

3.1 Les planchers

3.1.1 Définition

C'est une surface horizontale séparant deux niveaux successifs dans une construction et recueillant les surcharges de fonctionnement du bâtiment. Il a d'autres fonctions très importantes relatives au confort thermique et acoustique, à la sécurité protection incendie et à l'esthétique, sans oublier le rôle technique de support de canalisations et réseaux divers.

3.1.2 Types de planchers

Plusieurs types de planchers se présentent au concepteur qui doit faire son choix en fonction d'un nombre de considérations et de contraintes.

3.1.2.1 Plancher à corps creux coulé sur place

Cette solution, très communément employée dans les bâtiments d'habitation, consiste à utiliser des corps creux et des poutrelles en béton armé. On pose à intervalles réguliers des poutrelles en béton armé et on remplit l'intervalle avec des hourdis de terre cuite, de béton. Les parois latérales et supérieures des hourdis servent de coffrage aux poutrelles et à la dalle de compression en béton coulé sur toute la surface du plancher. La paroi inférieure sert de support à l'enduit de plafond en plâtre ou en mortier de ciment.

La hauteur du plancher est déterminée selon :

- La condition d'isolation phonique : $h > 16$ cm.
- La condition de sécurité vis-à-vis de l'incendie :
 - $h > 7$ cm pour une heure de coupe feu.
 - $h > 11$ cm pour deux heures de coupe feu.
- Condition de résistance à la flexion $h > L/22.5$

La dalle de compression est armée d'un simple quadrillage d'armatures constitué, en général par une nappe de treillis soudé d'un espacement de 20 cm x 30 cm au maximum.(figure 3.1)

[5]

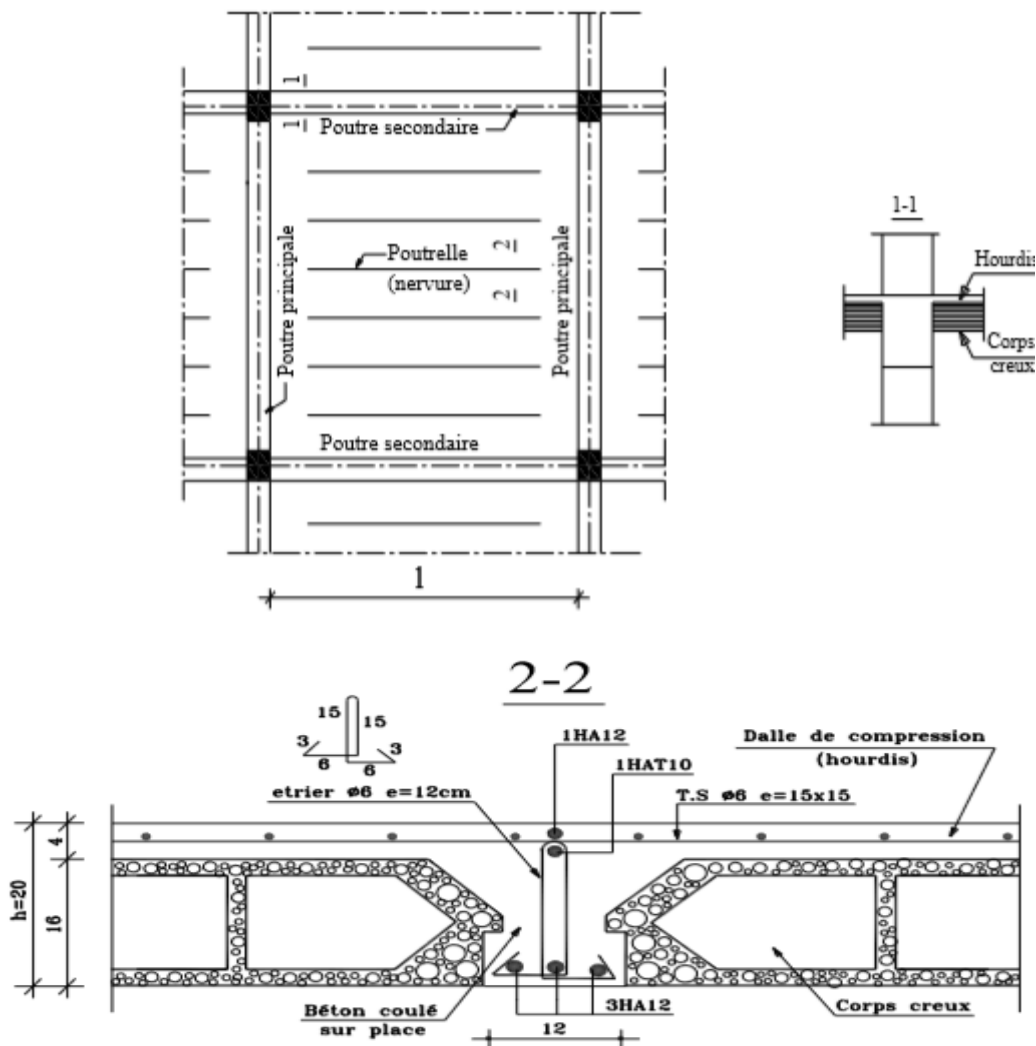


Figure 3.1 : Plancher en corps creux coulé sur place [5]

