



REPUBLIQUE DU BENIN

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES (FAST)

LICENCE PROFESSIONNELLE EN ENERGIES RENOUVELABLES
ET SYSTEMES ENERGETIQUES

1^{ère} Année

UNITE D'ENSEIGNEMENT : GENIE CIVIL

UE : GENIE CIVIL - ECUE : CONSTRUCTIONS

SUPPORT DE COURS DE CONSTRUCTIONS

*Cours animé par: **Basile KOUDJE***

DEA Matériaux et Structures

Ingénieur de Conception en Génie Civil spécialisé en Economie des Transports

Administrateur en Gestion des Projets et Développement Local

spécialisé en suivi-Evaluation des Projets et Programmes

Administrateur des Finances (Option Gestion des Marchés Publics)

Contacts : 0022997448232/0022995422712

E-mail : basoko2000@yahoo.fr

OBJECTIFS DU MODULE

Objectif général :

L'objectif général de ce cours est de proposer un panorama assez complet des principales techniques de constructions et de savoir-faire appropriés à la réalisation des ouvrages de génie-civil comme bâtiments, chaussées, puits, captage de sources, château d'eau (bâtiments et ouvrages de génie civil), de leurs composantes fondamentales et des moyens mis en œuvre.

Objectifs spécifiques

De façon spécifique, il s'agira d'aborder:

- Connaître les différents intervenants dans le processus de la construction ;
- Enumérer les modes opératoires indispensables à la mise en oeuvre des ouvrages de génie civil.
- Analyser la réalisation des ouvrages de Génie Civil

CONTENU DU COURS

I- GENERALITES SUR LES CONSTRUCTIONS: Acte de construire, les différents intervenants, les matériaux utilisés

II- LES TERRASSEMENTS ET LES FONDATIONS

III- LES MURS

IV- STRUCTURE – OSSATURES

V- LES PLANCHERS

VI- LES PRINCIPES DE REALISATION DE QUELQUES OUVRAGES D'ART

BIBLIOGRAPHIE

1. Gérard Baud. La construction de bâtiment : maçonnerie et béton armé. Dunod Paris Lausanne 1976
2. Guide des Métiers du Bâtiment. Le Génie civil. NATHAN.
3. H. RENAUD ; F. LETERTRE. Technologie du bâtiment: Gros-oeuvre, ouvrages en béton armé. Les éditions FOUCHER 128, rue de Rivoli – PARIS 1er
4. Maurice NOVERRAZ. Technologie du bâtiment: Tome 1 Le Gros-oeuvre. Deuxième édition. Editions Eyrolles 61, boulevard saint-Germain – 75005 Paris,1979.

GENERALITES SUR LES CONSTRUCTIONS

I. Définitions

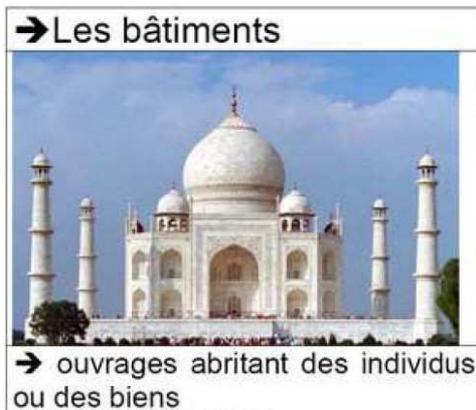
Dans un projet de bâtiments ou de travaux publics, la construction est le fait d'assembler différents éléments d'un édifice en utilisant des matériaux et des techniques appropriées. Cette activité appelle souvent le concours de nombreux acteurs et corps de métier, plus ou moins spécialisés.

En France, en particulier, l'autoconstruction est cependant, autorisée sans l'aide d'aucun professionnel, à certaines conditions (dont, pour les particuliers uniquement, une surface de moins de 170 m²). Cette surface autoriserait un très grand pourcentage des constructions individuelles auto-réalisées sans architecte.

Dans tous les pays, les chantiers de construction ou réhabilitation sont soumis à une réglementation croissante (garantie - par exemple, décennale -, règles et normes de construction, protection des travailleurs et du public, etc.). Le mode de passation des marchés publics est notamment encadré, pour permettre une concurrence libre tout en évitant une distorsion du marché (corruption, etc.). La réglementation de la construction existait déjà dans l'Antiquité, avec par exemple, en (Mésopotamie), le code d'Hammurabi l'un des premiers codes législatifs connus, qui fixait déjà des règles de construction.

La réglementation tend aussi à évoluer dans le sens d'une meilleure intégration de l'environnement, en termes de chantier propre et moins nuisant (lutte contre le bruit et la poussière, tri et récupération des déchets, recyclage des matériaux, etc.) et en amont évoluant pour le bâti nouveau, vers des normes de types HQE appuyées sur des « performanciers » nécessitant des contrôles (et autocontrôles) particuliers, liés à l'obligation de résultat de la part de l'architecte et du constructeur (par exemple en termes d'isolation phonique et thermique). Les impératifs de respect du Protocole de Kyoto préfigurent des changements importants dans les choix de techniques de mise en œuvre et de matériaux, voire dans les manières d'habiter¹.

Le Génie civil est l'ensemble des activités conduisant à la réalisation de tout ouvrage lié au sol. Ces activités se partagent en deux grandes :



II. Types de constructions

On peut distinguer cinq types de constructions : résidentielles, commerciales, industrielles, de travaux publics (TP) et institutionnelles.

II-1. Les bâtiments

Le rôle d'un bâtiment est d'abriter les individus pour une utilisation déterminée. Ce peut-être pour un usage d'habitation (villas, immeubles, ...), industriel (usines, entrepôts, ...), commercial (magasins, ...).

La plupart des travaux dans le bâtiment consistent soit dans la construction neuve soit dans de la réhabilitation ou l'aménagement de bâtiments existants. Le bâtiment est collectif ou individuel, pour l'individuel est soit en diffus soit groupé (plusieurs maisons réalisées en un même lieu par un même promoteur).



Les ouvrages du bâtiment sont des ensembles limités et clos. Ils doivent protéger le milieu intérieur et corriger des agressions du milieu extérieur. Exemples : (acoustique, thermique, lumière,...).

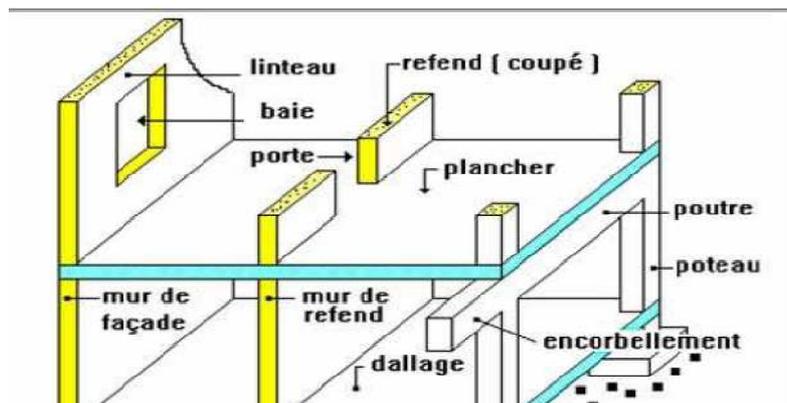
Au sein de la construction de maisons individuelles, une grande disparité de procédés : depuis quelques années la maison est en pleine révolution, les changements de mentalité et l'augmentation des énergies ont poussé les fabricants, les industriels et les artisans vers de nouveaux procédés. La maison de demain sera certainement une maison préfabriquée en atelier, pensée pour réaliser un maximum d'économies d'énergie, et assemblée en un temps record sur le lieu d'habitation.

II.1.1. Le gros œuvre

Le gros œuvre représente les parties du bâtiment qui permettent de le mettre hors d'eau.

Ce sont les fondations, la structure (poteau, poutre, mur de refend, murs de façade, planchers...), la charpente, la couverture.

La structure porteuse assure la stabilité du bâtiment. Elle se compose des fondations, dallage, planchers, murs façade et refend, poteaux et poutres.



II.1.2. Le second œuvre

Le second œuvre contribue à habiller et à rendre fonctionnel le bâtiment.

Nous citerons le menuisier extérieur, l'électricien, l'installateur sanitaire, le chauffagiste, le plâtrier, le menuisier intérieur, le peintre, le carreleur, le métallier.

II. 2. Les Travaux Publics

Les travaux publics consistent en la construction d'infrastructures généralement destinées au transport. Ces chantiers sont le plus souvent menés par des pouvoirs publics ou par de grandes entreprises à qui l'État a confié ou concédé une mission de service public. On peut citer comme exemple de chantiers de travaux publics : routes, autoroutes, voies ferrées, ponts, gazoducs, oléoducs, aménagements urbains (aménagement d'une place, enterrement de lignes électriques et téléphoniques, lignes de tramway), aménagements portuaires.

Certaines entreprises privées peuvent également avoir besoin d'installer des infrastructures importantes, notamment dans le domaine des mines, de l'énergie, du transport. Dans la plupart des pays (par exemple en France), ces aménagements sont soumis à une réglementation importante, dans le but de préserver l'intérêt des populations, leur sécurité, et de limiter les impacts négatifs sur l'environnement.

À côté des « grands travaux », il y a aussi de nombreux chantiers de travaux publics de petite taille aussi bien pour les collectivités locales (aménagement d'un passage pour piétons, d'un rond-point, de l'éclairage) que pour des particuliers ou des entreprises (revêtement d'une allée, aménagement d'un parking).

Les Travaux Publics peuvent être séparés en deux grandes catégories:

- * les voies de communication ;
- * les ouvrages d'art.

II.2.1. les voies de communication

Nous classerons également dans cette catégorie en plus des routes, des voies de navigation et les voies ferrées.

II.2.2. les ouvrages d'art

On distingue :

- les ouvrages liées à l'eau : les barrages, les digues.



- les ouvrages spéciaux : Les ports, les aéroports, les centrales thermiques ou nucléaires, les ouvrages de télécommunication,...

III- Les acteurs impliqués dans une construction

Les acteurs principaux sont le **Maître d'ouvrage** (client), le **Maître d'œuvre** (professionnel bras droit du client : architecte, bureau d'études) et les entreprises. Le Maître d'ouvrage peut se passer d'un Maître d'œuvre et réaliser lui-même la conception de l'ouvrage, la coordination et la surveillance des travaux. Dans le cadre d'une demande de permis de construire, le recours à un architecte (inscrit au tableau national de l'ordre des architectes) est obligatoire quelle que soit la surface, sauf pour les particuliers construisant pour eux-mêmes si la surface créée (SP = Surface Plancher) est supérieure à 170 m². Par contre la raison pour un non professionnel est de faire appel aux services d'un Maître d'œuvre (MCE) ou d'un contractant général.

Pour des chantiers de grande ampleur ou complexes, plusieurs intervenants peuvent se partager les tâches de maîtrise d'ouvrage ou de maîtrise d'œuvre. La construction elle-même est effectuée généralement par une ou plusieurs entreprises (on parle alors d'un «**groupement d'entreprises**»), responsable(s) du marché (contrat) de travaux. Cette entreprise responsable du marché, appelée souvent « **entreprise générale** » fait également appel à de la sous-traitance.

Les différents intervenants de la construction sont identifiés dans ce que l'on appelle les « **corps d'État** » : gros œuvre, couverture, plomberie, électricité, chauffage, peinture (pour le bâtiment), voirie, éclairage, réseaux d'eau (eau potable, tout-à-l'égout,

eaux pluviales), réseaux « secs » (électricité, gaz, téléphone, fibre optique) et signalisation (pour les travaux publics).

L'entreprise générale est le plus souvent celle qui réalise le gros œuvre (construction de la structure) et elle sous-traite pour les autres corps d'État.

Un projet de construction nécessite, en plus des capacités techniques, un effort important de planification, afin de respecter les délais et l'enveloppe financière fixés avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre, de faire cohabiter les différents corps d'État, d'être approvisionnés au bon moment. Le maître d'œuvre, qui est souvent celui qui a participé à la conception de l'ouvrage, s'assure que l'entreprise générale respecte le projet dans les conditions du marché. Le maître d'ouvrage doit également contrôler que les travaux respectent la réglementation, notamment en matière de conditions de travail, d'environnement, de gêne des riverains.

Choix du MCE : cette qualité juridique n'est pas protégée. Un MCE n'a pas le droit de : faire de la publicité, travailler toujours avec les mêmes entreprises, rédiger les devis pour le compte des entreprises. Il est de plus limité à un seul appel d'offres par an pour tous ses chantiers. Un MCE est le bras droit du client, pas de l'entreprise. Il réalise les premiers plans de la construction et vérifie la faisabilité de l'ouvrage d'un point de vue technique, sans rentrer dans les détails de construction qui sont réservés à l'entreprise générale.

Le MCE peut se voir confier soit une mission partielle soit une mission complète de maîtrise d'œuvre.

La mission partielle peut se limiter à la phase conception, ou suivi de chantier (OPC - Ordonnancement Pilotage et Coordination).

