



Formation du 06 mai 2009

**GRANDS PRINCIPES DE
REALISATION DES OUVRAGES
DANS LE BÂTIMENT**

Formation formateurs de Technologie

Objectif de la journée

L'objectif de cette séance de formation est de faire une approche technique des solutions constructives mises en œuvre dans le bâtiment à travers :

- une analyse fonctionnelle des ouvrages et des éléments d'ouvrage
 - une description des solutions retenues en fonction des contraintes techniques et économiques
-

SOMMAIRE

- ☐ Introduction
 - ☐ Analyse fonctionnelle et description des principaux éléments de structure
 - Fondations
 - Ossature
 - Porteurs verticaux
 - Porteurs horizontaux
 - ☐ Bibliographie
-

INTRODUCTION

Les choix techniques associés à la réalisation des ouvrages dans le Bâtiment dépendent essentiellement:

- de la destination de l'ouvrage,
- de choix architecturaux,
- des exigences réglementaires,
- des contraintes de site et d'environnement,
- du respect de l'enveloppe économique,
- de la faisabilité des différentes solutions.

La connaissance des principes mécaniques et technologiques de réalisation des ouvrages permet de choisir la solution qui satisfasse au mieux ces exigences. La recherche de rentabilité économique est indissociable de tout choix technique.

Le parti a été pris de ne s'intéresser qu'à la structure des ouvrages.

ANALYSE FONCTIONNELLE ET DESCRIPTION DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE STRUCTURE

LES FONDATIONS

Cet ouvrage en béton constitue l'assise du bâtiment doit être étudié et dimensionné avec une attention particulière

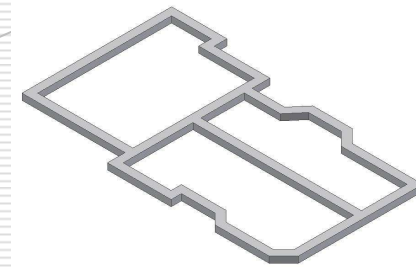
Fonctions des fondations:

- ☐ Transmettre les charges provenant du bâtiment sur le sol
- ☐ Eviter les tassements différentiels

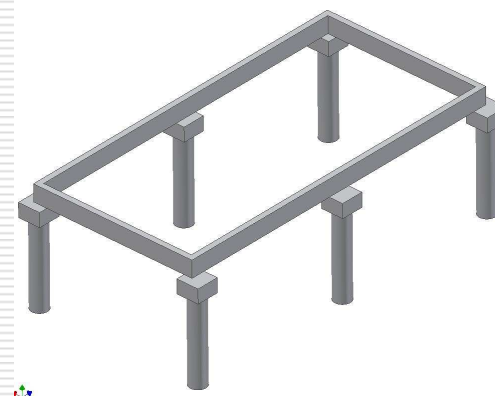
LES FONDATIONS

Classification des fondations suivant la profondeur à laquelle elles sont réalisées:

☐ Fondations superficielles



☐ Fondations profondes



LES FONDATIONS

Le type de fondations dépend de la profondeur à laquelle se trouve un sol suffisamment résistant pour supporter les charges de l'ouvrage.

Charges apportées par l'ouvrage à l'Etat Limite Ultime:

$$1.35 G + 1.5 Q$$

Charges permanentes:

Poids propre de tous les éléments et équipement fixes du bâtiment (murs, dalles, charpente..)

Charges variables

Charges qui ne s'exercent pas en permanence

- Charges d'exploitation: personnes, mobilier...
- Charges climatiques: neige, vent..

LES FONDATIONS

$$\text{Contrainte} = \frac{\text{Charges apportées par l'ouvrage (P)}}{\text{Surface des fondations (S)}}$$

Une contrainte de dimensionnement q_d est déterminée par des essais de sol

Surface de contact entre le sol et les fondations

Si q_d est faible

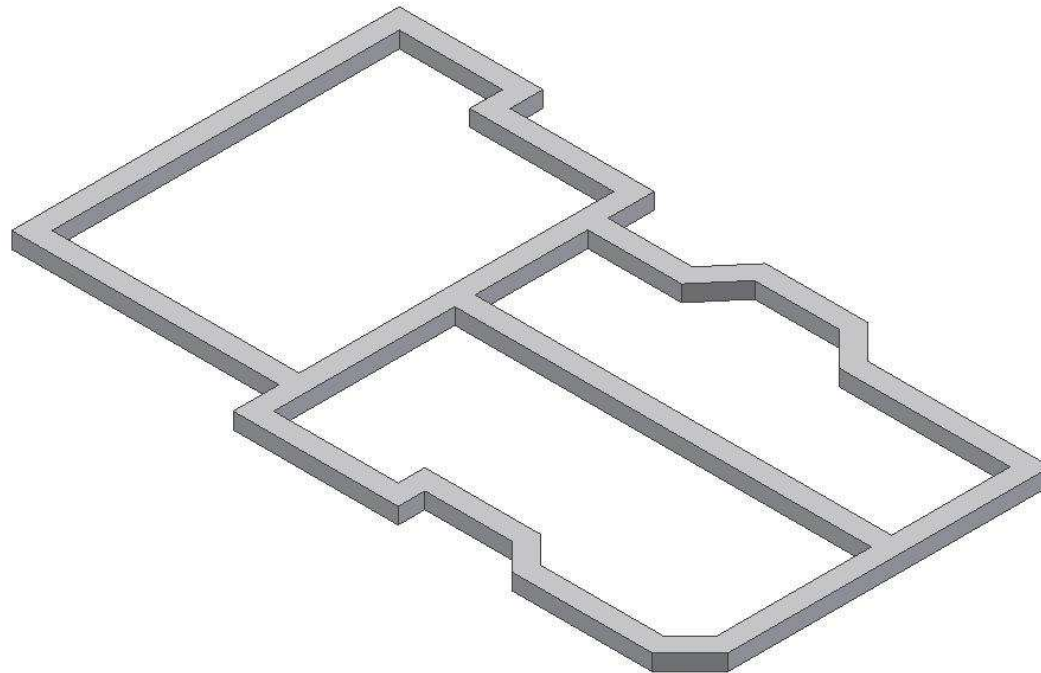
Si P augmente

} il faudra augmenter la surface des fondations

LES FONDATIONS

LES FONDATIONS SUPERFICIELLES

Lorsque le sol à proximité du niveau le plus bas de la construction est suffisamment résistant, on réalise des fondations superficielles.



LES FONDATIONS



LES FONDATIONS

Lorsque le sol est moins portant, la surface des fondations augmente. Lorsque cette surface dépasse 60% de la surface du bâtiment, il est plus économique de réaliser un radier.

Radier



fondation superficielle
sur toute la surface du bâtiment



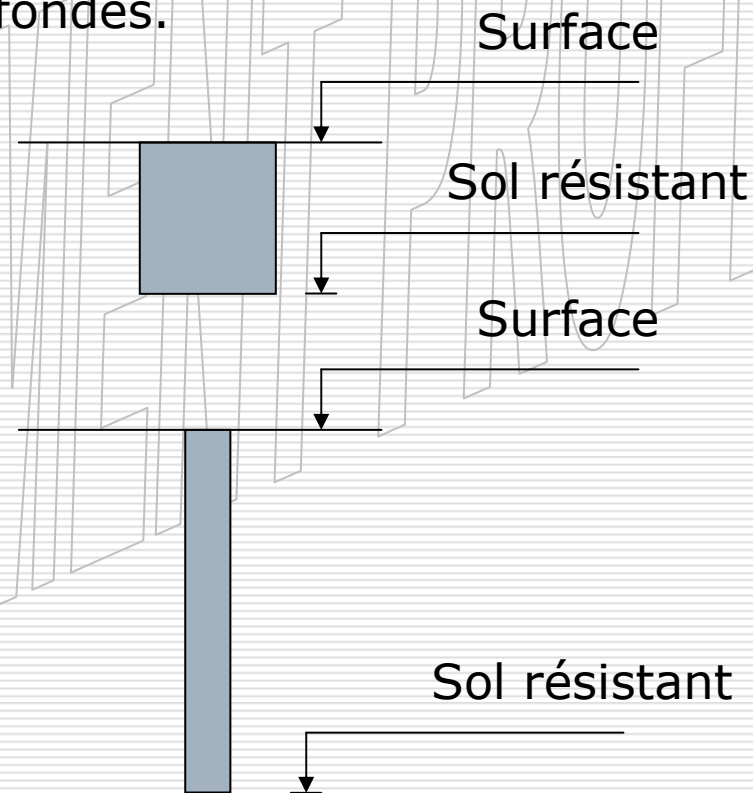
LES FONDATIONS

LES FONDATIONS PROFONDES

Lorsque le sol résistant se trouve à une profondeur importante par rapport au niveau le plus bas de l'ouvrage, on réalise des fondations profondes.

- Puits
($\approx 3-4$ m)

- Pieux
($\geq 4-5$ m)



LES FONDATIONS

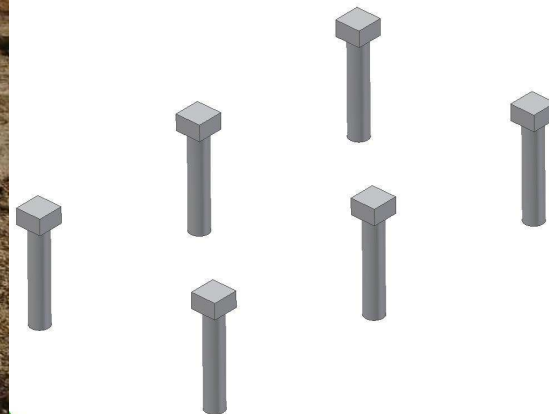
Les puits:

Une fouille est ouverte sur la profondeur nécessaire et remplie de gros béton (gros granulats + dosage faible en ciment)



Les pieux:

Les pieux sont réalisés à l'aide d'engins spécialisés qui permettent de forer et de bétonner. Les pieux sont parfois couronnés d'une tête de pieu afin de recevoir les longrines



LES FONDATIONS

Quel que soit le système de fondation, les pieux sont surmontés de longrines: (poutres reposant sur les pieux) et qui permettent de recevoir les murs.



L'OSSATURE

L'ossature des bâtiments constitue le squelette de l'ouvrage. La conception des ossatures des bâtiments dépend de leur destination. On peut distinguer trois types de structure. Cette classification n'est qu'indicative et il existe des exceptions.