3.1.2.2 Plancher en corps creux à poutrelles préfabriquées

En forme de té renversé la partie supérieure est appelée âme et les ailes du té servent d'appui. Dans ce type de poutrelles, le béton enrobe entièrement l'armature. Au lieu de livrer sur le chantier l'armature et son talon pré-enrobé, le fabricant livre dans ce cas une poutrelle entière, ce qui limite la quantité du béton à couler sur chantier, et augmente la performance de pose "sans étais" de ces planchers [5].

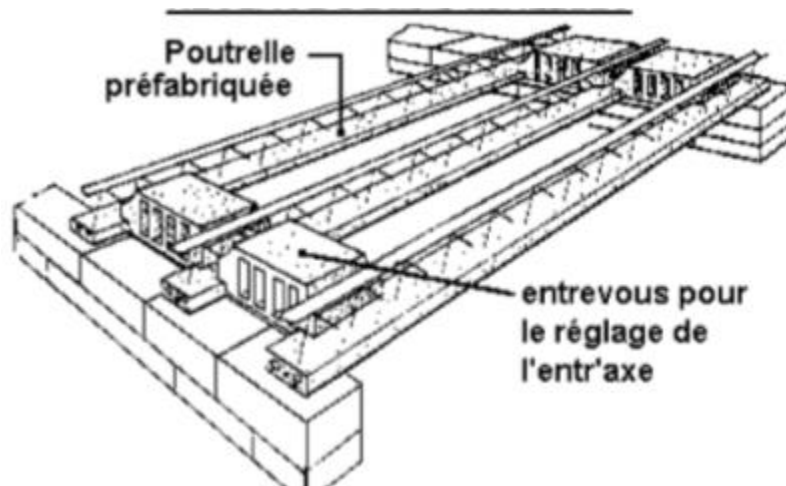


Figure 3.2 : plancher à corps creux à poutrelles préfabriquées

3.1.3 Calcul des poutrelles

Le calcul des poutrelles se fait par deux méthodes :

3.1.3.1 Méthode forfaitaire

Cette méthode est applicable si les conditions suivantes sont vérifiées :

- a - Charges d'exploitation modérées;
- b - Les moments d'inertie sont constants dans toutes les travées;
- c - Le rapport de dimensions entre deux travées successives est compris entre 0.8 et 1.25 ;
- d - La fissuration est considérée comme non préjudiciable.

Les valeurs des moments en travée M_t et en appui M_g et M_d doivent vérifier :

$$M_t + \left(\frac{M_g + M_d}{2} \right) \geq \max(1.05M_0; (1 + 0.3\alpha)M_0) \quad (3.1)$$

$$M_t \geq \left(\frac{1+0.3\alpha}{2} \right) M_0 \quad (3.2)$$

$$M_t \geq \left(\frac{1.2+0.3\alpha}{2} \right) M_0 \quad (3.3)$$

La valeur absolue de chaque moment en appui intermédiaire doit être au moins égale à :

- $0.6 M_0$ pour une poutre à deux travées.
- $0,5M_0$ pour les appuis voisins des appuis de rive d'une poutre à plus de deux travées.
- $0,4M_0$ pour les autres appuis intermédiaires d'une poutre à plus de trois travées.

M_0 : La valeur maximale du moment fléchissant dans la travée de référence (Travée isostatique indépendante de même portée et supportant le même chargement que la travée

considérée) et $\alpha = \left(\frac{q}{q+g}\right)$ le rapport des charges d'exploitation à la somme des charges non pondérées. La figure suivante résume ces conditions.

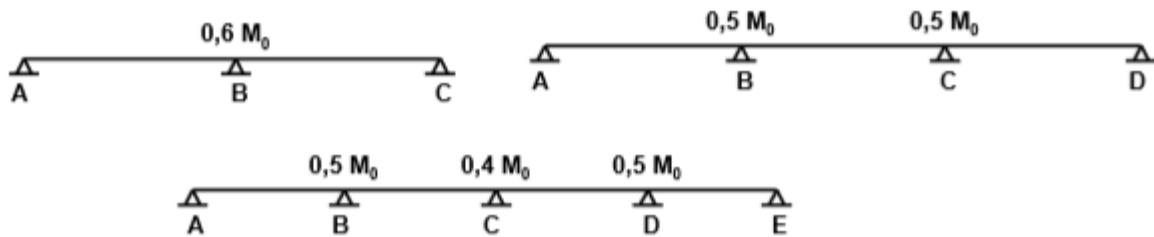


Figure 3.3 : Moments sur appuis des poutres

De part et d'autre de chaque appui on retient, pour la vérification des sections, la plus grande des valeurs absolues des moments évalués à gauche et à droite de l'appui considéré.