La mission complète englobe toutes les phases d'une construction (des esquisses à la réception du chantier). Dans ce cas le MCE assiste le maître d'ouvrage dans la réception du chantier avec les entreprises, et fait rédiger un PV de réception (avec ou sans réserves).

Sa responsabilité étant plus conséquente dans une mission complète de maîtrise d'œuvre, il convient de vérifier qu'il dispose d'une assurance pour sa responsabilité

décennale et professionnelle, et qu'il est par le fait assuré pour l'ensemble des missions de maîtrise d'œuvre effectivement réalisées.

Il est à noter qu'en l'absence de critères réglementaires propres à définir et qualifier un MCE, la sélection par l'attestation d'assurance évite de traiter avec des « apprentis sorciers », l'assureur réalisant une sélection des MCE en conservant uniquement des professionnels dont la sinistralité démontre une relative compétence.

Une entreprise générale s'occupera de l'ensemble des travaux à l'exception de la maîtrise d'œuvre (confiée le plus souvent à un architecte pour réaliser des plans de conception).

IV- Les matériaux utilisés pour le génie civil

Le génie-civil utilise beaucoup de matériaux.

IV.1. Les matériaux naturels ou traditionnels: La pierre la terre et le bois sont utilisés depuis très longtemps dans les constructions. Le bois reste toujours présent dans la plupart des bâtiments (menuiserie, charpente,...).

IV.2. Le béton

L'invention du ciment artificiel par le français VICAT a permis l'utilisation massive d'un nouveau matériau : le béton. C'est en fait un mélange de ciment, d'eau, de sable et de gravier. Nous l'employons sous plusieurs formes :

* le brut : Parpaings, mortiers,...

* Béton armé : des armatures (barres d'acier) contribuent à le rendre plus résistant.

Béton précontraint : des câbles d'acier lui confèrent une résistance optimale.

LES TERRASSEMENTS ET LES FONDATIONS

Le démarrage des travaux de construction commence par la préparation du chantier. La préparation du chantier se compose de travaux incontournables. Ces travaux sont nécessaires au bon déroulement du chantier et à la bonne longévité des structures qui seront construites ultérieurement. Ils doivent être traités avec sérieux, toute reprise en sous-œuvre pouvant se révéler délicate et très coûteuse.

I- Les terrassements

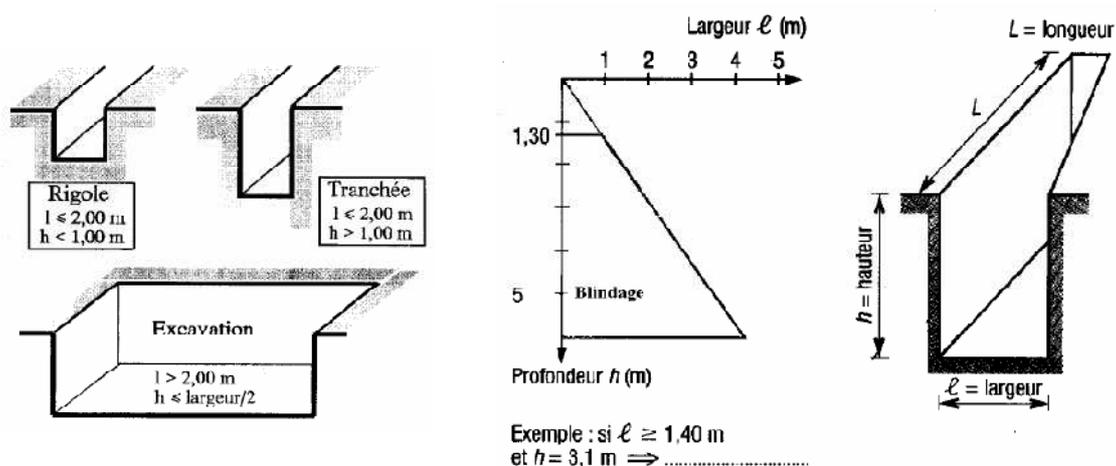
Le terrassement correspond à l'ensemble des travaux modifiant les formes naturelles du terrain en vue de la réalisation d'un ouvrage. Il consiste dans l'excavation nécessaire pour des parties en sous-œuvre (cave, sous-sol enterré, tranchées de canalisations) et en remblais (terrasses).

I-1- les décapages – les excavations

Le décapage consiste à évacuer préalablement à tous travaux de terrassement la couche superficielle (terre végétale), terrains peu ou non appropriés pour recevoir les fondations de la construction. Les excédents de terre ou de roche extraits des travaux de décapage et de terrassement seront évacués ; ils constituent les déblais.

Les déblais issus de ces travaux pourront être réceptionnés sur des sites appropriés.

Les différents types d'excavation de terre sont :



Au sujet des fouilles, certaines dispositions sécuritaires doivent être prises.

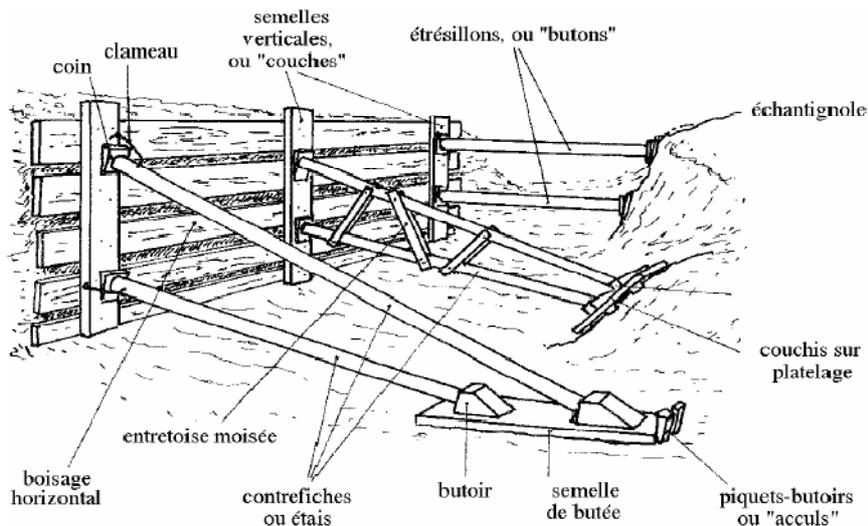
Il est important de noter que selon :

* La nature du sol,

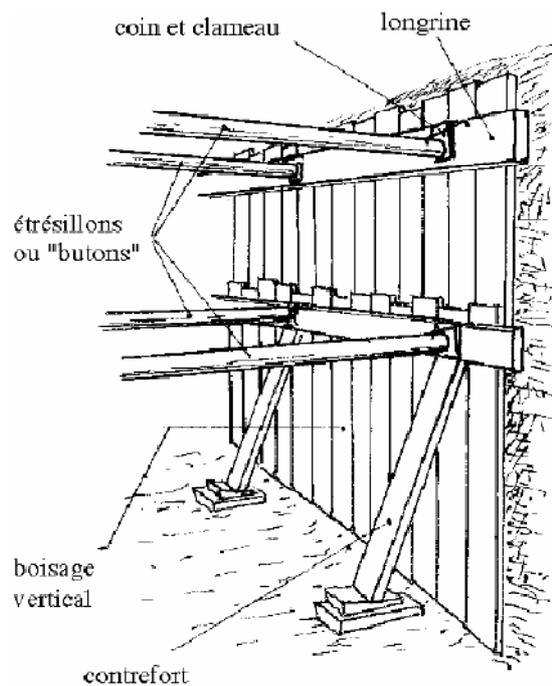
- * Sa cohésion (si sable blindage obligatoire quelque soit la profondeur de fouille),
- * La présence d'eau ou non,
- * La présence de charge importante à proximité ou non (cas des routes, talus de déblais)

Il est nécessaire de déterminer la nécessité ou non d'un blindage.

Blindage à boisage horizontal



Blindage à boisage vertical



I-2- les remblais

Remblayer pourra également être nécessaire pour surélever une partie du terrain, combler une déclivité, épauler un pied de mur ou, d'une manière générale, pour donner le profil définitif aux abords de la maison. Dans le cas où les remblais supporteraient une partie construite, un compactage sera probablement souhaitable.

Pour ce faire, on utilisera des remblais, matériaux minéraux bruts sans caractéristiques particulières n'ayant presque pas subi de transformation. Ces remblais seront ensuite compactés afin d'éviter des tassements ultérieurs détériorant les maçonneries et le rendu général des aménagements.

II- Les fondations

II-1. Définitions

Les fondations d'un ouvrage sont les éléments de la structure assurant la transmission des efforts de cette structure sur le sol (principalement les efforts de pesanteur).

L'étude du sol (reconnaissance du sol) permet de connaître le comportement mécanique du sol lorsqu'il est soumis à un chargement :

- conditions de stabilité de la fondation ;
- conditions de tassement du sol.

Les fondations correspondent à l'ensemble des ouvrages enterrés qui assurent la stabilité de la maison en répartissant les charges dans le sol. Elles limitent les phénomènes de tassement, glissement, etc.

On distingue :

- **Les fondations profondes** : qui cherchent à atteindre la roche dure quand elle se situe en profondeur (type pieux),
- **Les fondations superficielles** : qui répartissent la charge latéralement sur le sol (type semelles ou radiers*). Ce sont les fondations les plus courantes pour une construction de maison. Généralement, ces fondations sont effectuées à moins de 1m de profondeur.

Les calculs des fondations font appels à des DTU spécifiques.

Radier : revêtement, plate-forme couvrant le sol et servant de fondation.

II-2. Les types de fondation

Le type de fondations varie en fonction du terrain.

- Pour les maisons individuelles, les fondations ne pénètrent généralement pas dans le sol de plus de un mètre.

Les semelles : désignent toute pièce constituant la base des ouvrages servant d'appui ou de renfort. Elles correspondent généralement à un élargissement de la base de la structure :

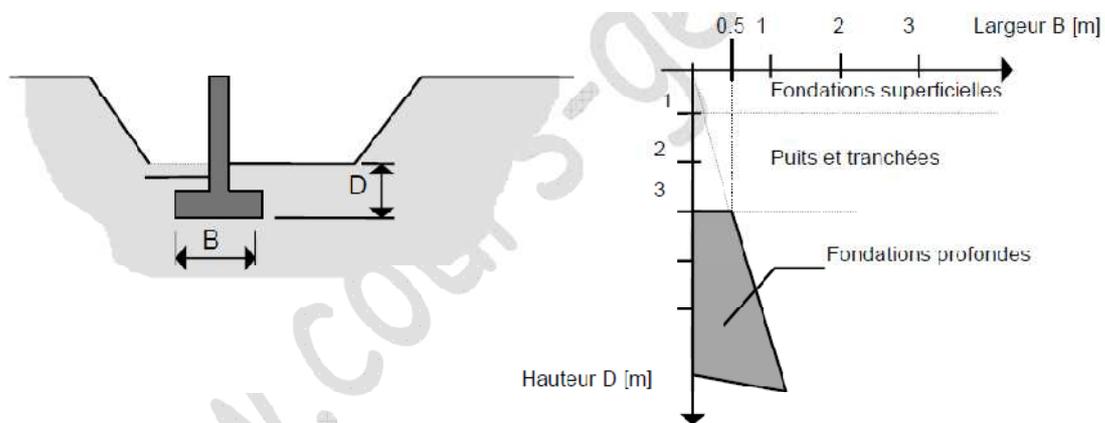
- les semelles filantes constituent la base de murs ;
- les semelles isolées constituent l'assise de poteaux éloignés ;
- les semelles continues ou longrines forment un poteau horizontal sur lequel viennent se reporter des poteaux verticaux proches.

Les radiers : correspondent à une surface en béton armé qui reprend les charges de toutes les structures du bâtiment. Ce radier peut également servir de plancher pour certaines constructions.

Les pieux constituent l'essentiel des fondations profondes. Il s'agit de poteaux de béton, de métal ou plus rarement de bois enfoncés dans le sol qui permettent de reporter la charge du bâtiment sur les roches ou sols durs en profondeur. Ces pieux sont utilisés pour supporter le poids de bâtiments très lourds (type immeubles) ou construits sur des terrains très peu porteurs (type ancienne tourbière).

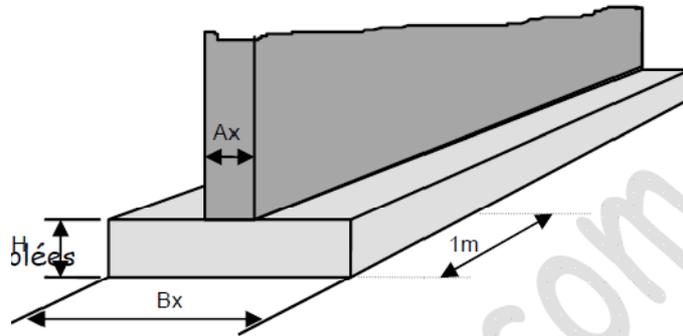
II-3. Les fondations superficielles

Les fondations superficielles (semelles) sont limitées en dimensions, au delà, les techniques de mise en œuvre sont relatives aux fondations profondes.

