent, l'architecture, la résistance à l'incendie, le sol, etc.) influent considérablement sur le choix du système structural final à adopter.





Structures Tridimensionnelles (*Spatiales*)

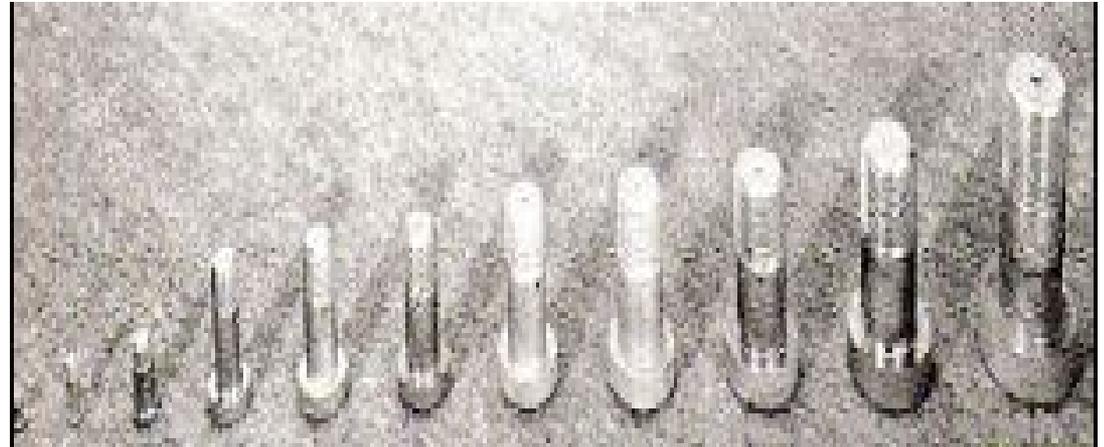
- 
- ❑ **Les Structures tridimensionnelles (au sens large), comprennent toutes ossatures capables de supporter les « enveloppes de bâtiments»**
 - ❑ **Réalisation de constructions de grandes portées sans appuis intermédiaires, en utilisant leur forme, la répartition de leurs composants dans l'espace, le mode d'assemblage approprié (ex. Nœud);**
 - ❑ **Assurer surtout leur stabilité, sous l'effet de sollicitations extérieures.**

- 
- L'industrialisation de systèmes de structures tridimensionnelles a eu lieu après la seconde guerre mondiale;
 - Le système « Mero » par exemple a contribué au développement de ces systèmes, grâce à la mise au point d'une gamme de composants industrialisés.

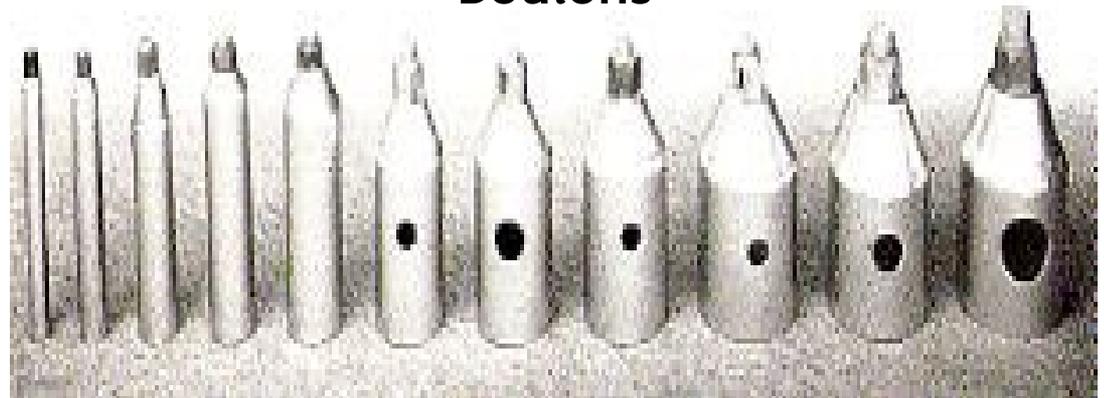
Exemple de composants (Système Mero)



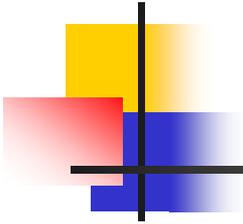
Noëuds



Boulons



Barres (Manchons)







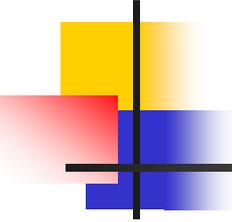












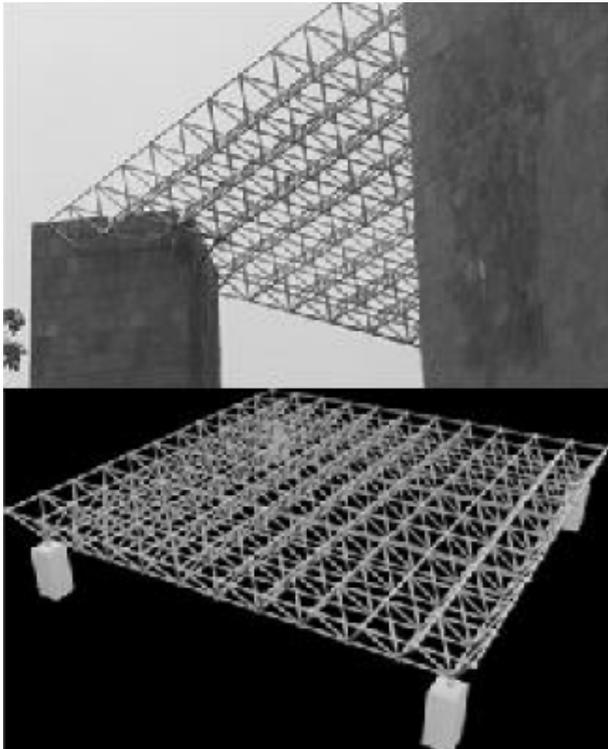
Avantages des structures 3D

- ❑ Grandes portées sans appuis intermédiaires;
- ❑ Economique visant à la plus grande légèreté possible ;
- ❑ Il n'y a aucune meilleure section que la section tubulaire pour la résistance à la torsion.
- ❑ La surface extérieure du tube ne permet pas l'accumulation d'humidité et de poussière réduisant de ce fait la possibilité de corrosion.
- ❑ Sous un chargement dynamique le tube a une plus haute fréquence de vibration que n'importe quelle autre section transversale comprenant une barre ronde pleine.

Types de structures tridimensionnelles

□ Selon la forme

Plane



Cylindrique

Dôme



Types de structures tridimensionnelles

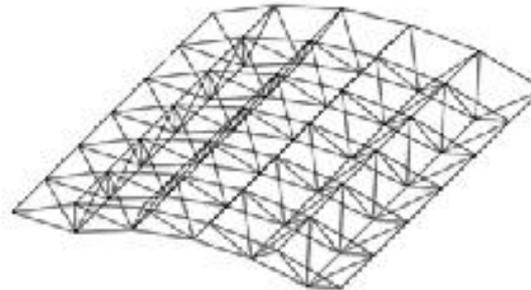
- Selon le nombre de nappes

Une seule nappe



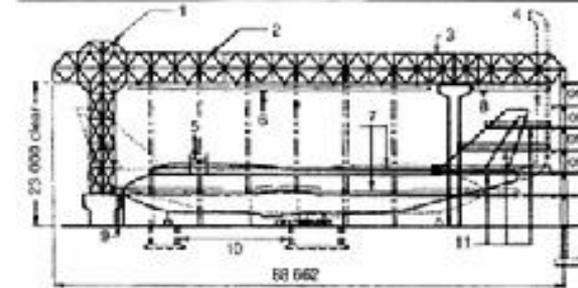
Tous les éléments sont situés sur le même plan.

