

CHAPITRE III. Techniques de réalisation des ouvrages en béton armé

III.1. Fondations et leurs techniques d'exécutions

III.1.1 Rôles des fondations

III.1.1.1. Définition

Un ouvrage quelle que soient sa forme et sa destination, prend toujours appui sur un sol d'assise. Les éléments qui jouent le rôle d'interface entre l'ouvrage et le sol s'appellent fondations. Ainsi, quelque soit le matériau utilisé, sous chaque porteur vertical, mur, voile ou poteau, il existe une fondation.

III.1.1.2. Rôle principal

La structure porteuse d'un ouvrage supporte différentes charges telles que :

- des charges verticales :
 - ❖ comme les charges permanentes telles que le poids des éléments porteurs, le poids des éléments non porteurs,
 - ❖ comme les charges variables telles que le poids des meubles, le poids des personnes..., le poids de la neige,
- des charges horizontales (ou obliques) :
 - ❖ comme des charges permanentes telles que la poussée des terres,
 - ❖ comme les charges variables telles que la poussée de l'eau ou du vent.

Il ne s'agit pas de calculer la charge globale que reprend l'ouvrage mais la charge reprise par chaque fondation. En effet chaque fondation ne reçoit pas la même charge. Cela dépend des éléments porteurs repris. La charge reprise par une fondation se calcule au moyen d'une descente de charges.

Le rôle principal d'une fondation est donc d'assurer la transmission des charges appliquées sur l'ouvrage au sol.

Les critères influant le choix d'une fondation sont donc :

- La qualité du sol.
- Les charges amenées par la construction.
- Le coût d'exécution.

III.1.1.3. Rôle secondaire

- La fondation doit résister elle-même aux charges et doit être calculée en conséquence.
- L'ensemble ouvrage – fondation - sol doit être en équilibre stable. Il ne doit pas y avoir possibilité de mouvement.
 - ❖ pas de glissement horizontal : L'adhérence sol – fondation doit empêcher les forces horizontales (poussées du vent, des terres...) de pousser l'ouvrage horizontalement.
 - ❖ pas de basculement : Les charges horizontales ont tendance à faire basculer l'ouvrage car elles créent un moment. Les forces verticales (poids) doivent les contrebalancer.
 - ❖ pas de déplacement vertical : Le sol doit être suffisamment résistant pour éviter l'enfoncement du bâtiment de manière uniforme ou dissymétrique (tassements différentiels entre deux parties solidaires de l'ouvrage) et le bâtiment doit être suffisamment lourd pour éviter les soulèvements dus à l'action de l'eau contenue dans le sol (poussée d'Archimède).
- Une fondation doit être durable. Toutes les précautions devront être prises dans les dispositions constructives, le choix et l'emplacement des matériaux, ainsi que dans la mise en œuvre.
- Une fondation doit être économique. Le type de fondation, les matériaux employés et la mise en œuvre doivent être le moins coûteux possible.

III.1.2. Fonctionnement des fondations

Un mur ou un poteau supporte une partie des charges de l'ouvrage et compte-tenu de ses faibles dimensions, risquent de poinçonner le sol. C'est pour cela que sous un mur et un poteau, on place une fondation qui permet de répartir la même charge mais sur une surface horizontale plus importante et donc de diminuer la pression exercée sur le sol, c'est à dire de diminuer la force exercée sur le sol par unité de surface.

Il faudra toujours s'assurer que la pression exercée par la fondation sur le sol est inférieure à la pression que peut supporter le sol. La pression que peut supporter le sol a été déterminée grâce aux essais de reconnaissance de sol.

La **fonction** d'une **fondation** est de **transmettre** au **sol** les **charges** qui résultent des **actions** appliquées sur la **structure** qu'elle supporte.

Cela suppose donc que le concepteur connaisse:

- la capacité portante de la semelle de fondation. Le sol ne doit pas rompre, ni tasser de façon inconsidérée sous la semelle.
- les actions amenées par la structure au niveau du sol de fondation. La semelle doit résister aux actions auxquelles elle est soumise.

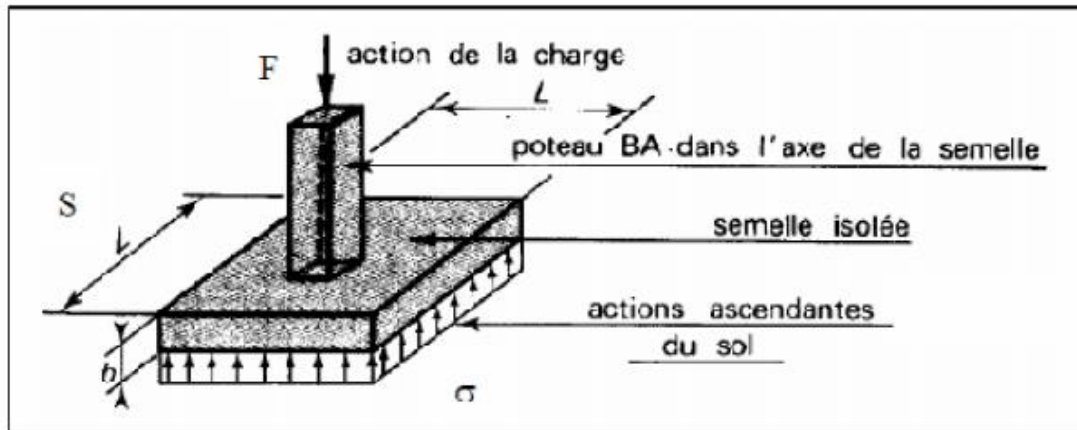


Figure III.1. Efforts exercés sur une semelle isolée

Cette pression s'appelle contrainte et est notée σ .

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

La pression exercée à la surface du sol entraîne des pressions dans les couches de sol situées en dessous jusqu'à une certaine profondeur qui varie suivant le type de fondations et la charge appliquée.

III.1.3. Types de fondations

Les deux types de fondations sont :

- *les fondations superficielles,*
- *les fondations profondes et spéciales.*

Les fondations sont dites superficielles si une des deux conditions suivantes est respectée : $H/B < 6$ ou $H < 3$ m

Avec H : profondeur de la fondation et B : largeur de la fondation.

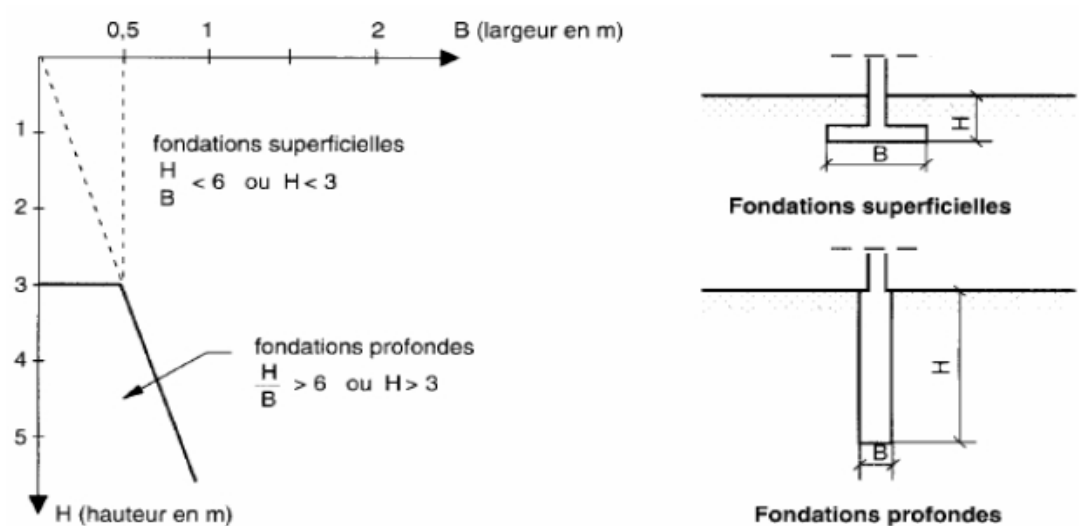


Figure III.2. Caractéristiques géométriques des différents types de fondations

III.1.3.1. Les fondations superficielles

Les fondations superficielles sont mises en œuvre lorsque la construction peut prendre appui sur une couche de résistance acceptable à faible profondeur par rapport au niveau le plus bas de la construction et non du terrain naturel.

Les fondations *superficielles* sont de trois types :



Figure III.3. Semelle isolée, et semelle filante sous mur

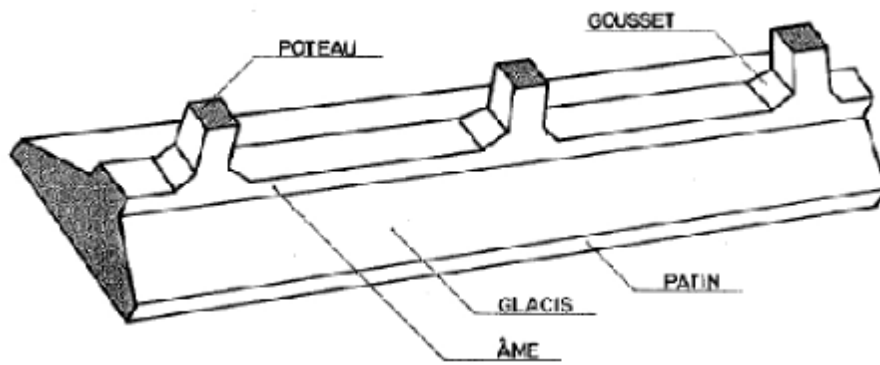


Figure III.4. Semelle filante sous poteaux



Figure III.5. Radier général

III.1.3.1.1. Les semelles isolées

A. Définitions - terminologie

Une fondation superficielle est définie par des caractéristiques géométriques.

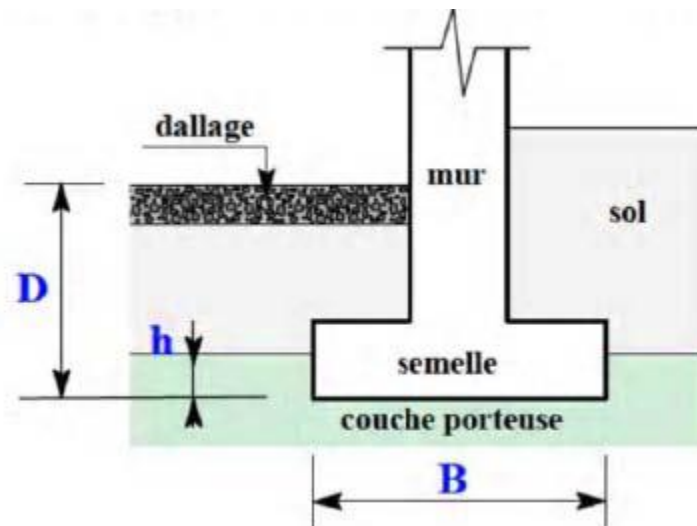


Figure III.6. Coupe verticale sur semelle superficielle

- L: longueur de la semelle ou plus grand côté d'une semelle.
- B : largeur de la semelle ou plus petit côté de la semelle.
- semelle circulaire $B = 2 R$
- semelle carrée $B = L$
- semelle rectangulaire $B < L < 5R$
- semelle continue ou filante :... $L > 5B$
- D : hauteur d'encastrement de la semelle. Hauteur minimum au-dessus du niveau de la fondation.

Si un dallage ou une chaussée surmonte la fondation ceux-ci sont pris en considération dans la hauteur d'encastrement.

- h : ancrage de la semelle. Il correspond à la hauteur de pénétration de la semelle dans la couche porteuse

Elle est aussi définie par le rapport B/D .

Au-delà d'un rapport de $1/6$, nous sommes dans le domaine des fondations profondes.