- ☐ Ossature poteaux-poutres (souvent les bâtiments industriels)
- ☐ Ossature à façades et refends porteurs (bâtiments de logements collectifs)
- ☐ Ossature à refends porteurs et façades rapportées (par exemple les bâtiments à usage de bureaux)

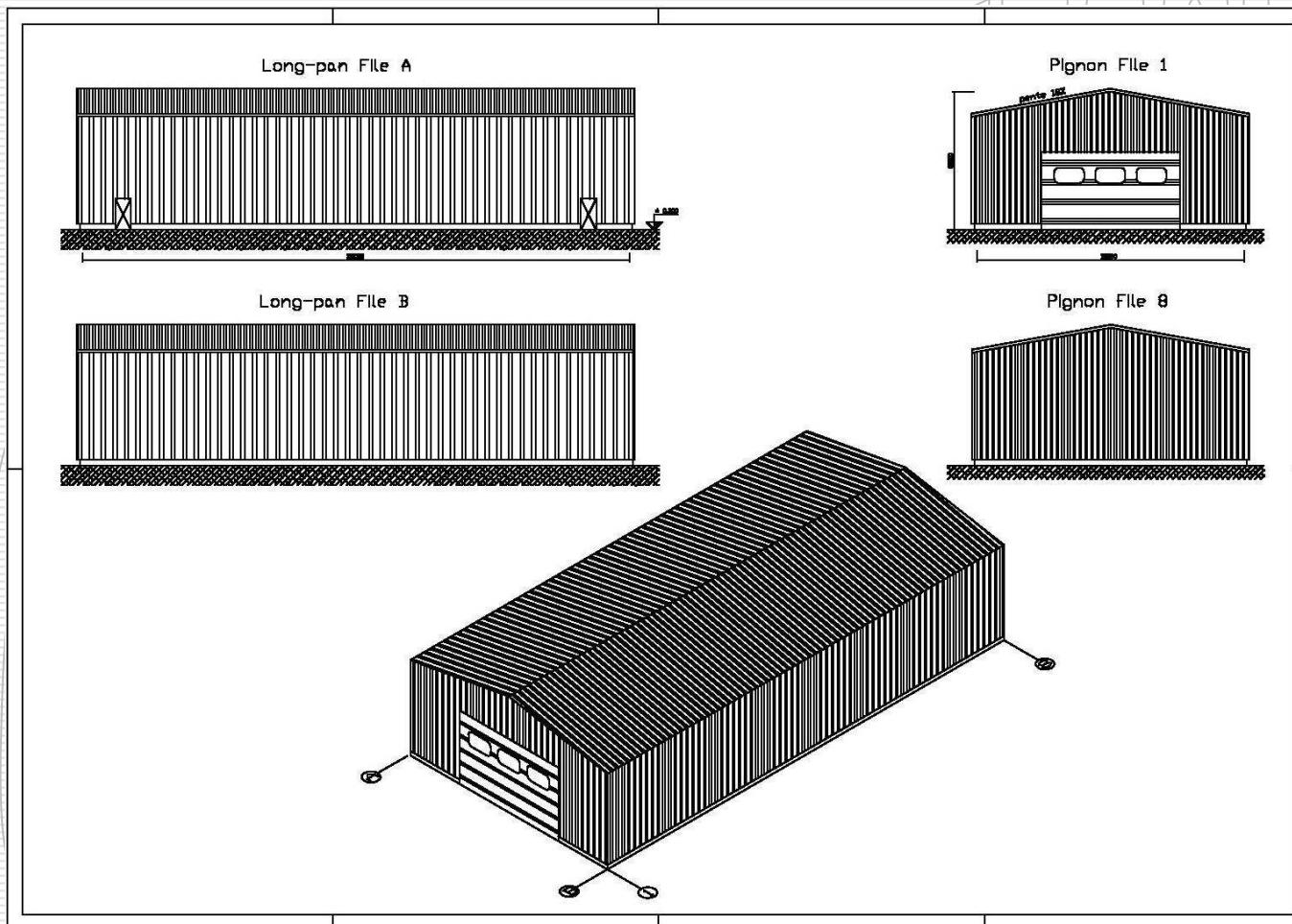
L'OSSATURE

OSSATURE POTEAUX-POUTRES: EXEMPLE D'UN BATIMENT INDUSTRIEL

Fonction attendue	Conséquences sur la structure ou les matériaux
Nécessité d'avoir un espace de 450 m ² environ (35.00 m x 15.00 m)	15.00 m: Ce sont des grandes portées en bâtiment ⇒ Domaine d'utilisation de l'acier, du bois lamellé-collé ou du béton précontraint.
Nécessité de ne pas créer de parois verticales à l'intérieur	Uniquement des poteaux comme porteurs verticaux ⇒ Couplés à des poutres ⇒ Portiques
Zone de travail et de stockage accessible depuis l'extérieur	Bâtiment de plain pied
Destiné à recevoir des machines de poids important	
Nécessité d'une zone bureaux	Coursive en étage pour les bureaux
Prix	Compétitivité de l'acier

