



Ressources Éducatives Libres

FONDATIIONS SUPERFICIELLES

Université Nationale des Sciences,
Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey



Novembre 2023

1- DEFINITIONS

On appelle fondation, la base des ouvrages qui se trouve en contact direct avec le terrain d'assise, et qui a pour fonction de transmettre à celui-ci le poids de l'édifice et les surcharges normales et accidentelles appliquées sur la construction.

La fondation superficielle est une fondation faiblement encastrée dans le sol. Les charges qu'elle transmet ne sollicitent que les couches superficielles et peu profondes.

Une fondation (semelle) est considérée comme **superficielle** lorsque $D/B < 4$ ou $D \leq 3\text{m}$.

1-1- Types de fondations superficielles

Une fondation superficielle est définie par les caractéristiques géométriques décrites ci-après :

- la **largeur B** d'une semelle est le plus petit côté de la semelle ;
- la **longueur L** d'une semelle correspond au grand côté ;
- la **hauteur d'encastrement D** est l'épaisseur minimale des terres au-dessus du niveau de fondation.

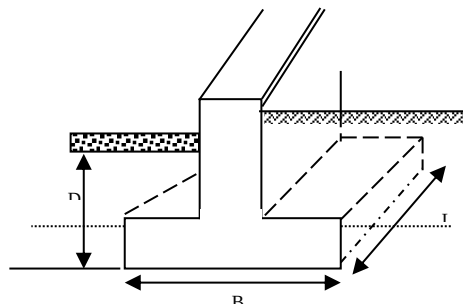


Figure 1 : Définitions

On distingue (figure 2) :

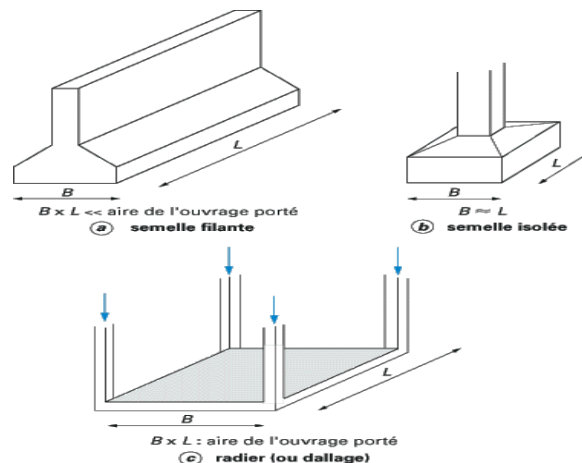


Figure 2 -Types de fondations superficielles

- les **semelles isolées** ($B \leq L \leq 5B$) :

On entend par isolée, une fondation présentant une géométrie proche du carré (ou du rond). Ce type de fondation est mis en œuvre dans le cadre d'un bâtiment présentant des descentes de charges concentrées (poteaux, longrines sous murs).

- les **semelles filantes ou continues**, ($L/B > 5$) :

Lorsque la descente de charges n'est plus concentrée (sous un mur classique), on met logiquement en œuvre une fondation de type filante, c'est à dire continue sous l'objet fondé.

- les **radiers**, de dimensions B et L importantes :

Lorsque la recherche de l'accord entre la descente de charge et la contrainte admissible conduit à augmenter la largeur des semelles filantes sous murs, on arrive au cas extrême où il y a recouvrement entre les zones d'action des semelles et, à la limite, où les semelles se touchent. Cela revient alors à mettre en œuvre une grande semelle occupant la totalité de la surface de la construction (fond de réservoir posé directement sur le sol).

Cette configuration conduit au schéma du radier. Dans ce cas, la totalité de la surface au sol du bâtiment est sollicitée pour répartir les efforts apportés par les murs.

Exemple : une maison de 250 tonnes (2,5 MN) sur une surface au sol de 100 m² apporte au sol, si le radier est bien rigide, une contrainte de 0,025 MPa.

1-2- Charge et contrainte ultime

Si l'on fait croître la charge sur une fondation superficielle jusqu'à la rupture, la relation charge - tassement se décompose en 3 phases :

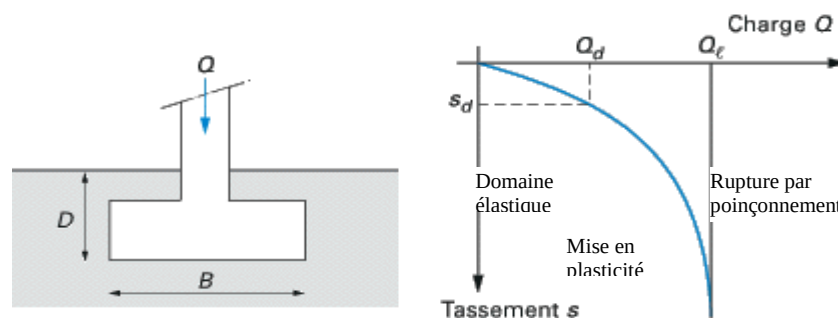


Figure 3 -Notations. Courbe de chargement (vertical et centré) d'une fondation superficielle