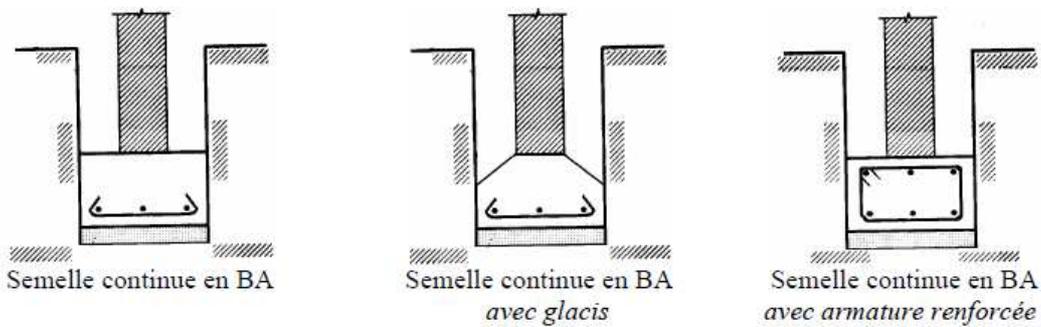


II-3-1. Les semelles filantes.

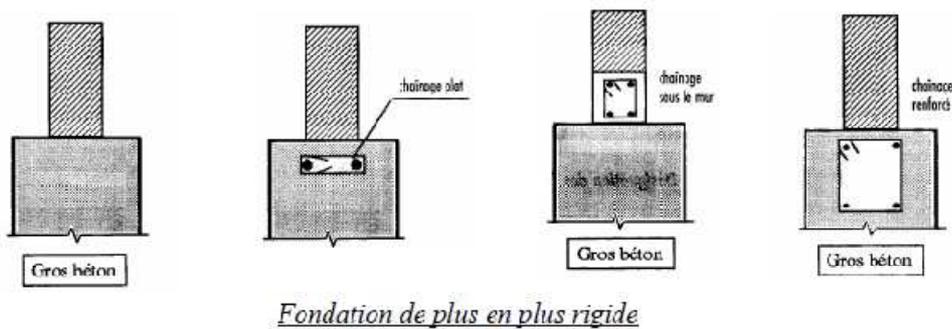
Les semelles filantes sont les fondations sous les voiles, les murs et sous certains poteaux rapprochés.



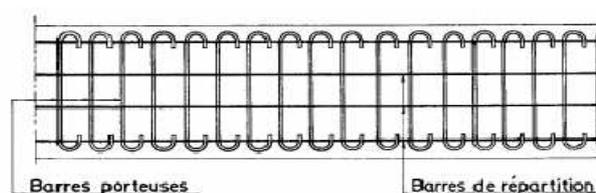
a) Famille des semelles continues en Béton armé



b) Famille des semelles continue en gros béton (cas des constructions légères)



c) ferrailage des semelles continues



Cas des semelles continues armées

II-3-2- Les semelles isolées.

Les semelles isolées sont les fondations des poteaux.

Leurs dimensions de surface sont homothétiques à celles du poteau que la fondation supporte :

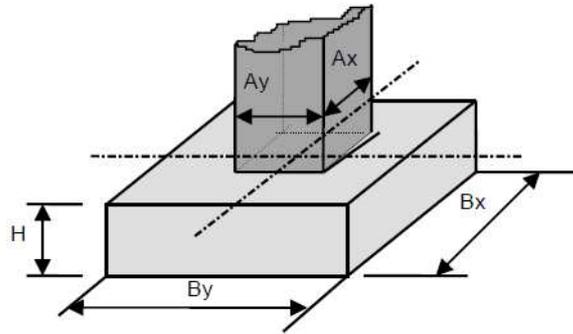
- Semelles rectangulaires :

Homothétie : $\frac{B_x}{B_y} = \frac{A_x}{A_y}$

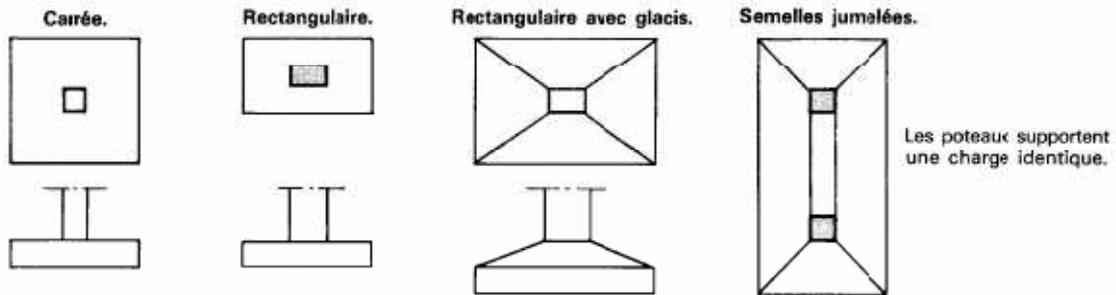
Hauteur H:

$$\frac{B_x - A_x}{4} \leq H - 100 \text{ mm} < B_x - A_x$$

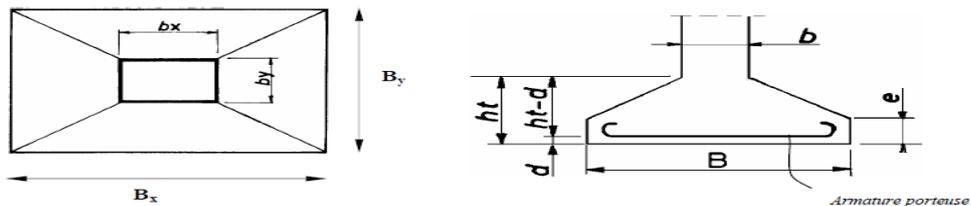
à vérifier dans le plan Y



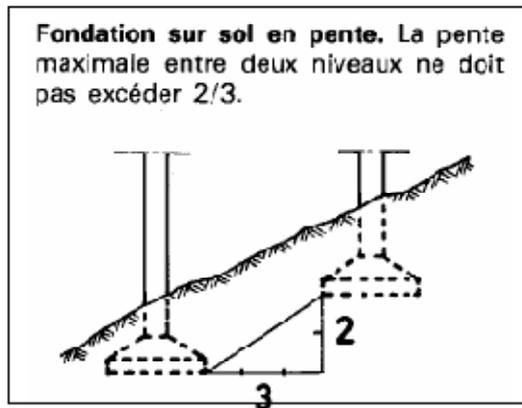
a) Exemples de semelles isolée



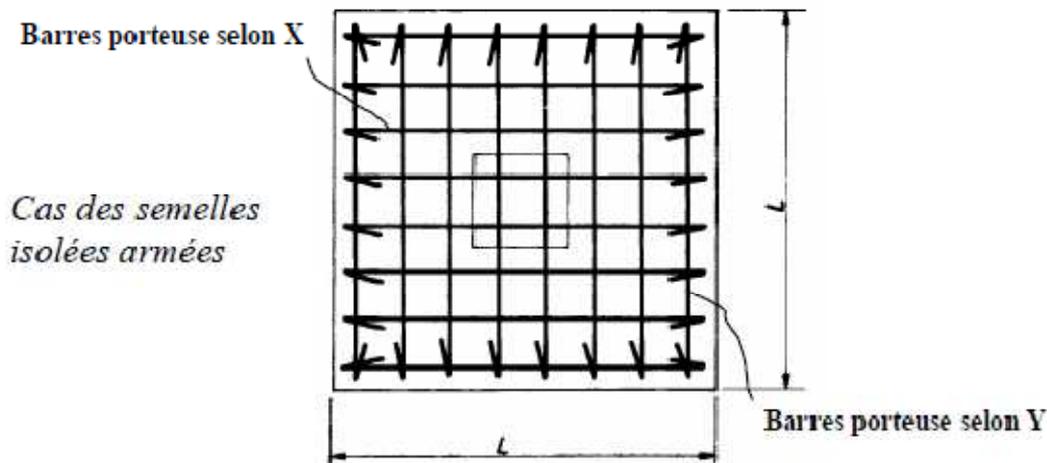
b) Dispositions constructives usuelle pour les semelles avec glacis



1. Autant que possible avoir des sections homothétiques, soit : $\frac{B_x}{b_x} = \frac{B_y}{b_y}$
2. Si la charge à supporter est P, la contrainte admissible du sol est σ : il faut alors avoir
$$\sigma \geq \frac{P}{B_x \cdot B_y}$$
3. La hauteur des semelles est au moins égale à : $h_t = 5 \text{ cm} + \frac{B_x - b_x}{4}$ (la semelle est dite alors **rigide**)
4. Enfin la hauteur e doit être telle que $e \geq 6 \cdot \phi + 6 \text{ cm}$ avec ϕ diamètre de l'armature porteuse (prendre 1 cm en pratique)

A noter :

La charge imposée à chaque poteau est différente.
La forme trapézoïdale de la semelle est dans le sens de l'égalisation des pressions sur le terrain.

c) ferrailage des semelles isolées**II-3-3- Les radiers**

Si le sol est très mauvais, les semelles deviennent très larges et tendent à occuper tout l'entre-axe des poteaux. On a alors affaire à un radier.

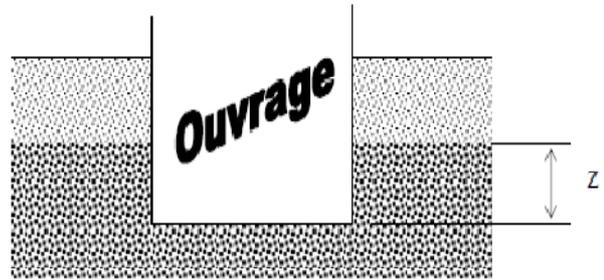
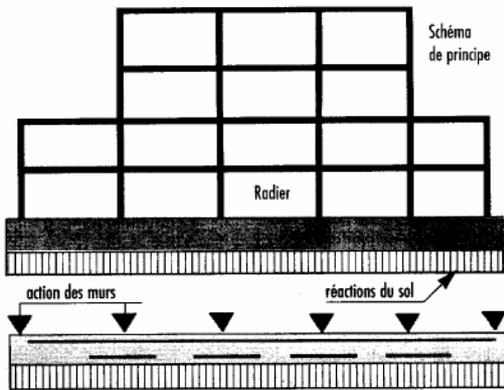
Un radier est donc :

- * Une dalle en béton armé posé à même le sol sous toute l'emprise du bâtiment,
- * Une dalle de forte épaisseur (0,5 à 1 mètre d'épaisseur),
- * Une dalle nervurée ou non (poutre incluse ou non dans l'épaisseur du radier, en particulier au droit des appuis de poteau)
- * Une dalle lestée ou non avec des granulats lourds (scories de haut fourneaux : densité 7, 8 au lieu de 2,5 pour des cailloux usuels)

On distingue deux utilisations des radiers :

- * Les radiers sur mauvais sol,

* Les radiers formant cuvelage pour lester un ouvrage en particulier face aux poussées hydrostatique (cas des piscines, fosses, cales sèche pour navire...)



