

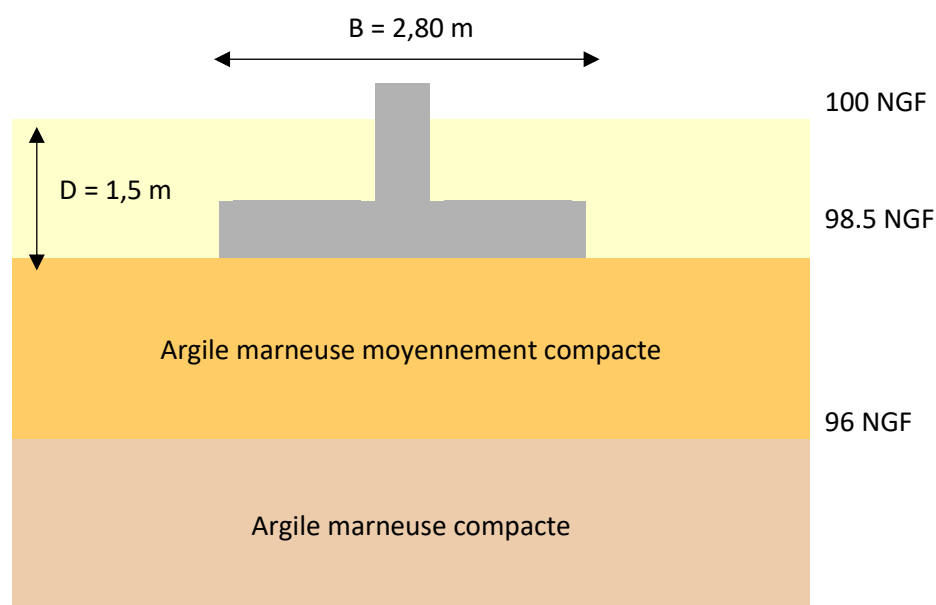
## SEMELLE RECTANGULAIRE AVEC CHARGE EXCENTREE : VERIFICATION EN PORTANCE ET TASSEMENTS

Programme : SEMELLES CPT 2019

Fichier : NFP94-261-Ex3.gpc

### HYPOTHESES

Géométrie : semelle de longueur 14 m et de largeur 2,8 m.



### Propriétés des sols

	Epaisseur (m)	Module pressiométrique $E_M$ (MPa)	Pression limite nette $p_i^*$ (MPa)	Poids volumique $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
Argile peu consistante	1,5	3,1	0,35	18
Argile marneuse moyennement compacte	2,5	9,4	1,0	18
Argile marneuse compacte		15,1	1,5	20

### Efforts de calcul à la base de la semelle

	$V_d$ (kN)	$H_d$ (kN)	$M_{d,y}$ (kN.m)	$e_{d,B}$ (m)
ELU – Situation durable et transitoire	2800	0	1120	0,4
ELS – Combinaison caractéristique	1960	0	940	0,48
ELS – Combinaison quasi-permanente	1680	0	660	0,39

## SAISIE DES HYPOTHESES DANS LE PROGRAMME

### Item "Paramètres"

On règle "Calcul des essais" sur PMT.

Pour l'instant, on ne s'intéresse pas aux tassements, donc on n'active pas "Calculer le tassement".

### Item "Essais PMT"

L'essai est saisi par points alors qu'on souhaite ici définir des paramètres pressiométriques constants par couche. L'astuce consiste à donner un point d'altitude supérieure et d'altitude inférieure avec les mêmes valeurs de paramètre.

Cliquer sur "Ajouter PMT".

Saisir l'essai comme illustré dans la vue ci-dessous.

Numéro enregistré	Prof. d [m]	Pression limite p <sub>LM</sub> [MPa]
1	0.00	0.35
2	1.49	0.35
3	1.50	1.00
4	3.99	1.00
5	4.00	1.50
6	15.00	1.50

### Item "Profil"

La cote de surface est établie à 100 m.

