

Chapitre 1 Fondations superficielles

Deuxième partie : CALCUL DE LA CAPACITE PORTANTE PAR LES METHODES PRESSIOMETRIQUE ET PENETROMETRIQUE

Les essais in situ sont très utilisés pour déterminer la capacité portante des fondations superficielle, car ils intègrent mieux les hétérogénéités du sol, ils sont moins coûteux que les essais au laboratoire.

1-Hauteur d'encastrement équivalente « D_e »

Elle est définie à partir des résultats des essais de sols en place : pressiomètre ou pénétromètre. On considère la courbe représentant la variation de la pression limite ou de la résistance de pointe en fonction de la profondeur Z (**Figure1**):

soit, dans le cas du **pressiomètre**, la pression limite nette :

$$P_l^* = P_l - p_0$$

Avec $\left\{ \begin{array}{l} P_l : \text{pression limite mesurée} \\ p_0 : \text{contrainte totale horizontale au même niveau dans le sol avant essai} \end{array} \right.$

la hauteur d'encastrement équivalente « D_e » est définie par :

$$D_e = \frac{1}{P_{le}^*} \int_0^D P_l^* (Z) dZ$$

P_{le}^* : étant la pression limite nette

Dans le cas du pénétromètre

$$D_e = \frac{1}{q_{ce}} \int_0^D q_c (Z) dZ$$

avec q_c la résistance de pointe (ou résistance de cône) mesurée

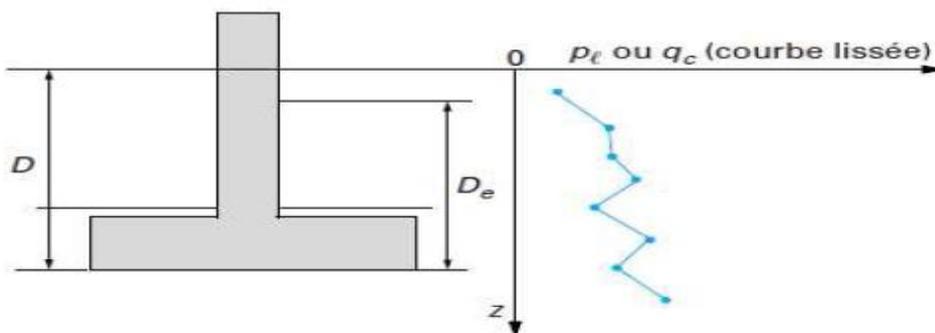


Fig 1 Définition de l'encastrement équivalent d'une fondation superficielle

2-Pression limite nette équivalente « p_{le}^* » au pressiomètre Ménard

☞ Dans le cas d'une **couche porteuse homogène**, d'épaisseur au moins égale à **1,5 B** au-dessous de la base de la fondation (c'est-à-dire que le sol est de nature unique et les pressions limites p_l sont dans un rapport de 1 à 2, au plus, dans la couche), on établit un profil linéaire de la pression limite nette $p_l^* = p_l - p_0$ et l'on prend pour pression limite nette équivalente p_{le}^* la valeur à la profondeur $D + \frac{2}{3} B$, comme indiqué sur la Figure 2

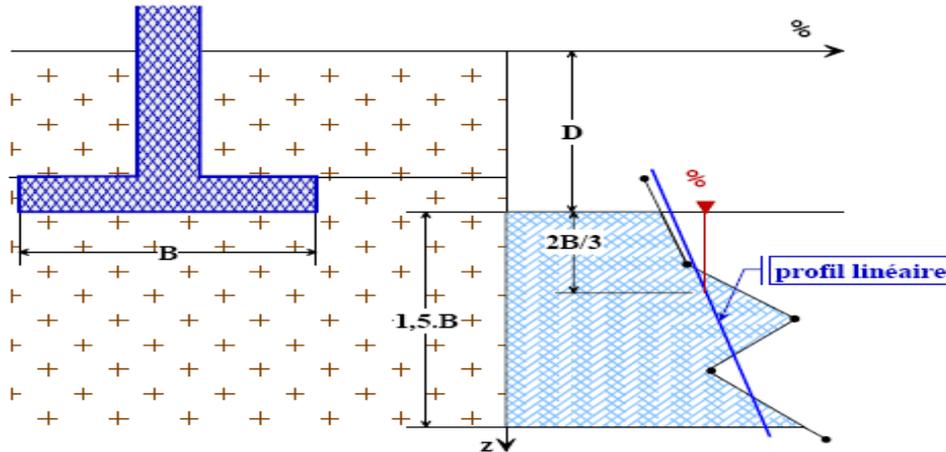


Fig 2 Définition de la pression limite nette équivalente P_{le}^* dans le cas d'une couche porteuse homogène