II-3.4. Mise en œuvre d'une fondation

a) Cas des semelles filantes



Réalisation des fouilles



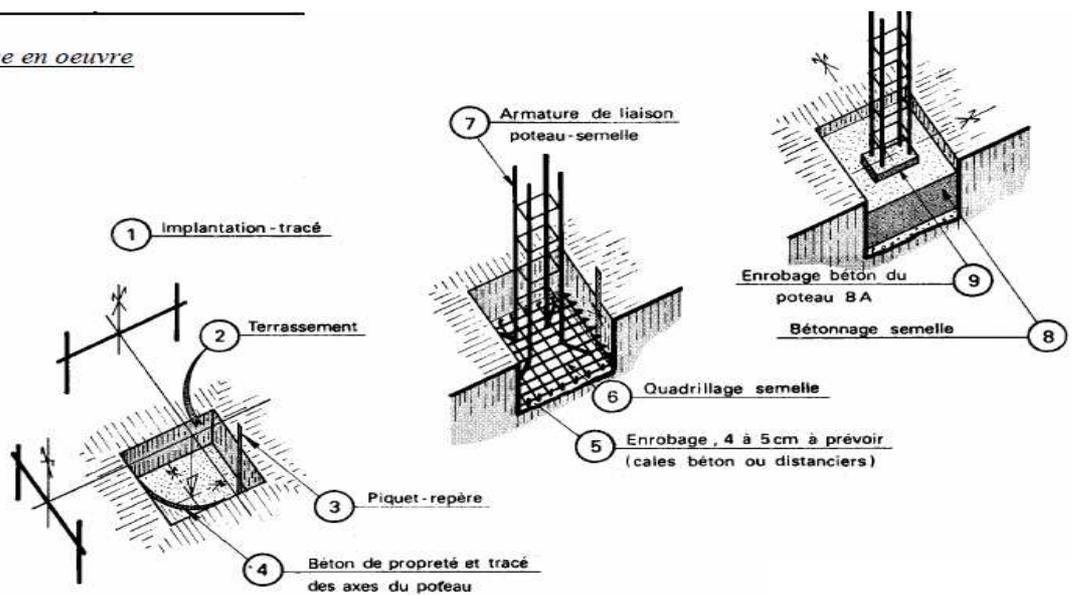
Coulage du béton



Semelle filante coulée

b) Cas des semelles isolées

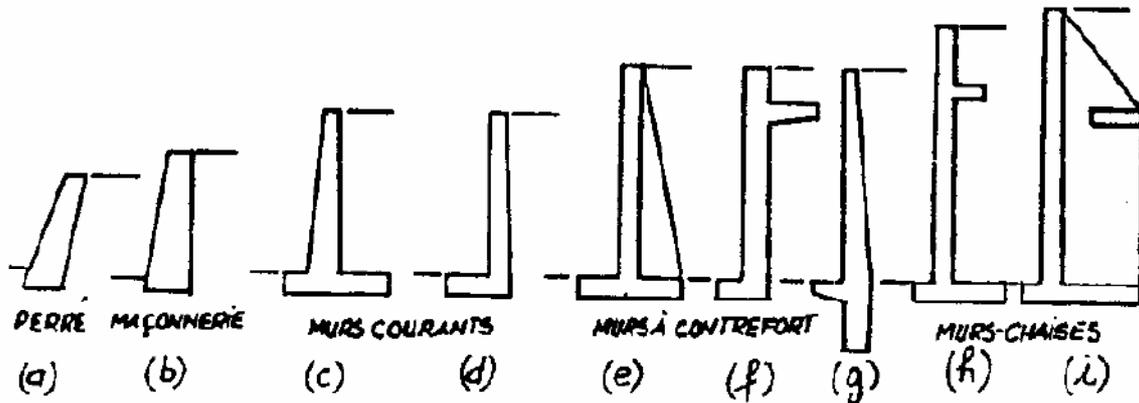
Mise en oeuvre



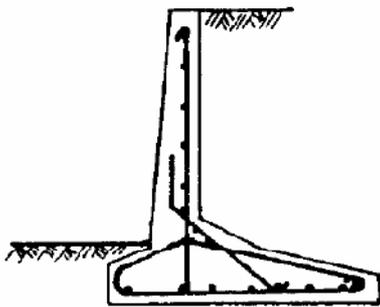
II-4- les murs de soutènements

Ce sont des ouvrages indépendants fondés presque toujours superficiellement et dont la seule fonction est de reprendre la poussée des terres.

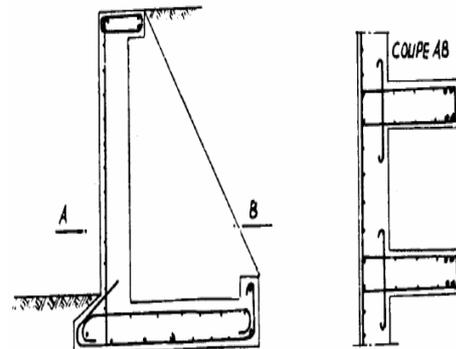
Ils sont de différents types suivant la hauteur à soutenir et suivant qu'on se trouve ou non en limite de propriété.



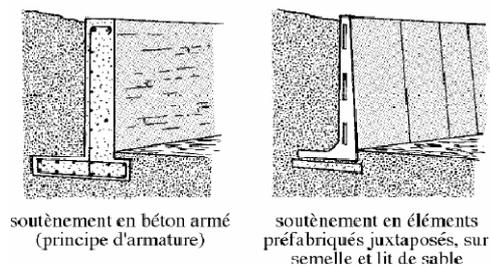
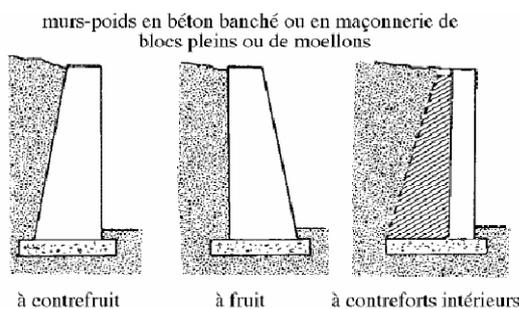
Détails de quelques murs de soutènement



Voile de soutènement fonctionnant en console sur sa semelle
 Cette solution ne convient que pour de faibles hauteurs (inférieures à 3 ou 4 m).



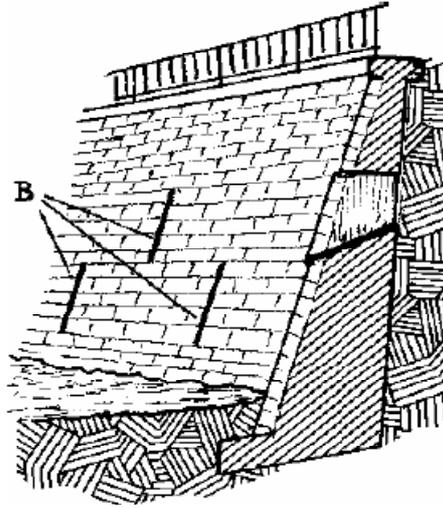
Voile de soutènement avec contreforts
 C'est la solution la plus courante pour des hauteurs moyennes et même relativement importantes (supérieures à 3 ou 4 m).
 Cependant pour de telle hauteur on préfère l'utilisation de tirant d'ancrage



II-5- Dispositions pratiques pour la gestion de l'eau

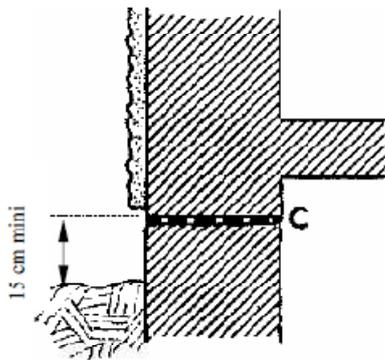
Attention à ne pas oublier les barbacanes si nécessaire

B pour barbacanes
(écoulement de l'eau)

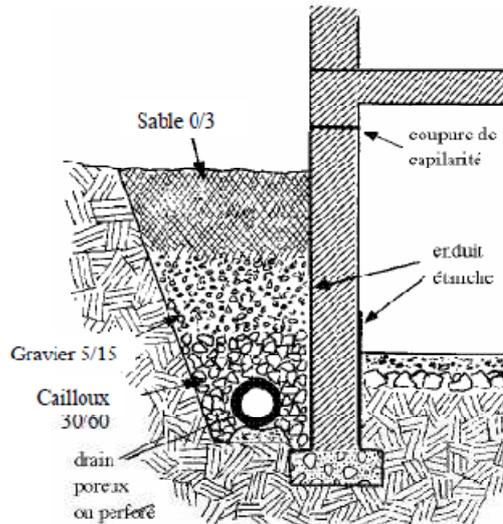


L'eau et les fondations

Les bas de murs



Coupure de capillarité



Drainage de sol en pied de mur (cas général)

LES MURS ET ELEVATIONS

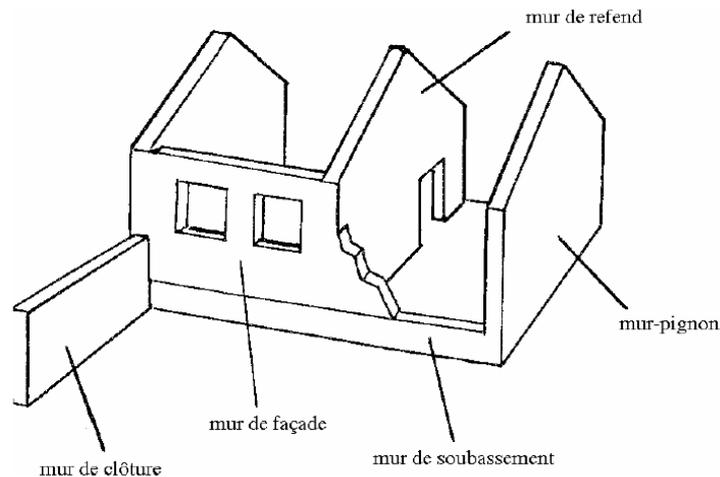
I- Les différents types de murs

Les murs désignent généralement des parois porteuses de l'ouvrage par opposition aux cloisons qui n'ont qu'un rôle de séparation des pièces.

Les murs et élévations peuvent être faits de différents matériaux : béton coulé, parpaings, briques, béton cellulaire, ...

Selon leur position et leur rôle, on distingue :

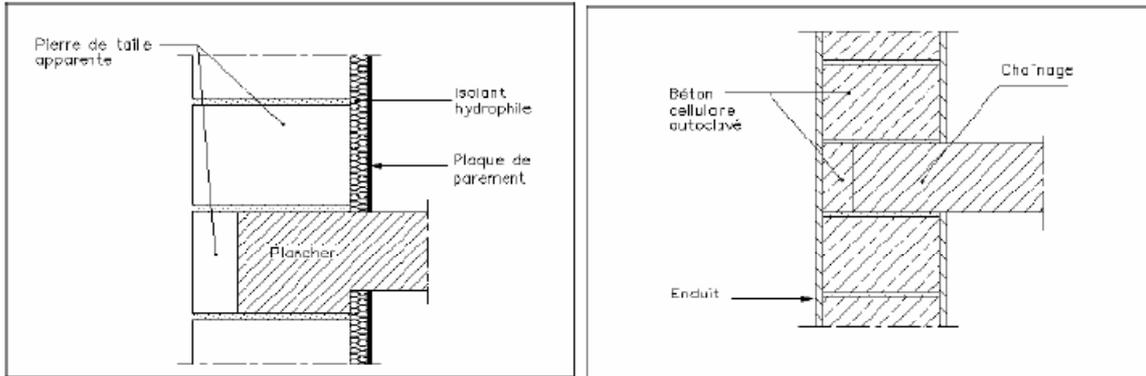
- le mur - pignon : qui ferme l'extrémité du bâtiment ;
- le mur de façade : qui ferme les côtés du bâtiment ;
- le mur de refend : qui reprend certaines charges de la structure du bâtiment pour les transmettre aux fondations ;
- le mur de fondations ou de soubassement: qui s'élève directement depuis la fondation, partie généralement enterrée,
- le mur enterré: qui clôt des pièces enterrées : cave, sous-sol ...
- le mur de remplissage : qui ne supporte aucune charge et joue uniquement le rôle de fermeture ;
- le mur de clôture : mur ou muret, extérieur au bâtiment, qui délimite et cerne le terrain.



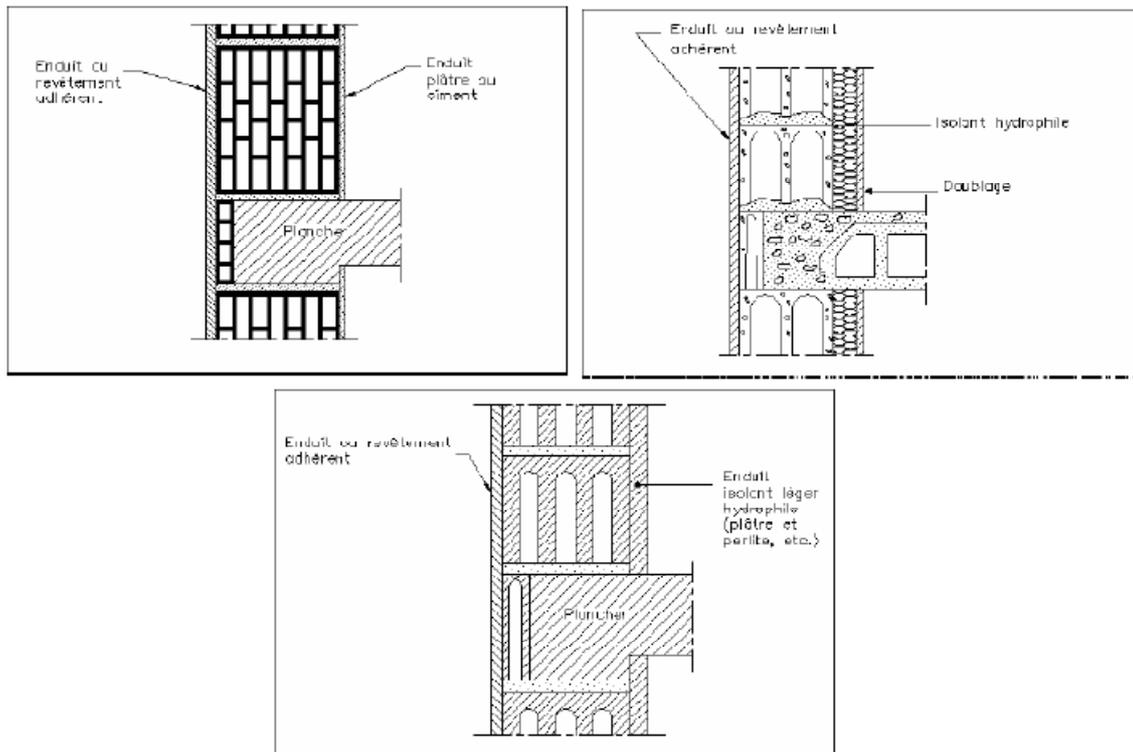
On distingue 4 types de murs selon l'importance du rôle dévolu à la paroi de maçonnerie dans l'étanchéité du mur complet à la pluie.