Dans la pratique, on prend la valeur minimale des moments sur appui M_g et M_d (En valeur absolue), puis on calcule M_t par la formule des moments. Le moment fléchissant en travée est donné par l'expression suivante :

$$M_t(x) = \mu(x) + M_g \left(1 - \frac{x}{l}\right) + M_d \frac{x}{l} = \mu(x) - |M_g| + \frac{|M_g| - |M_d|}{l} x \quad (3.4)$$

Le calcul des moments sur appuis et en travées par la méthode forfaitaire pour une poutre à trois travées est donné sur la figure ci dessous.

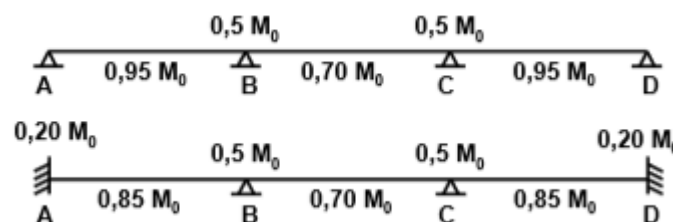


Figure 3.4 : Moments sur appuis et en travées

3.1.3.2 Méthode des trois moments

Le calcul par la méthode des trois moments se fait par comme suit :

1. Déterminer le degré d'hyperstaticité de la poutre k ;
2. Découper la poutre à (n) travées indépendantes (i) chacune de portée L_i et de rigidité flexionnelle EI_i ;

NB : si l'un des appuis de rive est un encastrement, on le remplace par une travée fictive de rigidité flexionnelle infinie $EI = \infty$. (Voir figure 3.5) [6]

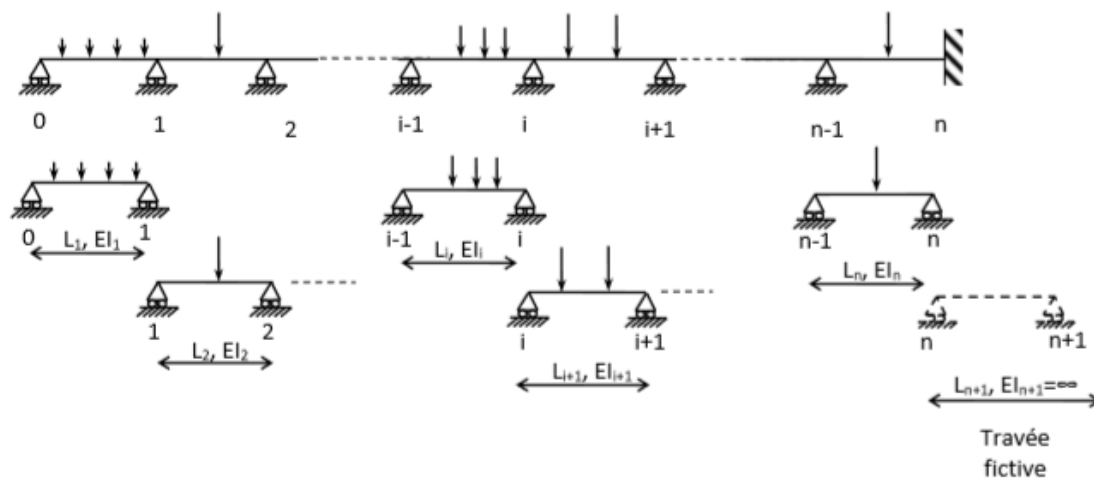


Figure 3.5 Décomposition de la poutre continue en travées indépendantes

3. Pour chaque poutre isostatique de travée (i) , déterminer :

- les réactions des appuis : r_{i-1}^d et r_i^d
- les expressions efforts internes : l'effort tranchant $V_i(x)$ et moment fléchissant $M_i(x)$
- les rotations des appuis : θ_{i-1}^d et θ_i^d

- 4- écrire les k équation de 3 moments pour chaque deux travées consécutives (i) et $(i+1)$

$$\frac{L_i}{EI_i} M_{i-1} + 2 \left(\frac{L_i}{EI_i} + \frac{L_{i+1}}{EI_{i+1}} \right) M_i + \frac{L_{i+1}}{EI_{i+1}} M_{i+1} = 6(\theta_i^d - \theta_i^g) \quad (3.5)$$

- 5- Résoudre ces équations pour déterminer les moments M_i sur appuis.