$$P_{le}^* = p_l^* \left(D + \frac{2}{3} B \right)$$

☞ Dans le cas de **sols de fondation non homogènes**, ayant toutefois des valeurs de pression limite du même ordre de grandeur jusqu'à au moins **1,5B** au-dessous de la base de la fondation, on retient « p_{le}^* » pour la moyenne géométrique.

$$P_{le}^* = \sqrt[n]{p_{l1} * p_{l2} * \dots * p_{ln} *}$$

$p_{l1}^*, p_{l2}^*, \dots, p_{ln}^*$ étant les valeurs de la pression limite nette équivalente dans les couches situées de D à $D + 1,5 B$, après avoir écarté, si besoin est, des valeurs singulières

3-Résistance de pointe équivalente q_{ce} au pénétromètre statique (CPT)

C'est une résistance de pointe moyenne autour de la base de la fondation définie, à partir d'une couche $q_c(z)$ lissée par figure 3.

$$q_{ce} = \frac{1}{3a+b} \int_{D-b}^{D+3a} q_{cc}(z) dz$$

Avec $a = B/2$ si $B > 1m$

$a = 0,5 \text{ m}$ si $B < 1 \text{ m}$

$b = \min(a, h)$ où h est la hauteur de la fondation dans la couche porteuse.

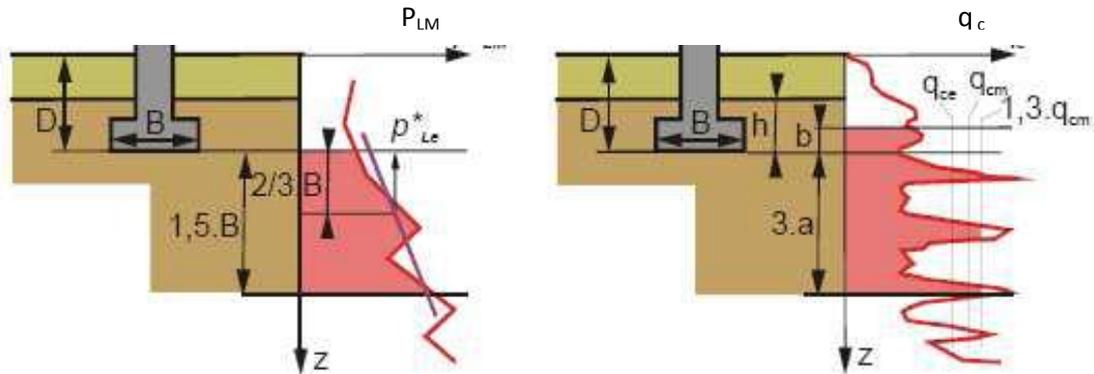


Fig 3 Domaine d'application de la pression limite nette équivalente et la résistance de pointe équivalente

4-Profondeur critique

L'expérience montre que, dans un sol homogène, la capacité portante sous la base de la fondation « Ql » augmente avec la profondeur « D », jusqu'à une profondeur dite profondeur critique D_c au-delà de laquelle elle reste constante (Figure 3). Cette profondeur critique varie, en principe, avec :

- le type de sol ;
- la résistance du sol ;
- le diamètre du pieu.

En fonction du rapport D_e / B entre la hauteur d'encastrement équivalente et la largeur de la fondation, on pourra admettre les limites suivantes proposées par le fascicule 62-V (1993)

- $D_e / B < 1,5$: il s'agit de fondations superficielles : les méthodes de calcul développées ci-après s'appliquent pleinement.
- $D_e / B > 5$: il s'agit de fondations profondes dont la base est située au-delà de la profondeur critique : elles doivent être traitées par les méthodes propres à ce type de fondation.
- $1,5 < D_e / B < 5$: il s'agit de fondations semi-profondes ou sous critiques. Les méthodes de calcul des fondations superficielles ou profondes s'appliquent, moyennant des adaptations.

