

**1. Charge limite d'un élément de fondation  $Q_u$**

$$Q_u = Q_{pu} + Q_{su}$$

**1.1 Effort mobilisable sous la pointe  $Q_{pu}$**

$$Q_{pu} = A \cdot q_u \quad \text{ou} \quad Q_{pu} = \rho_p \cdot A \cdot q_u$$

-  $A$  : section de la pointe

-  $\rho_p$  : coefficient réducteur (cas de pieux ouverts, H, palplanches)

-  $q_u$  : contrainte de rupture :  $q_u = k_p \cdot P_{le}^*$

-  $P_{le}^*$  : pression limite nette équivalente  $P_{le}^* = \frac{1}{b+3a} \int_{D-b}^{D+3a} P_l^*(z) \cdot dz$

-  $b = \min \{a, h\}$

-  $a$  : pris égal à la moitié de la largeur  $B$  de l'élément de fondation si celle-ci est supérieure à 1,00 m et à 0,50 m dans le cas contraire.

-  $h$  : désigne la hauteur de l'élément de fondation contenue dans la formation porteuse.

-  $p_l^*(z)$  est obtenue en joignant des segments de droite sur une échelle linéaire les différents  $p_l^*$  mesurées.

-  $k_p$  : facteur de portance donnée en fonction de la catégorie de sol et du type de pieu lorsque la profondeur d'encastrement équivalente  $D_e$  est supérieure à la profondeur critique  $D_c$  ( $D_e \geq D_c$ , soit  $D_e \geq 5 B$ )

Catégories conventionnelles des sols			
Classe de sol			PI (MPa)
Argiles, limons	A	Argiles et limons mous	< 0,7
	B	Argiles et limons fermes	1,2 – 2,0
	C	Argiles très fermes à dures	> 2,5
Sables, graves	A	Lâches	< 0,5
	B	Moyennement compacts	1,0 – 2,0
	C	Compacts	> 2,5
Craies	A	Molles	< 0,7
	B	Altérées	1,0 – 2,5
	C	Compactes	> 3,0
Marnes – Marno-calcaire	A	Tendres	1,5 – 4,0
	B	Compacts	> 4,5
Roches	A	Altérées	2,5 – 4,0
	B	Fragmentées	> 4,5

Facteur $k_p$ pour ( $D_e/B \geq 5$ )			
Nature de terrains		Eléments mis en œuvre sans refoulement du sol	Eléments mis en œuvre avec refoulement du sol
Argiles – Limons	A	1.1	1.4
	B	1.2	1.5
	C	1.3	1.6
Sables – Graves	A	1.0	4.2
	B	1.1	3.7
	C	1.2	3.2
Craies	A	1.1	1.6
	B	1.4	2.2
	C	1.8	2.6
Marnes – Marno calcaire		1.8	2.6
Roches altérées (*)		1.1 à 1.8	1.8 à 3.2

-  $D_e$  : hauteur d'encastrement équivalente  $D_e = \frac{1}{P_{le}^*} \int_0^h p_l^*(z) \cdot dz$

**1.2 Effort limite mobilisable par frottement latéral  $Q_{su}$**

$$Q_{su} = P \cdot \int_0^h q_s(z) \cdot dz \quad \text{ou} \quad Q_{su} = \rho_s \cdot P \cdot \int_0^h q_s(z) \cdot dz$$

Choix des abaques pour la détermination de $q_s$ et courbes												
	Argile - Limon			Sables - Graves			Craie		Marnes		Roches	
	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B		
Foré simple	Q1	Q2 Q3 (1)	Q3 Q4 (1)	---			Q1	Q3	Q4 Q5 (1)	Q3	Q4 Q5 (1)	Q6
Foré boue	Q1	Q1, Q2 (1)	Q1	Q2 Q1 (2)	Q3 Q2 (2)	Q1	Q3	Q4 Q5 (1)	Q3	Q4 Q5 (1)	Q6	Q6
Foré tubé (tube récupéré)	Q1	Q1, Q2 (1)	Q1	Q2 Q1 (2)	Q3 Q2 (2)	Q1	Q2	Q3 Q4 (3)	Q3	Q4	-	-
Foré tubé (tube perdu)	Q1			Q1	Q2	(4)			Q2	Q3	--	--
Puits (5)	Q1	Q2	Q3	---			Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Métal battu fermé	Q1	Q2	Q3	Q2	Q3	(4)			Q3	Q4	Q4	Q4
Battu préfabriqué Béton	Q1	Q2	Q3	Q3			(4)			Q3	Q4	Q4
Battu moulé	Q1	Q2	Q3	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q3	Q4	--	--
Battu enrobé	Q1	Q2	Q3	Q4	(4)			Q3	Q4	--	--	--
Injecté basse Pression	Q1	Q2	Q3	Q3			Q2	Q3	Q4	Q5	--	--
Injecté haute Pression (6)	--	Q4	Q5	Q5	Q6	---	Q5	Q6	Q6	Q6	Q7 (7)	Q7 (7)

- (1) Réalésage et rainurage en fin de forage
- (2) Pieux de grande longueur (supérieure à 30 m)
- (3) Forage à sec, tube non louvoyé
- (4) Dans le cas des craies, le frottement latéral peut être très faible pour certains type de pieux. Il convient d'effectuer une étude spécifique
- (5) Sans tubage, ni virole foncés perdues (paroi rugueuse)
- (6) Injection sélective et répétitive à faible débit
- (7) Injection sélective et répétitive à faible débit et traitement préalable des massifs fissurés ou fracturés avec obturation des cavités

-  $P$  : périmètre de l'élément de fondation

-  $q_s(z)$  : frottement latéral unitaire limite à la cote  $z$ ,

-  $\rho_s$  : coefficient réducteur (cas de palplanches)

➤ **Courbes  $Q_1$  à  $Q_4$**  ( $n$  désignant le numéro de la courbe)

- si  $\frac{P_l}{P_n} \leq 1$  :  $q_s = q_{sn} \frac{P_l}{P_n} (2 - \frac{P_l}{P_n})$  sinon  $q_s = q_{sn}$

avec

-  $q_{sn} = 0.04 \cdot n$  (MPa) et  $P_n = (1 + 0.5 \cdot n)$  (MPa)

Ces courbes étant bornées supérieurement par la courbe  $Q_5$ .

➤ **Courbes  $Q_5$  à  $Q_7$**

-  $Q_5$  :  $q_s = \min(\frac{P_l - 0.2}{9}; \frac{P_l + 3.3}{32})$  pour  $p_l \geq 0.2$  MPa

-  $Q_6$  :  $q_s = \min(\frac{P_l + 0.4}{10}; \frac{P_l + 4.0}{30})$  (en général  $p_l \geq 1.0$  MPa)

MPa)

-  $Q_7$  :  $q_s = (\frac{P_l + 0.4}{10})$  (en général  $p_l \geq 2.5$  MPa)

**2. Charge de fluage  $Q_c$**

Mise en œuvre sans refoulement	Mise en œuvre avec refoulement
$Q_c = 0,5 \cdot Q_{pu} + 0,7 \cdot Q_{su}$	$Q_c = 0,7 \cdot Q_{pu} + 0,7 \cdot Q_{su}$

**3. Etats limites de mobilisation du sol**

E.L.U		E.L.S	
C. fondamentales	$\frac{Q_u}{1,40}$	C. rares	$\frac{Q_c}{1,10}$
C. accidentelles	$\frac{Q_u}{1,20}$	C. quasi-permanentes	$\frac{Q_c}{1,40}$