L'OSSATURE

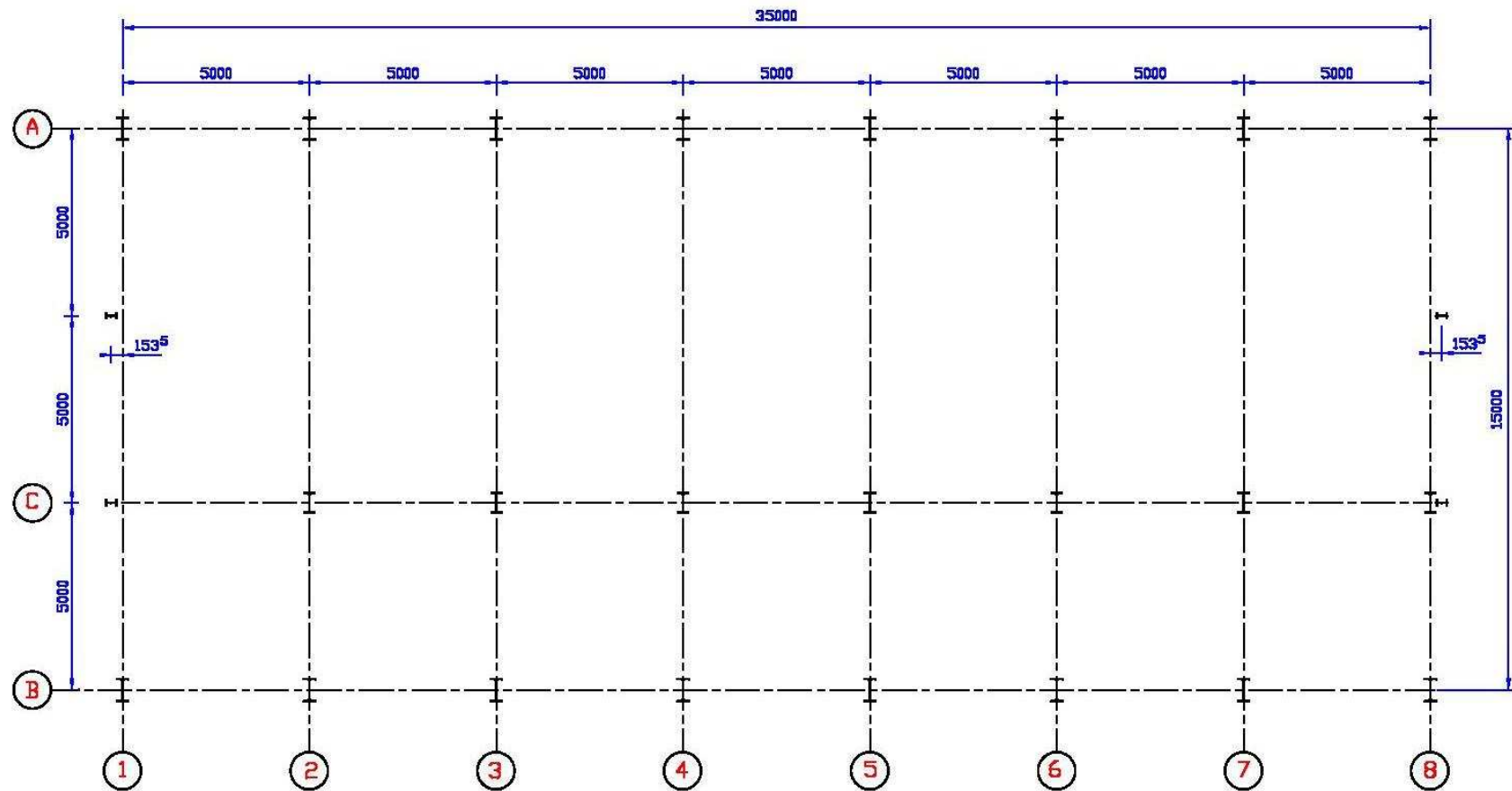
OSSATURE POTEAUX-POUTRES



Exemple d'un bâtiment industriel

L'OSSATURE

OSSATURE POTEaux-POUTRES: **BATIMENT A OSSATURE METALLIQUE**

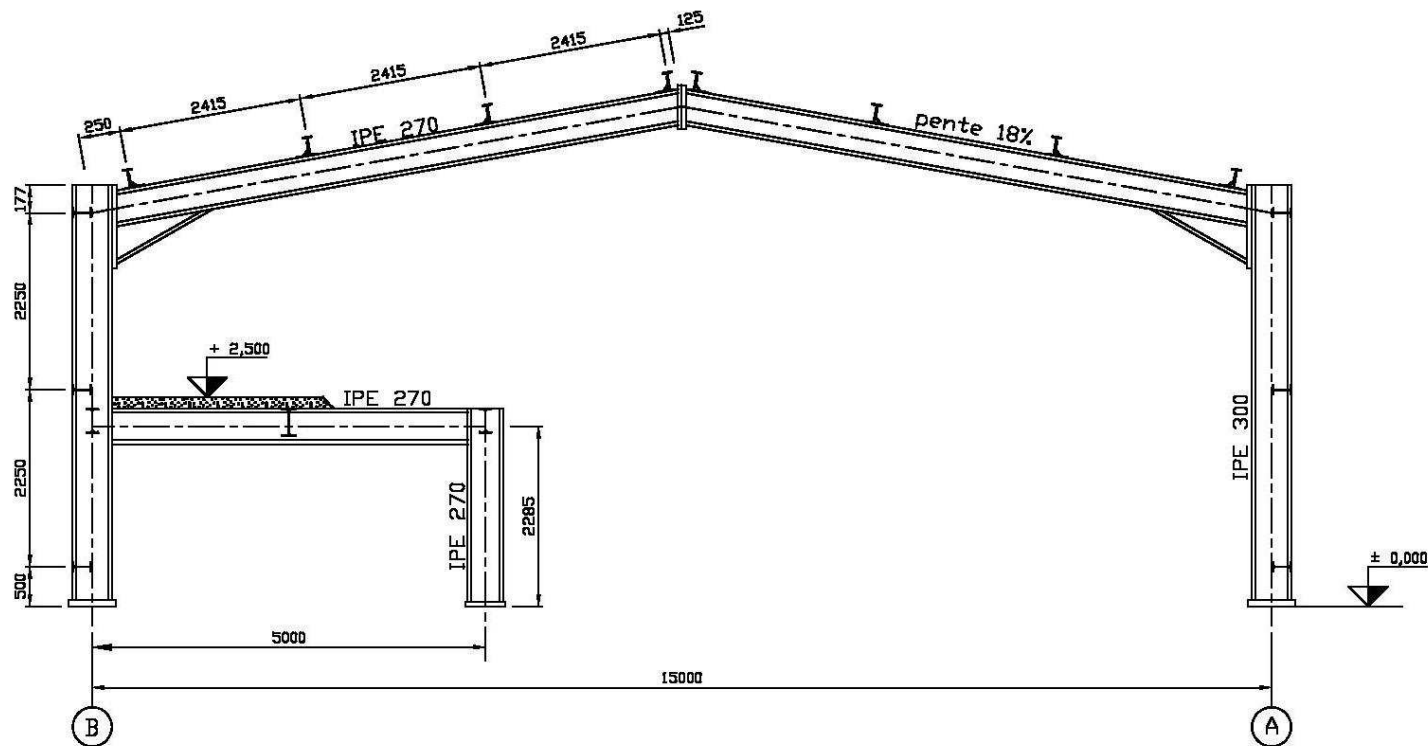


Implantation des poteaux métalliques

L'OSSATURE

OSSATURE POTEaux-POUTRES: **BATIMENT A OSSATURE METALLIQUE**

Portique File 2 a 7



Portiques courants

OSSATURE POTEAUX-POUTRES: BATIMENT A OSSATURE METALLIQUE

Portique extrême

L'OSSATURE

Bâtiments industriels : ossature poteaux-poutres



Ossature béton

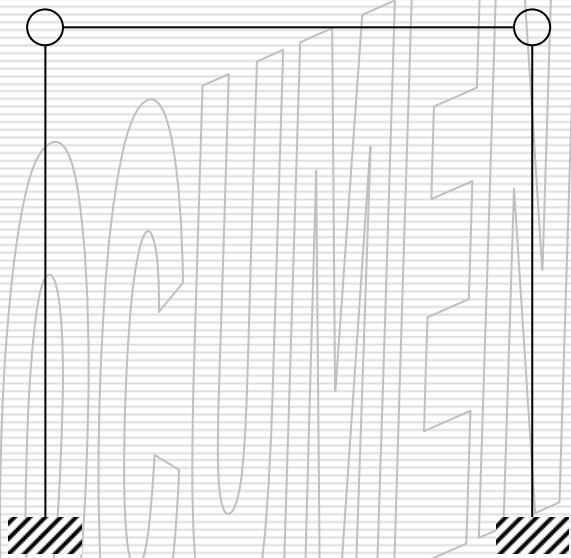


Ossature métallique

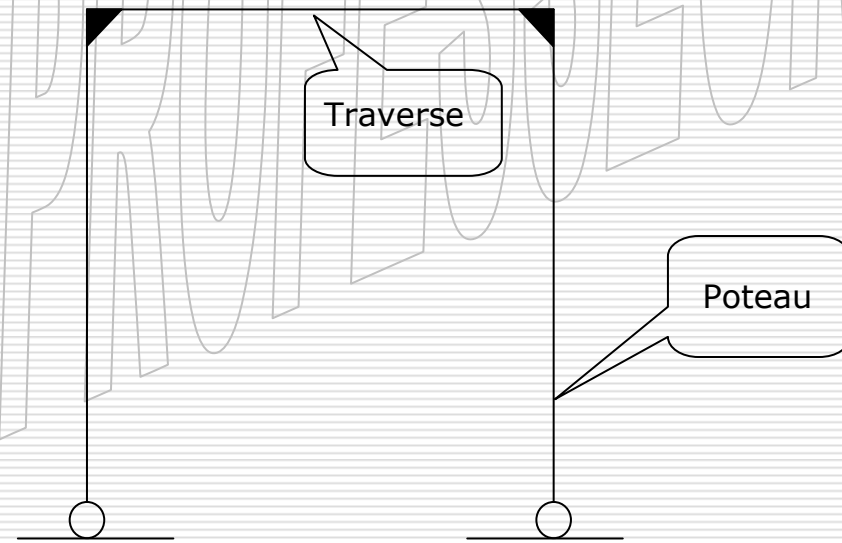
L'objectif de ce genre de structure est de dégager de l'espace ce qui implique une structure composée de poteaux et de poutres sans murs.

L'OSSATURE

Les ossatures sont constituées de portiques généralement hyperstatiques. L'hyperstatisme permet de **diminuer les sections** des poutres, poteaux et de diminuer les déformations.



Portique encastré en pied,
articulé en tête



Portique articulé en pied, encastré
en tête

L'OSSATURE

Les traverses sont en général sollicitées en flexion, les poteaux en compression. Ses structures légères sont sensibles aux phénomène d'instabilité.

- Flambement pour les poteaux
- Déversement pour les traverses

Il est également nécessaire de veiller à la stabilité d'ensemble de l'ouvrage en particulier vis à vis des efforts horizontaux. C'est pourquoi des éléments de stabilité tendant à rendre indéformables les « rectangles » sont installés.



Croix de Saint-André

L'OSSATURE

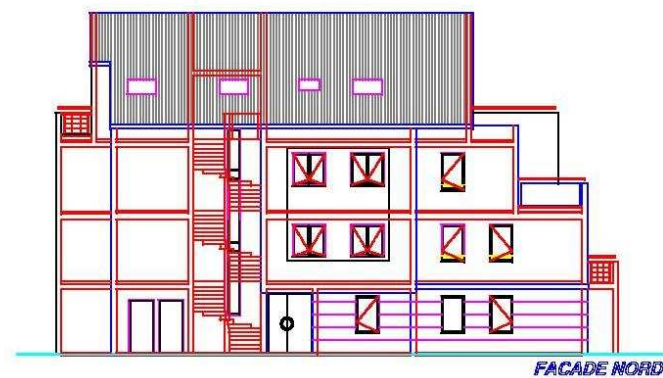
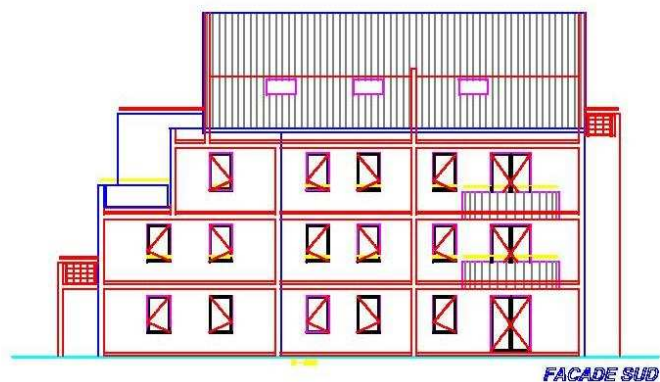
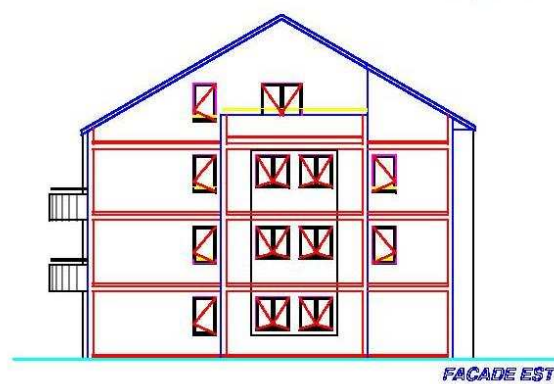
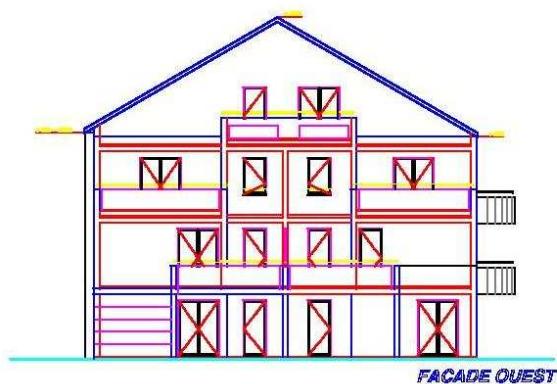
Bâtiments collectifs : ossature à façades et refends porteurs

Fonction attendue	Conséquences sur la structure ou les matériaux
Création de logements de surface comprise entre 20 et 80 m ² sur une emprise de 17 x 22 m	Ces dimensions permettent de concevoir des cellules en Béton armé de maximum 6-7 m afin que les planchers ne dépassent pas ces portées.
Nombre de niveaux défini : R+3 Hauteurs sous plafond 2.50 m	La hauteur sous plafond et le nombre de voiles coulés s'adapte aux techniques de coffrage-outil de type « banches » ou en maçonnerie de blocs (béton ou terre cuite).
Respect de la Réglementation thermique RT 2005	A part la maçonnerie de terre cuite très épaisse, tous les matériaux nécessitent une isolation rapportée.
Respect de la Réglementation acoustique NRA 2000	Le béton banché permet de mieux respecter les exigences acoustiques
Résistance au feu	Le béton armé permet de respecter les exigences de sécurité incendie
Prix	Pour le nombre de niveaux, béton banché ou maçonnerie sont compétitifs.

L'OSSATURE

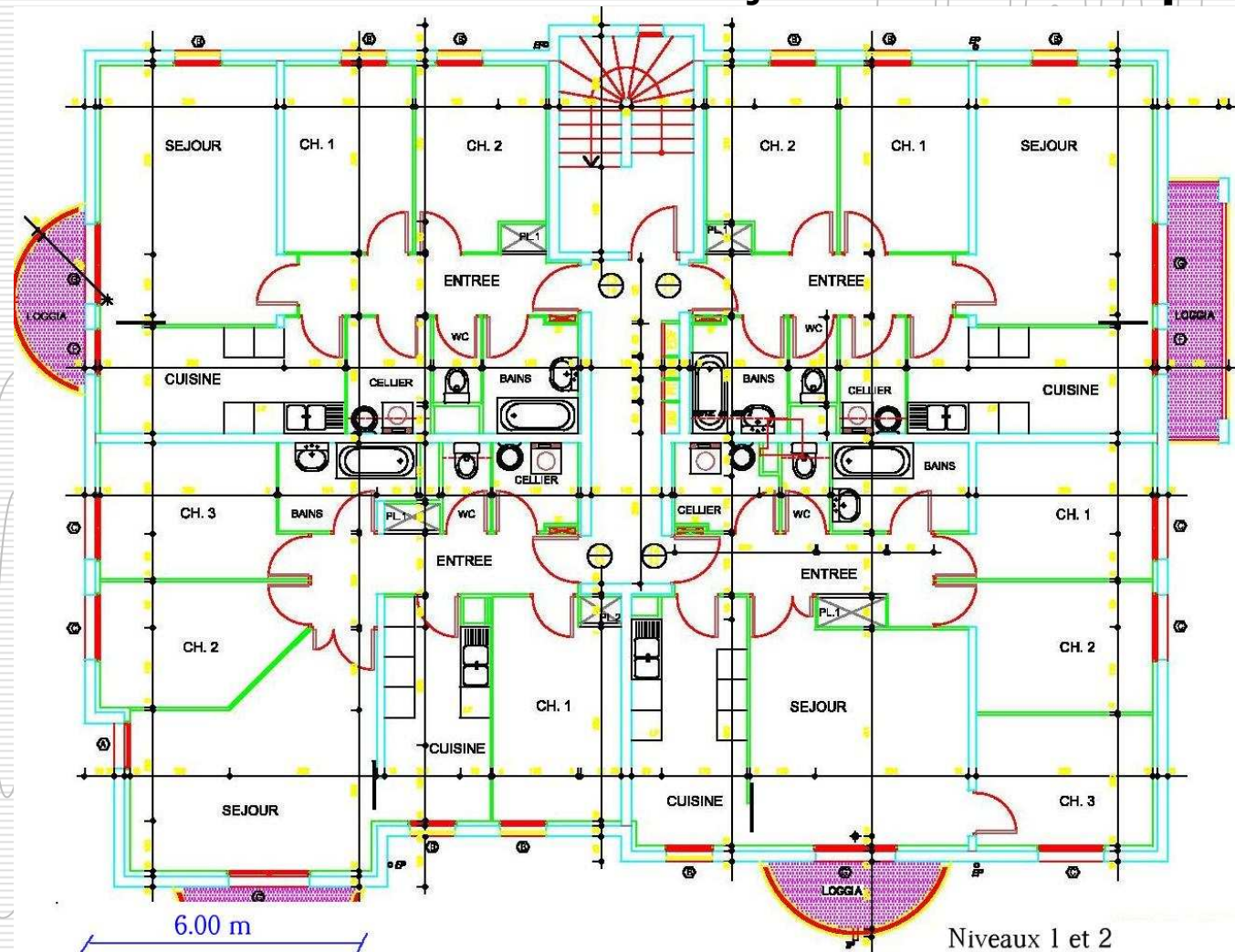
Bâtiments collectifs : ossature à façades et refends porteurs