À partir d'une certaine charge Q_1 , il y a poinçonnement (rupture) du sol. Le sol n'est pas capable de supporter une charge supérieure. Cette charge Q_1 est la capacité portante de la fondation (ou **charge** limite, charge de rupture ou encore charge ultime).

Soit S l'aire de la semelle, la **contrainte** limite ou contrainte de rupture de la semelle est donnée

par la formule suivante : $q_1 = \frac{Q_1}{S}$.

Le dimensionnement correct de la fondation d'un ouvrage consistera, notamment, à s'assurer que l'on reste en deçà de cette charge limite, avec une certaine marge quantifiée par un coefficient de sécurité, et que les tassements correspondants sont admissibles (point Q_d , s_d sur la figure 3).

Les charges maximales (nominales) à appliquer aux fondations seront calculées avec un facteur de sécurité F_s (variant de 2 à 3,5). Cela permet de se prémunir contre des enfoncements importants de la fondation.

$$Q_{nom} = \frac{Q_l}{F_s} \quad \text{ou} \quad F_s = \frac{Q_l}{Q_{nom}}$$

Q_{nom} : Capacité portante nominale de la fondation F_s : Facteur de sécurité.

NB : q_l et Q_l sont à remplacer respectivement par q'_l et Q'_l si les contraintes et charges effectives sont considérées.

2- ANALYSE QUALITATIVE DE LA RUPTURE

La pression exercée par la fondation sur le sol a tendance à poinçonner le terrain et donc à enfoncer la zone de terrain située sous l'assise. Pour s'enfoncer, celle-ci doit accuser un mouvement par rapport à la zone non sollicitée directement. Il s'agit là d'un phénomène de cisaillement du terrain.

Des études ont permis de mettre en évidence 3 zones principales dans lesquelles le comportement est différent pendant la phase de rupture.

- La zone I située directement sous la fondation est très sollicitée. Elle est comprimée et se déplace avec la fondation.
- La zone II est refoulée vers la surface ; les déplacements et cisaillements sont très importants et il s'y produit une rupture généralisée.
- Dans la zone III, le sol est peu ou n'est pas perturbé par la rupture.

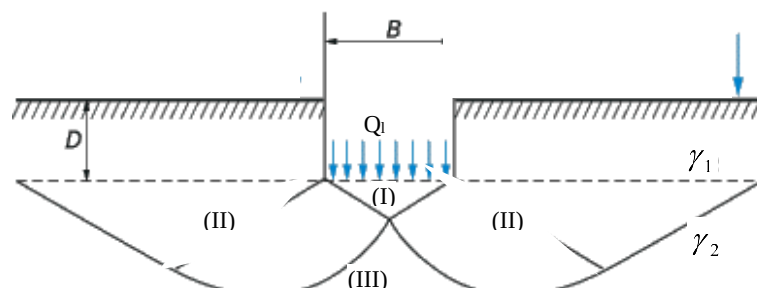


Figure 4 -Schéma de rupture d'une fondation superficielle

L'équilibre du coin de terre dépend donc des éléments suivants :

- Les actions exercées par la fondation.
- La résistance au cisaillement du terrain en place.

- Le poids de la zone de terre formant la vague de refoulement.

De cette approche relativement simple, on déduit :

- Plus le sol est compact et présente une bonne résistance au cisaillement, plus il aura de portance, et donc, plus la semelle à charge égale, aura des dimensions réduites.
- Plus le poids des terres formant la vague augmente, plus la portance augmente.