- 6- calculer les réactions et les efforts internes par la formule suivantes :

- les réactions des appuis : $R_i = r_i^g + r_i^d + \frac{M_{i-1} - M_i}{L_i} + \frac{M_i - M_{i+1}}{L_{i+1}}$ (3.6)

- L'effort tranchant : $V_{I(x)} = v_i(x) + \frac{M_{i-1} - M_i}{L_i}$ (3.7)

- Le moment fléchissant $M_{I(x)} = m_i(x) + M_{i-1} \left(1 - \frac{x}{L_i} \right) + M_i \left(\frac{x}{L_i} \right)$ (3.8)

3.2.2.3 Plancher nervuré

Il est constitué de poutres principales en béton armé supportant des poutrelles secondaires en béton armé espacées par exemple de 1,50 à 2,50 m,

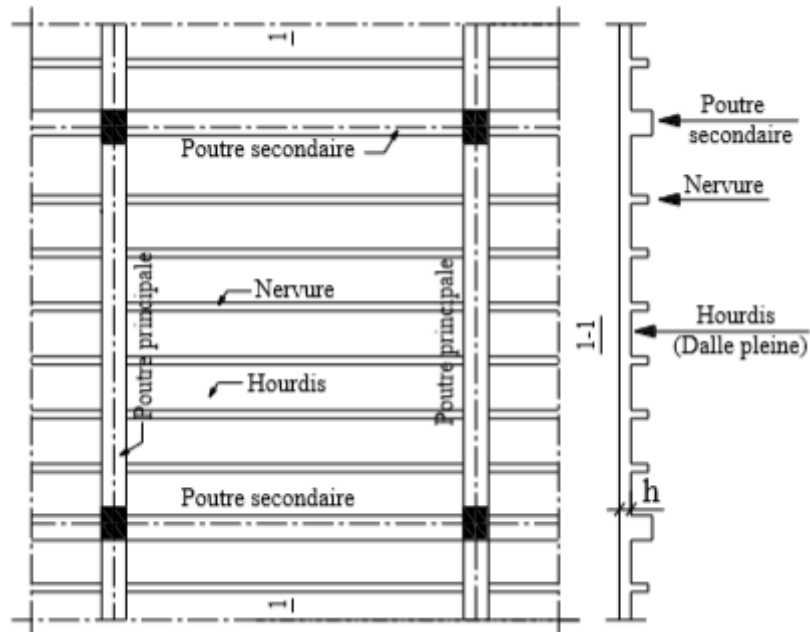


Figure 3.6 : Plancher nervuré

3.2.2.4 Plancher champignon

Il est constitué d'une dalle fortement armée reposant sur des piliers par l'intermédiaire d'un chapiteau, confèrent à l'ensemble la forme de "champignon".[5]

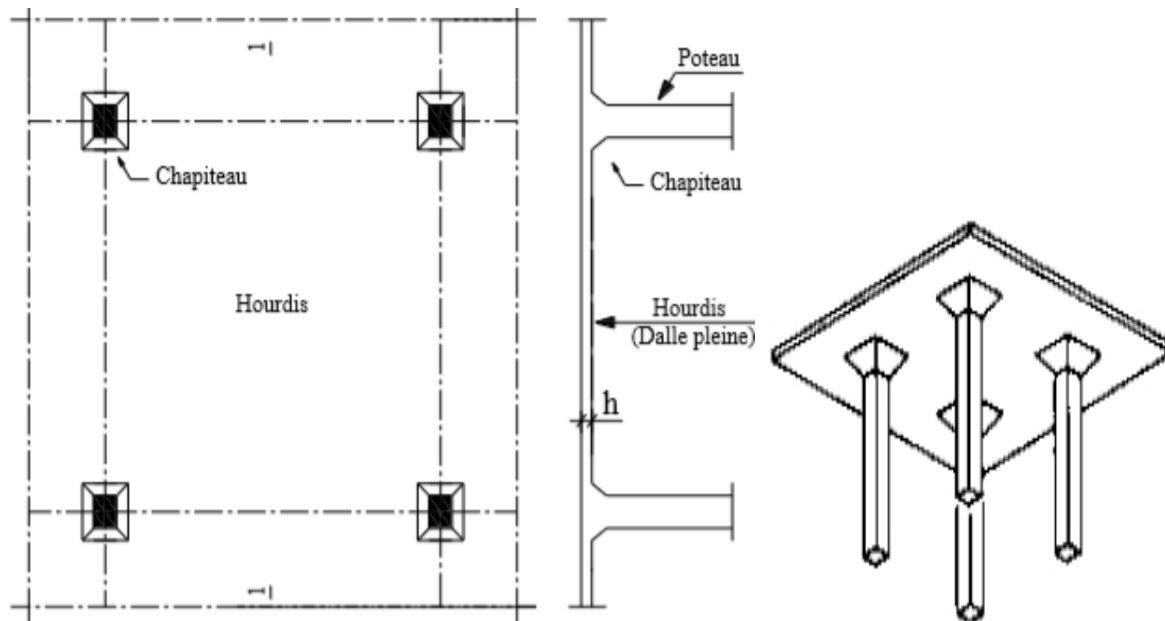


Figure 3.7 : Plancher champignon

3.2.2.5 Plancher dalle

Un plancher dalle est un plancher à sous-face horizontale, sans aucune retombée pour les poutres et s'appuyant directement sur les poteaux avec éventuellement un épanouissement de ces derniers en forme de chapiteau ayant pour but de réduire la portée de la dalle, d'accroître la rigidité et d'éviter le poinçonnement au droit du poteau.