Double nappe



Deux couches parallèles séparées par une certaine distance et reliées par des barres diagonales.

Triple nappe



Trois couches parallèles, liées par les diagonales. Ils sont presque toujours plates. C'est pour diminuer la longueur des barres diagonales.

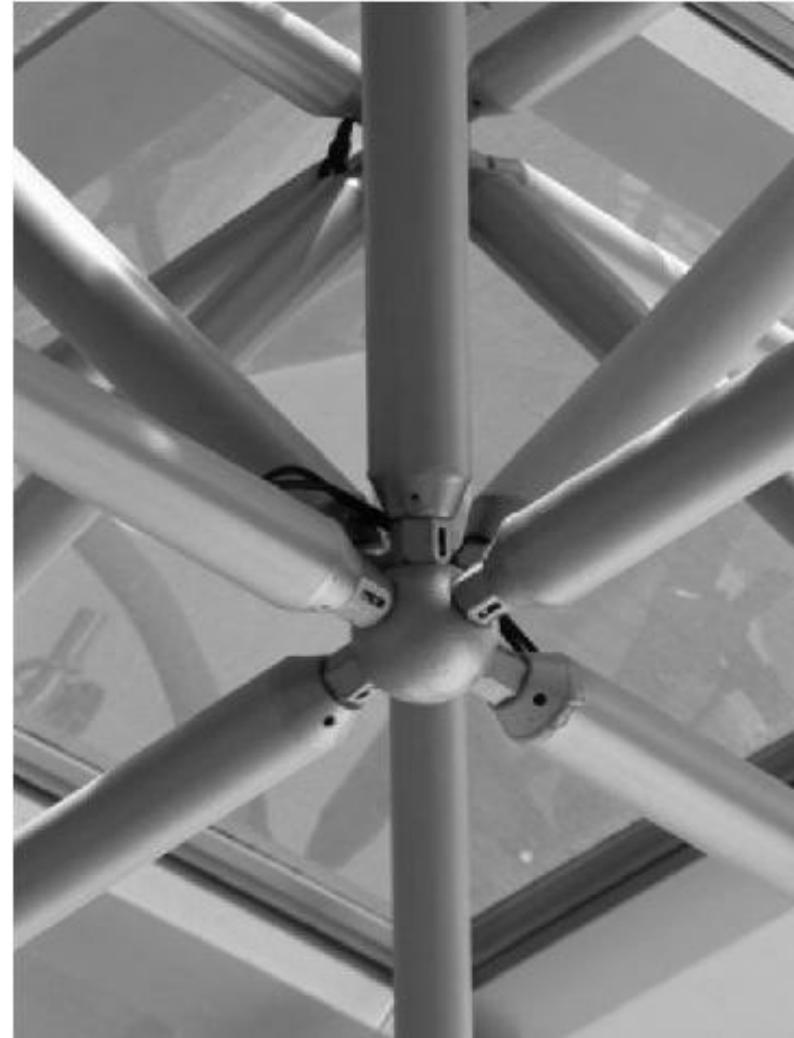
Composants d'une structure 3D

□ Barres

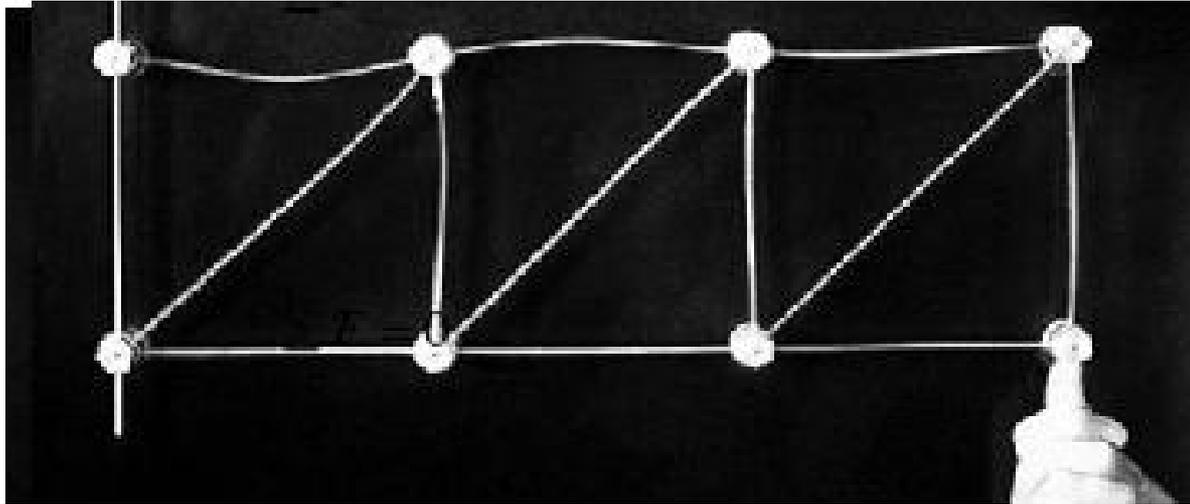
Sont généralement des tubes en acier formé à froid de sections circulaires ou rectangulaires, toutes les barres sont soumises à des forces de compression ou de traction.

□ Connecteurs (sphères)

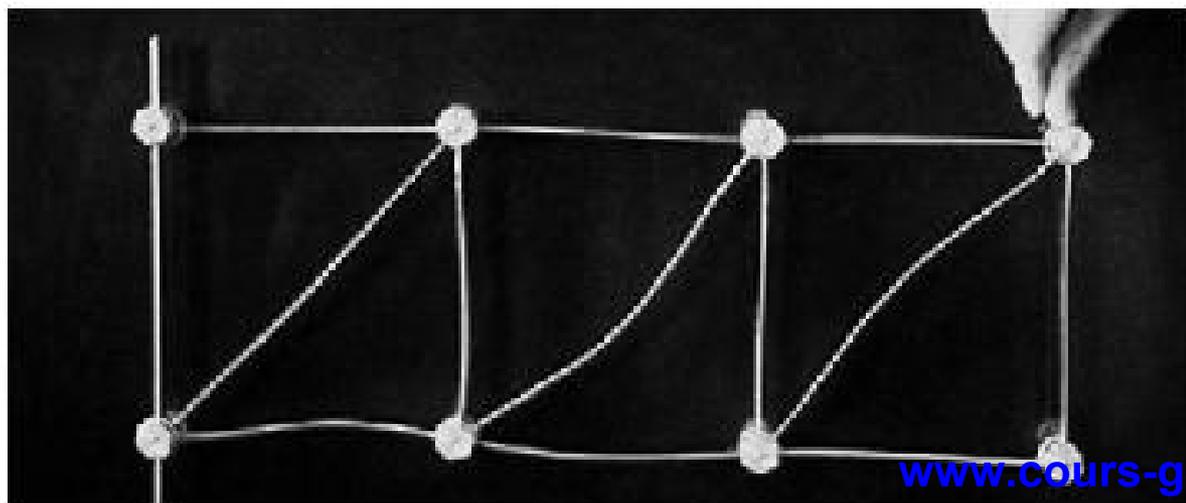
Jouent un rôle très important, et influe sur la force et la rigidité de la structure. Ils représentent environ 20 à 30% du poids total de la structure.