B. Dimensions des semelles isolées

Les semelles isolées sont les fondations des poteaux. Leurs dimensions de surface sont homothétiques à celles du poteau que la fondation supporte :

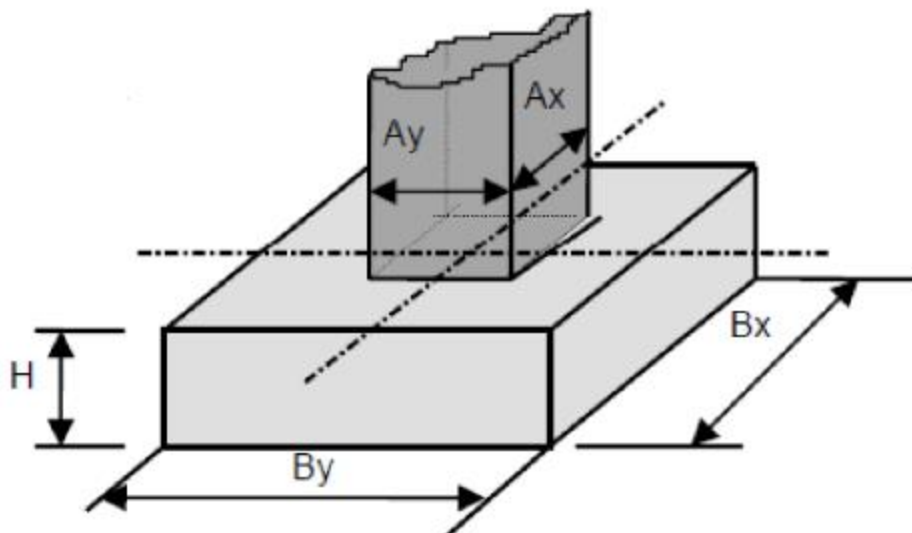


Figure III.7. Caractéristiques géométriques d'une semelle isolées

Semelles rectangulaires :

- Homothétie

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

- Hauteur H

$$\frac{B_x - A_x}{4} \leq H$$

C. Profondeur hors gel des semelles de fondation

Pour éviter que le sol d'assise des semelles ne soit déstructuré par les cycles de gel et de dégel du sol, le niveau d'assise des fondations doit être descendu à un niveau suffisant : profondeur hors gel. Cette profondeur varie selon la zone climatique et l'altitude :

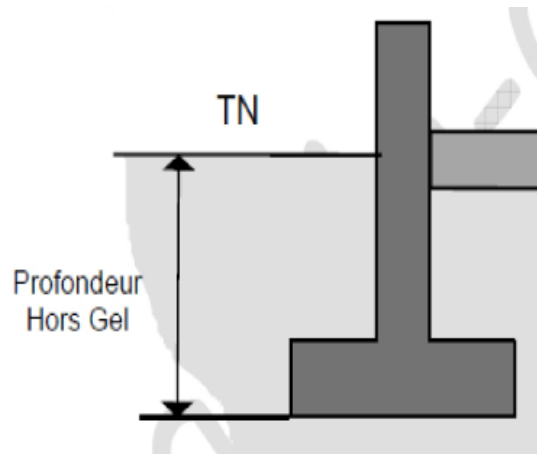


Figure III.8. Profondeur hors gel

D. Formes de semelles isolées

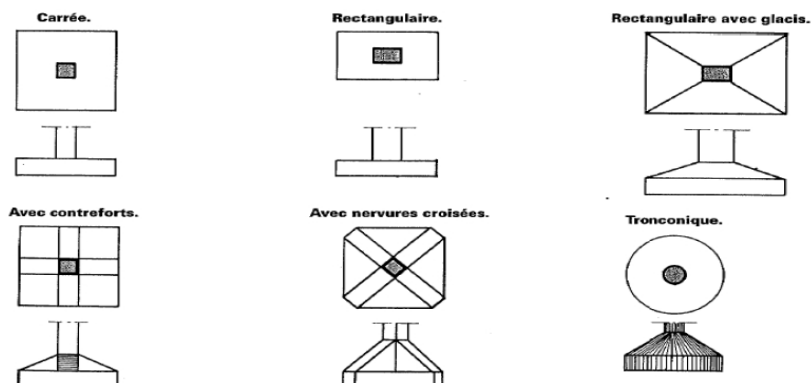


Figure III.9. Différentes configurations géométriques des semelles isolées

E. Ferrailage des semelles isolées

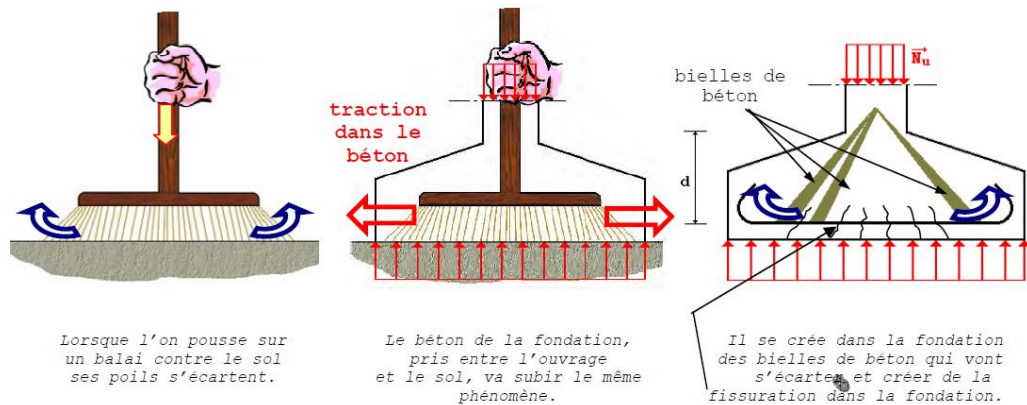


Figure III.10. Actions sur les semelles isolées

Il est donc nécessaire de placer des aciers afin que les bielles de béton ne s'écartent pas et, ainsi, éviter la fissuration du béton de la fondation.

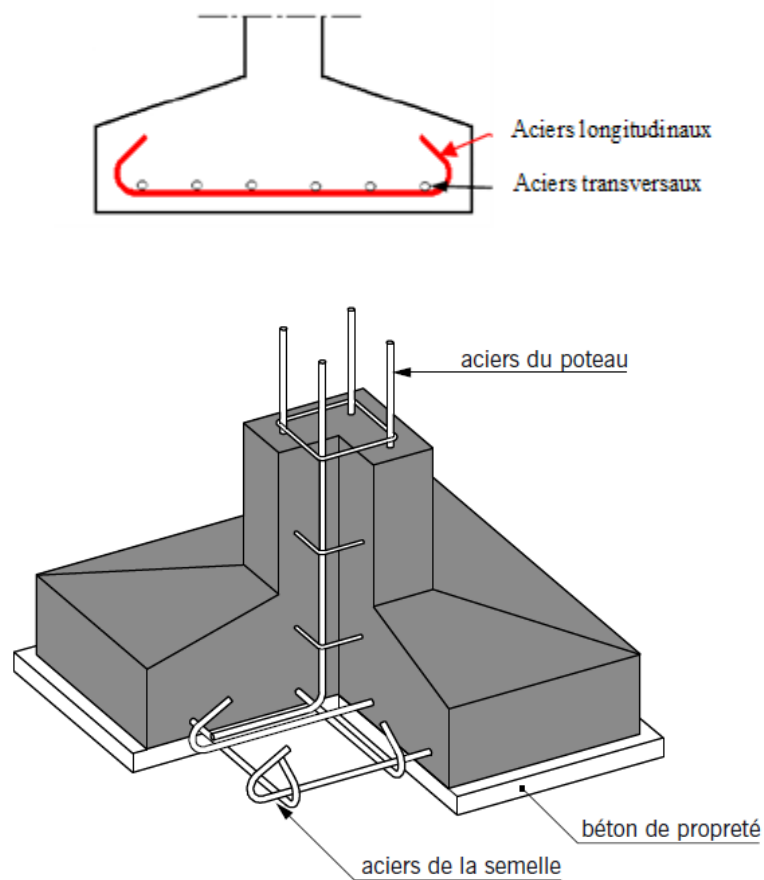


Figure III.11. Disposition des aciers dans une semelle isolée

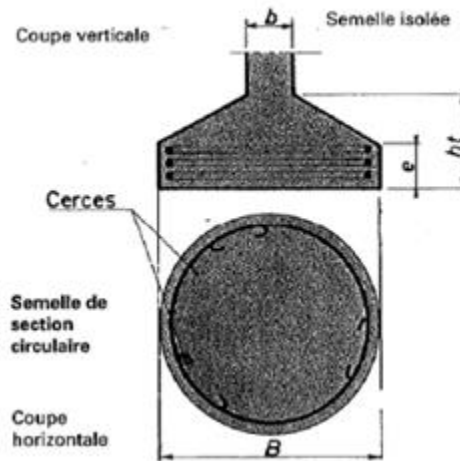


Figure III.12. Disposition des aciers dans une semelle isolée circulaire

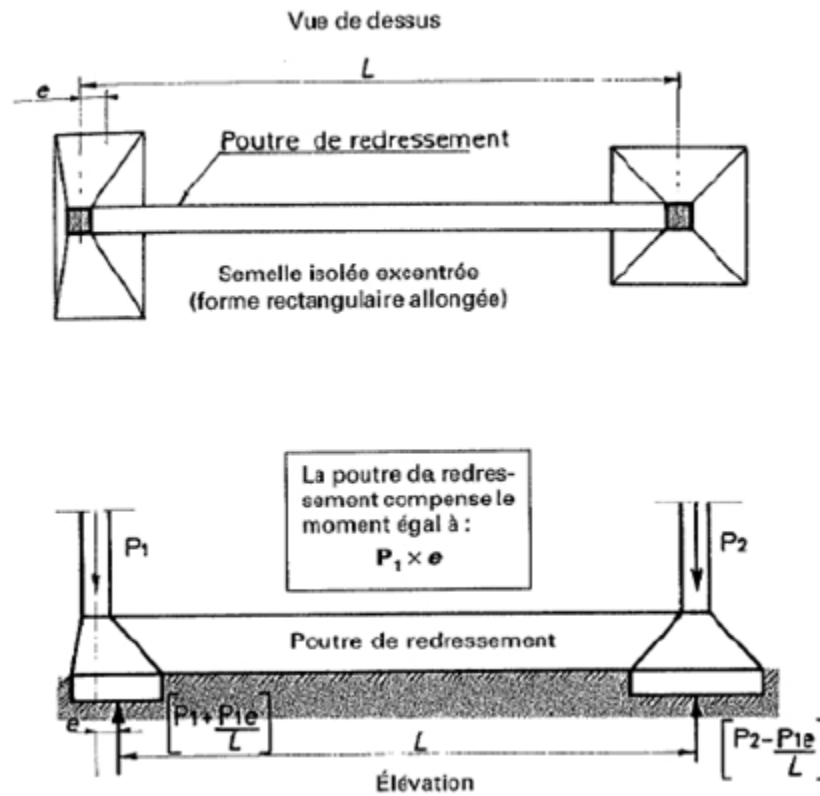
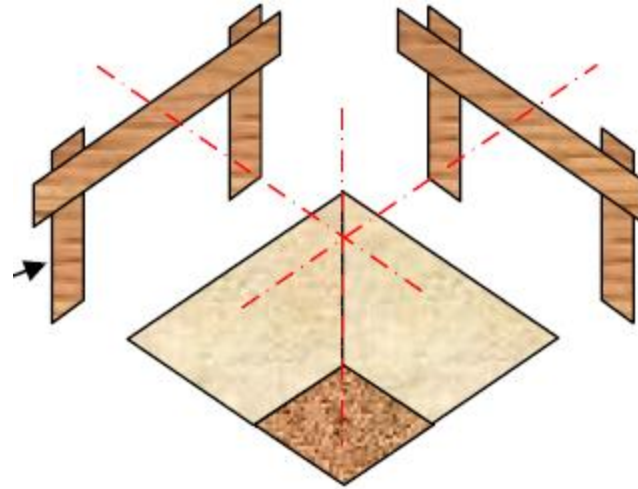


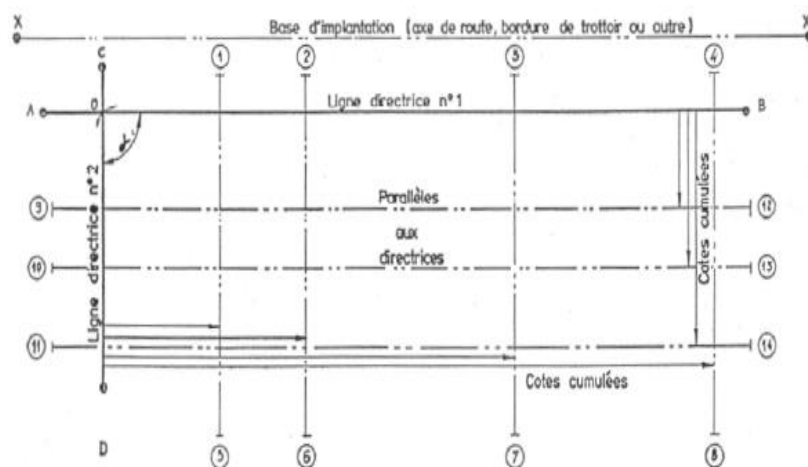
Figure III.13. Disposition pratique pour les semelles isolées excentrées

F. Mode d'exécution des semelles isolées

❖ Implantation



(A) chaises de construction



(B) axes de l'ouvrage

Figure III.14. Implantation et mise en place des chaises de construction

L'ouvrage est implanté à l'aide de 2 lignes directrices à partir d'une base xx' . A, B et C, D constituent des repères principaux, leur intersection en O donne l'origine des mesures reporter aux axes des fondations et des voiles.