ZAC VAL SULLY ILOT 13



L'OSSATURE

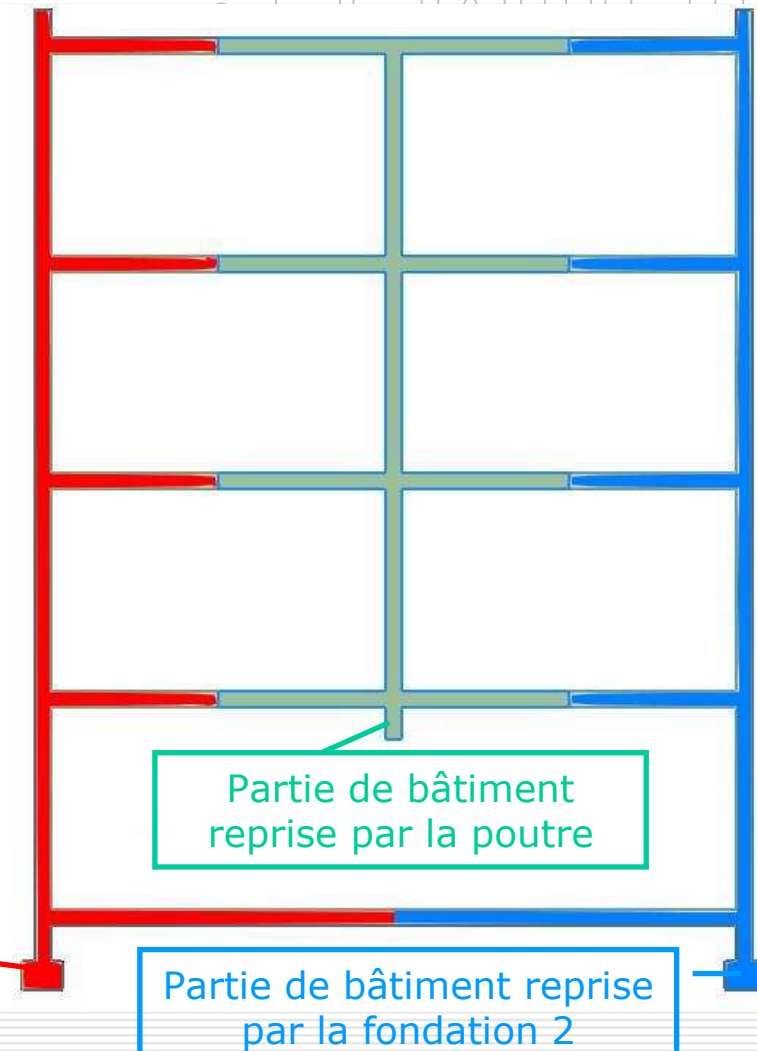
Bâtiments collectifs : ossature à façades et refends porteurs



L'OSSATURE

Bâtiments collectifs: ossature à façades et refends porteurs

Il convient de définir la structure des bâtiments sachant que lorsque deux murs ne se superposent pas d'un étage sur l'autre, il convient de disposer une poutre. C'est le cas fréquent des logements qui disposent au sous-sol de garages. Il faut alors reprendre toutes les charges (permanentes et variables) des niveaux supérieurs par des poutres.



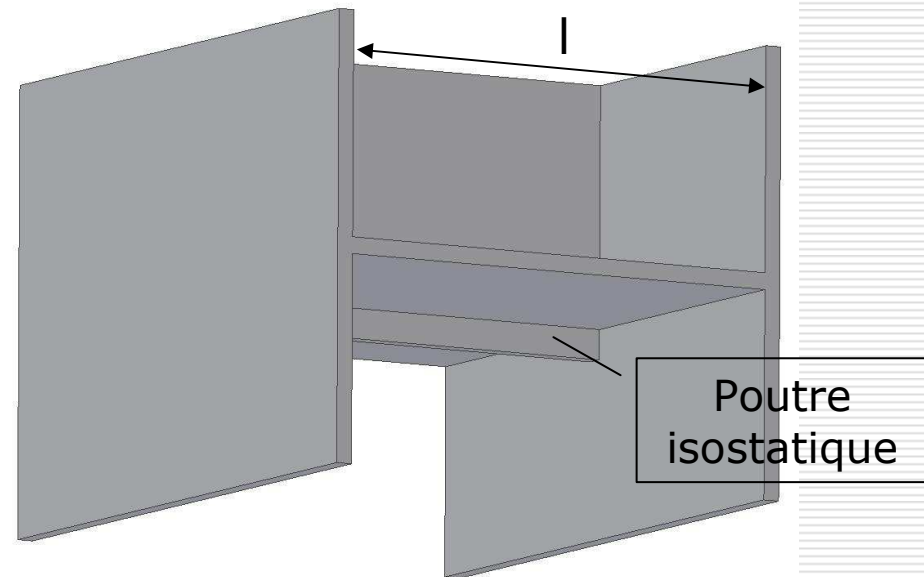
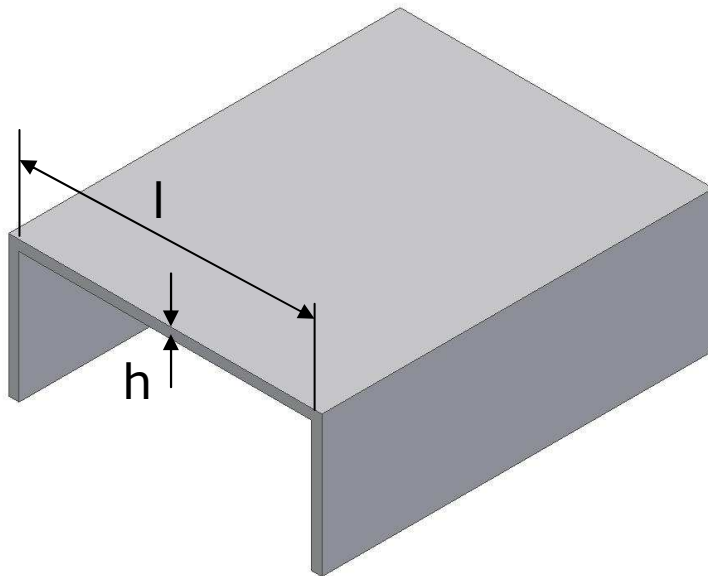
L'OSSATURE

Bâtiments collectifs: ossature à façades et refends porteurs

En prédimensionnement, on admet pour les dalles et poutres:

Pour les dalles en béton armé, $h \approx l / 30$

Pour les poutres isostatiques, $h \approx l / 10$



L'OSSATURE

Ossature à refends porteurs et façades rapportées **Exemple: bâtiments à usage de bureaux**

Il arrive souvent que dans ce genre de bâtiment, on désire:

- Libérer de l'espace pour l'organisation des bureaux (open space)
- Posséder de grandes façades vitrées pour profiter du maximum de lumière
- Respecter les réglementations thermiques, acoustiques et de résistance au feu

Par conséquent, les charges sont reprises par des refends intérieurs ou des poteaux et des poutres et poteaux en façade.

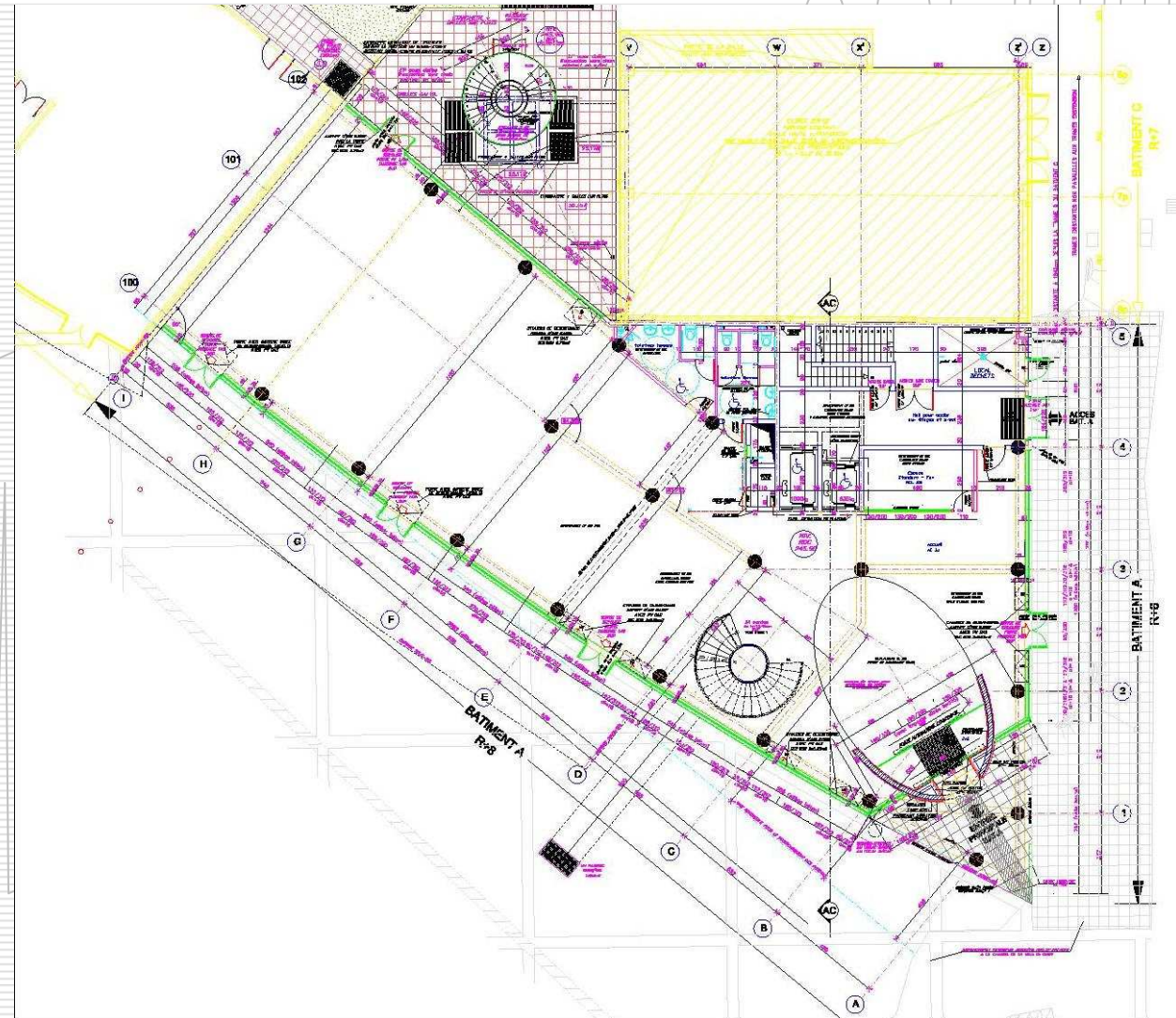
Les façades sont ensuite fixées mécaniquement et ne sont pas porteuses. Elles peuvent être en béton, aluminium, éventuellement en bois et comportent l'isolation dans leur épaisseur.