Composants d'une structure 3D



Barres soumises à des forces de compression ou de traction.



Essais mécaniques sur les Composants d'une structure 3D

- ❑ Essais statiques en traction et en compression du système de liaison pour structures spatiales (tridimensionnelles).



Dispositif expérimental d'essais de traction



Dispositif expérimental d'essais de compression

Essais mécaniques de compression sur les Composants d'une structure 3D



Essais mécaniques de traction sur les Composants d'une structure 3D



Composants d'une structure 3D



Composants d'une structure 3D



Composants d'une structure 3D

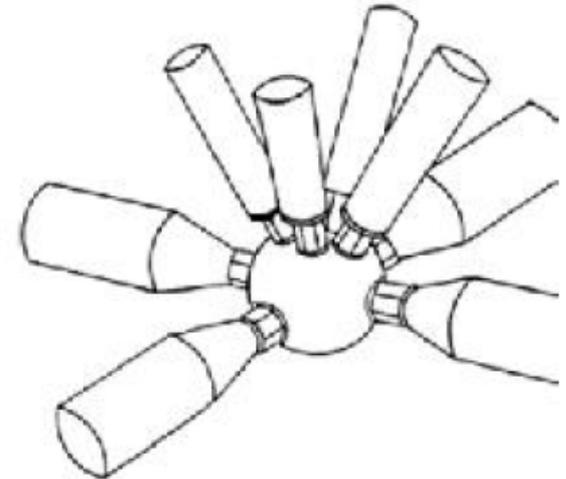
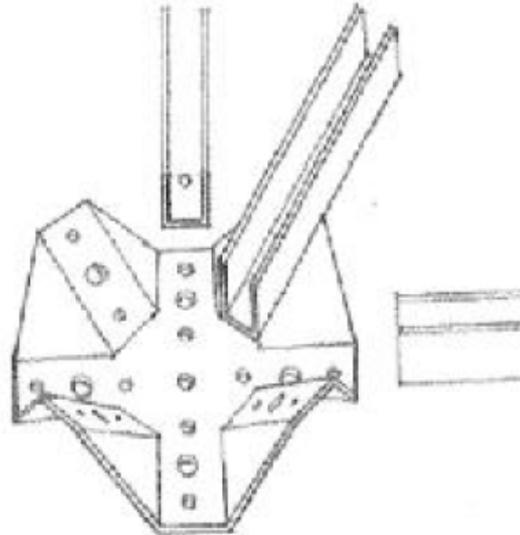
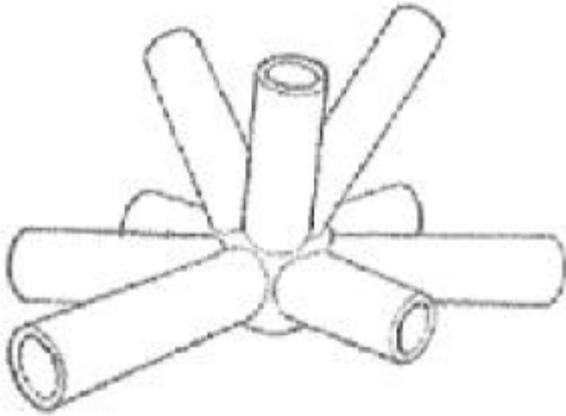


Types de connexions d'une structure 3D

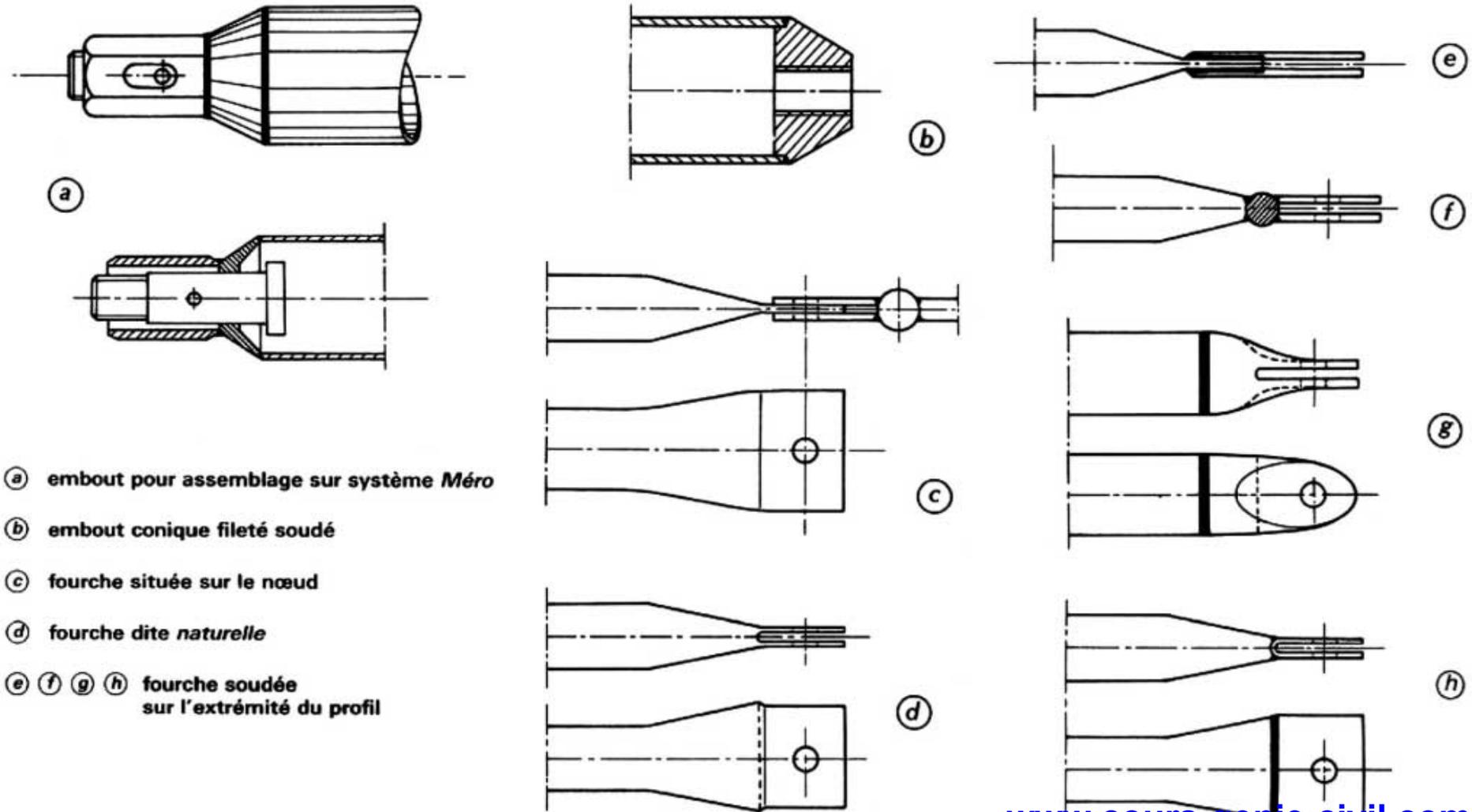
Soudées

Boulonnées

Visées (filetées)



Types de connexions d'une structure 3D



Méthodes de montages des structures 3D

□ Sur échafaudages

- Les éléments de la structure sont assemblés directement sur leur position finale à l'aide d'échafaudages.
- Parfois seulement des échafaudages partiels sont utilisés si la construction est en porte-à-faux.
- Aucun équipement de levage lourd n'est exigé.