La matérialisation de cette implantation se fait à l'aide de « chaises » sur le terrain.

❖ Terrassement

Si le terrain ne présente pas de risques d'éboulements la fondation peut être coulée directement dans la fouille, dans ce cas la largeur de l'excavation sera celle du godet de la pelle, soit au minimum 0,40 m.

- Si le sol est éboulé ou si la fondation doit être coffrée, la fouille présentera un talus dont l'angle est égal à l'angle de talus naturel du sol ϕ . Cet angle dépend de la nature du sol, de sa cohésion, de sa granulométrie et de la présence ou non d'eau.

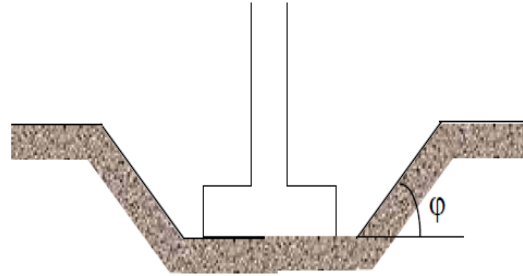


Figure III.15. Fouille en puits talutée

❖ **Béton de propreté**

C'est un béton maigre (dosage minimum de 150 kg/m³ de ciment.

Son épaisseur est > 4 cm et sa largeur supérieure, en général, à celle de la semelle. Il n'est jamais coffré.

Il peut être remplacé par un film plastique (polyane) en fond de fouille.

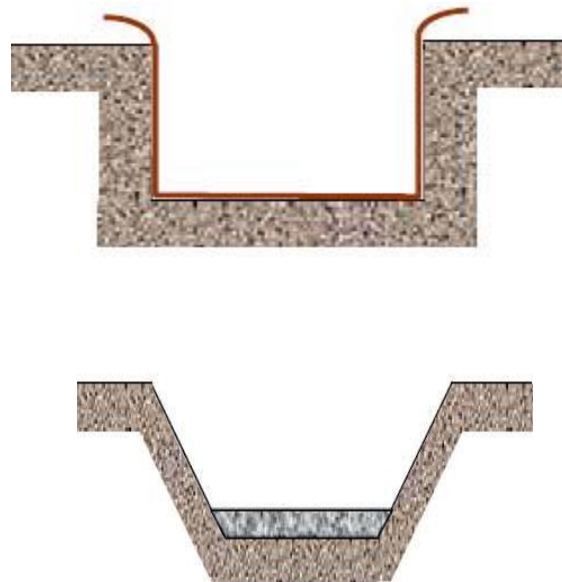


Figure III.16. Béton de propreté (gauche) et film en polyane (droite)

❖ *Mise en place du ferrailage*

Afin de respecter l'enrobage, les armatures sont positionnées sur le béton de propreté par l'intermédiaire de cales pour armatures ou de distancier ou écarteurs.

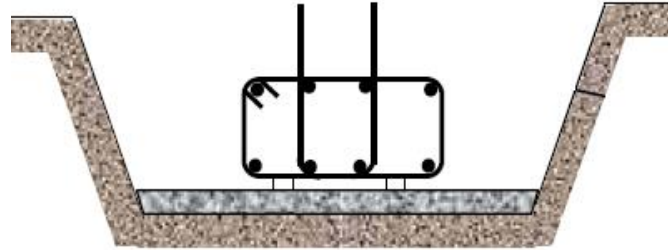


Figure III.17. Pose du ferrailage

❖ *Coffrage et bétonnage*

La semelle peut être coffrée latéralement ou bien coulée directement dans la fouille, selon ses dimensions et la tenue des terres. Le bétonnage est effectué en 1 seule fois sans reprise de bétonnage.

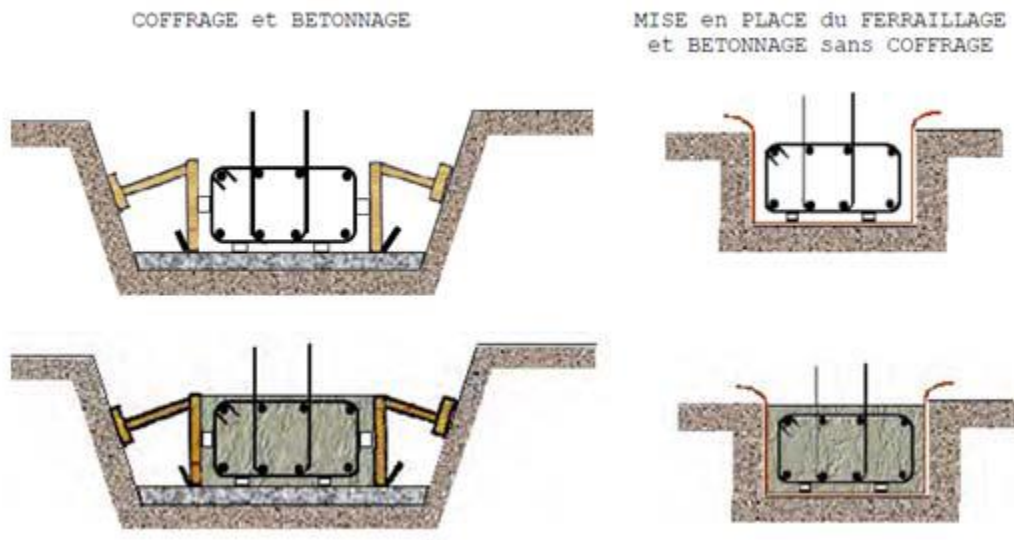


Figure III.18. Bétonnage avec coffrage et bétonnage en pleine fouille

III.1.3.1.2. Semelles filantes

La semelle filante est une semelle continue rectiligne portant un mur ou une rangée de piliers. Son rôle est de répartir les charges qui lui sont appliquées sur une plus grande surface que ne le ferait le mur qu'elle soutient, afin de ne pas s'enfoncer dans le sol.

A. Paramètres à prendre en compte

Le comportement et le dimensionnement des semelles filantes supportant des colonnes sont difficiles à déterminer car la force portante dépend de plusieurs paramètres :

- La compressibilité du sol et sa composition le long de la semelle
- De la rigidité de la semelle
- Des charges dans les différentes colonnes

Il est prudent de faire une analyse détaillée de l'interaction entre le sol et la semelle, cependant il n'est pas toujours nécessaire de faire cette analyse longue et complexe.

En pratique, on utilisera une méthode simplifiée qui permettra un dimensionnement crédible de la semelle filante selon le type de la semelle et du sol.

B. Réactions d'appuis de la semelle

B.1. Uniformité du sol

- ❖ *Semelle rigide* → dans ce cas, on peut dire que la force portante en tout point de la semelle est substantiellement la même.

Cependant, cette réaction ne sera uniforme que si le centre de la semelle coïncide avec le centre des charges des colonnes.

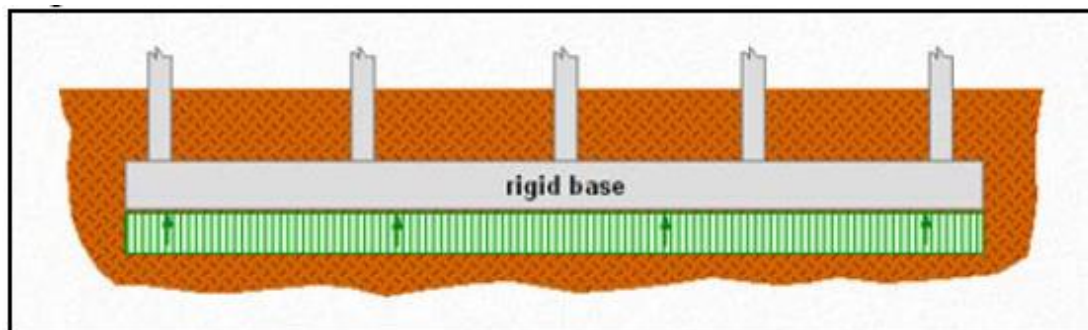


Figure III.20. Semelle à base rigide

- ❖ *Semelle souple* → dans ce cas, la force portante sera plus grande en dessous des colonnes qu'entre deux colonnes successives. La pression n'est donc ni uniforme ni linéaire.

B.2. Variabilité du sol

Si le sol est variable sous la semelle filante, la force portante aura alors un comportement différent du précédent.

Deux cas qui se présentent de nouveau à nous :

- ❖ *Semelle rigide* → dans ce cas, la semelle tendra à régler uniformément la force portante mais, à l'endroit où le sol est plus souple, la force sera moindre. Pour garder l'équilibre vertical des forces, la force portante va donc augmenter de chaque côté de la section moins porteuse du sol. En résumé, la semelle tend à décharger la partie du sol moins rigide et à transférer les charges sur les sections plus rigides.

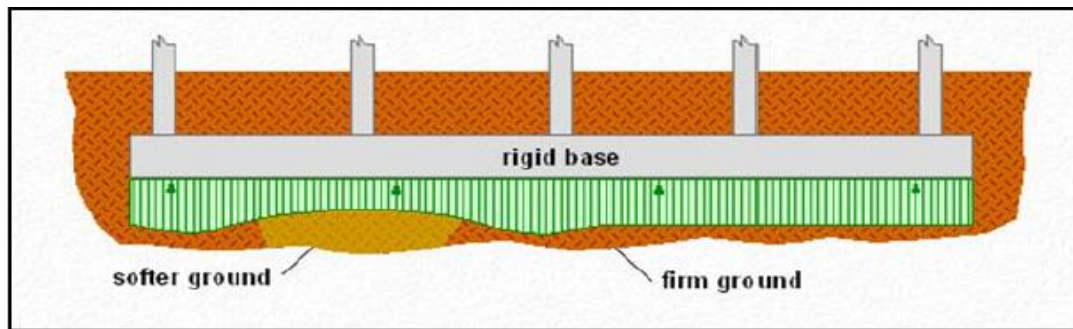


Figure III.21. Base rigide avec sol variable

Semelle souple → dans ce cas, il y a à nouveau deux cas :

Soit la partie plus souple se trouve entre deux colonnes. La semelle subit alors à cet endroit une légère déformation vers le haut, qui réduira la force portante et l'augmentera aux extrémités de cette zone moins porteuse

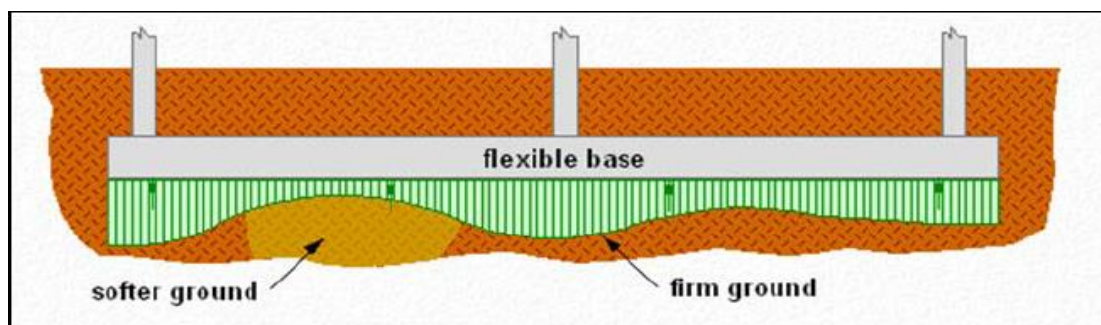


Figure III.22. Base souple avec sol variable entre les colonnes

Soit la section la plus souple se trouve sous une colonne. Alors la force portante la plus importante, qui devrait avoir lieu sous cette colonne si le sol avait été uniforme, se voit réduite par le sol mou, ce qui conduit à une meilleure homogénéité des réactions d'appuis de la semelle.