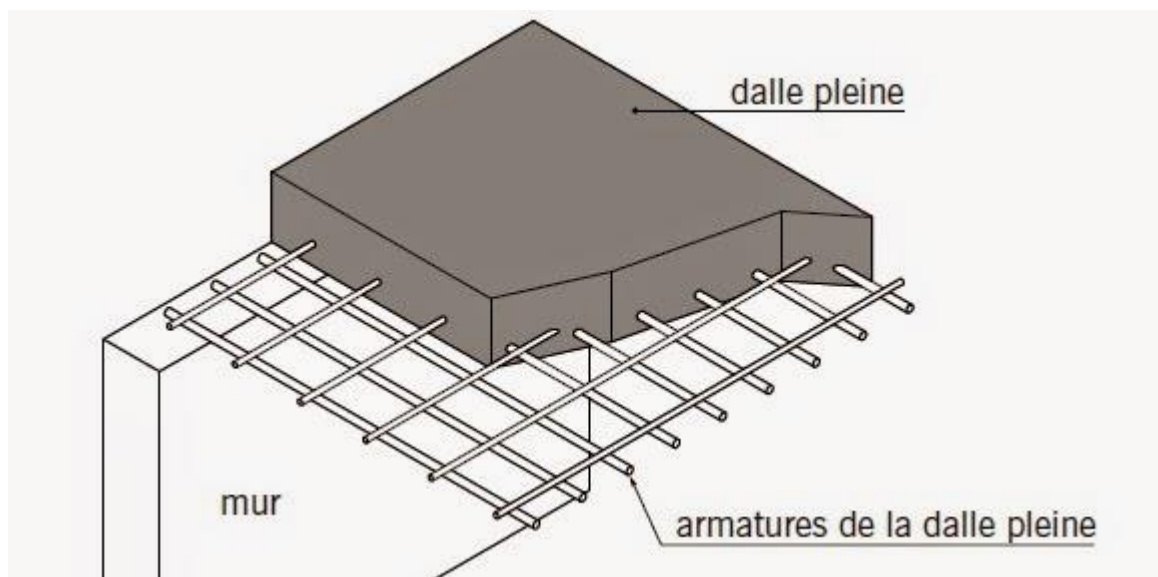


Figure 3.8 : schéma d'un plancher dalle

L'intérêt économique de ce type de plancher résulte dans la simplicité du coffrage et de la possibilité de son emploi car, en général, ces planchers consomment plus de béton et plus d'acier que les planchers avec dalles, poutrelles et poutres apparentes.

Calcul des plancher en dalle pleine :

Soit une dalle de dimension l_x et l_y avec $l_x \leq l_y$, on appelle le coefficient α le rapport : $\alpha = l_x/l_y < 1$. On appelle un panneau de dalle la surface de plancher circonscrit par des poutres ou voiles.

a- Dalle travaille dans un seul sens :

On dit qu'une dalle travaille suivant un seul sens si :

- $l_x/l_y < 0.4$.
- La charge appliquée est uniformément répartie.
- Le calcul de ce type de dalle est assimilé à une poutre de largeur de 1 m et de hauteur h .
l'armature calculée sera disposée suivant la petite portée.

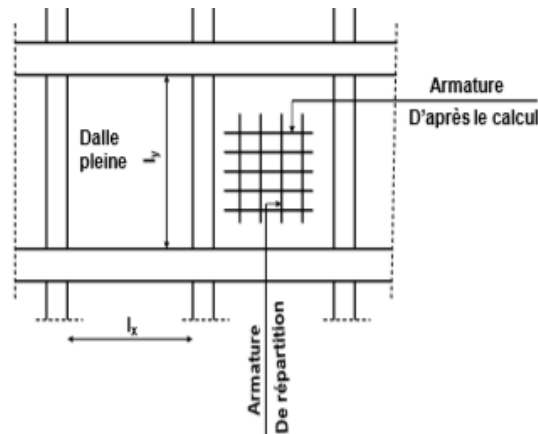


Figure 3.9 : disposition du ferrailage d'une dalle qui travaille dans un seul sens

b- Dalle travaille dans les deux sens :

La dalle travaille suivant les deux directions si :

- $0.4 < l_x/l_y < 1$ et la charge appliquée est uniformément répartie
Ou
- La dalle est soumise à des charges concentrées quel que soit le rapport.

Les armatures seront disposées dans les deux directions [5].