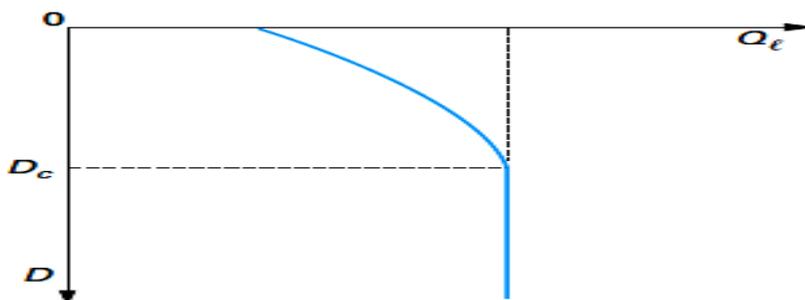


Fig 4 Variation de la capacité portante « Ql » en fonction de la profondeur D

II.4-CALCUL DE LA CAPACITE PORTANTE

classification des sols

Pour le calcul de la portance à partir du pressiomètre Ménard on distingue les catégories de sols suivantes (*Tableau 1*) :

Type de sol	Classe de sol	Pressiomètre Pi (MPa)	Pénétromètre qc (MPa)
Argile, limon	A- Argiles et limons.....	< 0,7	< 3,0
	B- Argiles et limons fermes.....	1,2 à 2,0	3,0 à 6,0
	C- Argiles très ferme à dures.....	>2,5	>6,0
Sables, graves	A-Lâches.....	< 0,5	< 5,0
	B- Moyennement compacts.....	1,0 à 2,0	8,0 à 16,0
	C- Compacts	>2,5	>20,0
Craies	A- Molles.....	< 0,7	< 3,0
	B- Altérées...	1,0 à 2,5	3,0 à 6,0
	C- Compactes.....	>23,0	>6,0
marnes	A- Tendres.....	1,5 à 4,0	
	B- Compacts...	>4,5	
Roches (1)	A- Altérées...	2,5 à 4,0	
	B- Fragmentées...	>4,5	
(1) L'appellation de roches altérées ou fragmentées peut regrouper des matériaux calcaires, schisteux ou d'origine granitique. S'il est difficile parfois de fixer des limites précises avec les sols meubles qui constituent leur phase finale d'évolution, on réservera toutefois cette classification aux matériaux qui présentent des modules pressiométriques supérieurs à 50 à 80 MPa.			

Tableau 1. Définition des catégories conventionnelles des sols (fascicule 62-V, 1993)

5- Charge verticale centrée

La contrainte de rupture (capacité portante unitaire) sous charge verticale centrée est donnée par la formule :