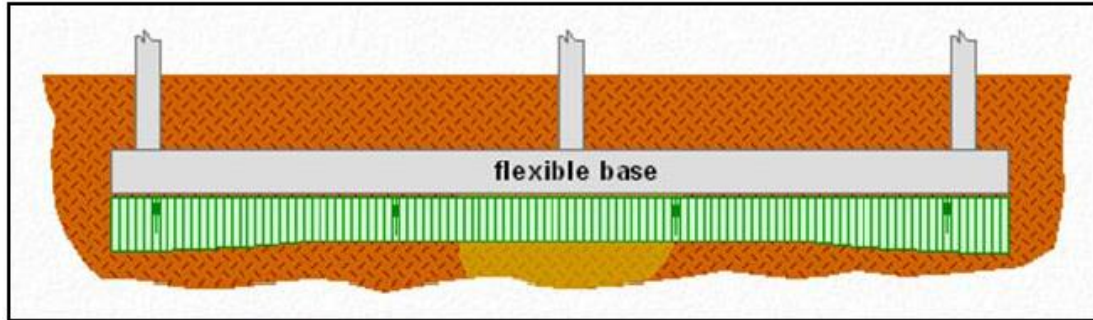


Figure III.23. Base souple avec sol variable sous la colonne

C. Dispositions des aciers

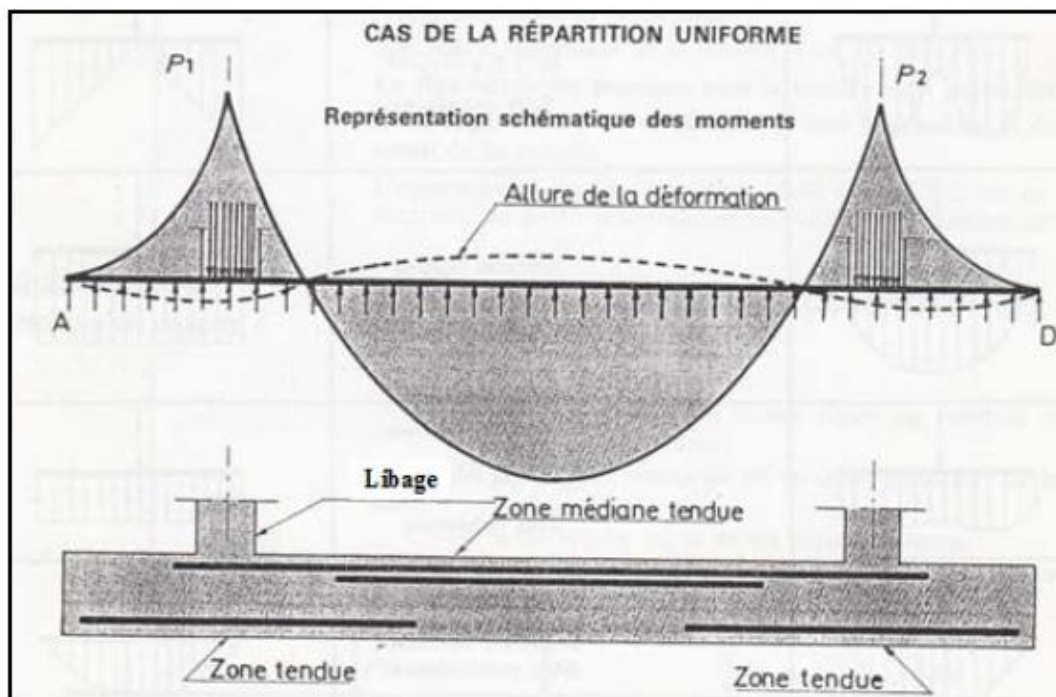


Figure III.24. Schéma de principe du fonctionnement d'une semelle filante et disposition des aciers



Figure III.25. Coffrage et ferrailage d'une semelle filante

III.1.3.1.3. Les radiers

A. Définition

Un radier est une dalle plane, éventuellement nervurée, constituant l'ensemble des fondations d'un bâtiment. Il s'étend sur toute la surface de l'ouvrage. Elle comporte parfois des débords (consolés extérieures).

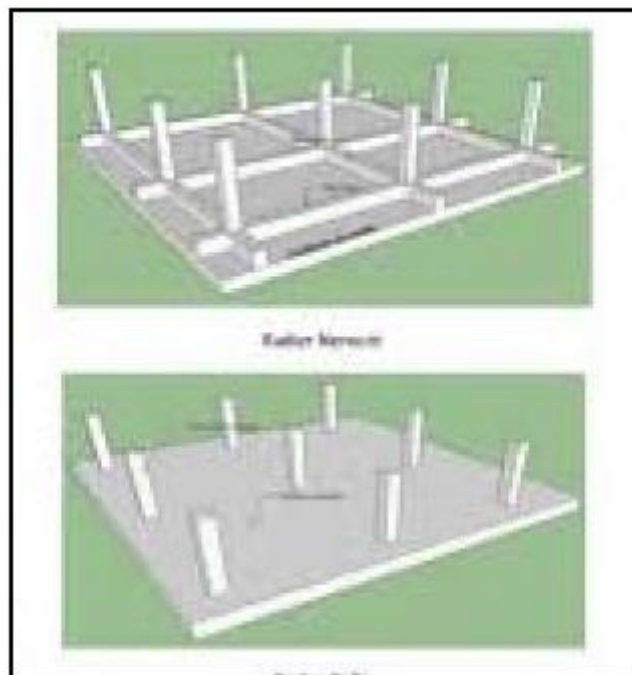


Figure III.26. Radiers souple et rigide



Figure III.27. Ferrailage et bétonnage de Radiers

B. Avantages de la semelle unique (radier)

- diminution des risques de tassement
- très bonne liaison donc rigidité de la base du bâtiment

Ce mode de fondation est utilisé dans deux cas :

- lorsque la capacité portante du sol est faible : le radier est alors conçu pour jouer un rôle répartisseur de charges. Son étude doit toujours s'accompagner d'une vérification du tassement général de la construction ;
- lorsque le sous-sol d'un bâtiment est inondable : le radier joue alors le rôle d'un cuvelage étanche pouvant résister aux sous-pressions.

Ce type d'ouvrage ne doit pas être soumis à des charges pouvant provoquer des tassements différentiels trop élevés entre les différentes zones du radier.

Dans le cas de couches sous-jacentes très compressibles, le concepteur doit vérifier que le point de passage de la résultante générale coïncide sensiblement avec le centre de gravité du radier.

Lorsque la compressibilité du sol varie de manière importante ou lorsque la structure présente des différences marquées de rigidité, il y a lieu de prévoir des joints de rupture.

C. Principe de construction des radiers

On ne peut envisager la réalisation du radier qu'à certaines conditions :

- les charges apportées par le bâtiment doivent être régulièrement réparties : pas de bâtiment avec une partie haute et une partie moins haute pour ne pas engendrer des tassements incompatibles.
- La répartition des contraintes sous le radier est uniforme

- Le terrain sous le radier n'est soumis qu'à des contraintes de compression en tout point.
- Le sol d'assise a une résistance régulière (pas de tassements différentiels, pas de points durs).
- La poussée d'Archimède due à une présence d'eau n'est pas trop forte (soulèvement de l'ensemble du bâtiment).

III.1.3.2. Fondations profondes

III.1.3.2.1. Introduction

Lorsque les charges apportées par un ouvrage sont élevée et que les couches superficielles sont très compressibles (vases, tourbes, argiles moles..) on envisage des fondations profondes (pieux) ou semi profondes (puits) afin d'atteindre des couches résistante en profondeur.

Un pieu est une fondation élancée qui reporte les charges de la structure sur des couches de terrain de caractéristiques mécaniques suffisantes pour éviter la rupture du sol et limiter les déplacements à des valeurs très faibles. Le mot pieu désigne aussi bien les pieux, les puits et les barrettes.

On désigne par pieu, une fondation profonde réalisée mécaniquement et par puits une fondation profonde creusée à la main sous la protection d'un blindage. Une barrette est un pieu foré de section allongée ou composite (en T ou en croix par exemple).

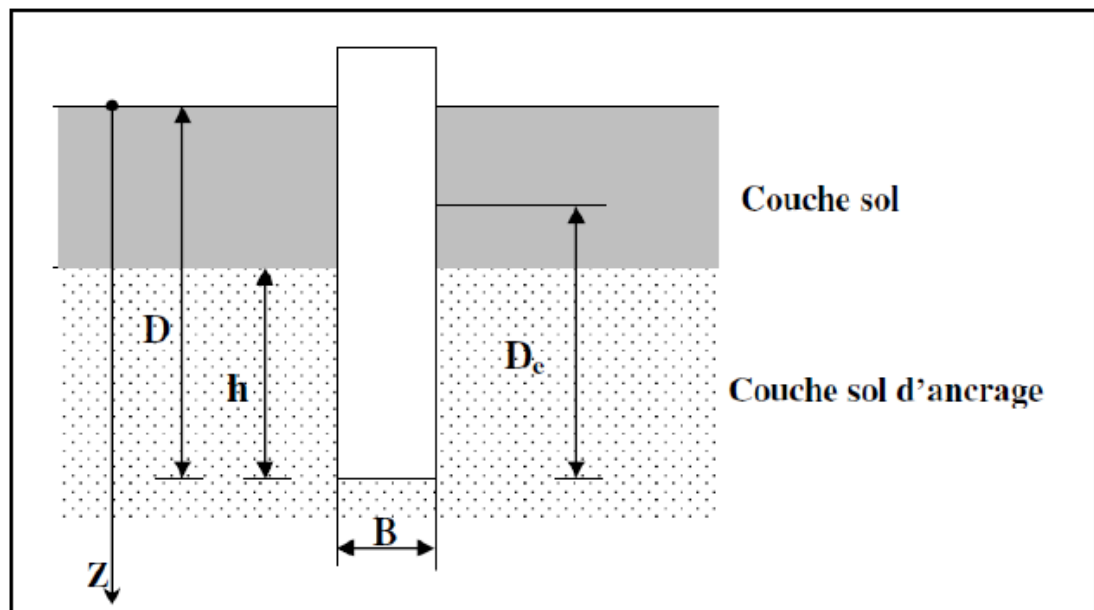


Figure III.28. Caractéristique géométrique d'un pieu

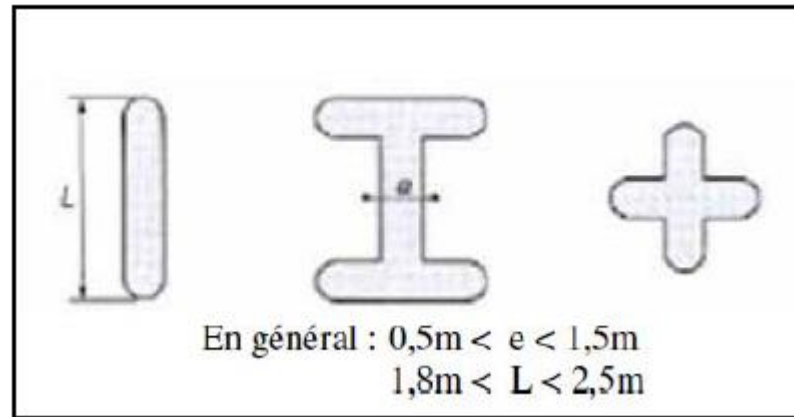


Figure III.29. Différentes barrettes

III.1.3.2.1. Classification Suivant Le Mode D'exécution

A. Pieux refoulant le sol à la mise en place

Une large panoplie de pieux est mise en place par **fonçage, battage et/ou vibrofonçage** et éventuellement par lançage :

A.1. Pieux en bois

Ce sont des pieux préfabriqués mis en place par battage (associé quelquefois au lançage). Ils travaillent généralement par effort de pointe et frottement latéral, moins souvent à l'arrachement, à la flexion ou comme pieux de resserrement. Ils sont à l'heure actuelle très peu utilisés en France, plus au Canada ou aux Etats-Unis d'Amérique, relativement souvent en Hollande. Ils sont très présents dans les monuments historiques.