3- INITIATION AU CALCUL DE FONDATIUNS SUPERFICIELLES

Détermination à l'aide de la théorie de la plasticité (méthode C, φ)

3-1- Charge verticale et centrée

La contrainte de rupture sous charge verticale centrée est obtenue par la relation générale

$$\text{suivante: } q_l = s_q \gamma_1 D N_q + \frac{1}{2} s_\gamma \gamma_2 B N_\gamma + s_c C N_c$$

avec q_l contrainte de rupture (capacité portante par unité de surface)

γ_1 poids volumique du sol latéral à la fondation

γ_2 poids volumique du sol sous la base de la fondation

C cohésion du sol sous la base de la fondation

s_γ , s_c et s_q sont des coefficients dépendant de la forme de la fondation :

- pour les semelles continues à base rectangulaire (semelles filantes), les paramètres s_γ , s_q , et s_c prennent la valeur 1

- pour les semelles isolées (carrées, rectangulaires, circulaires) $s_\gamma = 1 - 0,2 \cdot \frac{B}{L}$

$$s_q = 1 \quad \text{et} \quad s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L}$$

$N_\gamma(\varphi)$, $N_c(\varphi)$ et $N_q(\varphi)$ facteurs de portance, sont des coefficients ne dépendant que de l'angle de frottement interne φ du sol sous la base de la fondation.

ϕ	N_c	N_γ	N_q
0	5,14	0	1,00
5	6,50	0,10	1,60
10	8,40	0,50	2,50
15	11,00	1,40	4,00
20	14,80	3,50	6,40
25	20,70	8,10	10,70
30	30,00	18,10	18,40
35	46,00	41,10	33,30
40	75,30	100,00	64,20
45	134,00	254,00	135,00

Tableau 1 - Valeurs de $N_c(\varphi)$, $N_\gamma(\varphi)$ $N_q(\varphi)$ (DTU 13.12, 1988)

Prandlt a donné les formules suivantes pour les coefficients N_q et N_c ; N_γ est obtenue empiriquement par comparaison.

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) ; N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \varphi} ; N_\gamma(\varphi) = (N_q(\varphi) - 1) \tan(1,4\varphi) .$$

3-2- Charge inclinée et Charge excentrée

Lorsque la charge appliquée à la fondation est inclinée par rapport à la verticale, il y a lieu d'appliquer la relation suivante avec i_γ , i_c et i_q coefficients minorateurs (inférieurs à 1):

$$q_l = \frac{1}{2} i_\gamma s_\gamma \gamma_2 B N_\gamma(\varphi) + i_c s_c C N_c(\varphi) + i_q s_q \gamma_1 D N_q(\varphi)$$

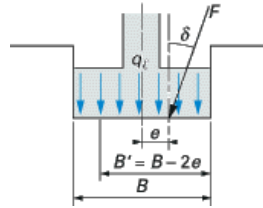


Figure 5 -Inclinaison et excentrement d'une charge dans la direction parallèle à B

Dans le cas d'une inclinaison créée par une charge (figure 5), d'angle δ par rapport à la verticale, le DTU 13.12 propose les relations suivantes pour les coefficients i_γ , i_c et i_q dues à Meyerhof :

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\delta}{\varphi}\right)^2 \quad i_c = i_q = \left(1 - \frac{2\delta}{\pi}\right)^2$$

Dans le cas d'une charge d'excentrement e parallèle à B, on applique la méthode de Meyerhof qui consiste à remplacer la largeur B par la largeur réduite ou effective (figure 6) : $B' = B - 2e$ ce qui revient à avoir une fondation centrée sous la charge.

Dans le cas d'un excentrement e' parallèle à la dimension L, on procède de même pour cette dimension : $L' = L - 2e'$

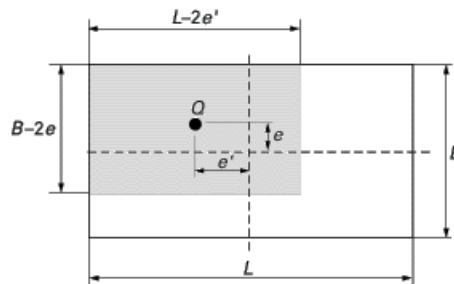


Figure 6 -Surface réduite dans le cas d'un excentrement dans les deux directions (modèle de Meyerhof)

3-3- Remarques

1- Lorsqu'il s'agit d'un sol fin cohérent saturé, on fait un calcul à court terme, en contraintes totales. Le sol est caractérisé par sa cohésion non drainée C_u et $\varphi_u = 0$.

2- Des études effectuées par Skempton ont montré que si la profondeur d'encastrement D augmentait, la capacité portante limite dans un sol argileux augmenterait plus que ne l'indique la formule habituelle. Pour cela, Skempton a suggéré que les capacités portantes des semelles filantes ou isolées ou des radiers soient calculées en majorant le terme de cohésion par le facteur multiplicatif $1 + 0,2 \frac{D}{B}$ lorsque $\frac{D}{B} \geq 2,5$.

3- Le calcul à long terme pour les sols cohérents et le calcul dans les sols pulvérulents sont des calculs en conditions drainées, en contraintes effectives. Les paramètres de résistance drainés sont : $C = C'$ et $\varphi = \varphi'$