Mur du type I

Un mur du type I est un mur ne comportant ni revêtement étanche sur son parement extérieur, ni coupure de capillarité dans son épaisseur.



Exemples de murs du type I : matériau plein

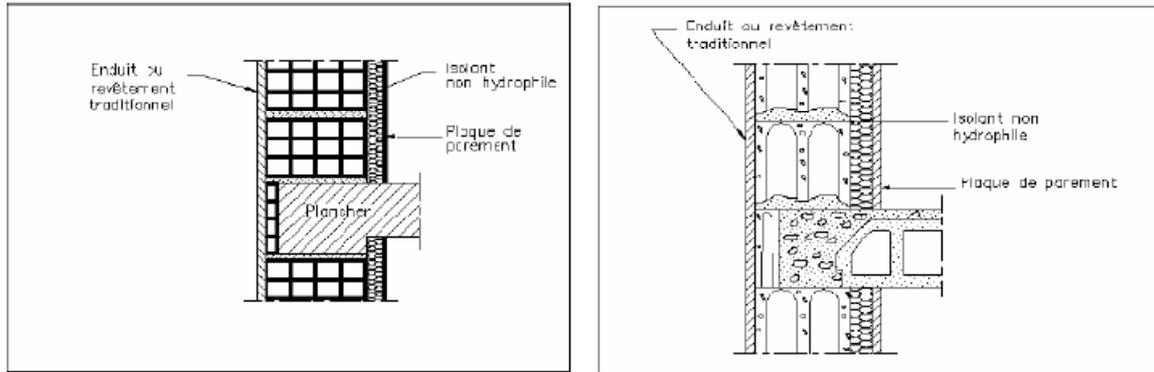


Exemples de murs du type I : bloc creux avec côté extérieur par un enduit ou un revêtement adhésif

Murs du type II

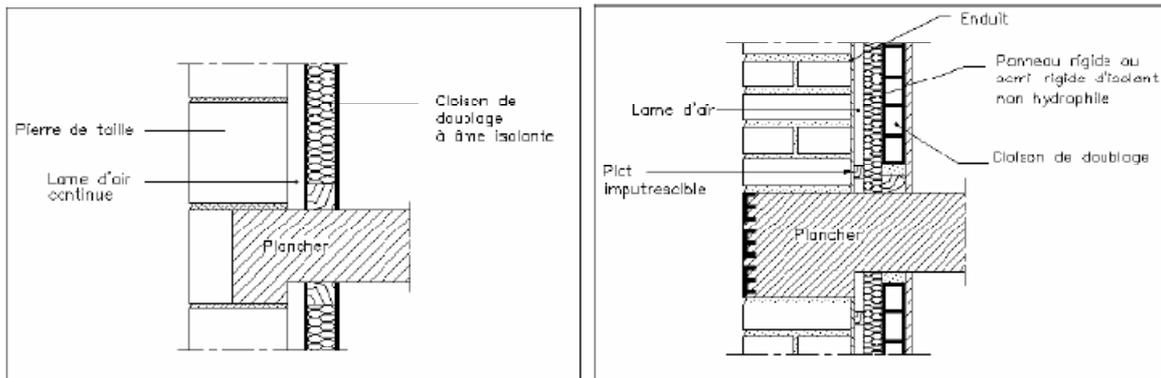
Un mur du type II est un mur ne comportant aucun revêtement étanche sur son parement extérieur mais comportant, dans son épaisseur, une coupure de capillarité continue. Suivant le mode de réalisation de cette coupure de capillarité, le type II se divise en deux catégories :

Type IIa : Dans ce type de mur, la coupure de capillarité est constituée par des panneaux isolants non hydrophiles.



Exemples de murs du type IIa

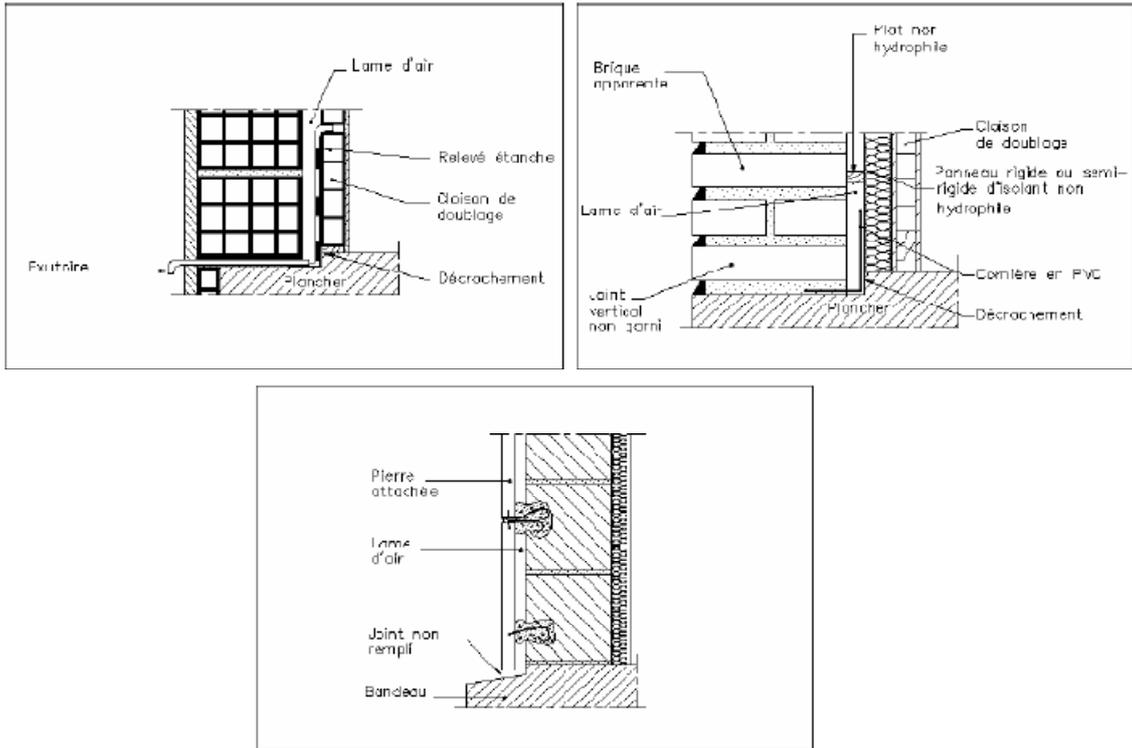
Type IIb : Dans ce type de mur, la coupure de capillarité est constituée par une lame d'air continue. Par assimilation, cette lame d'air est encore considérée comme continue si elle est traversée seulement par des agrafes métalliques ou par d'autres dispositifs de faibles dimensions, en matériaux non hydrophiles et imputrescibles.



Exemples de murs du type IIb

Murs du type III

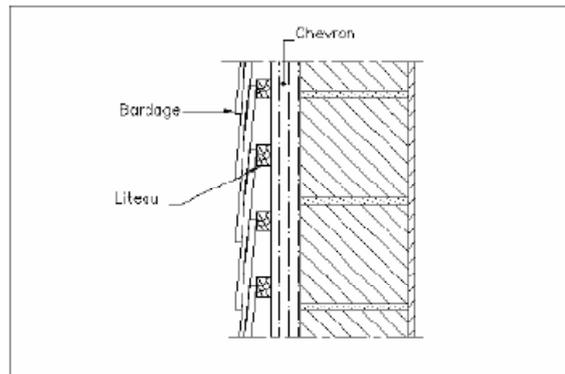
Les murs du type III sont des murs dans lesquels la paroi extérieure en maçonnerie, non protégée par un revêtement étanche, est doublée par une seconde paroi séparée de la première par une lame d'air continue à la base de laquelle sont prévus des dispositifs de collecte et d'évacuation vers l'extérieur des eaux d'infiltration éventuelles.



Exemples de murs du type III

Mur du type IV

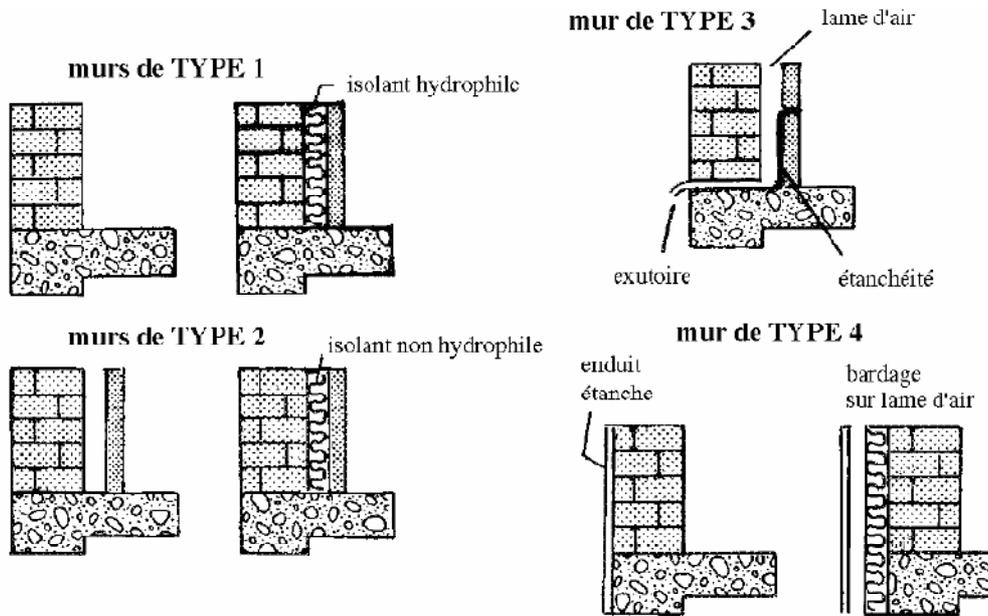
Un mur du type IV est un mur dont l'étanchéité à la pluie est assurée par un revêtement étanche situé en avant de la paroi en maçonnerie.



Exemple de murs du type IV (bardage extérieur traditionnel rapporté)

II- Critères pour choisir un mur

En résumé les types de mur extérieurs sont :



Le choix est fonction :

- * de l'exposition à la pluie (façade abritée ou au vent),
- * du vent (Région, site, hauteur du bâtiment, ... ⇒ Voir NV66.cours de dimensionnement des structures)

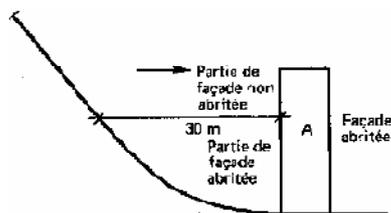
L'objectif étant d'obtenir un mur de façade **étanche à l'eau**. Les tableaux et schémas ci-après définissent et illustrent ce choix.

A noter : S'il ne pleut pas (désert), cette question n'a pas de sens !

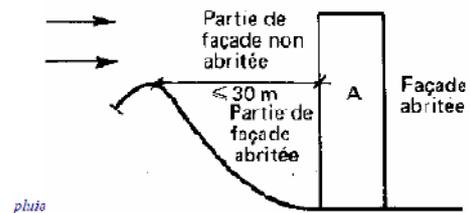
Hauteur du mur au-dessus du sol (m)	Situation a, b, ou c		Situation d		
	Façades abritées	Façades non abritées	Façades abritées	Façades non abritées	
< 6	IIa (Cf note 1)	IIa (Cf note 2) (Cf note 5)	IIa (Cf note 1)	Zone littorale sauf front de mer IIb (Cf note 2) (Cf note 5) ou III (Cf note 3)	Front de mer III
6-18	IIa (Cf note 1)	IIa (Cf note 2) (Cf note 5)	IIa (Cf note 1)	IIb (Cf note 2) (Cf note 5) ou III (Cf note 3)	III
18-28	IIa (Cf note 1)	IIb (Cf note 2) (Cf note 5) ou III (Cf note 3)	IIa (Cf note 1)	III	III (Cf note 2)
28-50		(Cf note 4)		(Cf note 4)	(Cf note 4)
50-100		(Cf note 4)		(Cf note 4)	(Cf note 4)

(note 1) Pour ces cas d'exposition, il est possible, exceptionnellement et sur justifications (référence à l'expérience locale...), d'utiliser des murs de type I en pierres apparentes (pierres de taille ou moellons), sous réserve de respecter les épaisseurs minimales fixées par les Règles de calcul DTU n° 20.1 (BEE).
 (note 2) Pour ces cas d'exposition, ce type de mur nécessite, pour certaines maçonneries, des dispositions complémentaires explicitées dans le chapitre correspondant aux matériaux constitutifs du cahier des clauses techniques d'exécution DTU n° 20.1 enduit côté intérieur (art. 3.2.2.3) ou jointe en après coup (art. 3.2.2.3) (BEE).
 (note 3) Dans les cas courants, le mur de type IIb moyennant les dispositions complémentaires visées au renvoi (Cf note 2) est suffisant ; toutefois, en fonction des connaissances de la sévérité des conditions climatiques de lieu, le concepteur peut demander l'exécution d'un mur de type III.
 (note 4) Ces cas correspondent à des utilisations exceptionnelles non visées par le présent document et devant faire l'objet d'une étude particulière.
 (note 5) Dans le cas d'utilisation de blocs en béton apparent à alvéoles débouchant et pour toutes les façades non abritées, il convient d'utiliser des murs de type III.