Méthodes de montages des structures 3D

□ En blocs (par partie)

La structure 3D est divisée en différents blocs (parties). Ces parties sont assemblées au sol, puis levées à l'aide de grues vers leur position finale et fixées sur les appuis provisoires. Cette méthode convient aux structures 3D à double nappes où la rigidité et le comportement de la structure (charge-résistance) ne change pas considérablement après division en blocs.

La taille de chaque bloc dépendra de la capacité de levage des grues disponibles.



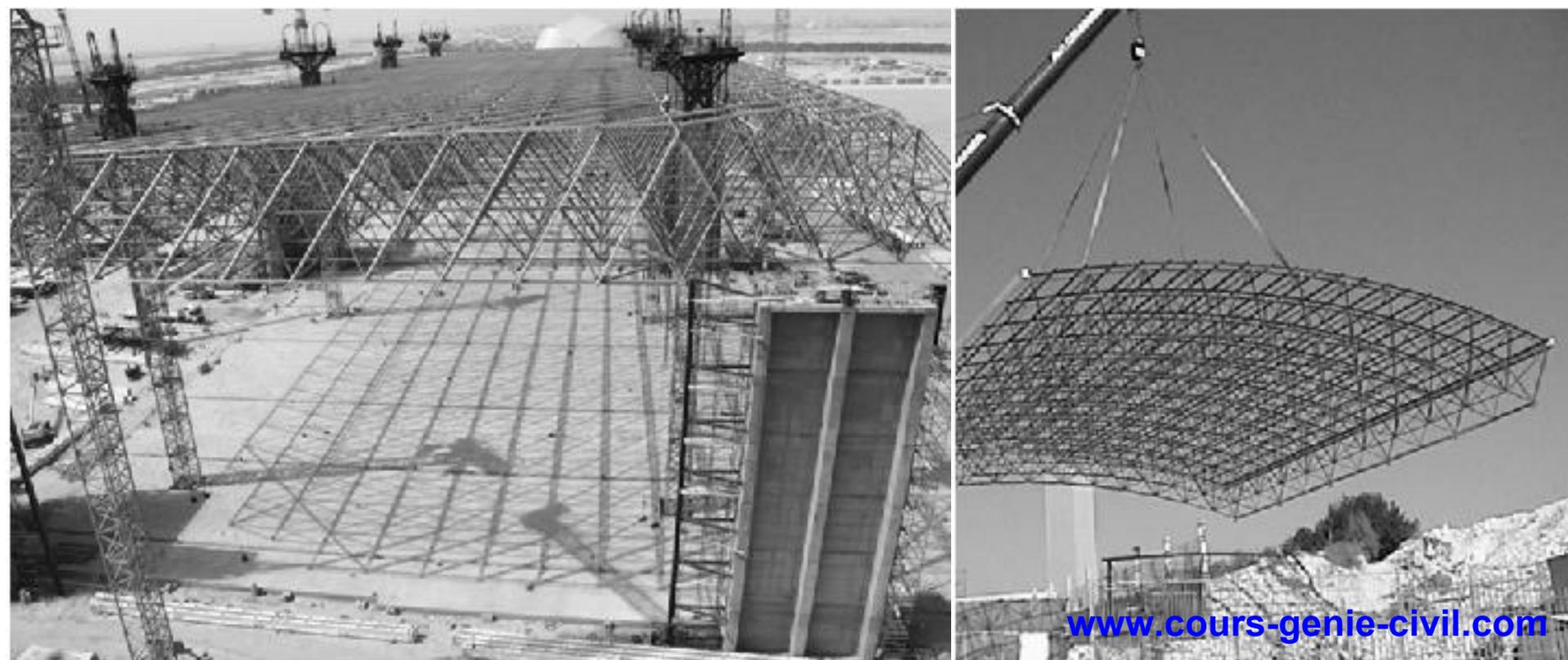
Méthodes de montages des structures 3D

□ Vérinage (Soulèvement de la structure entière)

La structure entière est assemblée au sol puis levée par plusieurs grues.

La structures 3D peut être déplacée ou tournée dans le ciel et ensuite posée sur sa position finale.