L'OSSATURE



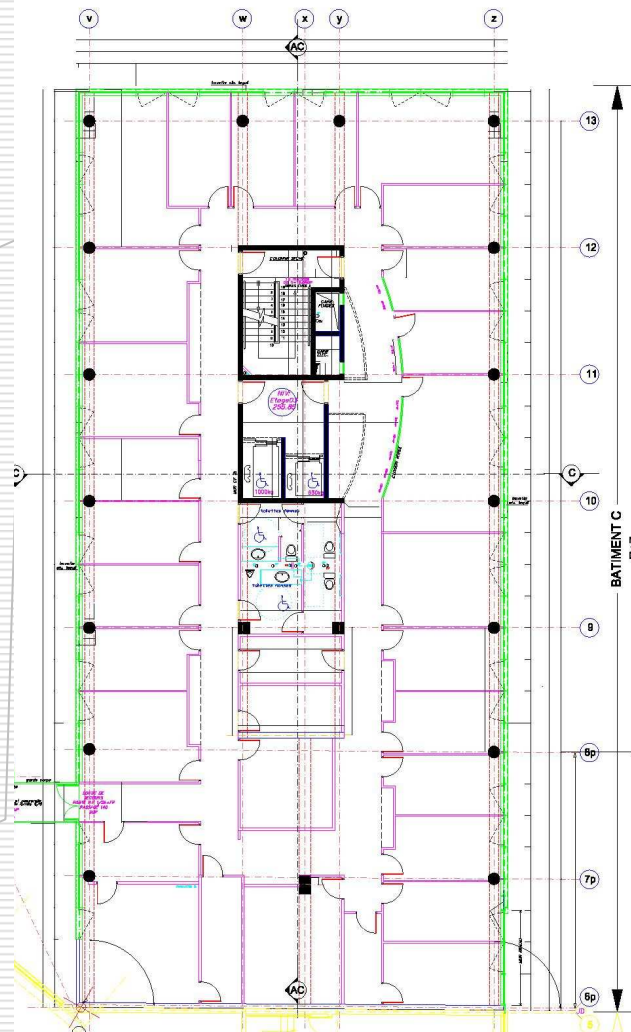
L'OSSATURE

BATIMENT A

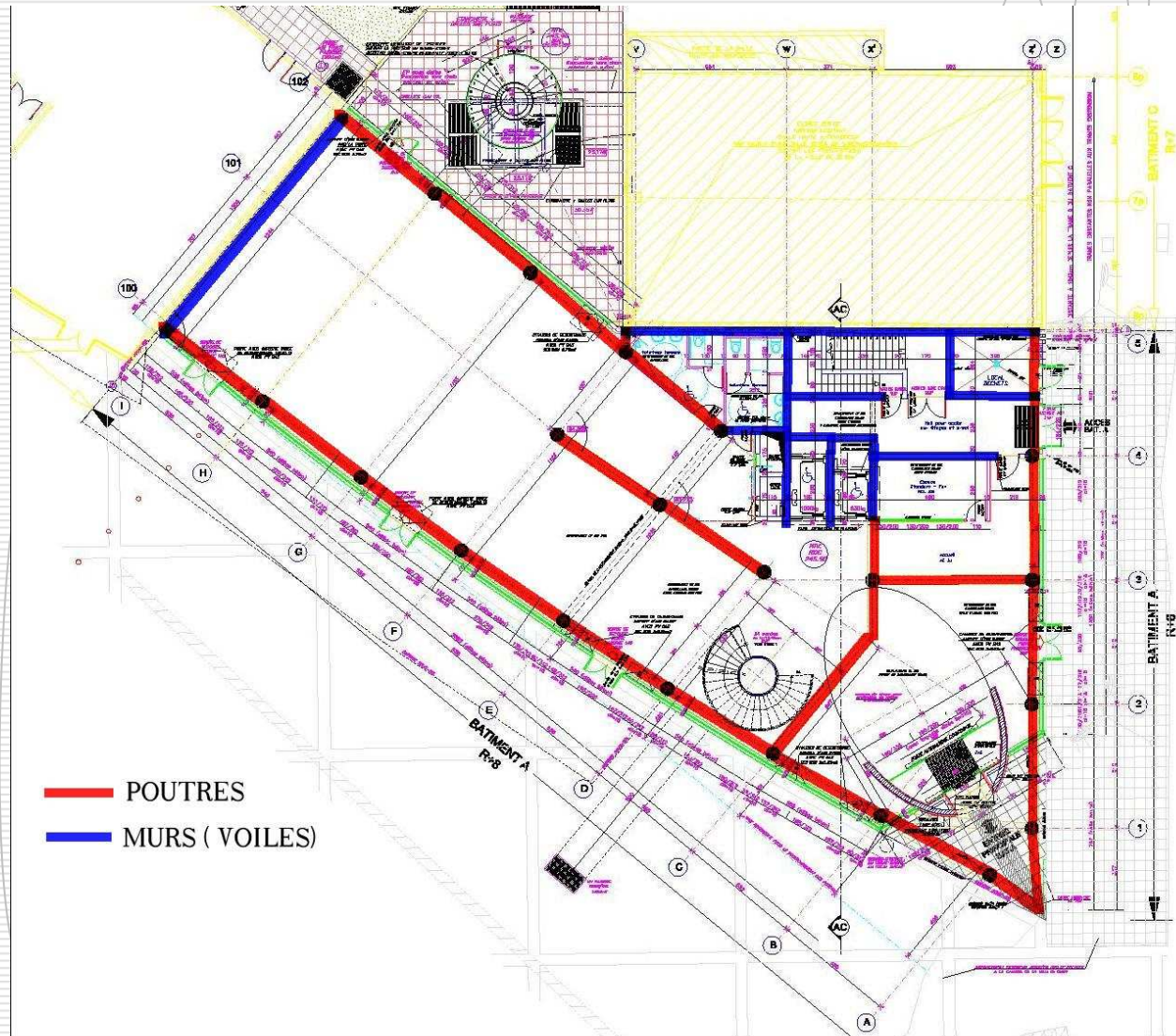


L'OSSATURE

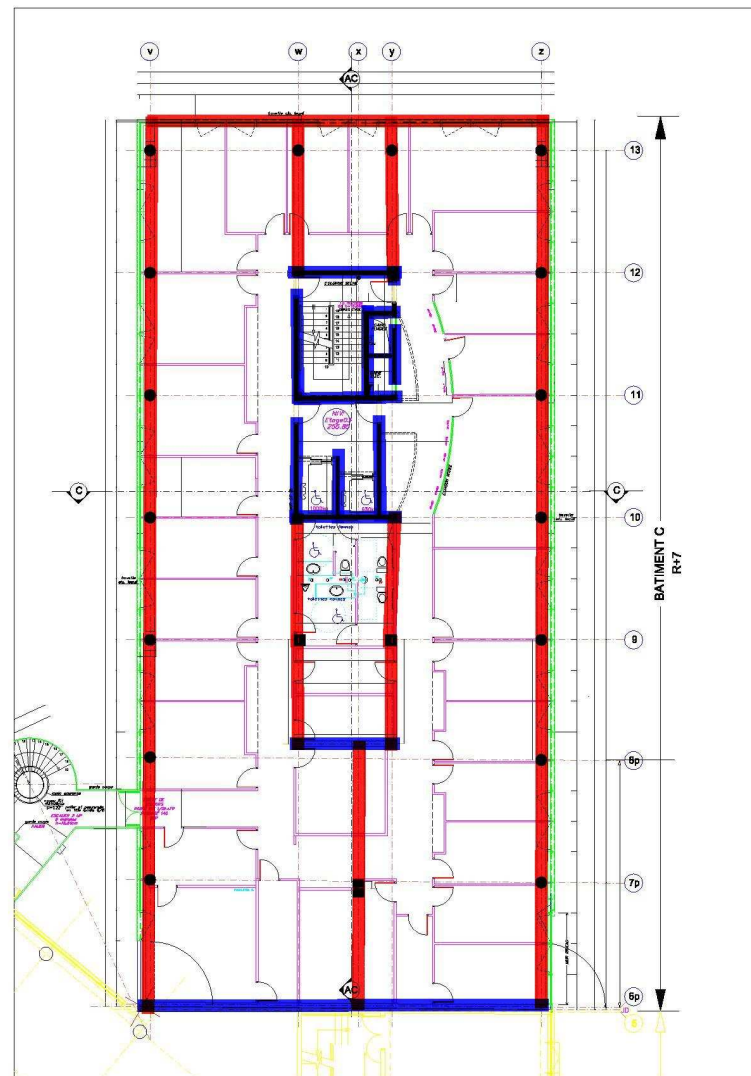
BATIMENT C



L'OSSATURE



L'OSSATURE



L'OSSATURE



L'OSSATURE



LES PORTEURS VERTICAUX

Les porteurs verticaux font partie de l'ossature et sont les éléments qui reportent les charges aux fondations.

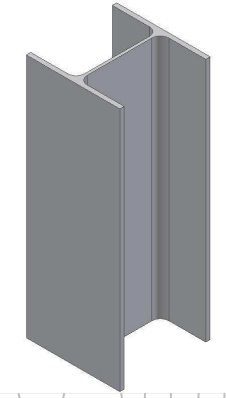


On distingue:

- ❑ Les poteaux
- ❑ Les voiles (en béton armé) et les murs (en maçonnerie de petits éléments).

Leur fonction est de transmettre les charges aux fondations tout en résistant au phénomène de flambement. En effet, ces éléments ayant un grand élanement (élément d'une longueur importante par rapport à leur section), ils sont sensibles au flambement, en particulier pour les poteaux.

LES PORTEURS VERTICAUX

LES POTEAUX

		
Métalliques (de type H ou I)	Béton armé	Bois

Pour les poteaux en béton armé, la résistance au flambement est assurée par des armatures. Pour les poteaux en acier ou en bois, il faut augmenter la section par rapport à celle juste nécessaire à la reprise des efforts de compression.

LES PORTEURS VERTICAUX

LES POTEaux EN BETON ARME

Ils peuvent être réalisés sur chantier

ou préfabriqués



Coffrage métallique



Coffrage en carton



Levage

LES PORTEURS VERTICAUX

LES POTEAUX EN BETON ARME

Le choix entre les deux techniques dépend de différents facteurs:

- ☐ Dimensions du poteau
- ☐ Matériel disponible par l'entreprise
- ☐ Rotation du matériel prévu
- ☐ Nombre de réutilisations
- ☐ Formation du personnel sur les coffrages-outils
- ☐ Choix du moyen de levage

LES PORTEURS VERTICAUX

LES MURS

Les fonctions des parois verticales porteuses sont les suivantes:

- ☐ Transmettre les charges
- ☐ Protéger des agressions extérieures
 - bruit
 - température extérieure
- ☐ Résister à un éventuel incendie

LES PORTEURS VERTICAUX

LES MURS

Transmission des charges:

Les voiles (en béton armé) sont suffisamment résistants pour les ouvrages courants.

Les éléments en maçonnerie (béton ou terre cuite) peuvent supporter jusqu'à 8 niveaux.

Protéger des agressions extérieures

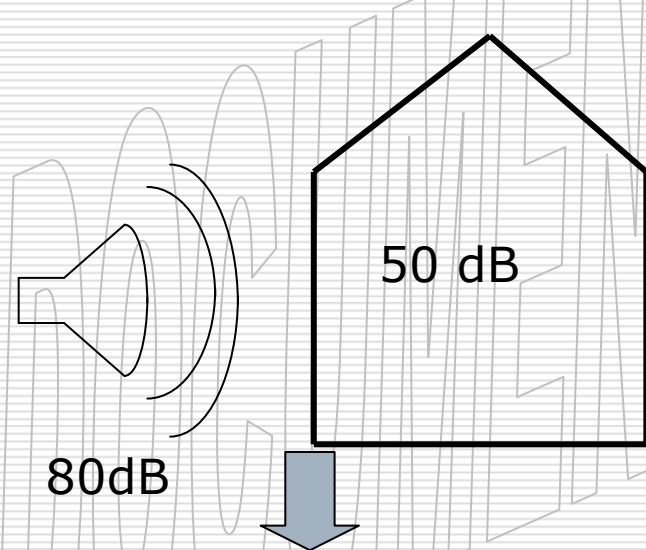
Bruit:

La réglementation acoustique en vigueur est la NRA et date de l'an 2000. Elle impose des valeurs d'isolement acoustique par rapport à l'extérieur mais aussi entre deux logements.