Cas des maçonneries destinées à rester apparentes



les flèches indiquent la direction des vents de

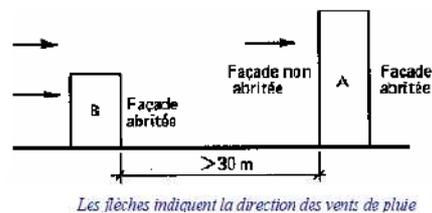
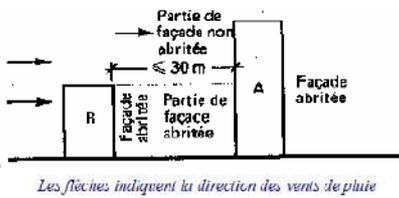


les flèches indiquent la direction des vents de pluie

Hauteur du mur au-dessus du sol (m)	Situation a, b ou c		Situation d		
	Façades abritées	Façades non abritées	Façades abritées	Façades non abritées	
				Zone littorale sauf front de mer	Front de mer
< 6		I ou IIa (Cf note 2)	I	I ou IIa (Cf note 5)	IIb
6-18		I ou IIa (Cf note 3)	I	IIa	IIb
18-28	I (Cf note 1)	I ou IIa (Cf note 4)	I (Cf note 1)	IIb	IIb (Cf note 6) ou III
28-50		IIa ou IIb (Cf note 2)		III	III
50-100		III ou IV (Cf note 2)		IV	IV

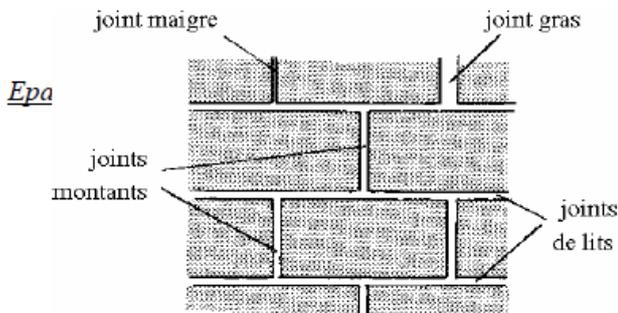
(note 1) Pour ces conditions d'exposition, les façades comportant des balcons et loggias ne peuvent, en règle générale, être considérées comme abritées (voir art. 3.2.3.1.5 (REF)).
 (note 2) Excepté pour les murs du type IV, il n'a pas été tenu compte, dans l'analyse qui précède, de la nature du revêtement extérieur, qui peut cependant contribuer à la résistance à la pénétration de l'eau de pluie. Il reste, bien entendu, possible au concepteur d'user de ce paramètre pour préciser son choix en considération de la situation particulière de l'ouvrage.
 (note 3) Le mur du type I ne peut, dans ces conditions d'exposition, être utilisé que lorsque l'épaisseur brute de la paroi en maçonnerie est supérieure ou égale à 27,5 cm.
 Dans les autres cas, la solution minimale est le mur du type IIa.
 (note 4) Le mur du type I peut, dans ces conditions d'exposition, être admis en fonction des conditions climatiques particulières du lieu et sous réserve de justifications résultant d'expériences locales satisfaisantes, lorsque l'épaisseur brute de la paroi en maçonnerie est supérieure ou égale à 32,5 cm, en blocs perforés de terre cuite et blocs de béton de granulats courants.
 Dans les autres cas, la solution minimale est le mur de type IIa.
 (note 5) Le mur du type I peut, dans ces conditions d'exposition, être admis en fonction des conditions climatiques particulières du lieu et sous réserve de justifications résultant d'expériences locales satisfaisantes, lorsque l'épaisseur brute de la paroi en maçonnerie est supérieure ou égale à :
 - 37,5 cm en blocs perforés de terre cuite,
 - 27,5 cm en blocs de béton,
 - 27,5 cm en blocs de béton cellulaire autoclavé.
 Dans les autres cas, la solution minimale est le mur de type IIa.
 (note 6) Le mur de type IIb peut, dans ces conditions d'exposition, être admis en fonction des conditions climatiques particulières du lieu et sous réserve de justifications résultant d'expériences locales satisfaisantes.
 Dans les autres cas, la solution minimale est le mur de type III.

Cas des maçonneries destinées à recevoir un enduit ou un revêtement traditionnel ...



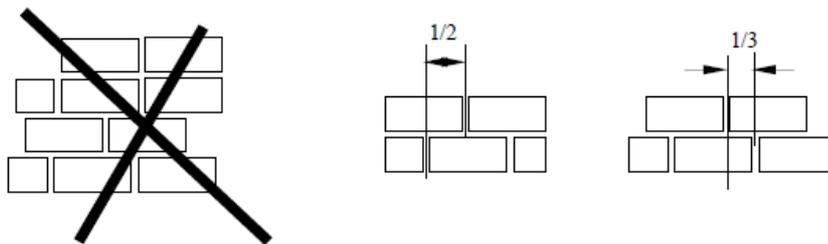
III- MISE EN OEUVRE DES MAÇONNERIES

III-1- Les joints de maçonnerie

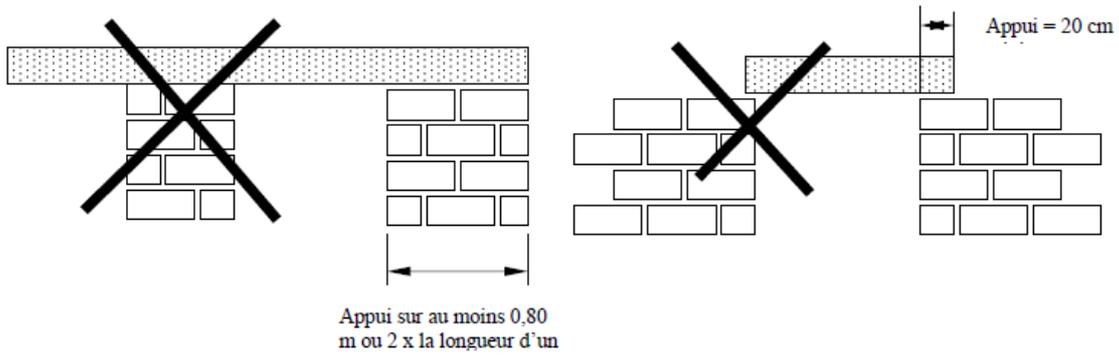


Les joints verticaux et horizontaux sont en moyenne de 10 à 15 mm d'épaisseur. Ils ne devront jamais dépassés :
8 mm < e < 20 mm.

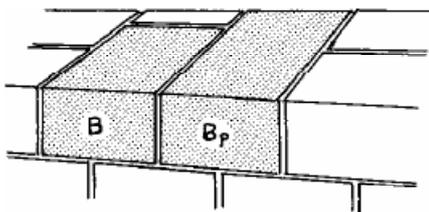
Disposition des joints



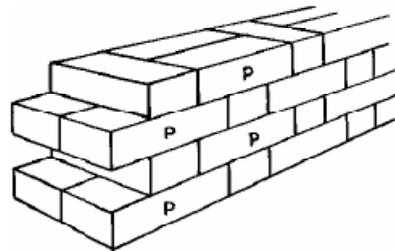
Appui ou trumeau & Maçonnerie



Parements de pose

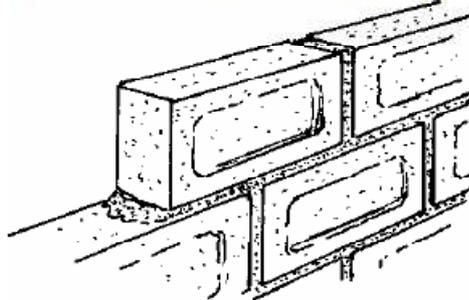


Parement boutisse (pose)

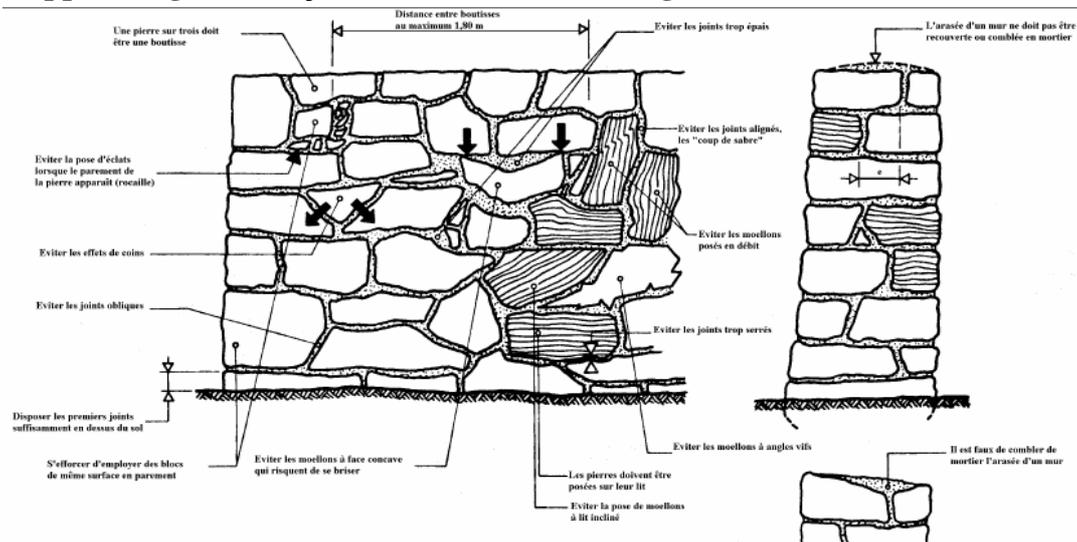


Parement panneresse (pose)

Pose de briques sur chant (autorisé uniquement en cloison intérieure)



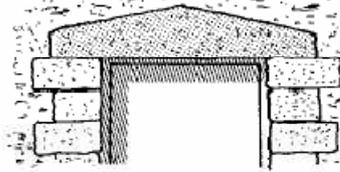
III-2- Appareillage des maçonneries en moellon – Règles de l'art



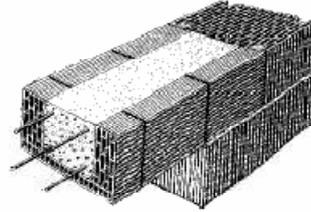
IV- Les différents types de linteaux



linteau rustique en bois



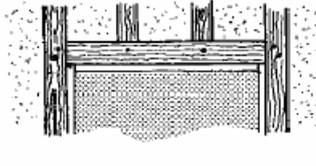
linteau de pierre en bâtière



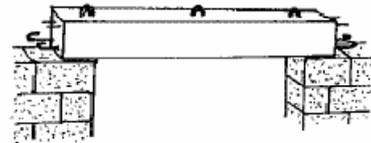
linteau isolant, à âme de béton armé coffré dans des prélinteaux de brique alvéolaire



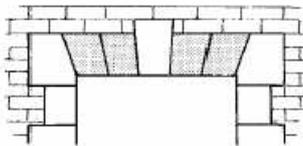
linteau métallique, sous un arc de décharge en briques



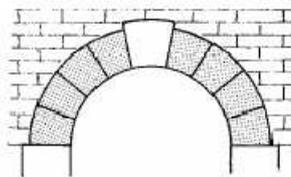
linteau de pan de bois



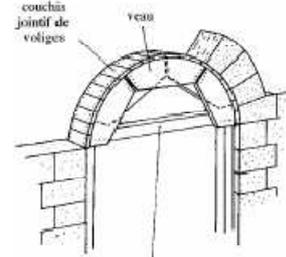
linteau préfabriqué, en béton armé ou béton cellulaire armé



de plate-bande

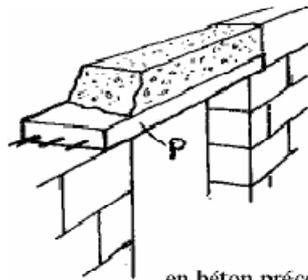


claveaux d'arc, ou voussoirs

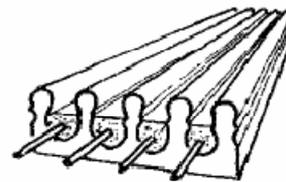


entrait
(nécessaire si portée de plus de 1,50 m)

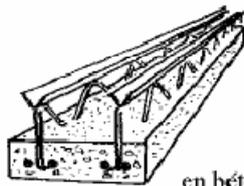
Différents types de linteaux préfabriqués