Cette méthode peut être utilisée à tous les types de grilles de double-couche



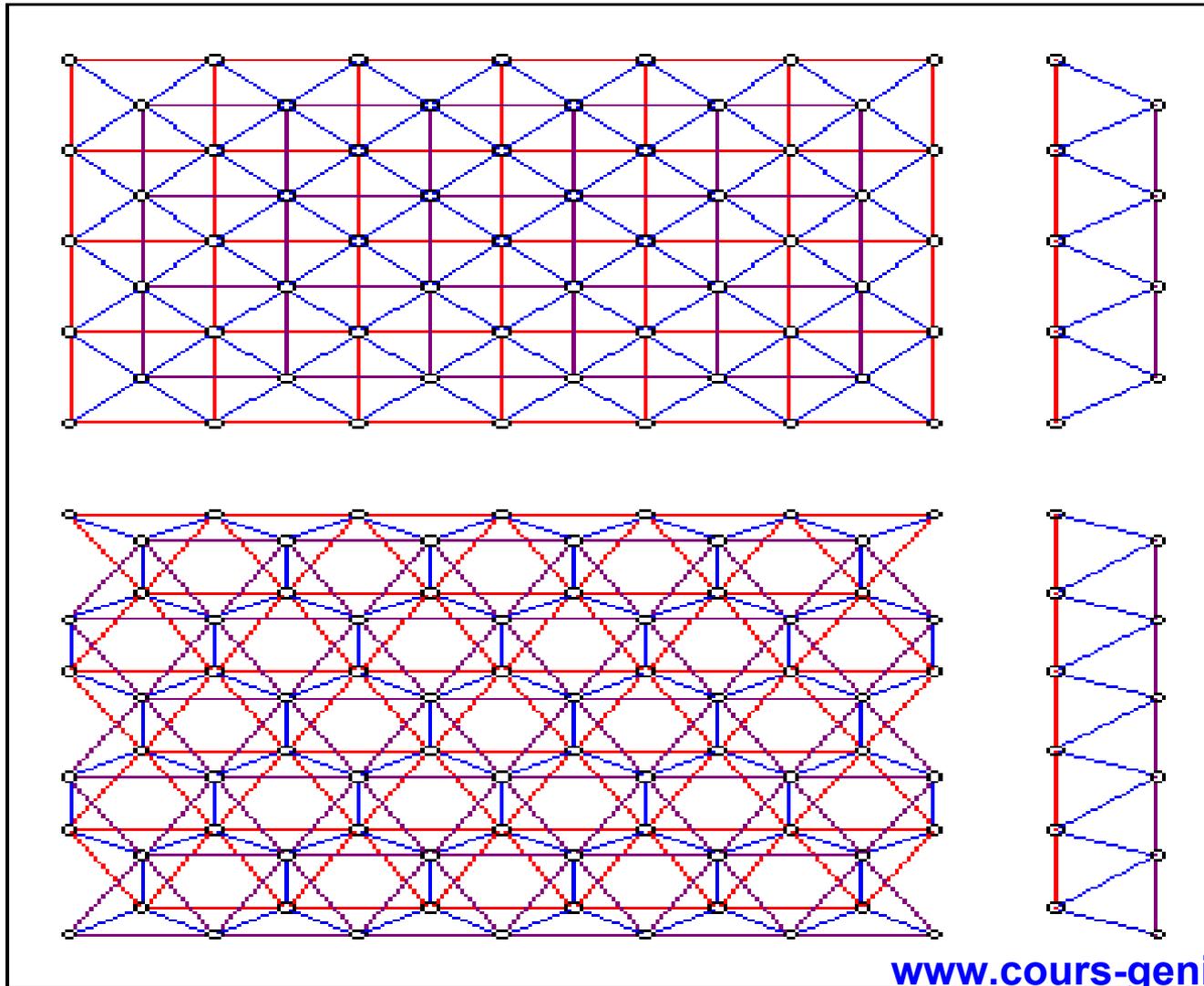
□ *Géométries*

- Régulières,
- Non régulières.

□ *Choix de la modulation*

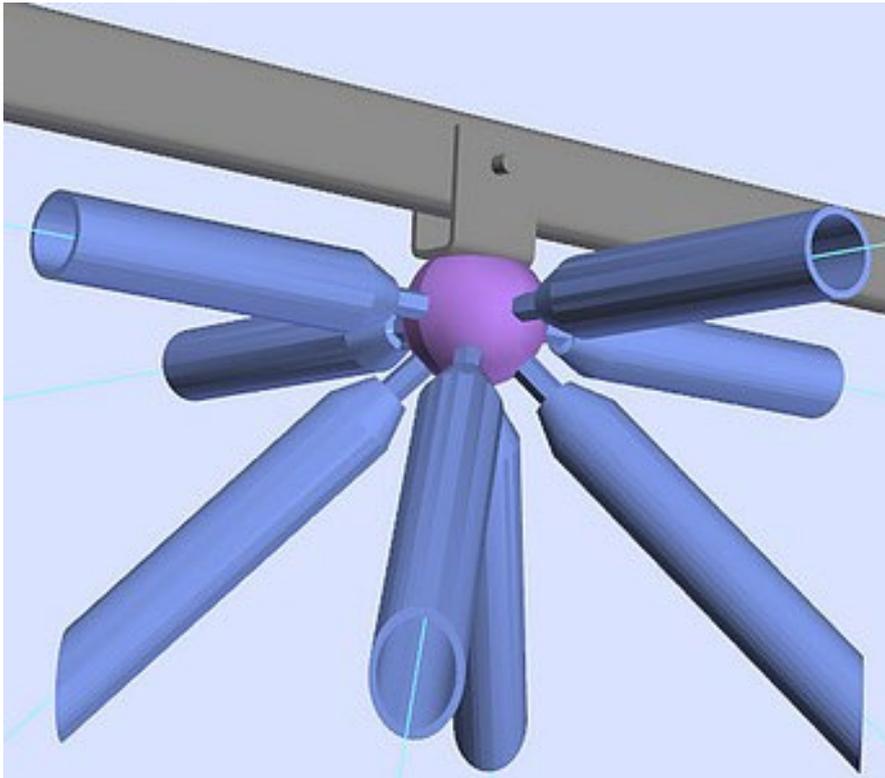
- Modulation carrée;
- Modulation rectangulaire;
- Modulation triangulaire;
- Autres modulations possibles.

Conception



Conception des nœuds

- Le nœud est certainement le composant fondamental de la structure 3D.

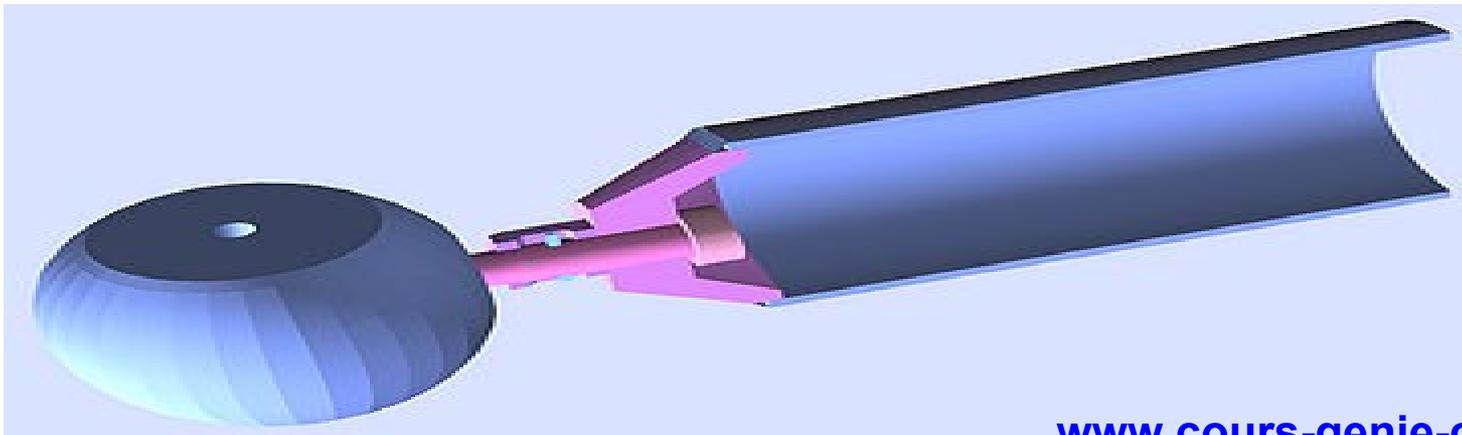
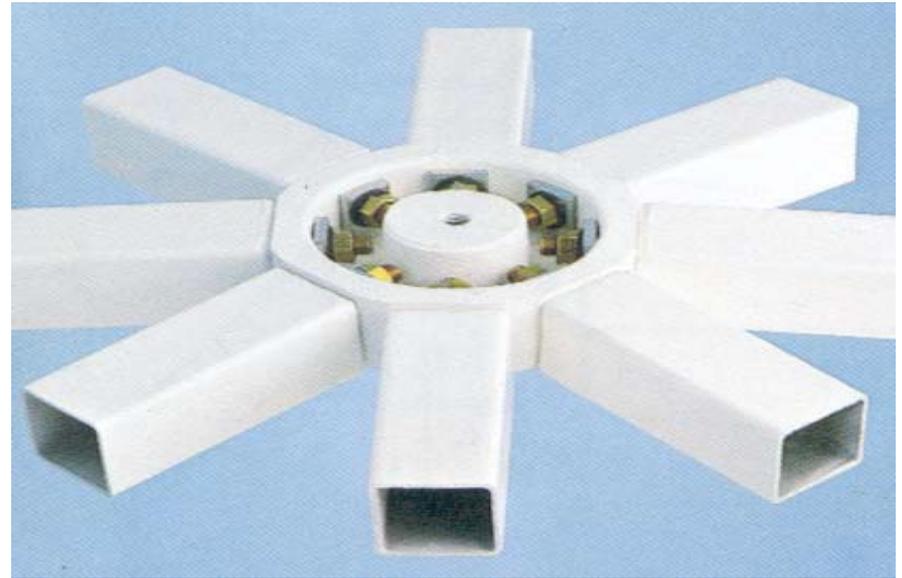