A.1. Pieux battus préfabriqués

Ces pieux, préfabriqués en béton armé ou précontraint, sont fichés dans le sol par battage ou vibro-fonçage.

A.3. Pieux métalliques battus

Ces pieux, entièrement métalliques, constitués d'acier avec addition éventuelle de cuivre (0,2 à 0,5%), sont fichés dans le sol par battage. Leurs sections sont:

- en forme de H,
- en forme d'anneau (tube),
- en forme quelconque, obtenue par soudage de palplanche par exemple.

Ils ne sont classés dans cette catégorie que si leur base est obturée, sinon ils font partie des pieux particuliers.

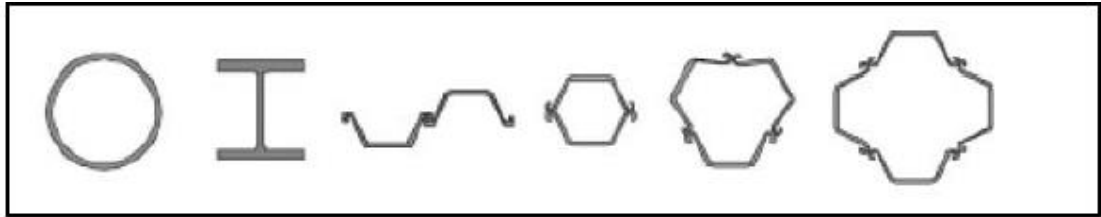


Figure III.30. Différentes géométries de pieux métalliques

A.4. Pieux en béton foncés

Ces pieux sont constitués d'éléments cylindriques en béton armé, préfabriqués ou coffrés à l'avancement, de 0,50 m à 2,50 m de longueur et de 30 à 60 cm de diamètre. Les éléments sont foncés dans le sol à l'aide d'un vérin qui prend appui sous un massif de réaction.

A.5. Pieux métalliques foncés

Ces pieux, entièrement métalliques, sont constitués d'acier E 24.2 ou similaire avec addition éventuelle de cuivre (0,2 à 0,5%). Ils sont foncés dans le sol à l'aide d'un vérin qui prend appui sous un massif de réaction.

A.6. Pieux battus pilonnés

Un tube, muni à sa base d'un bouchon de béton ferme, est enfoncé par battage sur le bouchon.

En phase finale, le béton ferme est introduit dans le tube par petites quantités, successivement pilonnées à l'aide du mouton de battage au fur et mesure de l'extraction du tube. Suivant les cas, les pieux peuvent être armés.

A.7. Pieux battus moulés

Un tube, muni à sa base d'une pointe métallique ou en béton armé, ou d'une plaque métallique raidie ou d'un bouchon de béton, est enfoncé par battage sur un casque placé en tête du tube ou par battage sur le bouchon de béton. Le tube est ensuite rempli totalement de béton d'ouvrabilité moyenne, avant son extraction. Le cas échéant, ces pieux peuvent être armés.

A.8. Pieux battus enrobés

Ce pieu, à âme métallique (acier E 24.2 ou similaire), est constitué :

- de tubes d'acier de 150 à 500 mm de diamètre extérieur
- de profilés H
- de caissons formés de profilés ou de palplanches à 2, 3 ou 4 éléments.

La pointe du pieu comporte un sabot débordant qui assure un enrobage du métal du fût du pieu de 4 cm au minimum, Au fur et à mesure du battage, un mortier est envoyé par un ou plusieurs tubes débouchant au voisinage du sabot, afin de constituer l'enrobage en remplissant le vide annulaire laissé par le débord de celui-ci.

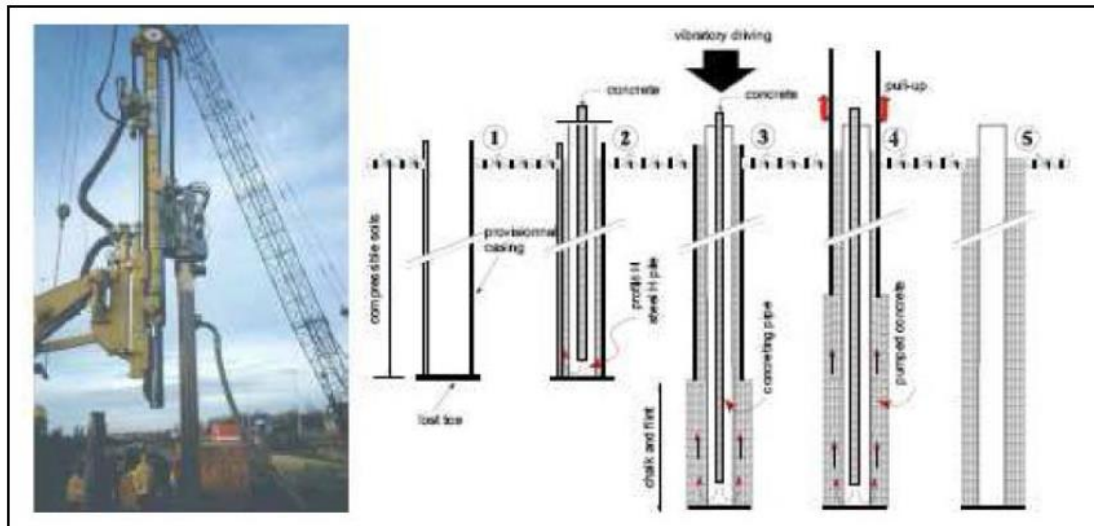


Figure III.31.Mise en place de pieu tubé par vibrofonçage

A.9. Pieux vissés moulés

Ce procédé, qui ne s'applique pas aux sols sableux sans cohésion situés sous la nappe, en raison des éboulements importants qu'il risquerait de provoquer, consiste à faire pénétrer dans le sol, par rotation et fonçage, un outil en forme de double vis surmonté d'une colonne cannelée. Cet outil est percé dans l'axe de la colonne cannelée et muni d'un bouchon. Au sommet de la colonne est disposé un récipient rempli de béton.

L'extraction de l'outil est obtenue en tournant dans le sens inverse de celui de la pénétration.

Le béton prend en continu, sous l'effet de la gravité, la place laissée par l'outil

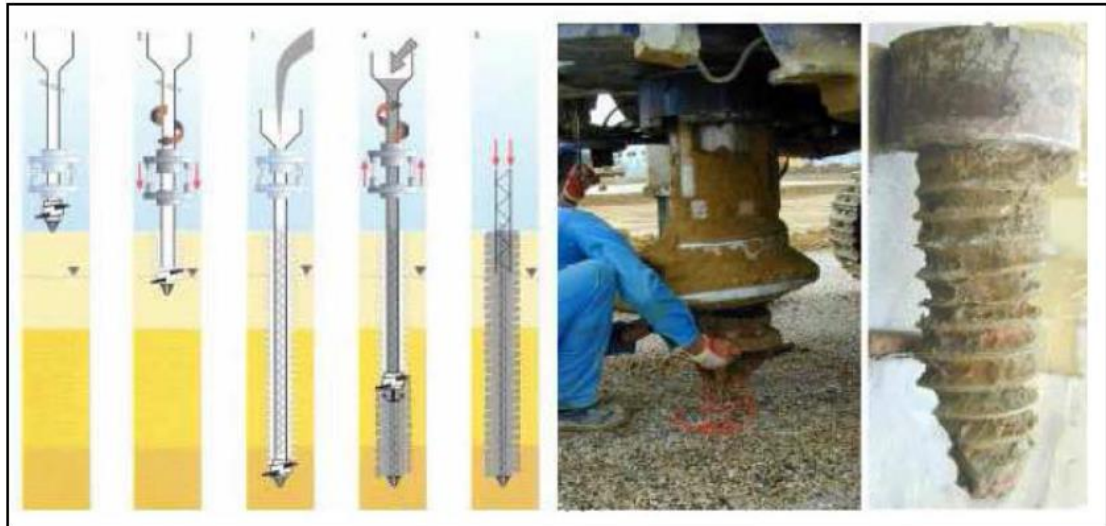


Figure III.32.Mise en place de pieu vissé moulé

B. Pieux ne refoulant pas le sol à la mise en place

B.1. Pieux forés simples (barrette exécutée dans les mêmes conditions)

Mis en œuvre à partir d'un forage exécuté dans le sol par des moyens mécaniques tels que tarière, benne, etc. Ce procédé, qui n'utilise pas de soutènement de parois, ne s'applique que dans des sols suffisamment cohérents et situés au-dessus des nappes phréatiques.

B.2. Pieux forés avec boue

Mis en œuvre à partir d'un forage exécuté dans le sol par des moyens mécaniques tels que tarière, benne, etc., sous protection d'une boue de forage bentonitique ou avec polymères. Le forage est rempli de béton de grande ouvrabilité sous la boue, en utilisant une colonne de bétonnage.

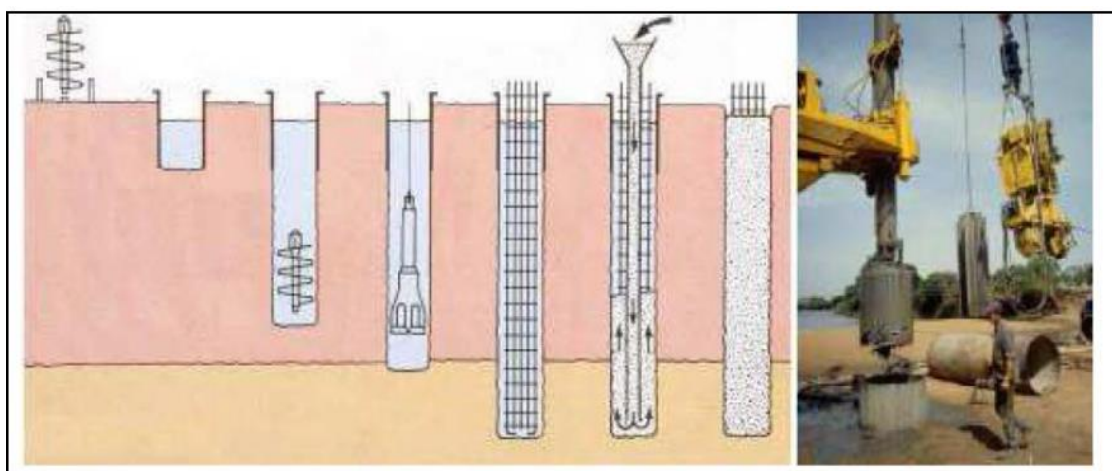


Figure III.33.Méthode de réalisation des pieux forés sous boue, vue d'un trépan et d'une tarière à Godets

B.3. Pieux forés tubés

Mis en œuvre à partir d'un forage exécuté dans le sol par des moyens mécaniques tels que tarière, benne, etc., sous protection d'un tubage dont la base est toujours située au-dessous du fond de forage. Le tubage peut être enfoncé jusqu'à la profondeur finale par vibration ou foncé avec louvoisement au fur et à mesure de l'avancement du forage. Le forage est rempli partiellement ou totalement d'un béton de grande ouvrabilité, puis le tubage est extrait sans que le pied du tubage puisse se trouver à moins de 1 m sous le niveau du béton, sauf au niveau de la cote d'arase.