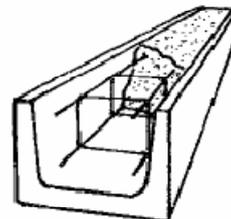
en béton précontraint
(rehausse béton banché)



céramique, à âmes
en béton précontraint



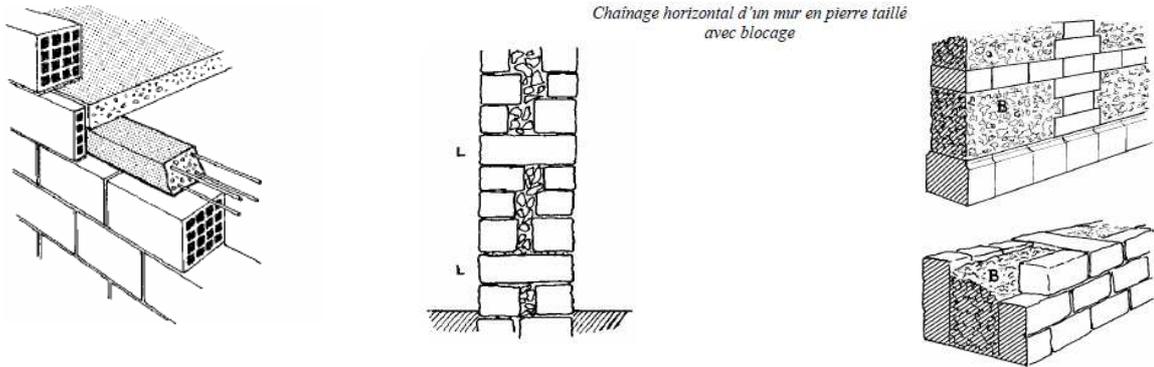
en béton armé,
à raidisseurs métalliques



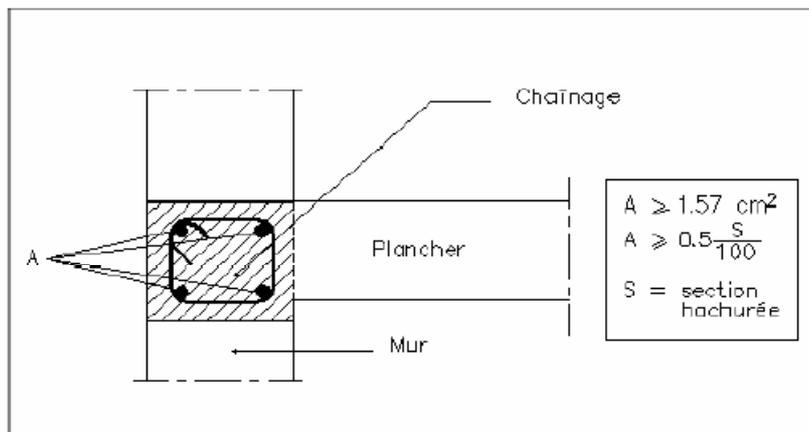
en béton moulé
formant coffrage

V- Les chaînages dans les bâtiments

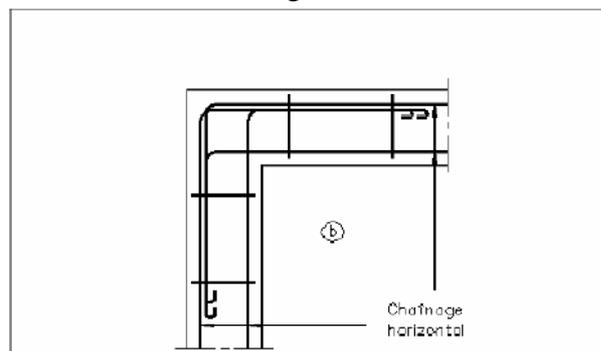
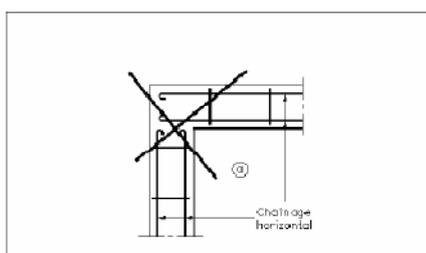
V-1- Chaînage horizontal des maçonneries



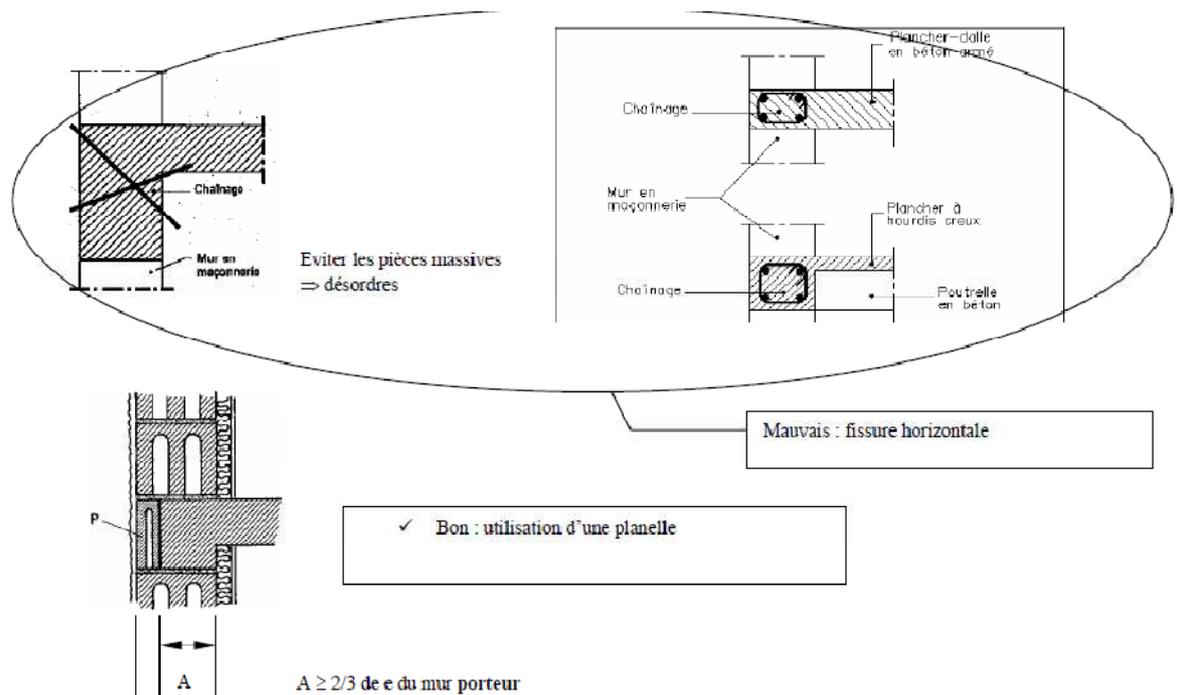
Des dispositions constructives sont à respecter pour les chaînages horizontaux en BA (Fe 400)



Détail au droit des angles : bien assurer la continuité du chaînage

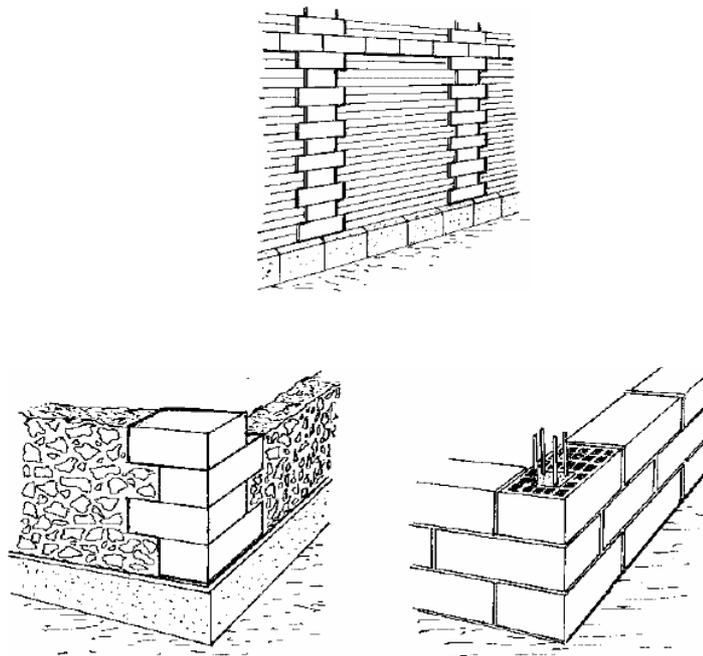


Les chaînages horizontaux et leurs liaisons entre plancher/façade



V-2- Chaînage vertical des maçonneries

Chaînage vertical plein mur et d'angle



Le chaînage vertical est indispensable lorsque :

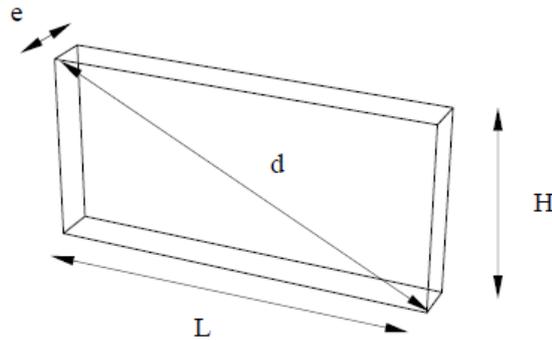
- * Il est nécessaire de raidir le mur (poteau raidisseur)
- * Le dernier plancher est en béton armé (exemple : toiture-terrasse)
- * Le terrain sur lequel est construit le bâtiment est de très mauvaises qualités.

Pour réaliser un chaînage vertical ou poteau raidisseur on pourra le faire à raison de la

section minimale de 1,6 cm² (FE 400 , Cf. DTU, soit 2 \varnothing 10 et épingles \varnothing 6 espacés 20 cm, ou encore 4 HA 8 et étrier \varnothing 6 espacés 15 cm).

La distance entre chaînage verticaux

Cette distance est fonction de la hauteur du mur, de son épaisseur et s'il est tenu en tête ou non. On peut utiliser les formules suivantes, en supposant que le mur est tenu en tête :



- *Disposition minimale, quelque soit le cas :*
 - $L \leq 5 \text{ m}$; $S \leq 20 \text{ m}^2$ (surface du mur) ; $\frac{h}{e} \leq 20$ (élancement du mur)
- *Dispositions particulière selon le matériaux utilisé :*
 - Murs en éléments pleins ou BA $\begin{cases} e \geq 10 \text{ cm} \\ d \leq 40.e \end{cases}$
 - Murs en éléments creux $\begin{cases} e \geq 20 \text{ cm} \\ d \leq 25.e \end{cases}$

A noter :

E = épaisseur totale du mur (parpaing+enduit par exemple, soit un parpaing de 15 cm enduit 2 faces en enduit traditionnel)

VI- Les enduits de façade

VI-1-Dosage progressif des couches de mortier pour l'enduit

GOBETIS

Fonction : Couche mince d'accrochage au support

Temps d'application : une fois le tassement du bâtiment fait (1 mois au moins après la maçonnerie). **Epaisseur :** 2 à 5 mm

Dossage en ciment : 500 à 600 Kg de ciment de la classe 35 par m³ de sable sec

Granulométrie du sable : 0,25/3,15

Particularité : humidification du support avant application indispensable

CORPS DE L'ENDUIT

Fonction : Couche épaisse dressée, pour l'imperméabilisation et planitude

Temps d'application : 48 h minimum après le gobetis

Epaisseur : 8 à 12 mm

Dossage en ciment : 400 à 500 Kg de ciment de la classe 35 par m³ de sable sec

Granulométrie du sable : 0,1/3,15

Particularité : Sensible à un séchage trop rapide (soleil et surtout vent)

COUCHE DE FINITION

Fonction : Couche de parement pour la décoration et protection de surface

Temps d'application : 4 à 7 jours après le corps d'enduit

Epaisseur : 5 à 7 mm

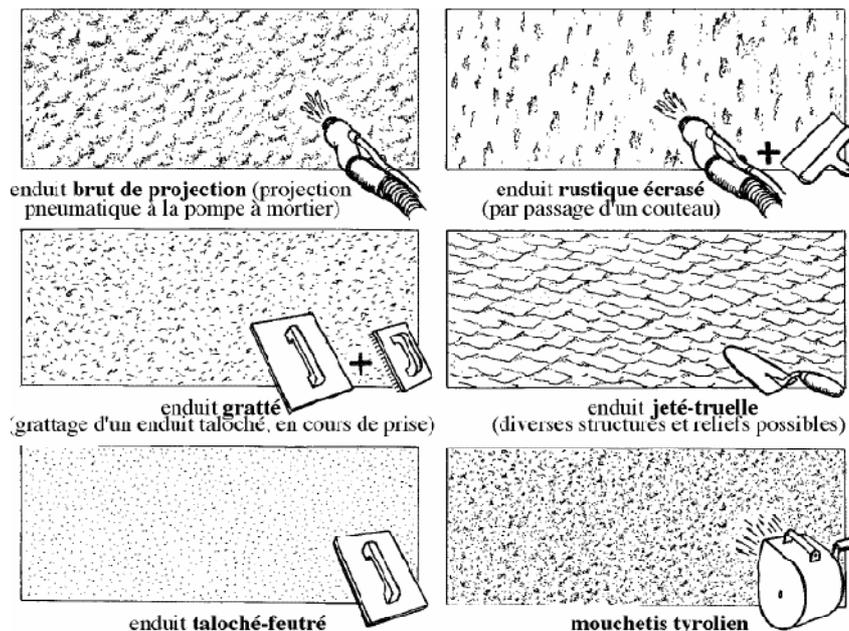
Dossage en ciment : 300 à 400 Kg de ciment de la classe 35 par m³ de sable sec