Nœud + Panne



Conception des nœuds

- Exemples de nœuds

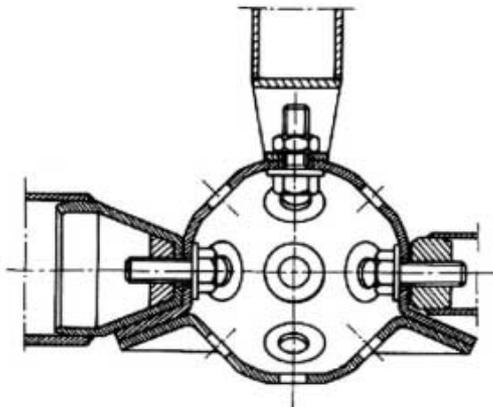


Conception des nœuds

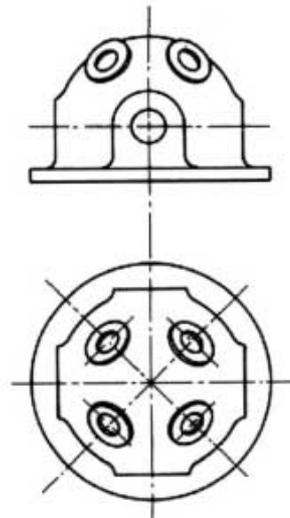
□ Exemples de nœuds



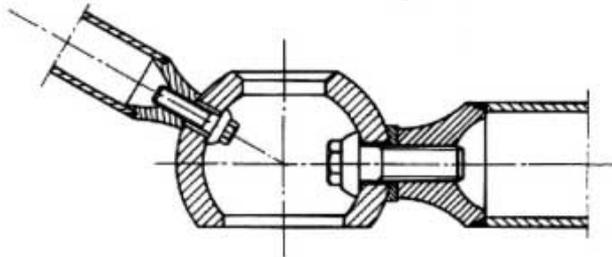
(a) système Méro



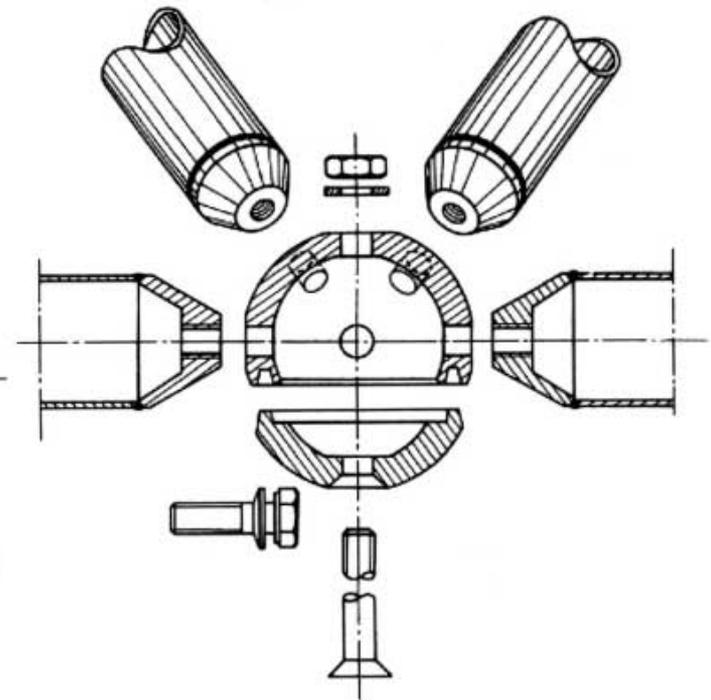
(b) système Comelsa



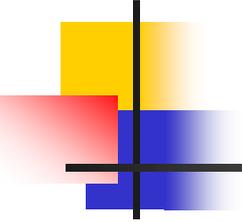
(c) système Saturne



(e) système N.S. Truss

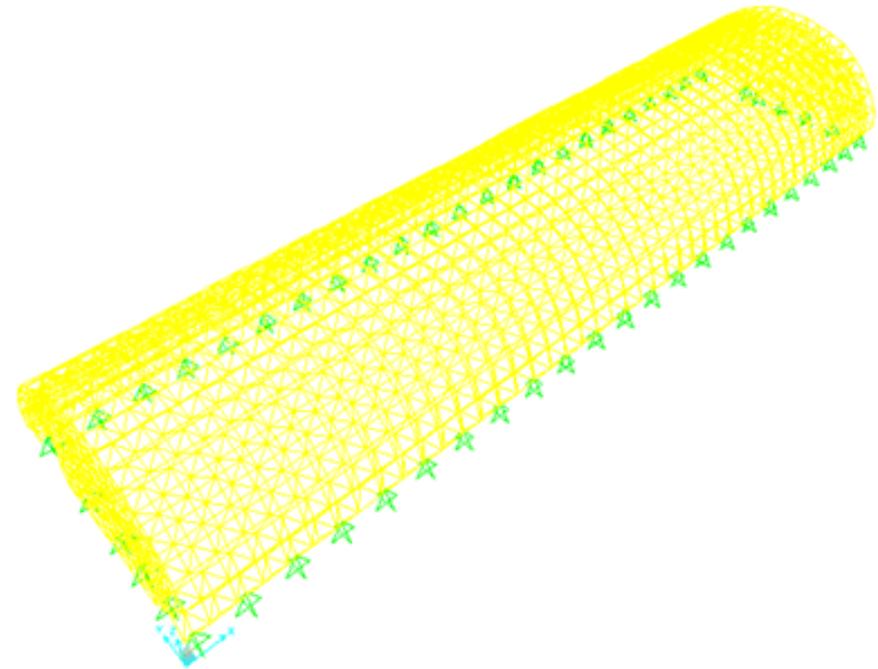
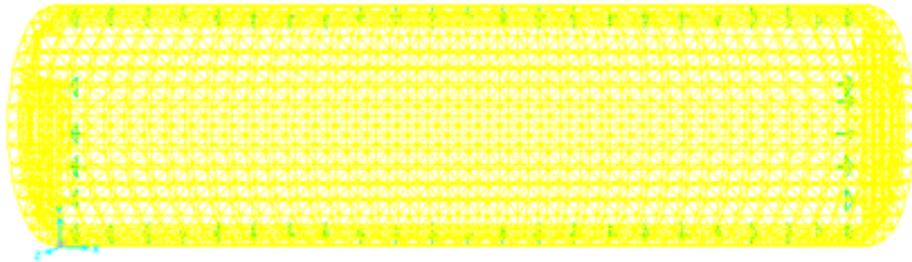