On ajoute 3 couches d'épaisseurs :

t<sub>1</sub> = 1.5 m

t<sub>2</sub> = 2.5 m

t<sub>3</sub> = 9 m

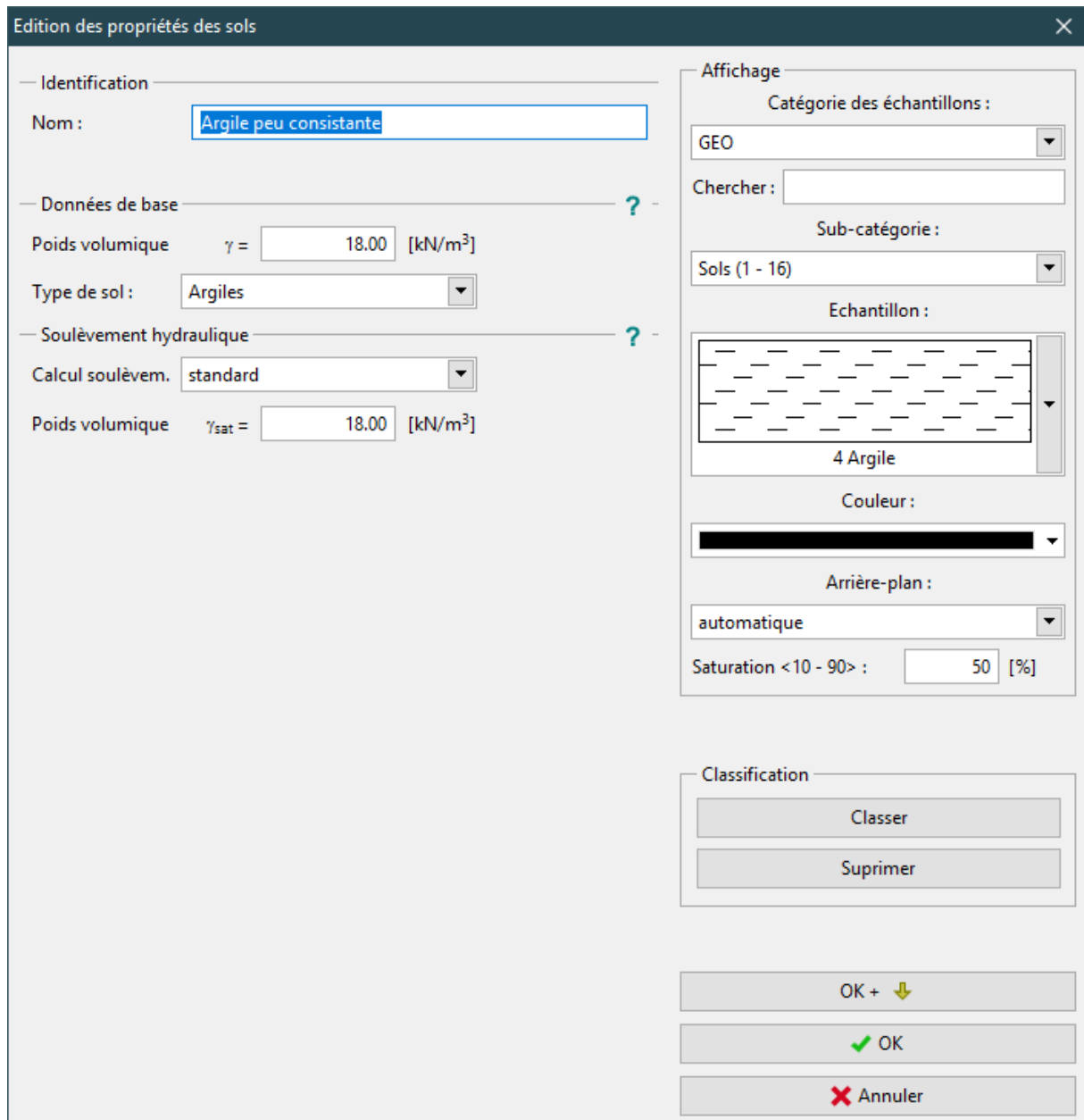
## Item "Sols"

On ajoute 3 sols définis par :

- Le poids volumique
- Le type de sol
- Les conditions hydrauliques

L'utilisateur peut facilement régler l'affichage de la couche (couleur, patch...).

Illustration pour le sol "Argile peu consistante" ci-dessous.