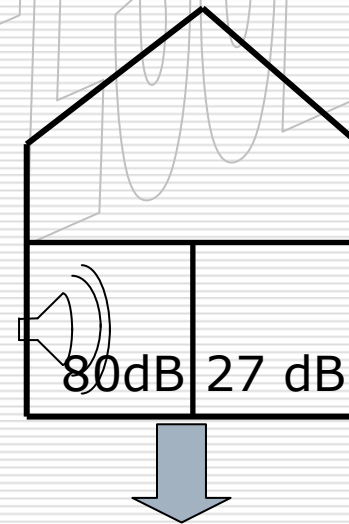
LES PORTEURS VERTICAUX

L'isolement acoustique constitue l'atténuation » du bruit par la paroi. Elle dépend du type de paroi, de son épaisseur et des insertions (portes, fenêtres)

La valeur réglementaire minimum pour cet isolement est de 30 dB par rapport aux bruits extérieurs et de 53 dB entre deux logements



Isolement acoustique
 D_{nT} de la paroi $\rightarrow 80 - 50$
 $= 30 \text{ dB}$



Isolement acoustique D_{nT} de la
paroi $\rightarrow 80 - 27 = 53 \text{ dB}$

LES PORTEURS VERTICAUX

Si l'efficacité d'une paroi se mesure par l'isolement acoustique, l'efficacité d'un élément de la paroi (mur, porte, fenêtre...) se mesure en laboratoire par une grandeur appelée affaiblissement acoustique R_w . Lorsqu'il s'agit d'un matériau plein, cette grandeur est proportionnelle à la masse volumique du matériau.

Béton banché	Murs en briques creuses	Murs en « parpaings creux »
Épaisseur 20 cm		
$R_w = 58 \text{ dB}$	$R_w = 51 \text{ dB}$	$R_w = 53 \text{ dB}$


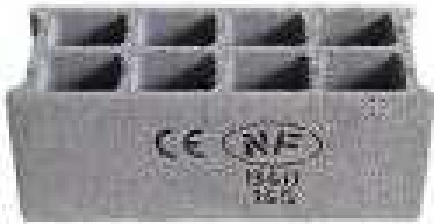
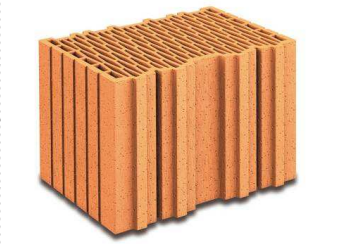
Les trois matériaux offrent une efficacité acoustique satisfaisante pour l'isolation aux bruits extérieurs mais le béton banché est plus efficace pour l'isolation entre locaux.

LES PORTEURS VERTICAUX

Protéger des agressions extérieures

Température: Isolation thermique

Dans le cas général, les parois en béton ou en brique ne suffisent pas à assurer l'isolation thermique. Seule les briques à isolation répartie peuvent participer à elles seules à l'isolation thermique.

Mur banché (20 cm)	Mur en blocs de béton manufacturés (20 cm)	Brique à isolation répartie (37 cm)
		
$U = 3 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U = 4.24 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U = 0,33 \text{ W/m}^2.\text{K}$

La RT 2005 impose un U_{maxi} pour ma paroi de **$U = 0,45 \text{ W/m}^2.\text{K}$**

LES PORTEURS VERTICAUX

La technique du voile banché est historiquement apparu avec la standardisation de la production, surtout pour les logements collectifs.

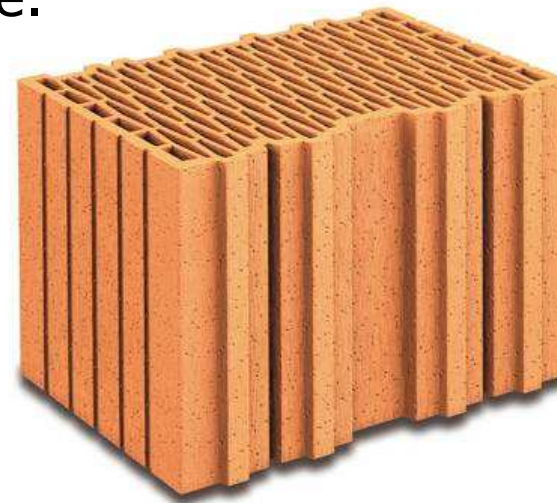
Elle permet surtout aujourd'hui de réaliser toutes sortes d'ouvrages avec des formes complexes. Les personnels sur les chantiers sont formés de façon spécifique pour l'utilisation du matériel de coffrage.



LES PORTEURS VERTICAUX

La technique des blocs (béton ou terre cuite) reste fréquente pour les pavillons ou petits logements collectifs.

Elle présente l'intérêt de ne pas être tributaire d'un moyen de levage tel qu'une grue.



Résistance au feu: Pour le degré de résistance au feu exigé pour les paroi verticales, les deux techniques de réalisation sont performantes.

LES PORTEURS HORIZONTAUX

On distingue les poutres et les dalles.

LES POUTRES

Fonction d'une poutre: Reprendre les charges provenant d'un plancher, d'un voile.


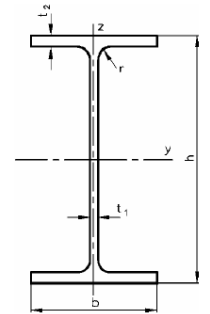
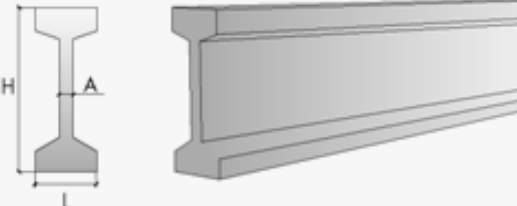

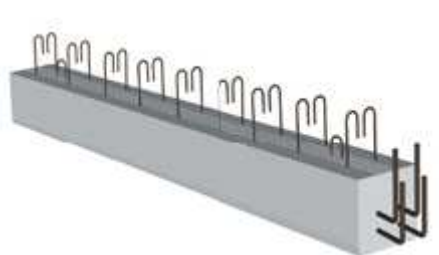
Les matériaux utilisés peuvent être bois, acier ou béton (armé ou précontraint)

Elles peuvent prendre toutes sortes de formes quelque soit le matériau.

Pour une poutre sollicitée en flexion simple, la matière la plus sollicitée est celle éloignée de l'axe moyen.

LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES POUTRES

Bois	Acier	Béton
 <p>Poutre en I</p>	 <p>Poutre en I</p>	 <p>Poutre en I</p>
 <p>Poutre lamellé-collé</p>		 <p>Poutre en béton armé</p>

LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES POUTRES

Les poutres en béton armé peuvent être coffrées sur place ou partiellement préfabriquées. Les poutres sont partiellement préfabriquées car cela limite le coffrage en hauteur, le travail hauteur.



Poutre coulée en place



Poutre préfabriquée

LES PORTEURS HORIZONTAUX

Différence entre le béton armé et le béton précontraint

Le béton, mélange de granulats (sable + gravier), liant (ciment) et eau et adjuvants, présente des caractéristiques mécaniques différentes selon qu'il est soumis à de la traction ou à de la compression.

Exemple:

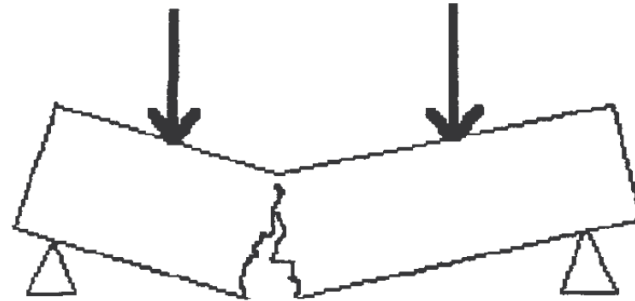
Résistance en compression 25 MPa

Résistance en traction 2.1 MPa

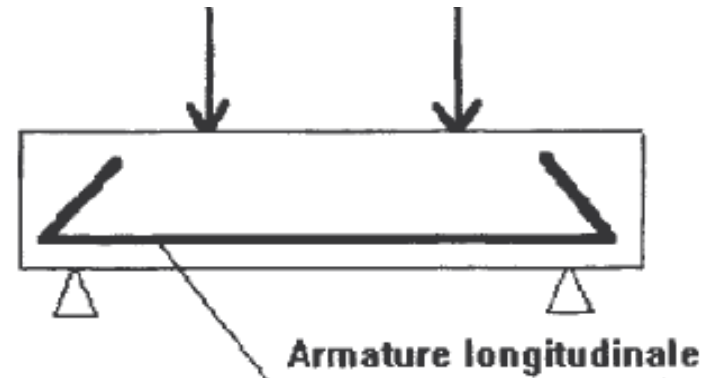
Par conséquent, il est nécessaire de disposer des armatures dans les zones où le béton est sollicité en traction.

LES PORTEURS HORIZONTAUX

Faible résistance du
béton en traction



Insertion d'armatures
dans les zones de
traction

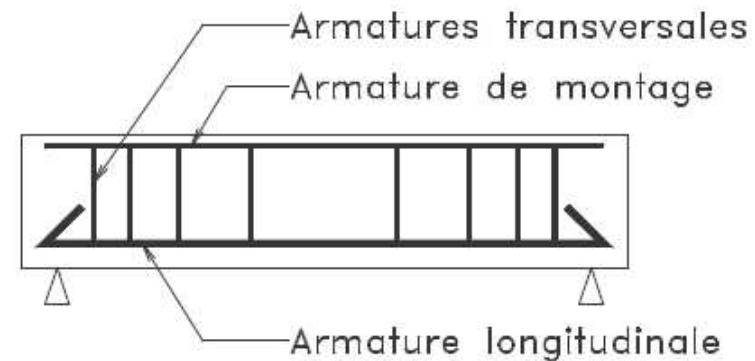
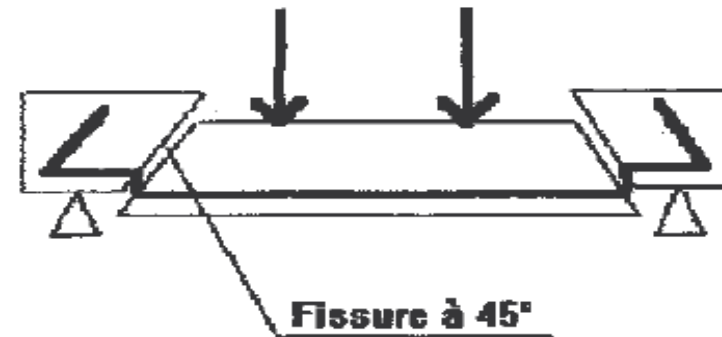


Les armatures en partie inférieure dans cette poutre servent à reprendre les efforts de traction engendrés par le moment fléchissant.

LES PORTEURS HORIZONTAUX

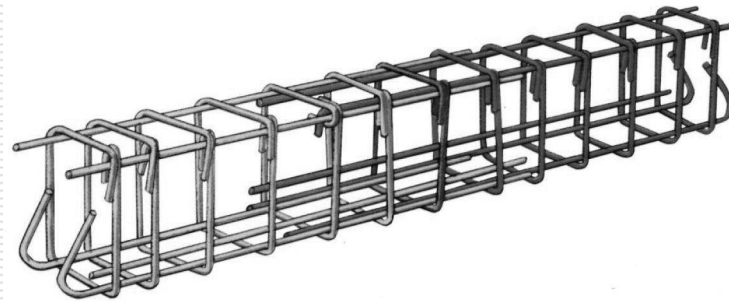
Fissures dues aux efforts de traction engendrés par l'effort tranchant

Des armatures transversales (cadres) permettent de reprendre ces efforts

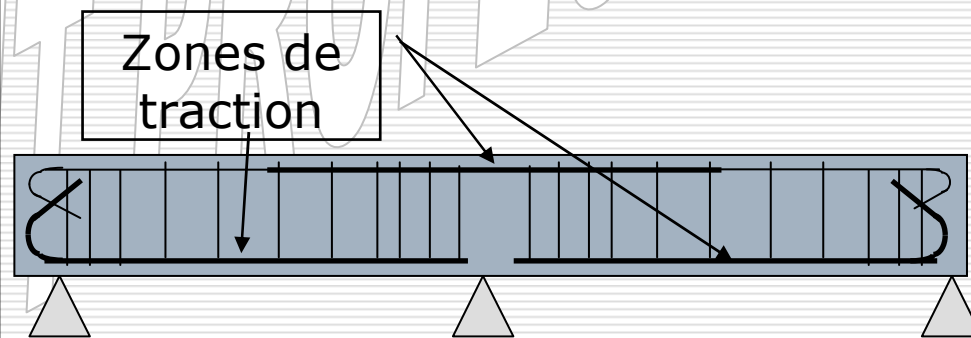


LES PORTEURS HORIZONTAUX

Ferraillage d'une poutre sur deux appuis



Ferraillage d'une poutre sur trois appuis



Sur l'appui central les efforts de traction se situent en partie haute de la poutre, ce qui implique l'insertion d'armatures en partie haute

LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES POUTRES EN BETON PRECONTRAINT

Principe

Créer des contraintes préalables de compression de telle sorte qu'en service, elles s'opposent aux contraintes de traction ou de cisaillement dues aux charges supportées par la poutre

LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES POUTRES EN BETON PRECONTRAINTE

Les armatures de précontrainte (fils ou torons) sont tendues avant bétonnage (dans des bancs de précontrainte de plus de 100 m de longueur) à l'aide de vérins entre deux massifs d'ancrage. Le béton frais est mis au contact des armatures.