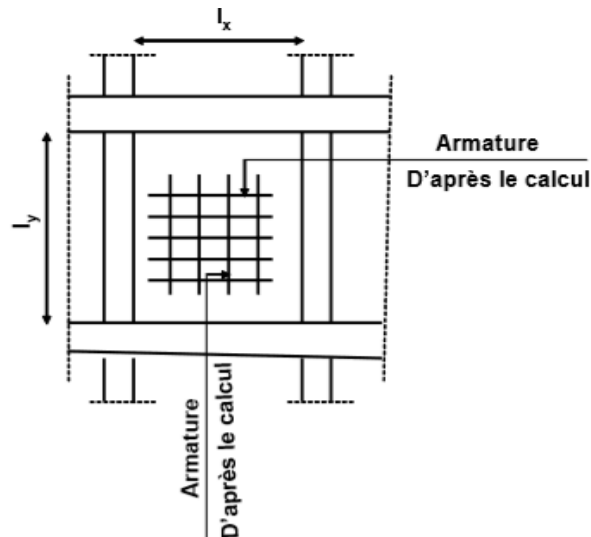


Figure 3.10 : disposition du ferrailage d'une dalle qui travaille dans un seul sens

Le calcul de ce type de dalle se fait par différentes méthodes approximatives telles que :

- La méthode qui utilise les annexes F3 du règlement BAEL.
- La méthode qui utilise les abaques de Pigeaud.
- La méthode qui utilise l'équilibre limite

Détermination des moments :

Le calcul des dalles pleines se fait par une bande de 1 m. les moments calculés au centre de la dalle sont donnés par les expressions suivantes :

$$M_x = \mu_x \cdot q l_x^2 \quad (3.9)$$

$$M_y = \mu_y \cdot M_x \quad (3.10)$$

Avec :

$$\mu_x = \frac{1}{8(1+2.4\alpha^3)} \quad (3.11)$$

$$\mu_y = \alpha^3(1.9 - 0.9\alpha) \quad (3.12)$$

avec : $\mu_y > \mu_x$

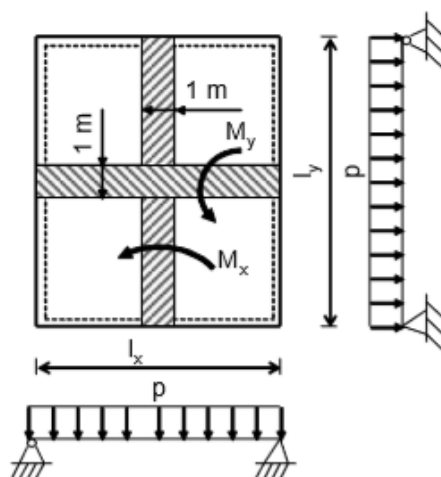


Figure 3.11 : Calcul des moments

3.3 Les fondations

3.3.1 Généralités

On appelle fondation la base de l'ouvrage qui se trouve en contact direct avec le terrain d'assise et qui a pour rôle de transmettre à celui-ci toutes les charges de la construction. Les fondations doivent assurer deux fonctions principales :

- Reprendre les charges et les surcharges supportées par la structure.
- Transmettre ces charges et surcharges au sol sans compromettre la stabilité de l'ouvrage. De ce fait, les fondations doivent être en équilibre sous les sollicitations dues à la superstructure et celles dues au sol.

Les conditions de stabilité doivent conduire à respecter le principe fondamental de l'égalité des actions transmises par la superstructure avec les réactions transmises par le sol. Le terrain d'assise ne doit pas tasser ni rompre sous les massifs de fondation. Les tassements tolérés sont des tassements instantanés (n'évoluent pas dans le temps) et uniformes (figure 3.20), ils sont de l'ordre de 5 à 25 mm.[8] :

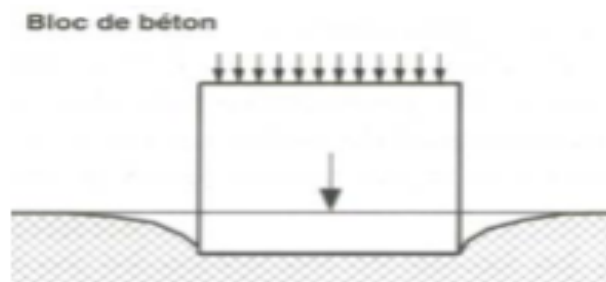


Figure 3.20 : tassement uniforme

Lorsque les tassements ne sont pas uniformément répartis sous l'ouvrage, ils sont dits "différentiels" (figure 3.21). Ils peuvent faire apparaître des fissures dans les murs et les dalles. Ces tassements différentiels apparaissent dans les cas suivants :

- lorsque les fondations sont de natures différentes sous un même ouvrage.
- lorsque les fondations s'appuient sur des couches de terrain de natures différentes.
- lorsque l'ouvrage est chargé dissymétriquement par sa superstructure.
- Lorsque deux bâtiments mitoyens sont construits à des époques différentes.