**Edition des propriétés des sols**

— Identification —

Nom :

— Données de base — ?

Poids volumique  $\gamma =$   [kN/m<sup>3</sup>]

Type de sol :

— Soulèvement hydraulique — ?

Calcul soulèvem.

Poids volumique  $\gamma_{\text{sat}} =$   [kN/m<sup>3</sup>]

**Affichage**

Catégorie des échantillons :

Chercher :

Sub-catégorie :

Echantillon :

Couleur :

Arrière-plan :

Saturation <10 - 90> :  [%]

**Classification**

## Item "Assignment"

On assigne les sols définis précédemment aux couches définies dans l'item "Profil".

## Item "Nappe phréatique"

Pas de présence d'eau.

## Item "Fondation"

Type de la fondation

Sélectionner "Semelle isolée centrée"

Dimensions

$h_z = 1.5 \text{ m}$

$d = 1.5 \text{ m}$

$t = 0.4 \text{ m}$

Pas d'inclinaison du terrain modifié,  $s_1 = 0^\circ$

Poids volumique des terres

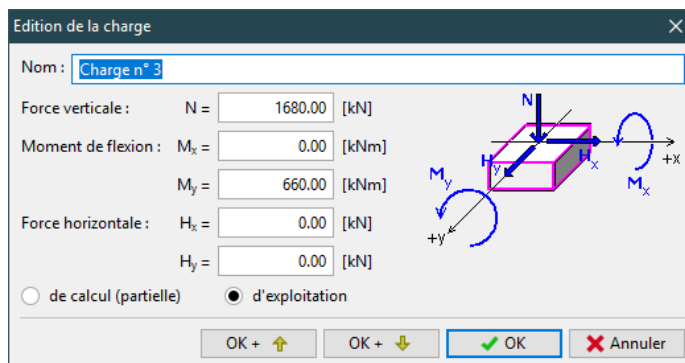
$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3$

## Item "Charge"

Cliquer "Ajouter" pour définir les 3 situations de calcul.

Pour le cas de charge n°2 et 3, on activera "d'exploitation" pour les définir comme ELS.

Illustration pour le cas de charge n°3.



D'où la liste de cas de charges édités :

Num.	Charge		Nom de la charge	N	$M_x$	$M_y$	$H_x$	$H_y$	Partiel.
	nouv.	modif.		[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	
1	Oui		ELU	2800.00	0.00	1120.00	0.00	0.00	✓
2	Oui		ELS - caractéristique	1960.00	0.00	940.00	0.00	0.00	
3	Oui		ELS - quasi-permanente	1680.00	0.00	660.00	0.00	0.00	

## Item "Géométrie"

Type de la fondation

Sélectionner "Semelle isolée centrée"

Dimensions globales

x = 2.8 m

y = 14 m

$c_x$  = 0.4 m

$c_y$  = 14 m

$\alpha$  = 0°

## Item "Matériau"

Définir le poids volumique de la structure :  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

*NB : L'utilisateur qui voudrait aller jusqu'au dimensionnement du béton et des aciers, définira ensuite le type de béton (à partir du Catalogue ou personnalisé), le ferrailage longitudinal et le ferrailage horizontal. Il utilisera l'item "Dimensionnement" pour la vérification.*

## CALCUL ET VERIFICATIONS

On notera que le programme donne par défaut les maximums des résultats car réglé sur "Sélectionner automatiquement les maximums".

L'utilisateur règlera cette sélection sur le cas de charge adéquat pour ses vérifications élémentaires.

## LIMITATIONS DE L'EXCENTREMENT

### Calcul

Le programme indique l'"Excentricité max. dans la direction de longueur de la semelle isolée" :  $e_x = 0,171$ .

$e_x = (M/V)/B$  dans le cas le plus défavorable, soit pour la combinaison "ELS caractéristique".

D'où  $e_B = 0,48$ .

En réglant sur "ELU" :

$e_x = 0,143$ .

D'où  $e_B = 0,40$

En réglant sur "ELS quasi-permanente" :

$e_x = 0,140$ .