Granulométrie du sable : 0,1/0,2

Particularité : humidification du support avant application indispensable

$$\Sigma \text{ épaisseur} = 20 \text{ à } 25 \text{ mm}$$

VI-2- Finition des enduits

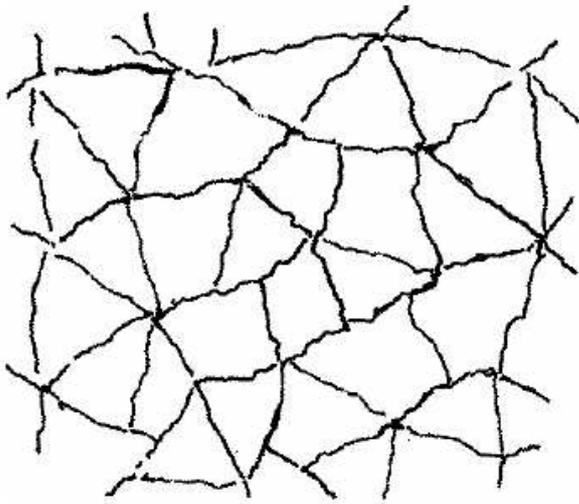


VI-3- Pathologie des enduits

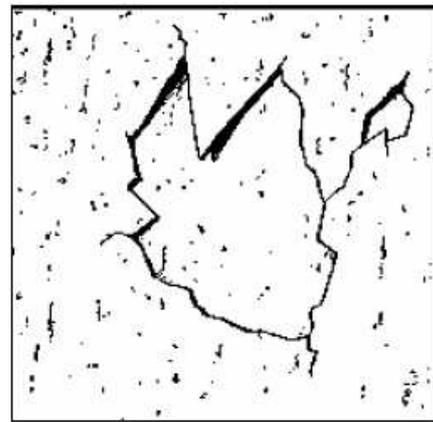
Lorsqu'un enduit est mis en œuvre sur un support trop absorbant ou dans des conditions climatiques défavorables, il se dessèche prématurément avant la prise du liant, ce qui peut se traduire par des décollements ou une friabilité excessive.

En outre, des fissurations résultent souvent du mauvais dosage d'une couche, ou de délais de séchage insuffisants entre chaque couche.

Enfin, en couche de finition il est indispensable de choisir des teintes claires (coef. d'absorption solaire $> 0,7$), ou encore d'éviter de juxtaposer des teintes trop contrastées, sous peine d'obtenir des fissurations de l'enduit (choc thermique & dilatation différentielles).



Faiçonnage des mortiers hydrauliques



Fissuration et décollement

LES STRUCTURES ET OSSATURES

I- Les dalles et planchers

I-1- Définitions

La dalle est construite sur les fondations ou sur une couche de granulats.

- Elle est généralement en béton armé.
- Le plancher qui sépare des niveaux peut être en béton ou en bois.

Les dalles désignent une surface horizontale en béton généralement armé, directement au contact du sol. Elles reposent sur les fondations ou sur une couche dite de forme faite de granulats reposant sur un sol dur. C'est un ouvrage de gros œuvre, c'est à dire de structure.

En maison individuelle, on utilise principalement 3 types de dalles :

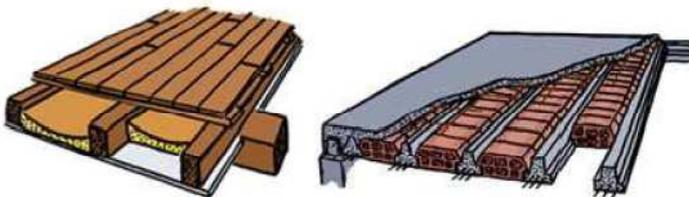
- les dalles de compression ou de répartition sur plancher hourdis
- les dalles pleines
- les dalles flottantes parfois dites aussi dalles désolidarisées ou rapportées: permettent un apport d'isolation phonique et thermique. La dalle flottante est alors coulée sur cette isolation et sans aucune solidarité avec le reste de la structure.

Les planchers sont des ouvrages horizontaux servant à séparer les niveaux.

Constitués de plusieurs éléments, ils peuvent être réalisés en bois ou en béton.

Dans ce dernier cas, les planchers comportent :

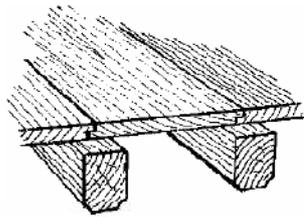
- une ossature (poutres) qui supporte le poids des ouvrages à venir (cloisons),
- un remplissage (hourdis, béton, polystyrène...) sur lequel est coulée une dalle de compression. Les hourdis sont des corps creux en terre cuite ou élément de béton placé entre les poutrelles du plancher.



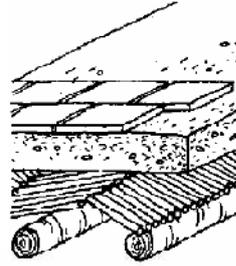
Planchers en bois et en béton

I-2- Plancher en bois

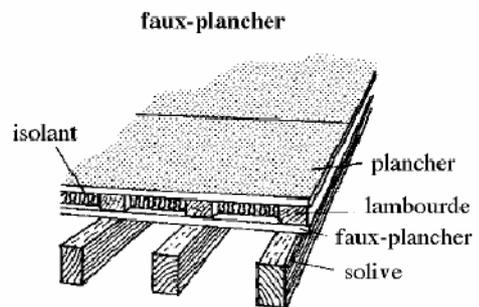
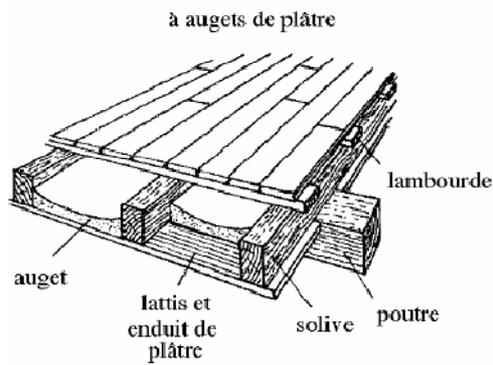
Plancher Bois traditionnel



Platelage bois sur solives

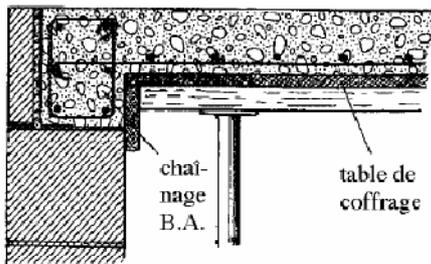


Plancher sahélien

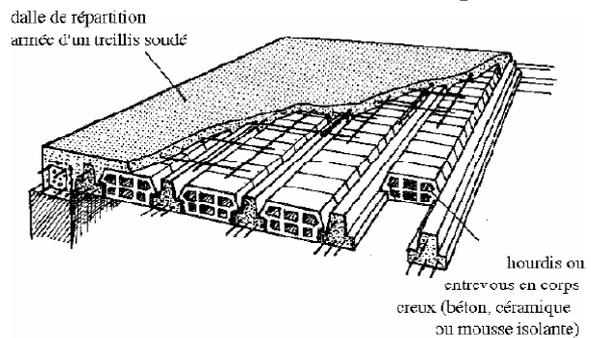


I-3- Plancher en béton armé

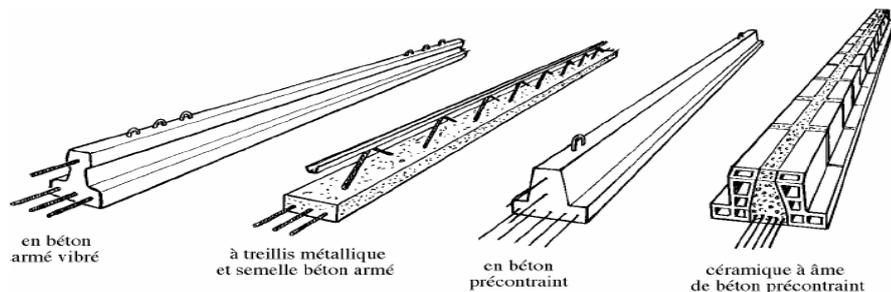
Plancher coffré et coulé à dalle pleine sur coffrage



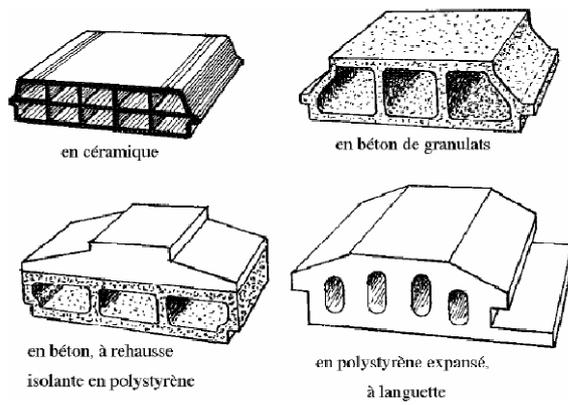
Plancher à hourdis + poutrelles préfabriquées



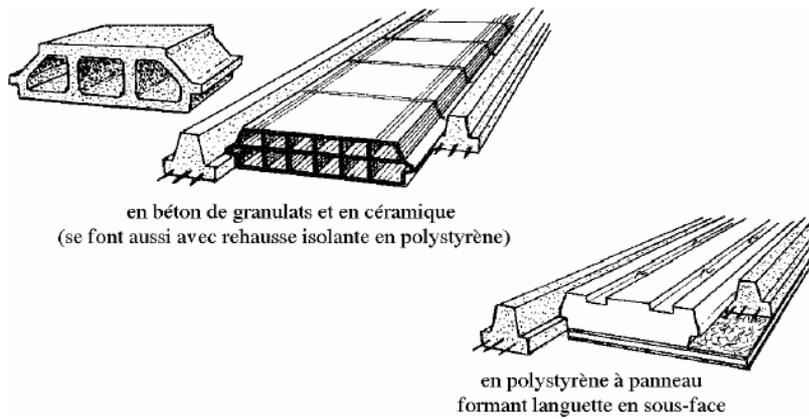
Différent type de poutrelle



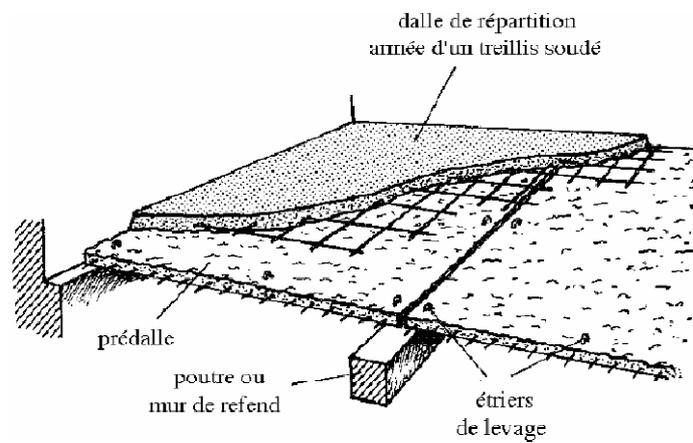
Les différents types d'Hourdis



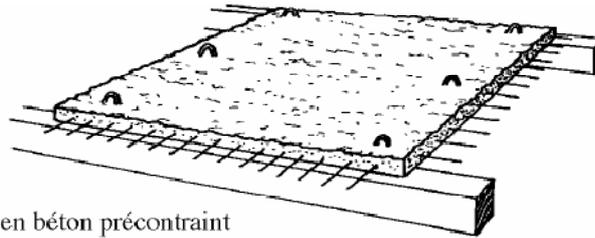
Les dispositions constructives des plancher poutrelles+ hourdis



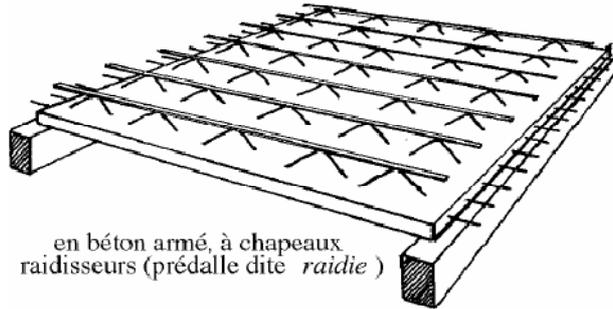
Plancher à pré-dalles



Les différents types de pré-dalle



en béton précontraint



en béton armé, à chapeaux
raidisseurs (prédalle dite *raidie*)