Lorsqu'il a acquis une résistance suffisante (la montée en résistance peut être accélérée par étuvage), on libère la tension des fils, qui se transmet au béton par adhérence et engendre par réaction sa mise en compression (les fils détendus veulent reprendre leur longueur initiale, mais leur adhérence au béton empêche ce raccourcissement et l'effort qu'il a fallu exercer pour les tendre se transmet au béton)

LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES POUTRES EN BETON PRECONTRAIN

Tension des torons sur
le banc de
préfabrication



Vérins hydrauliques



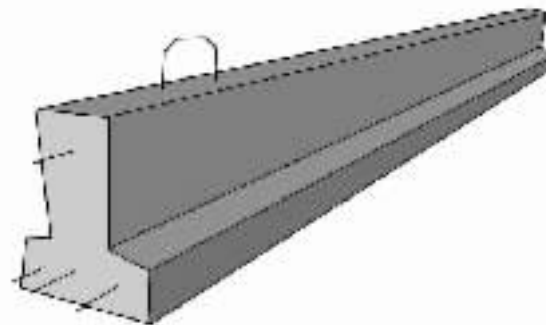
LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES POUTRES EN BETON PRECONTRAINTE

Bétonnage

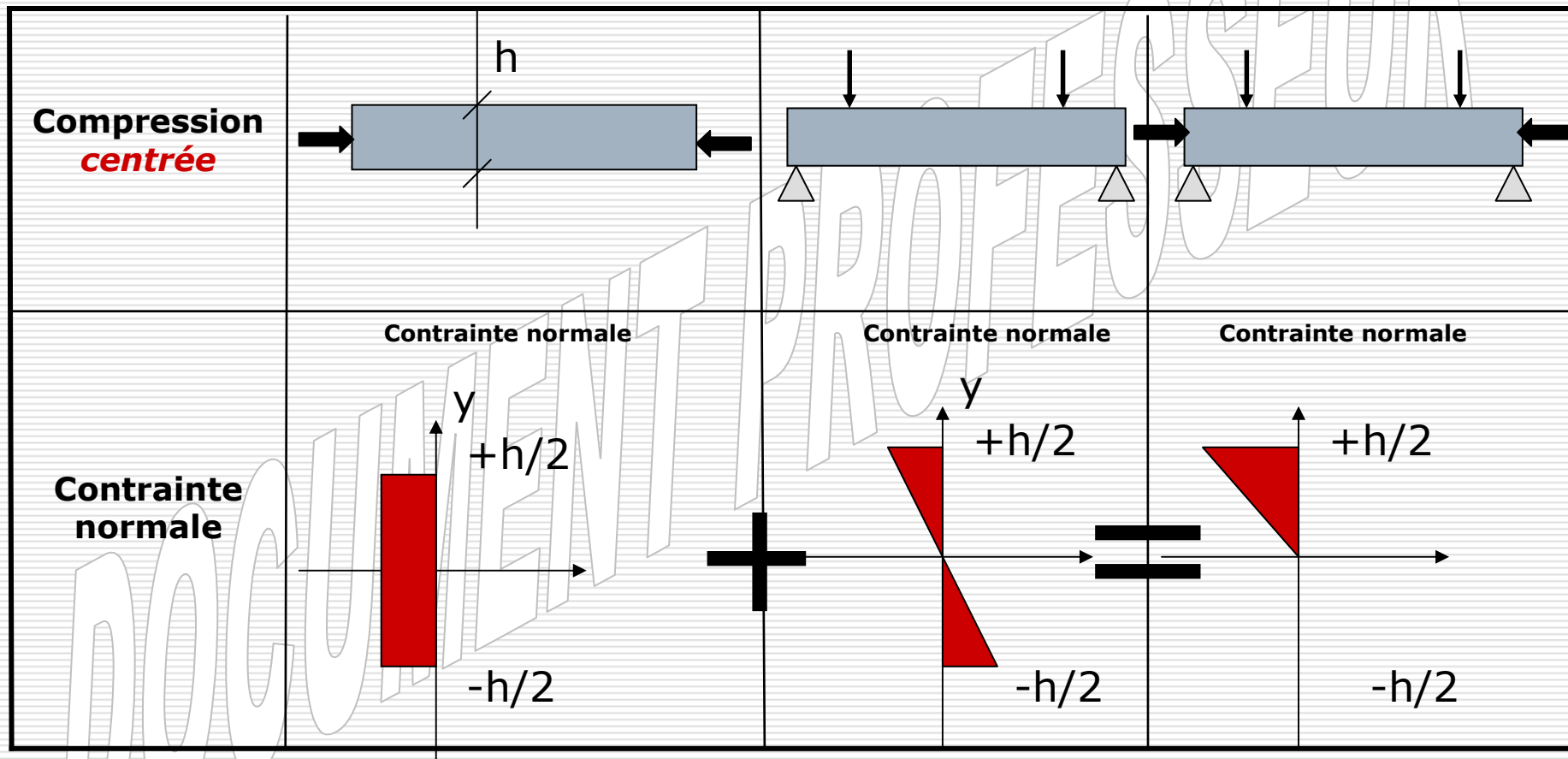


Durcissement puis
libération de la tension
exercée par les vérins



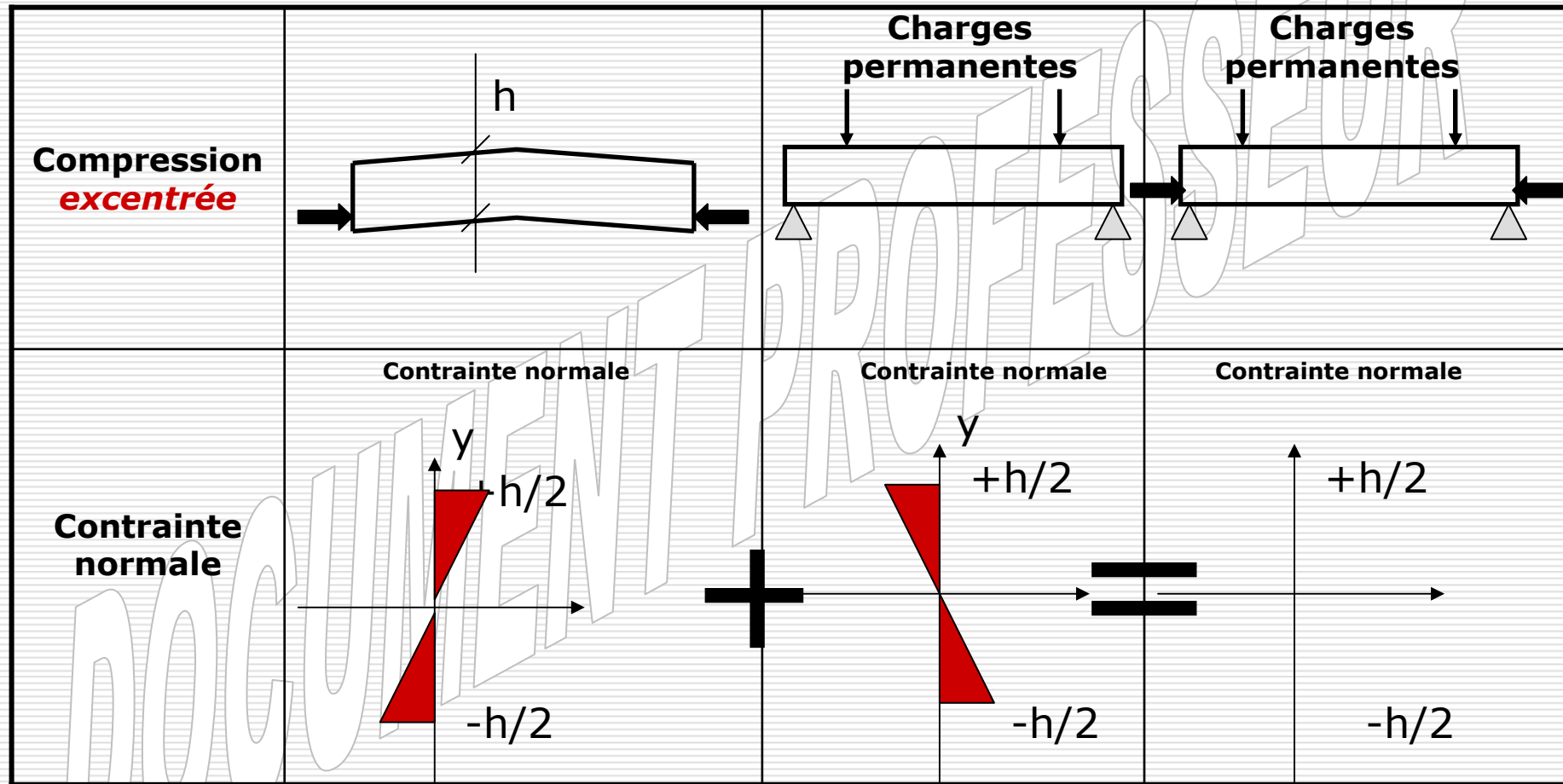
LES PORTEURS HORIZONTAUX

La précontrainte peut être centrée ou excentrée



L'inconvénient de la compression centrée est la surcompression du béton

LES PORTEURS HORIZONTAUX



L'apparition par la suite des charges d'exploitations met en tension les torons

LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES PLANCHERS

Pour cette section , nous nous appuierons sur trois exemples

- **un bâtiment à usage de bureaux**
- **un bâtiment à usage de logement**
- **un pavillon**

LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES PLANCHERS: bâtiment à usage de bureaux

Pour premier exemple , reprenons l'exemple du bâtiment à usage de bureaux (CCI Dijon)

La technique utilisée pour franchir les portées de 11.55 m a été la technique des dalles alvéolaires.