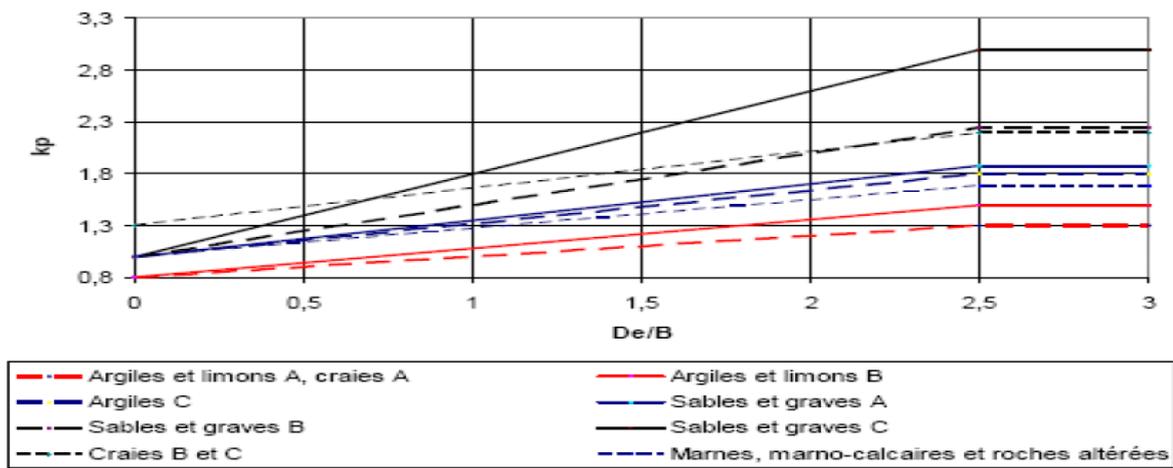
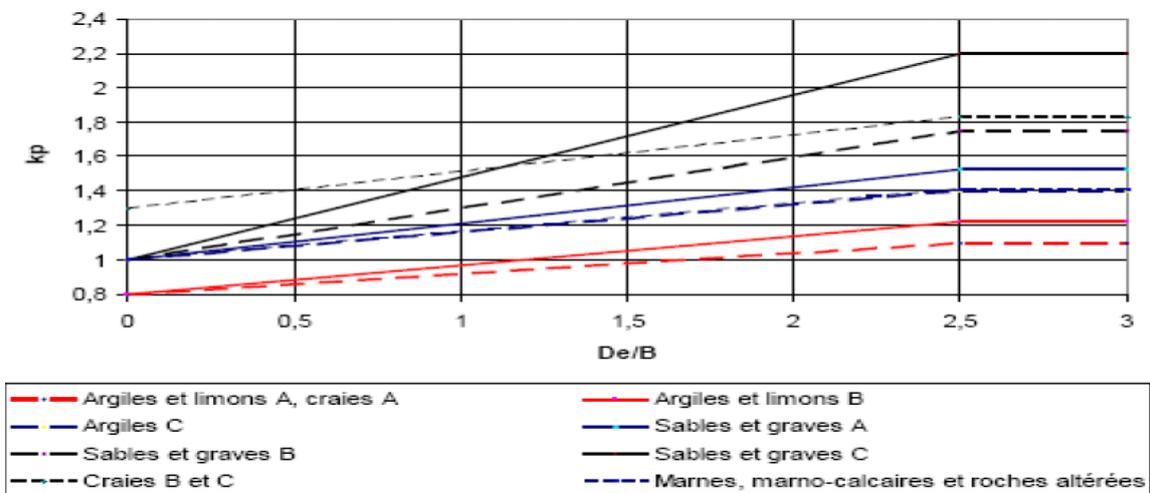
$$q_l = q_0 + K_p P_{le}^*$$

Avec : q_l : contrainte de rupture,
 q_0 : contrainte totale verticale au niveau de la base de la fondation (après travaux)

P_{le}^* : pression limite nette équivalente,
 K_p^* : facteur de portance pressiométrique.

Pour les fondations superficielles et pour les fondations semi profondes dont les méthodes d'exécution sont similaires à celles des fondations superficielles, les valeurs du facteur de portance « k_p » sont données par le *tableau 1* et par les *figures 6* et *7* :

Type de sol	Expression de Kp	Kpmax (semelle carrée)	Kpmax (semelle filante)
Argiles et limons A, craies A	$0.8 \left[1 + 0.25 \left(0.6 + 0.4 \frac{B}{L} \right) \frac{De}{B} \right]$	1,30	1,10
Argiles et limons B	$0.8 \left[1 + 0.35 \left(0.6 + 0.4 \frac{B}{L} \right) \frac{De}{B} \right]$	1,50	1,22
Argiles C	$0.8 \left[1 + 0.5 \left(0.6 + 0.4 \frac{B}{L} \right) \frac{De}{B} \right]$	1,80	1,40
Sables A	$\left[1 + 0.35 \left(0.6 + 0.4 \frac{B}{L} \right) \frac{De}{B} \right]$	1,88	1,53
Sables et graves B	$\left[1 + 0.5 \left(0.6 + 0.4 \frac{B}{L} \right) \frac{De}{B} \right]$	2,25	1,75
Sables et graves C	$\left[1 + 0.8 \left(0.6 + 0.4 \frac{B}{L} \right) \frac{De}{B} \right]$	3,00	2,20
Craies B et C	$1.3 \left[1 + 0.27 \left(0.6 + 0.4 \frac{B}{L} \right) \frac{De}{B} \right]$	2,18	1,83
Marnes, marno-calcaires, roches altérées	$\left[1 + 0.27 \left(0.6 + 0.4 \frac{B}{L} \right) \frac{De}{B} \right]$	1,68	1,41

Tableau 2 Facteur de portance pressiométrique

Fig 6 Facteur de portance pressiométrique pour les semelles carrées et circulaire

Fig 7 Facteur de portance pressiométrique pour les semelles filantes