B.4. d Pieux tarières creuses

Mis en œuvre avec une tarière à axe creux, d'une longueur totale au moins égale à la profondeur des pieux à exécuter, vissée dans le sol sans extraction notable de terrain. La tarière est extraite du sol sans tourner pendant que, simultanément, du béton est injecté dans l'axe creux de la tarière, prenant la place du sol extrait

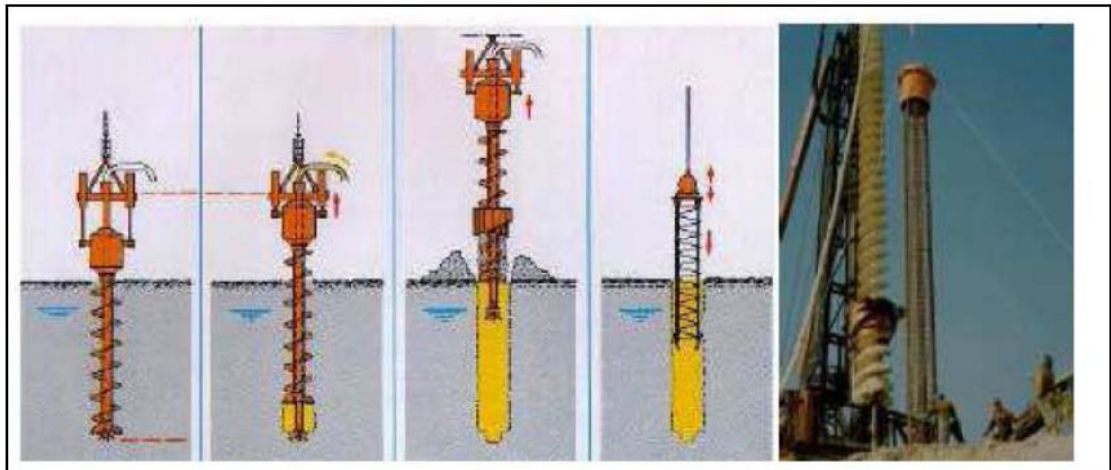


Figure III.34. Pieux formés par forage à la tarière continue

Le ferrailage est alors mis en place. Une combinaison de tarière creuse et du foré tubé, les deux éléments tournant en sens inverse, permet de réaliser un pieu dans les terrains où le sol ne se tient pas (technique appelée pieu à la tarière double).

III.1.3.2.2. Classification suivant le mode de fonctionnement

Les pieux agissent sur le sol soit par :

- **Effet de pointe** : reposant sur une couche très dure.
- **Effet de frottement latéral (Pieux flottants)** : transmettent essentiellement leurs charges par frottement latéral et ne reposent pas sur une couche résistante.

- **Effet de pointe et frottement latéral (Pieux frottant à la base) :** frottement latérale à la partie inférieure du fut qui doit s'ajouter à la résistance de pointe.

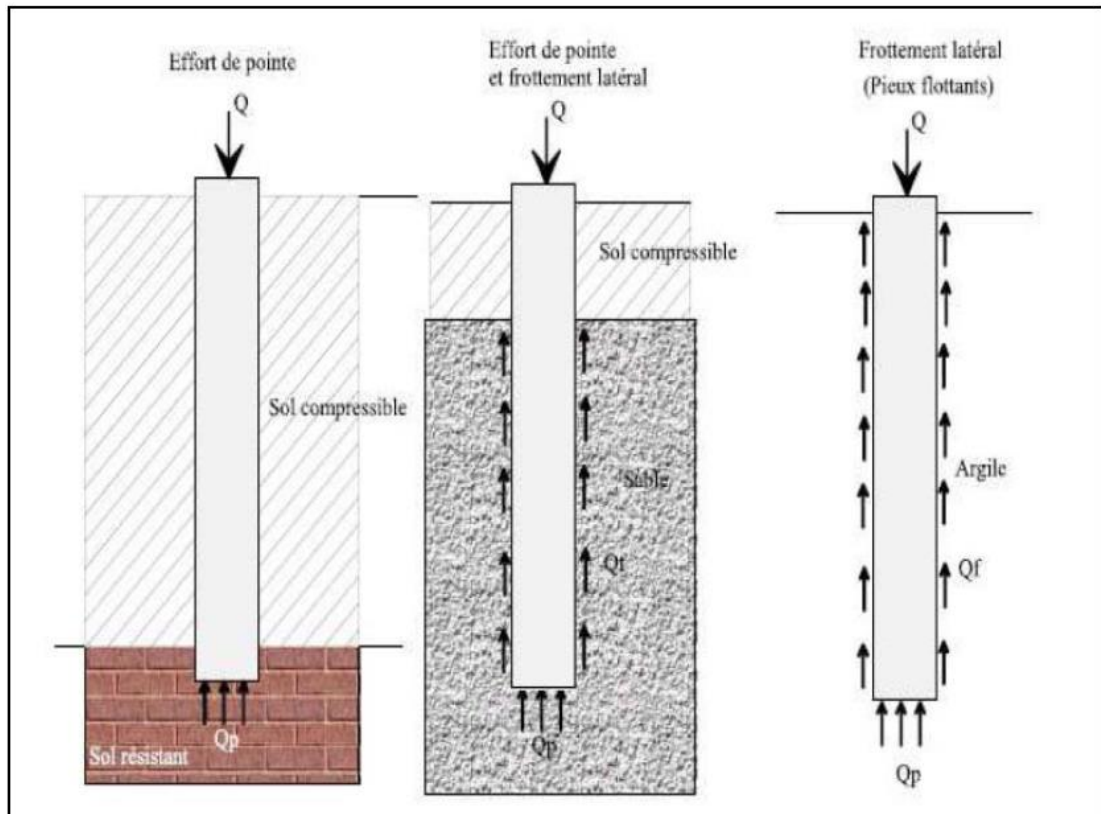


Figure III.35. Classification suivant le mode de fonctionnement

III.2. Les coffrages dans le bâtiment

III.2.1. Définition

Le coffrage est une structure provisoire qui permet de donner à un ouvrage en béton armé sa forme définitive.

III.2.2. Rôle et fonction d'un coffrage

Un coffrage quel qu'il soit, doit tenir compte de certaines dispositions constructives et doit répondre à des exigences sur le plan de la qualité, et de la sécurité.

III.2.2.1. Rôle

Un coffrage doit :

- mouler le béton pour lui donner sa forme définitive,
- Donner des parements propres, lisses et/ou architecturés.

III.2.2.2. Ses fonctions principales sont :

- **La Rigidité**: Sa structure doit pouvoir résister à la poussée du béton frais sans se déformer afin de respecter la forme à réaliser.
- **La Stabilité** : Le coffrage doit rester en position sans risquer de se renverser.
- **La Sécurité** : Le poste de travail doit être accessible et protégé (garde corps...)
- **L'étanchéité** : La jonction entre les différents panneaux doit être soignée pour éviter les pertes de laitance.
- **La Simplicité** : Il est conçu de sorte que sa fabrication, sa mise en place, son assemblage et même le décoffrage, soient le plus simple et le plus rapide possible afin d'en réduire les coûts de mise en oeuvre.
- **La Durabilité** : En fonction du nombre de réemplois, il sera de conception plus ou moins robuste.

III.2.3. Analyse fonctionnelle du coffrage au travers de sa conception

Le coffrage repose toujours sur les mêmes principes, une peau de coffrage, une ossature, un étaieement, un système de serrage et une sécurité adaptée.

III.2.3.1. La peau de coffrage

C'est la surface provisoire qui est en contact avec le béton. Elle détermine son aspect définitif (parement ordinaire, soigné ou architecturé). Elle est constituée par :

- Des planches de 27mm,
- Du contreplaqué,
- Tôle en acier ($2 < \text{épaisseur} < 5\text{mm}$).

Son rôle :

- ❖ Assurer un **aspect de surface** conforme aux exigences,
- ❖ Assurer l'**étanchéité** aux jonctions des panneaux.

III.2.3.2. L'ossature du coffrage

On distingue dans sa composition :

- **Des raidisseurs primaires** directement contact de la peau de coffrage. Leur espacement vari de 0.20m à 0.50m suivant les efforts du béton à reprendre.
- **Des raidisseurs secondaires** posés perpendiculairement aux raidisseurs primaires. Leurs espacements vari de 0.40 à 1.00m et plus suivant les efforts du béton à reprendre.

Son rôle : Rigidifier la peau de coffrage pour résister à la poussée du béton. Assure une durabilité en fonction du nombre de réemploi.

III.2.3.3. Etalement de coffrage

Il est constitué de :

- Etais tire pousse (pour coffrage de hauteur $>$ à 1.00m) espacé environ de 1.50m à 2.50m
- Basting ou chevron (pour coffrage de petite hauteur \sim 1.00m) espacé tous les 1m environ
- Son rôle : Permet d'assurer la stabilité de l'ensemble du coffrage, sa position et son réglage (verticalité, alignement) pendant le bétonnage.

III.2.3.4. Serrage



Le serrage est constitué de : - Tiges filetées, écrou et plaques acier, - Serres joints.
Son rôle : Le serrage permet de contenir les efforts du béton transmis sur l'ensemble des raidisseurs secondaires et assure une bonne fermeture du coffrage.


III.2.4. Les grandes familles de coffrages

Il existe 3 grandes familles de coffrage à savoir :

- les coffrages Bois
- les coffrages Métal
- Les coffrages Mixtes (Bois + Métal)

Tableau III.35. Avantages et inconvénients des différents coffrages

MATERIAUX	AVANTAGES	INCONVENIENTS
EN BOIS (Coffrage traditionnel) 	<ul style="list-style-type: none"> - Facile à travailler et à modifier sur chantier, - Moins coûteux - coffrage souvent manuellement portable 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place plus longue - Le nombre de réemplois est limité : De 10 à 20 réemplois maxi
EN METAL 	<ul style="list-style-type: none"> - Très robuste, réemploi important : > à 20 réemplois. - Rapidité de mise en place - Aspect de la pièce décoffrée de bonne qualité 	<ul style="list-style-type: none"> - Cher à fabriquer - Poids plus important

<p>MIXTE (BOIS + METAL)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Résistant et robuste - s'adapte aux formes de coffrage à réaliser sur chantier 	<ul style="list-style-type: none"> - La peau de coffrage doit être renouvelée régulièrement.
---	---	---

III.2.5. Le matériel de coffrage des murs

III.2.5.1. les banches colisables

C'est un coffrage-outil métallique particulièrement adapté au coffrage des murs en bâtiment, car tout l'équipement est solidaire du panneau coffrant (stabilisateurs, échelle d'accès, passerelle, garde-corps, ...).