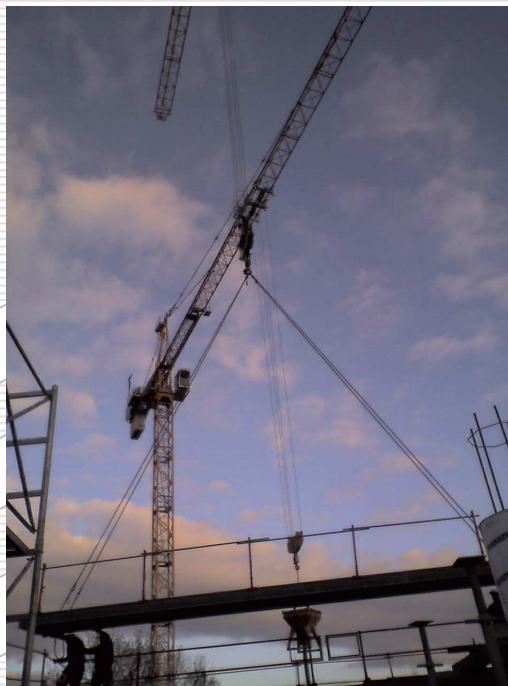
Il s'agit de panneaux de dalles de 60 cm de larges comportant des alvéoles longitudinales afin de les alléger et précontraintes par des torons.

LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES PLANCHERS: bâtiment à usage de bureaux
Les dalles alvéolaires



Arrivée sur camion



Levage



Pose

LES PORTEURS HORIZONTAUX

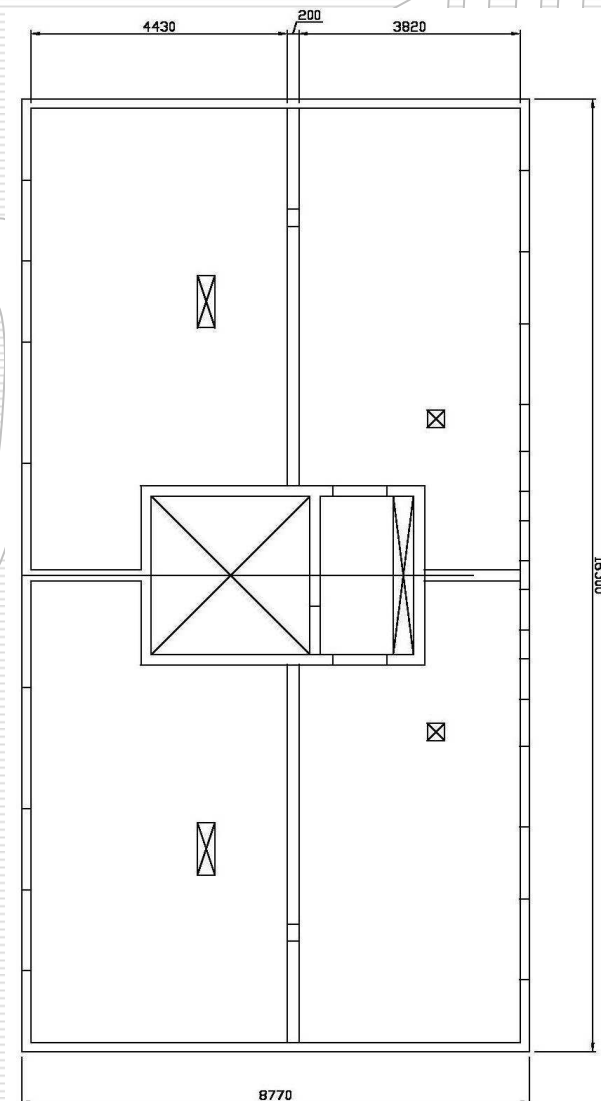
LES PLANCHERS: bâtiment à usage de logements

Voici la structure d'un bâtiment à usage de logements.

Les planchers ont une portée de 4.43 m au maximum.

Les planchers sont réalisés avec la technique de la prédalle en béton armé. Les 5 premiers centimètres inférieurs de la dalle sont préfabriqués en usine ou sur chantier.

Cette prédalle est posée sur un étaie
Un ferrailage complémentaire est ajouté, puis, le béton supplémentaire (15 cm) est coulé.



LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES PLANCHERS: bâtiment à usage de logements



STOCKAGE DES PRÉDALLES



LEVAGE DES PRÉDALLES



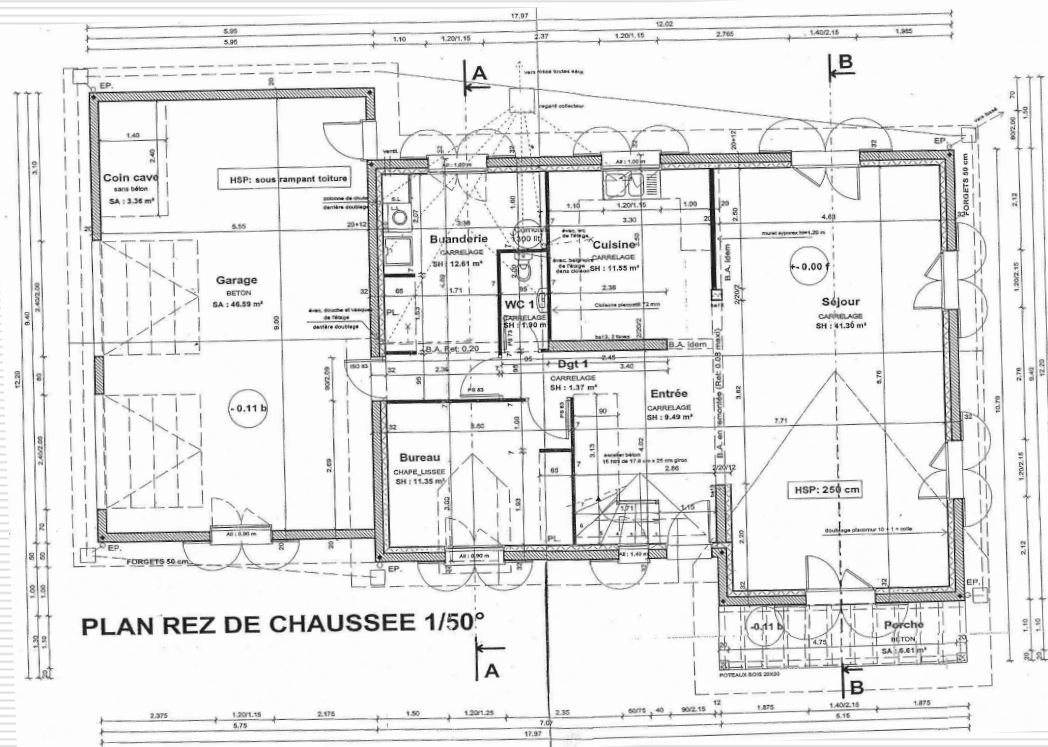
ETALEMENT DES PRÉDALLES



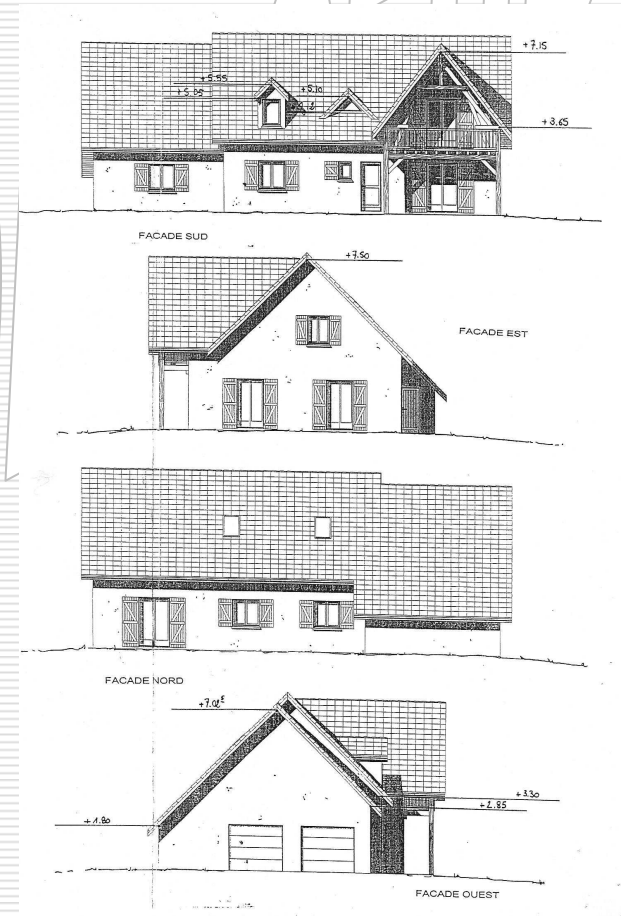
POSE DES PRÉDALLES

LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES PLANCHERS: Pavillon

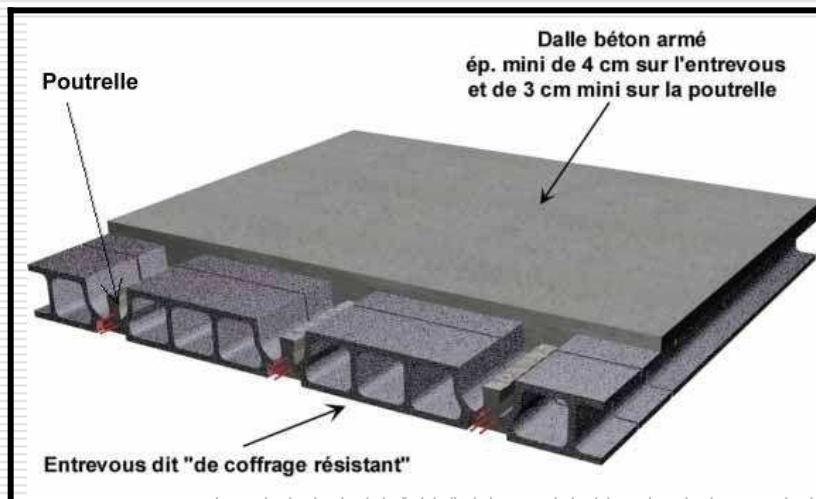


La portée maximale entre porteurs est de 5.55 m (garage). La technique choisie est le plancher constitué de poutrelles et d'entrevois



LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES PLANCHERS: Pavillon



La partie résistante de ce plancher est constituée de poutrelles précontraintes espacées de 60 cm environ.

Entre ces dernières sont placés des entrevous qui servent de coffrage perdu qui peuvent être en béton , polystyrène , bois...

Sur cet ensemble est coulé une dalle de compression (4-5 cm)



Pose des poutrelles

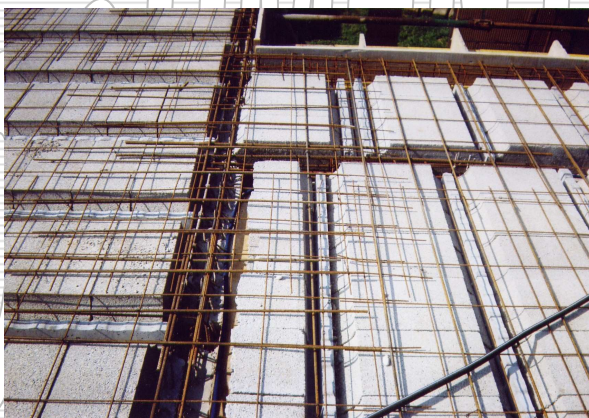


LES PORTEURS HORIZONTAUX

LES PLANCHERS: Pavillon



Pose des entrevous



Ferrailage complémentaire



Bétonnage

BIBLIOGRAPHIE

Pour en savoir plus...

- La fabrication du bâtiment .

Auteur: Gérard Karsenty

Collection: Eyrolles

- Précis de bâtiment

Conception, mise en oeuvre, normalisation

Auteur(s) : D. Didier, M. Le Brazidec, P. Nataf, J. Thiesset, J.-P. Trotignon

Collection : AFNOR-NATHAN

- Les normes de conception et de mise en œuvre

Le REEF: Recueil des Eléments utiles à l'Etablissement et à l'Exécution des projets et des marchés en France

CD Rom + mise à jour: à commander au CSTB

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

- Conception des ponts

Auteurs: Anne Bernard-Gély / Jean-Armand Calgaro

Editions: Presses de l'ENPC