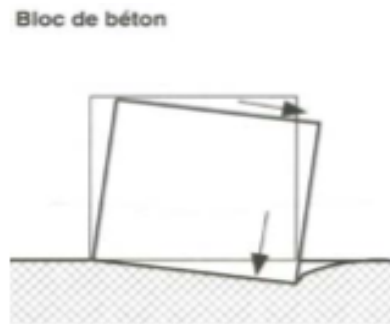


Figure 3.21 : Tassement différentiel

Pour éviter ces phénomènes, on doit toujours adapter les massifs de fondation à la nature du terrain et au type de l'ouvrage à supporter. Il est nécessaire de prévoir des joints de rupture qui désolidarisent les différentes parties d'un bâtiment.

Les massifs de fondation doivent être conçus de façon à éviter toute translation et tout risque de renversement [8].

Pour les constructions réalisées sur des terrains inclinés, les actions exercées par les fondations sur le terrain ne doivent pas provoquer des glissements de l'ouvrage suivant la pente. (Figure 3.22)

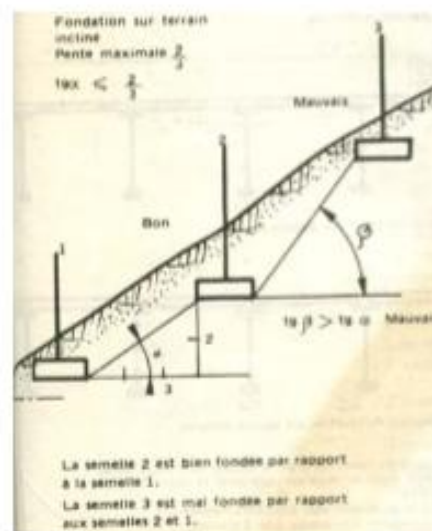


Figure 3.22 : Fondation sur terrain incliné [8]

3.3.2 Facteurs influant le choix des fondations

- Le type d'ouvrage à fonder (immeuble, mur de soutènement, pont, etc.).
- la nature du terrain (sa résistance).
- le site.
- Mise en œuvre des fondations.
- Le coût des fondations.

Cependant le dimensionnement du massif de fondation est fonction :

- des charges supportées par la structure.
- de la nature du terrain (résistance).
- du choix du type de fondation.
- de la nature des matériaux employés.

3.3.3 Classification des fondations

Fonder un ouvrage consiste essentiellement à répartir les charges qu'il supporte dans le sol, suivant l'importance des charges et la résistance du terrain.

- Lorsque les couches de terrain capables de supporter l'ouvrage sont à une faible profondeur, on réalise des fondations superficielles ;
- Lorsque les couches de terrain capables de supporter l'ouvrage sont à une grande profondeur, on réalise des fondations profondes.

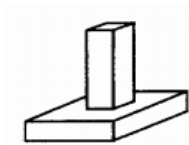
3.3.3.1 Fondations superficielles

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. Elles sont considérées superficielles si une des deux conditions suivantes est respectée :

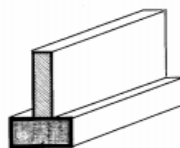
$H/L < 6$ ou $H < 3$ m avec H : profondeur de la fondation et L : largeur de la fondation.

Les fondations superficielles sont de trois types

* **semelle isolée**, placée sous un poteau,



* **semelle filante**, placée sous un mur ou plusieurs poteaux rapprochés,



* **radier** placé sous l'ensemble d'un bâtiment ou souvent juste sous l'ascenseur.

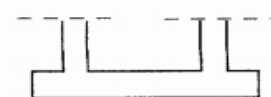


Figure 3.23 : Fondations superficielles

3.3.3.2 Fondations profondes

Les fondations profondes permettent d'aller chercher la couche résistante à une profondeur adéquate en traversant des couches de qualité moindre. Si la couche d'assise est à une trop grande profondeur pour être atteinte, le frottement de la fondation avec les différentes couches de sol rencontrées peut suffire à la résistance.

Les fondations profondes peuvent être :

- Un puits, sorte de semelle de très grande hauteur, (fondation semi-profonde),
- Ou une semelle appelée massif, sous laquelle seront réalisés des pieux. figure 3.24.

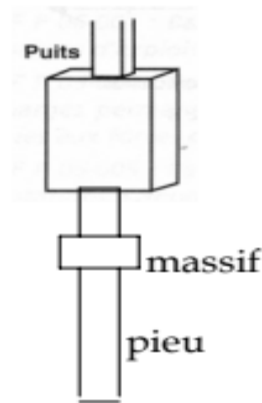


Figure 3.24 : fondation profondes

3.3.4 Pathologie des fondations

En général, les désordres dus à des problèmes de fondation entraînent des frais importants. Ils sont très variés et d'origines diverses. Leurs effets peuvent aller de la fissuration de la structure du bâtiment jusqu'à sa mise en péril, c'est à dire son abandon pur et simple, la construction devenant impropre à sa destination initiale. Les désordres peuvent être dus à [9]:

a- Une reconnaissance incomplète du sol et donc souvent un sol mal adapté :

- profondeur insuffisante des sondages.
- présence de cavités non détectées.
- nappe d'eau insoupçonnée.
- agressivité de l'eau.
- point dur sous un radier.
- terrain d'assise non homogène ou peu résistant et très compressible.
- sol compressible d'épaisseur variable sous radier.
- sols différents sous un même bâtiment.