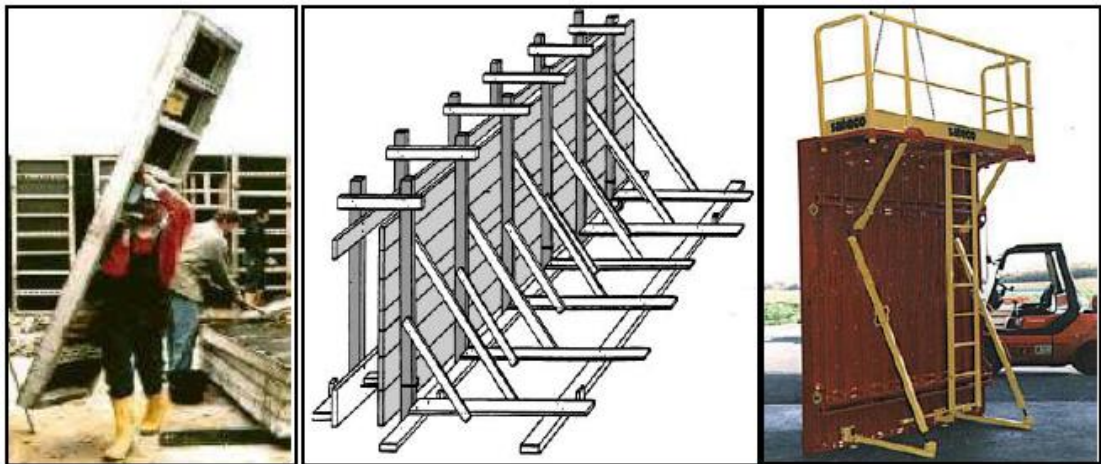


Figure III.36. Banches colisables et manuable

III.2.5.2. Les banches manuable

Pour des surfaces de faible hauteur, et ne nécessitent pas de moyen de levage. On pourra utiliser également des coffrages de parois traditionnels (plus contraignant dans sa mise en place)

III.2.5.3. les banches travaux publics

De dimensions plus variées, ces coffrages-outils sont plutôt utilisés pour les ouvrages d'art, car ils sont modulables et plus robustes.



Figure III.37. Banches travaux publics

III.2.6. Le matériel de coffrage des poteaux

III.2.6.1. les coffrages-outils métalliques

Pour les sections carrées ou rectangulaires, ils peuvent être constitués de panneaux assemblés en aile de moulin ou en deux demi coquille. Pour les sections circulaires, il s'agit de deux demi-coquilles. Chaque moule correspond à un seul diamètre.



Figure III.38. Coffrages pour poteau circulaire et carré

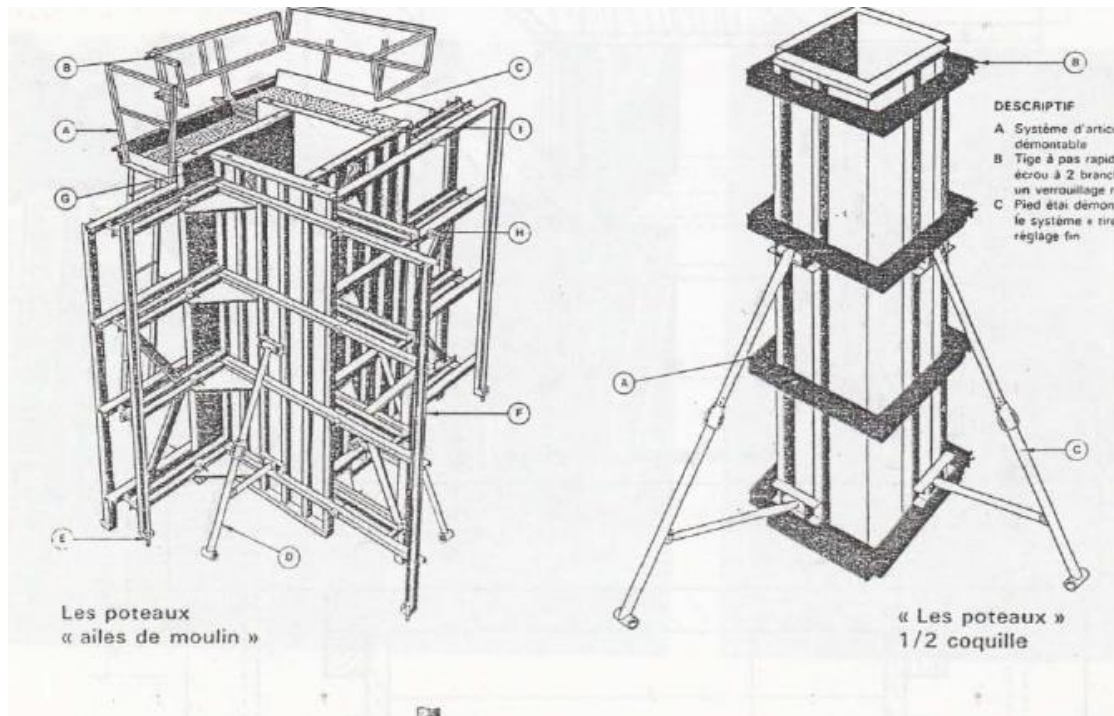


Figure III.39. Coffrage en demi-coquille et en aile de moulin d'un poteau carré

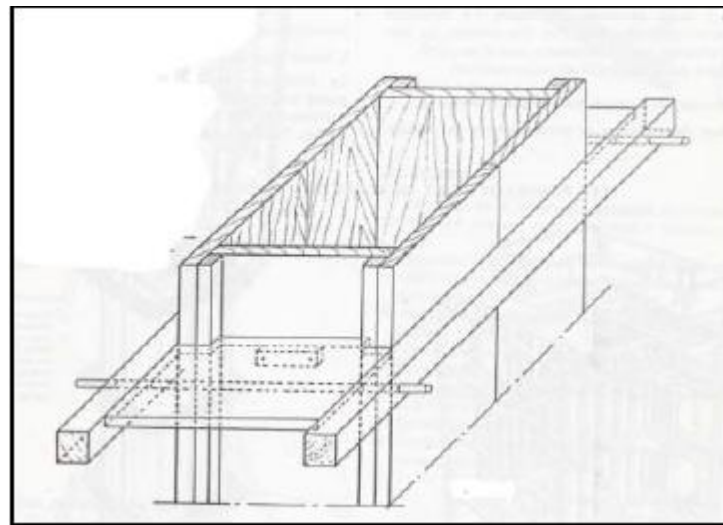


Figure III.40. Coffrage en bois pour un poteau de moyenne section

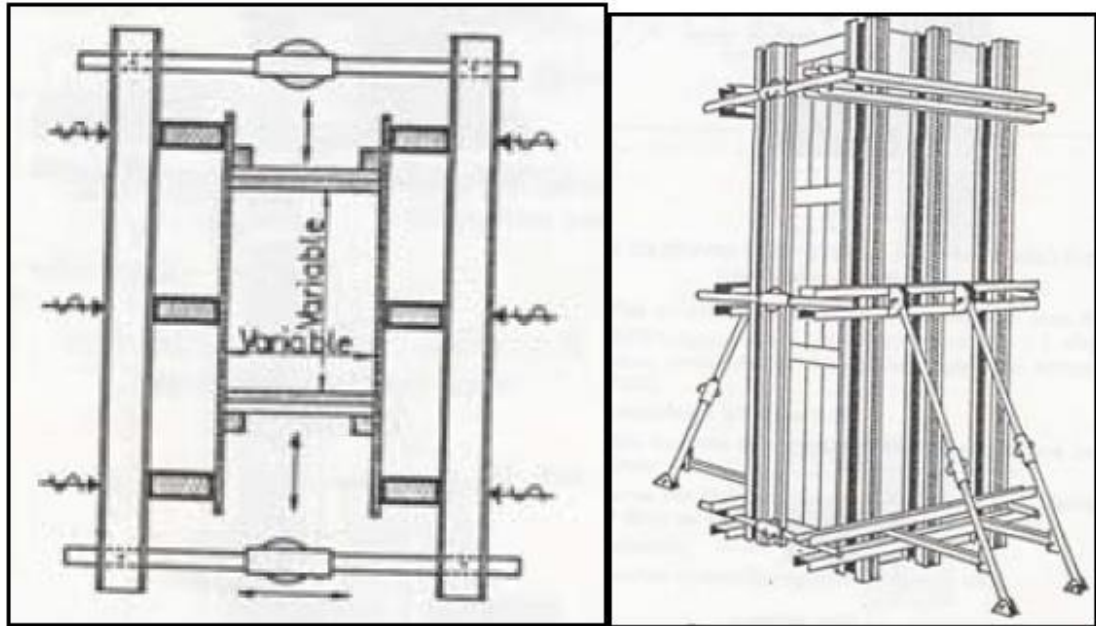


Figure III.41. Coffrage en bois pour un poteau de grande section

III.2.6.2. les coffrages perdus en carton

Principalement pour les sections circulaires, ils sont composés d'une bande de carton spiralée. Chaque moule correspond à un seul diamètre.