(d) système Sphérobot

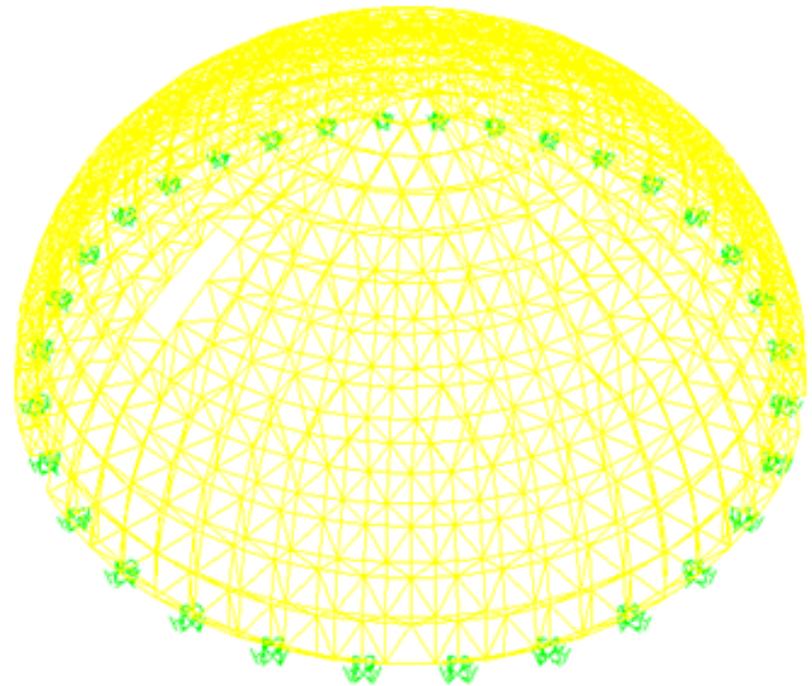
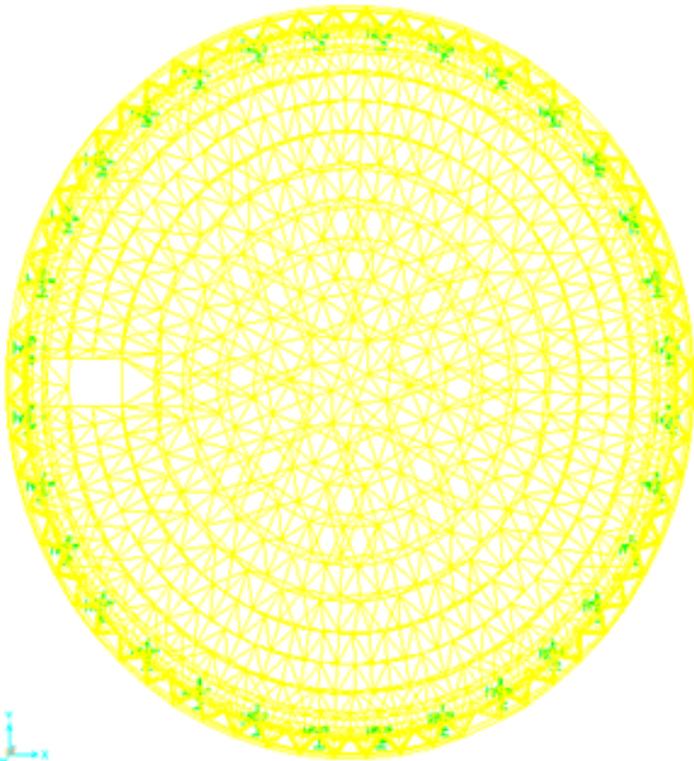


Exemples de calcul de structures tridimensionnelles

Typologie 1 : Voûte Cylindrique



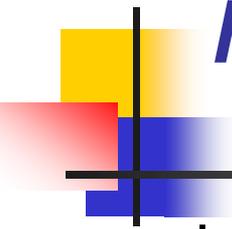
Typologie 2 : Dôme Sphérique



Principes de calcul

□ *Les règlements utilisés:*

- *Règles de conception et de calcul des structures en acier « CCM97 »*
- *Règlement neige et vent « RNV.2013 »;*
- *Règles parasismiques algériennes « RPA 99 / version 2003 »;*
- *En 1991: Euro code 1 : actions sur les structures;*
- *En 1991-1-1. Actions de la charge permanente;*
- *En 1991-1-4. Actions de la charge du vent;*
- *En 1991-1-3. Actions imposées sur les toitures;*
- *En 1993: Eurocode 3 pour les structures en aciers.*



Hypothèses de calcul

- Les nœuds de la structure tridimensionnelle sont considérés comme des articulations avec 03 Degrés De Liberté (D.D.L) de translation pour chaque nœud ;
- Les charges sur la couverture sont supposées directement appliquées aux nœuds de la structure 3D. Cela implique que des pannes supports de couverture sont directement fixées aux nœuds ;
- Dans le cas d'un calcul d'avant-projet, les liaisons de la structure tridimensionnelle aux fondations peuvent être modélisées soit par des rotules soit par des liaisons fixes. En phase d'exécution, le calcul sera affiné en fonction de la rigidité offerte.

Spectre sismique

The screenshot displays a software interface for defining a seismic response spectrum. The main window is titled "Response Spectrum Function Definition". A dialog box titled "Paramètres RPA99" is open, showing a graph of the spectrum and various parameters.

Response Spectrum Function Definition Parameters:

- Function Name: FUNC1
- Function Damping Ratio: 0.05
- Values are: Frequency vs Value, Period vs Value
- Step: 0
- Display Graph: (0.3602, 0.243)
- Buttons: OK, Cancel

Paramètres RPA99 Parameters:

- Fichier: A propos
- Graph du spectre: Text
- Graph: (0.293, 0.243)
- Zone: I, IA, IB, III
- Groupe d'usage: 1A, 1B, 2, 3
- Coeff. comportement: 2
- Amortissement: 4 %
- Facteur de qualité Q: 1.20
- Site: S1: Site Rocher, S3: Site Meuble, S2: Site Ferme, S4: Site Très Meuble

The 3D model on the right shows a yellow dome structure with green markers at the base, representing a seismic analysis setup.

Résultats de l'analyse

Forces dans les éléments

| Type de charge | Traction | Compression |
|--------------------------|----------|-------------|
| | KN | KN |
| Dead Permanente | 34 | -117 |
| Surcharge d'exploitation | 79 | -218 |
| Neige | 4 | -10 |
| Poussière | 41 | -59 |
| Température | 69 | -179 |
| Vent | 306 | -192 |
| Séisme-x | 37 | 0 |
| Séisme-y | 36 | 0 |

Déplacements

| Cas de charge | U1 | U2 | U3 |
|--------------------------|-------|-------|--------|
| | mm | mm | mm |
| Dead Permanente | 0.00 | 0.00 | -9.74 |
| Surcharge d'exploitation | -0.05 | -0.02 | -22.54 |
| Neige | -0.07 | 0.00 | -11.36 |
| Poussière | -0.38 | -0.01 | -0.61 |
| Température | 11.64 | 0.01 | 19.47 |
| Vent | 0.03 | 11.53 | 19.09 |
| Séisme-x | 8.65 | 0.08 | 0.24 |
| Séisme-y | 0.08 | 8.67 | 0.01 |

Résultats de l'analyse

□ Déplacement maximal (le vent)