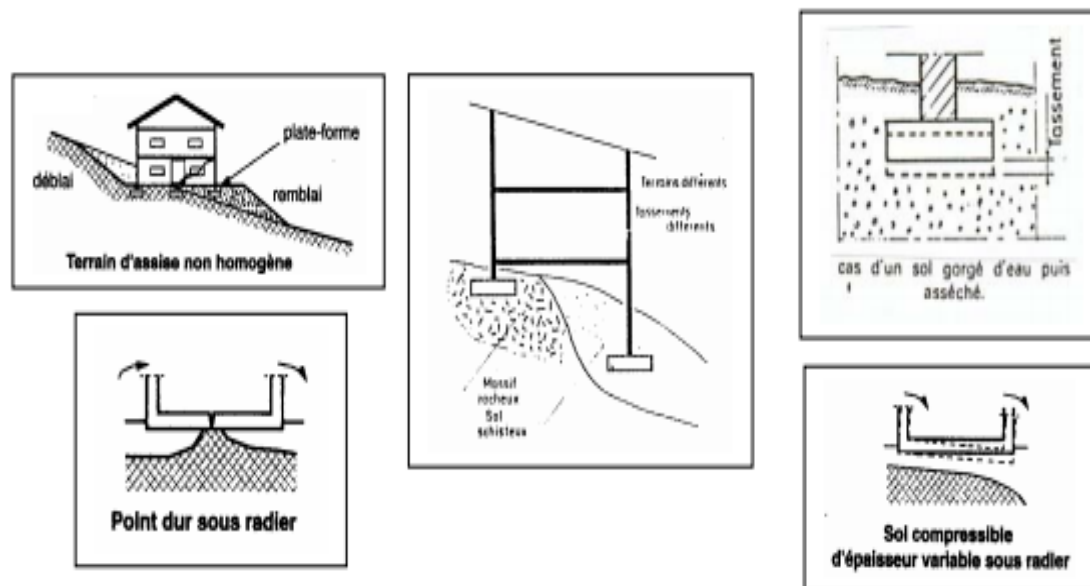


Figure 3.25 : désordres dus à un sol mal adapté [9]

b- Une erreur de calcul ou de conception :

- fondations inadaptées ou mal calculées.
- fondations différentes sous un même ouvrage.
- radier chargé inégalement.
- fondations sur un remblai récent non stabilisé.
- chargement dissymétrique de l'ouvrage.

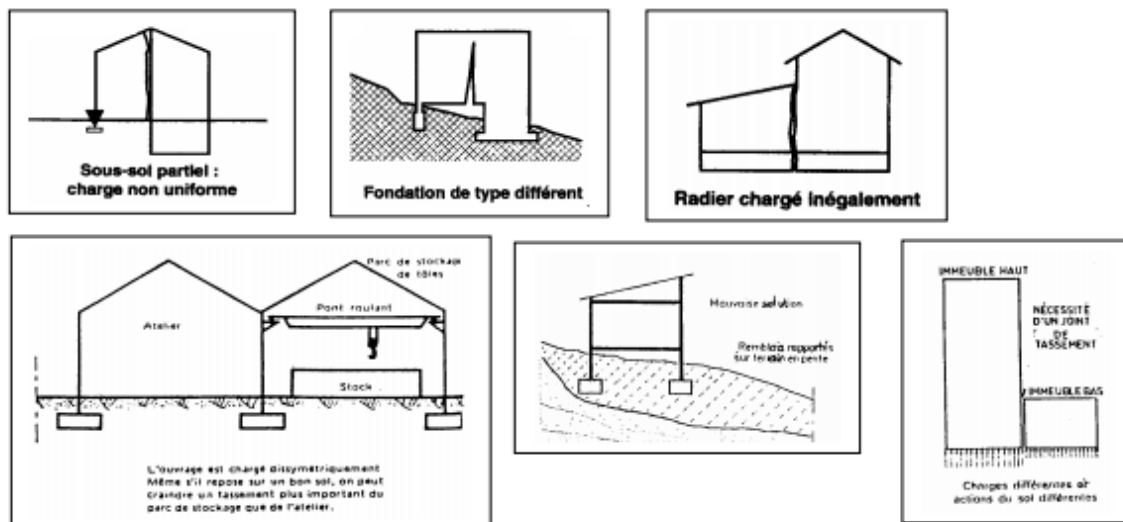


Figure 3.26 : désordres dus à une mauvaise conception [9]