Figure III.42. Coffrage perdu en carton pour poteaux circulaires

III.2.6.3. Ferrailage des poteaux

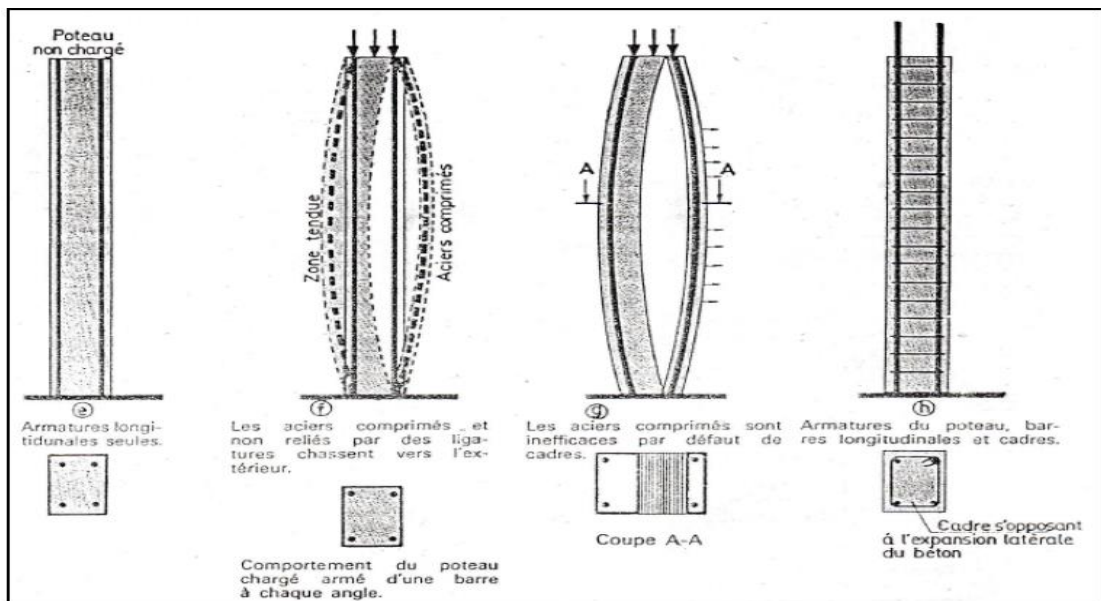


Figure III.43. Position des armatures longitudinales et importance des cadres

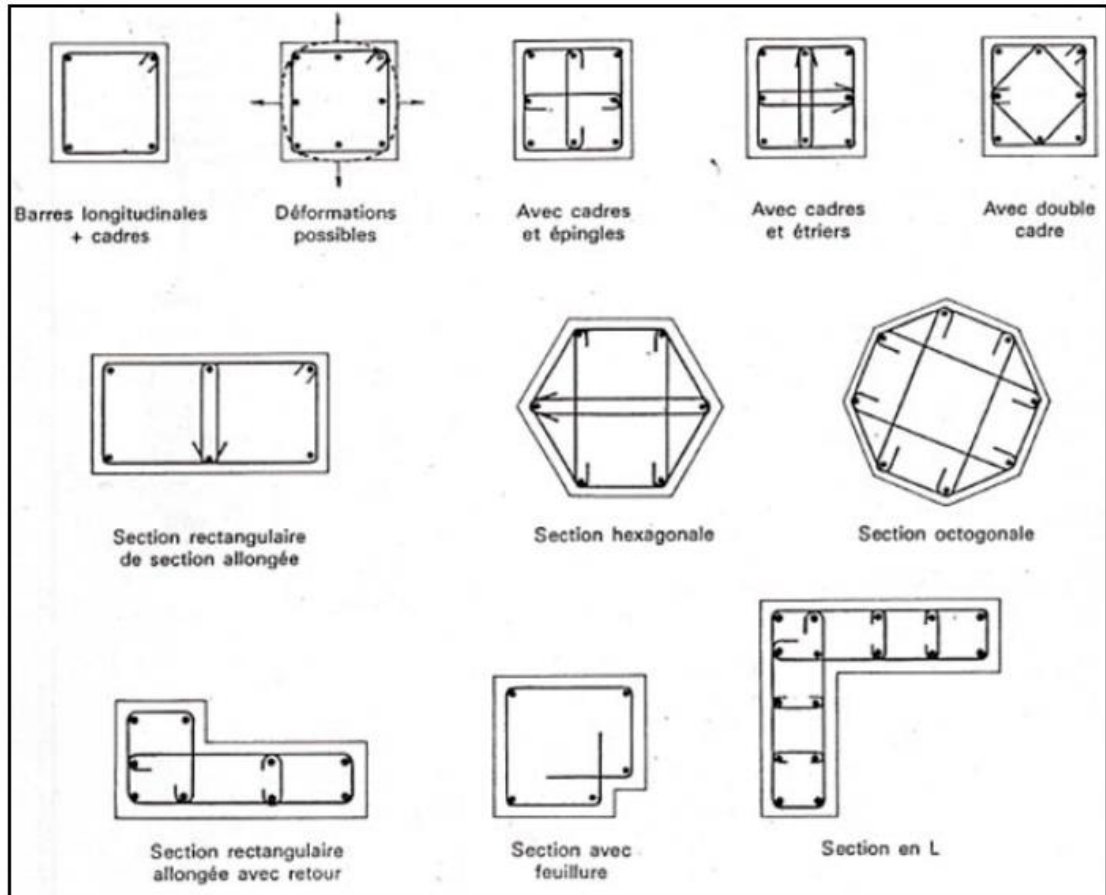


Figure III.44. Exemple de dispositions des aciers transversaux dans les poteaux (coupes transversales)

III.2.7. Le matériel de coffrage des poutres

III.2.7.1. les coffrages-outils métalliques

Ils sont essentiellement utilisés en usine pour les poutres préfabriquées.



Figure III.45. Coffrage métallique pour poutres

III.2.7.2. les coffrages mixtes

On les utilise principalement sur chantier pour des sections importantes.

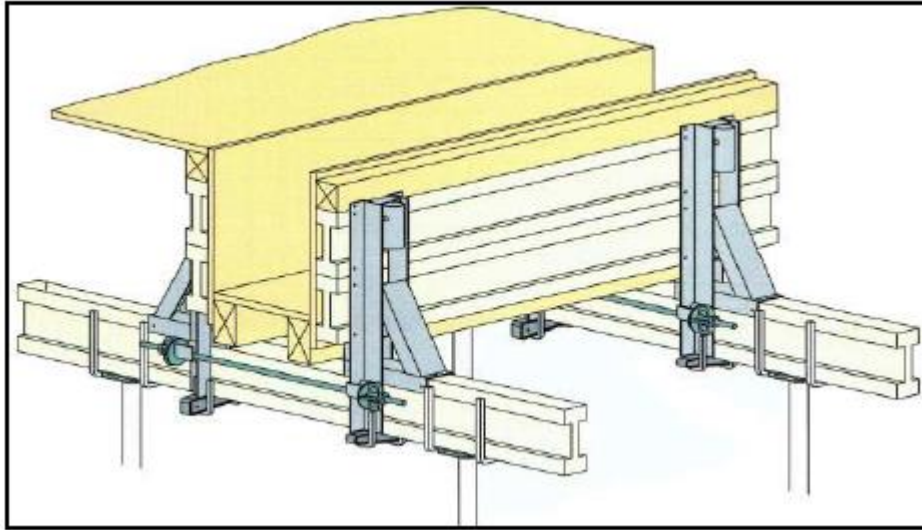


Figure III.46. Coffrage mixte pour poutres

III.2.7.2. Les coffrages traditionnels

Sur chantier, leur utilisation est réservée aux sections courantes (linteaux, soffite 20x20).

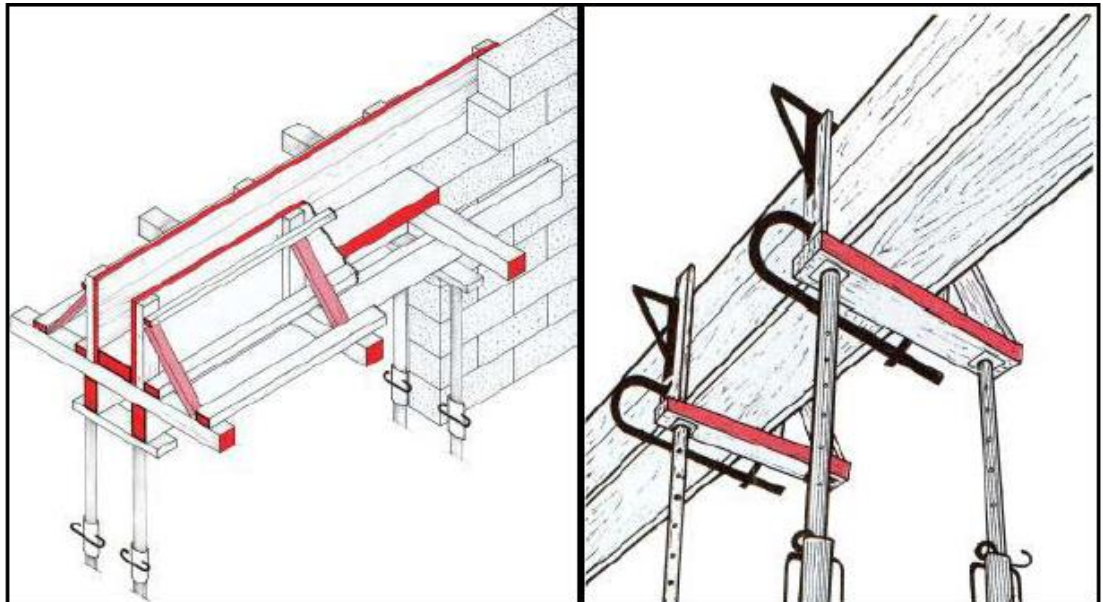


Figure III.47. Coffrage en bois pour poutres

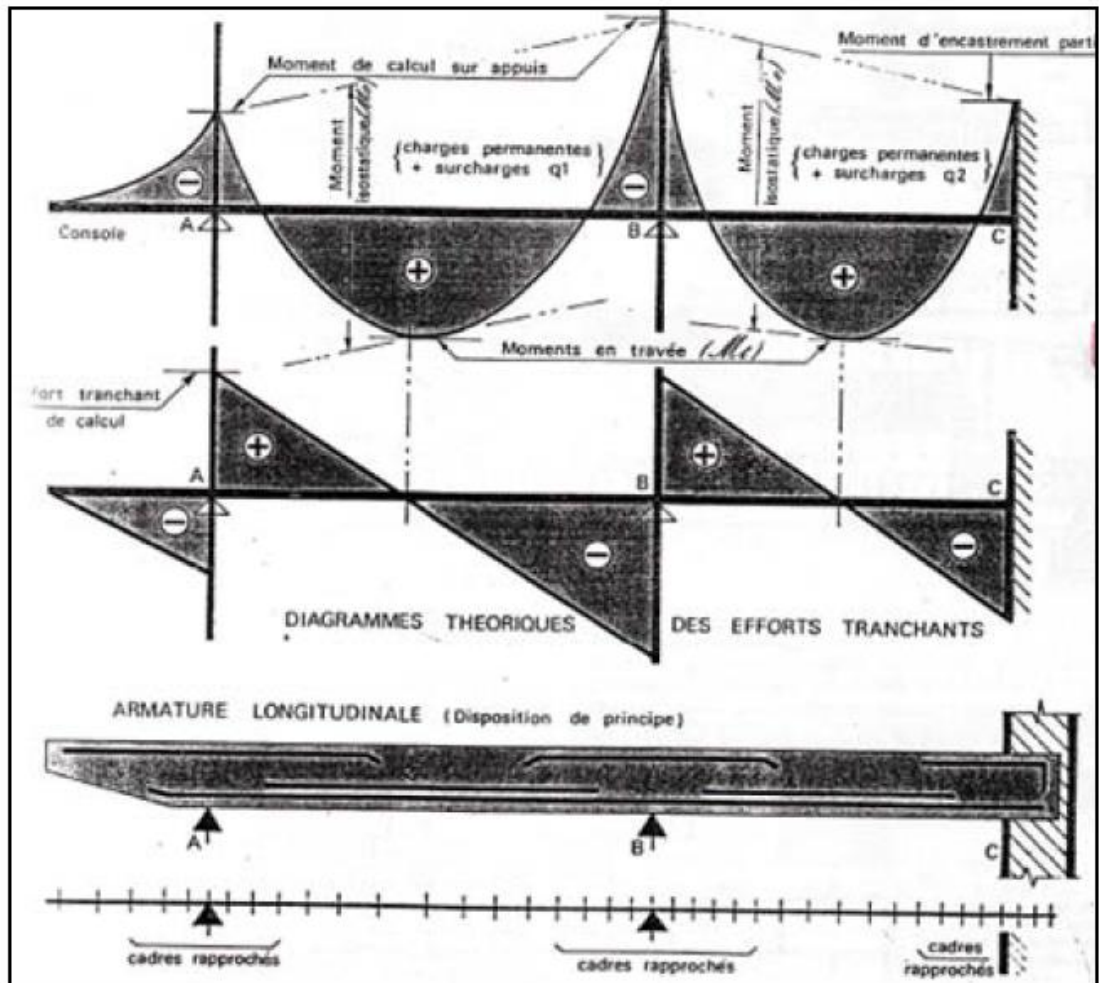


Figure III.48. Diagrammes des moments et efforts tranchants et dispositions des aciers

III.2.8. Plancher (corps creux)

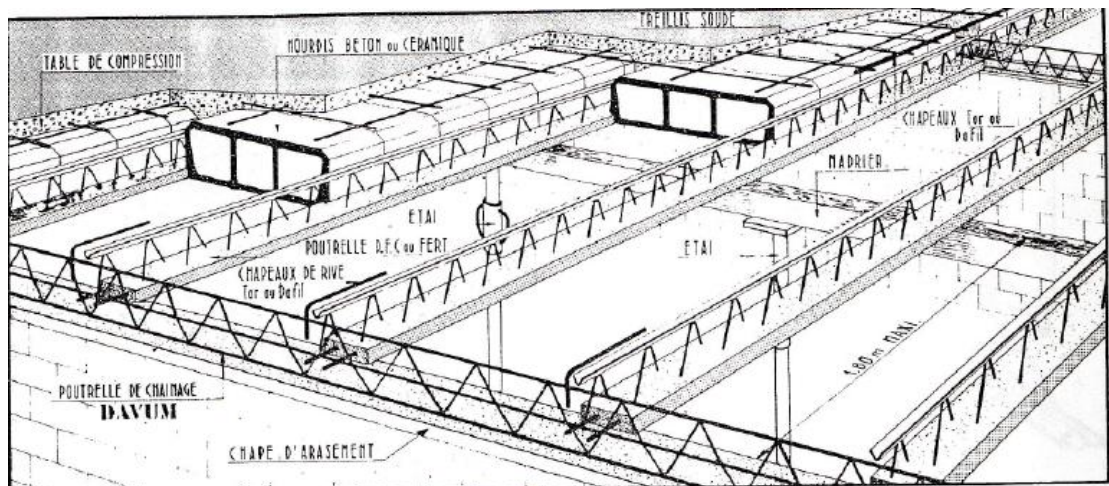


Figure III.49. Coffrage traditionnel pour plancher à corps creux

III.2.9. Autres types de coffrage



Figure III.50. Eléments métalliques pour coffrage tunnel



Figure III.51. Eléments de coffrage en bois (Coffrage tunnel)