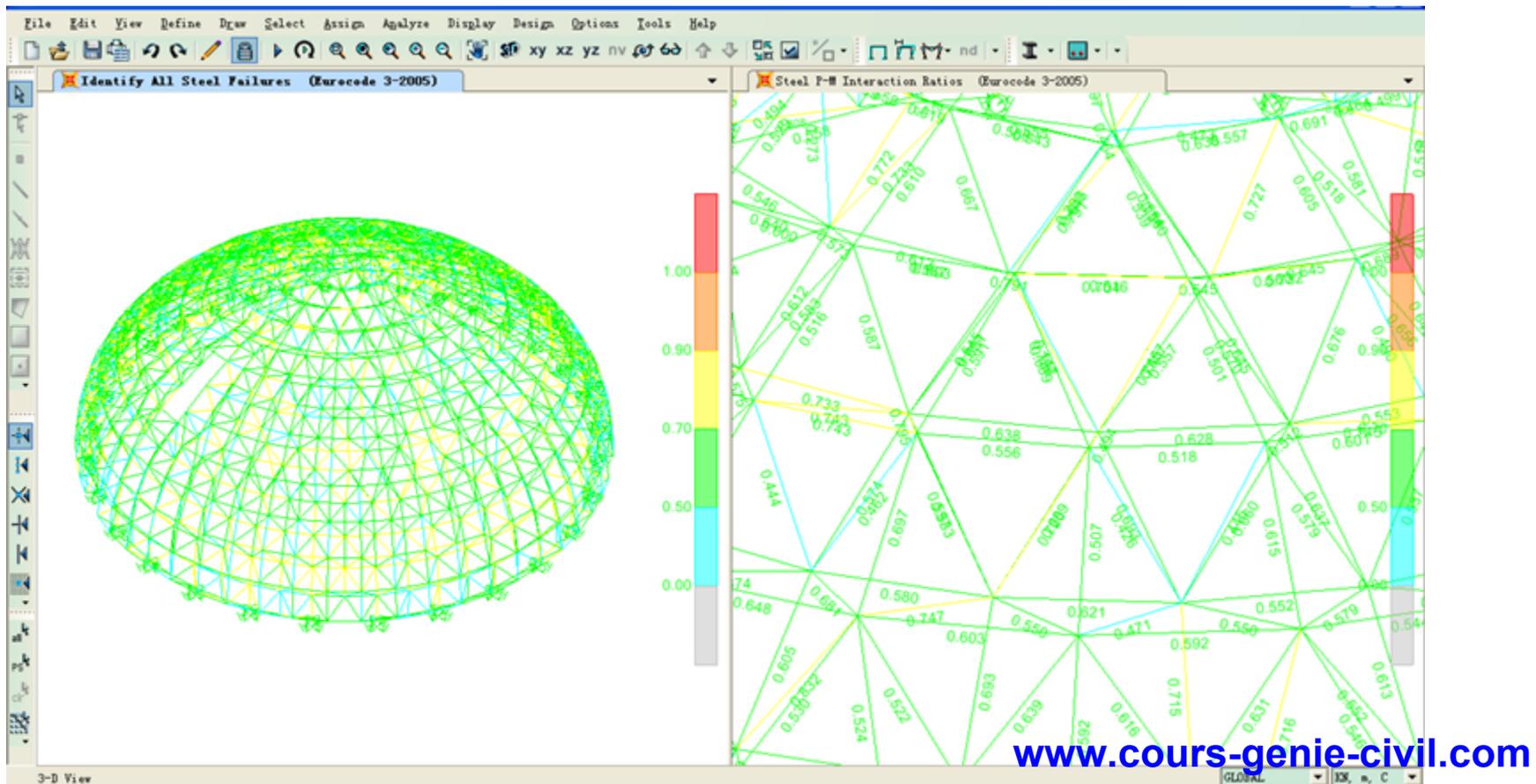
| Déplacement max (mm) | Déplacement limite (L/125) | Résultat |
|----------------------|----------------------------|----------|
| mm | mm | |
| 11.64 | 253 | OK |

□ Déplacement maximal sous le séisme

| Déplacement max (mm) | Déplacement limite (L/300) | Résultat |
|----------------------|----------------------------|----------|
| mm | mm | |
| 8.65 | 103 | OK |

Résultats de l'analyse

- A partir du commande check design du logiciel de calcul , l'ensemble des éléments seront vérifiés



Résultats de l'analyse

□ Résultats de vérification des tubes

| Steel Stress Check Data Eurocode 3-2005 | | | | | | | |
|---|--|-------------------------|---------------------|---------------------|-------|-------|--------|
| File | | | | | | | |
| Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station) | | | | | | | |
| Units : KN, m, C | | | | | | | |
| Frame : 4084 | X Mid: 31.718 | Combo: COMB2291 | Design Type: Brace | | | | |
| Length: 3.715 | Y Mid: 40.105 | Shape: FSEC2 | Frame Type: DCH-MRF | | | | |
| Loc : 3.715 | Z Mid: 28.736 | Class: Class 1 | Rolled : No | | | | |
| Country=CEN Default | | Combination=Eq. 6.10 | | Reliability=Class 2 | | | |
| Interaction=Method 2 (Annex B) | | MultiResponse=Envelopes | | P-Delta Done? No | | | |
| GammaM0=1.00 | GammaM1=1.00 | GammaM2=1.25 | | | | | |
| An/Ag=1.00 | RLLF=1.000 | PLLF=0.750 | D/C Lim=0.950 | | | | |
| Aeff=8.453E-04 | eNy=0.000 | eNz=0.000 | | | | | |
| A=8.453E-04 | Iyy=0.000 | iyy=0.025 | Wel,yy=1.445E-05 | Weff,yy=1.445E-05 | | | |
| It=1.091E-06 | Izz=0.000 | izz=0.025 | Wel,zz=1.445E-05 | Weff,zz=1.445E-05 | | | |
| Iw=0.000 | Iyz=0.000 | h=0.076 | Wp1,yy=1.932E-05 | Av,z=5.381E-04 | | | |
| E=200000000.0 | Fy=235000.000 | fu=390000.000 | Wp1,zz=1.932E-05 | Av,y=5.381E-04 | | | |
| STRESS CHECK FORCES & MOMENTS | | | | | | | |
| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ued,z | Ued,y | Ted | |
| 3.715 | -47.149 | 0.000 | 0.000 | 0.112 | 0.000 | 0.000 | |
| PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.61) | | | | | | | |
| D/C Ratio: | 0.743 = $0.709 + \sqrt{(0.034)^2 + (0.000)^2}$] < | | | 0.950 | OK | | |
| | = $Ned / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + \sqrt{[(k_{yy} (M_y, Ed + Ned) e_{Ny}) / (\chi_{LT} M_y, Rk / \gamma_{M1}))^2 + (k_{yz} (M_z, Ed + Ned) e_{Nz}) / (M_z, Rk / \gamma_{M1}))^2]}$ | | | (EC3 6.3.3(4)-6.61) | | | |
| AXIAL FORCE DESIGN | | | | | | | |
| | Ned | Nc,Rd | Nt,Rd | | | | |
| Axial | Force | Capacity | Capacity | | | | |
| | -47.149 | 198.642 | 198.642 | | | | |
| | Np1,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag | | |
| | 198.642 | 237.356 | 65021.906 | 78.029 | 1.000 | | |
| | Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
| Major (y-y) | a | 0.210 | 78.029 | 1.596 | 1.919 | 0.335 | 66.517 |
| MajorB(y-y) | a | 0.210 | 78.029 | 1.596 | 1.919 | 0.335 | 66.517 |
| Minor (z-z) | a | 0.210 | 78.029 | 1.596 | 1.919 | 0.335 | 66.517 |
| MinorB(z-z) | a | 0.210 | 78.029 | 1.596 | 1.919 | 0.335 | 66.517 |