D'où  $e_B = 0,39$

### Justification

On doit vérifier une inégalité pour chaque combinaison d'action. Cette vérification se fait "manuellement", en dehors du programme.

$$i_e = \left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right)$$

	$i_e$ à vérifier	Excentrement $e_B$ (m)	$i_e$	Vérification
ELU – Situation durable et transitoire	$\geq 1/15$	<u>0,4</u>	0,71	$0,71 \geq 1/15$
ELS – Combinaison caractéristique	$\geq 1/2$	<u>0,48</u>	0,66	$0,66 \geq 1/2$
ELS – Combinaison quasi-permanente	$\geq 2/3$	<u>0,39</u>	0,72	$0,72 \geq 2/3$

## VERIFICATION DE LA CAPACITE PORTANTE

1. Calcul de la pression nette équivalente  $p_{le}^*$

$$P_{LM,avg} = 1178,9 \text{ kPa}$$

2. Calcul de la hauteur d'encastrement équivalente  $D_e$

$$D_e = 0,45 \text{ m}$$

3. Calcul du facteur de portance  $k_p$

$$k_p = 0,843 \text{ m}$$

### Justification

Éléments pour la détermination du facteur de portance.

	Type de semelle	Cas d'une semelle rectangulaire					
		Courbe	$k_{p0}$	a	b	c	$k_{pmax}$
Argile marneuse moyennement compacte	Filante	Q1	0,8	0,2	0,02	1,3	1,022

On doit calculer (formule D.2.3.1) :

$$k_{p,B/L} = k_{p0} + \left(a + b \frac{D_e}{B}\right) \left(1 - e^{-c \frac{D_e}{B}}\right) \text{ pour } B/L \text{ valant respectivement } 0 \text{ et } 1.$$

Puis en combinant les deux valeurs pour une semelle rectangulaire :

$$k_{p,B/L} = k_{p,B/L=0} \times \left(1 - \frac{B}{L}\right) + k_{p,B/L=1} \times \frac{B}{L}$$

$$k_{p,B/L=0} = 0,8 + \left(0,2 + 0,02 \times \frac{0,44}{2,8}\right) \left(1 - e^{-1,3 \times \frac{0,44}{2,8}}\right) = 0,84.$$

$$k_{p,B/L=1} = 0,8 + \left(0,3 + 0,02 \times \frac{0,44}{2,8}\right) \left(1 - e^{-1,5 \times \frac{0,44}{2,8}}\right) = 0,86.$$

D'où :  $k_{p,B/L} = 0,84 (=0,844)$

4. Calcul de la contrainte  $q_{net}$  (notée  $R_d$  dans le programme)

$$q_{net} = k_p \times p_{le}^*$$

	$p_{le}^*$ (kPa)	$k_p$	$q_{net}$ (kPa)
ELU – Situation durable et transitoire	1178,9	0,843	994
ELS – Combinaison caractéristique			
ELS – Combinaison quasi-permanente			

## 5. Vérification de la portance

A ce stade, le programme a calculé les éléments essentiels pour la vérification.

En les utilisant, l'utilisateur peut aller au bout de la vérification en portance.

On doit vérifier :  $V_d \leq R_0 + R_{v,d}$  soit  $V_d \leq A \cdot q_0 + \frac{A i_e q_{net}}{\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{R;d,v}}$

avec :  $R_0 = A \cdot q_0$

$q_0$ , contrainte verticale totale que l'on obtiendrait à la fin des travaux à la base de la fondation superficielle en l'absence de celle-ci.

$$R_0 = (14 \times 2,8) \times (1,5 \times 18) = 1058 \text{ kN}$$

	$q_{net}$ (MPa)	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R;d,v}$	$i_e$	$R_{v,d}$ (MPa)	$V_d$ (MN)	$R_0 + R_{v,d}$
ELU – Situation durable et transitoire	0,99	1,4	1,2	0,71	16,4	2,8	17,5
ELS – Combinaison caractéristique	0,99	2,3	1,2	0,66	9,3	1,96	10,4
ELS – Combinaison quasi-permanente	0,99	1,4	1,2	0,72	10,1	1,68	11,2

### La capacité portante du sol est vérifiée pour toutes les combinaisons de calcul.

NOTE issue de la norme NF P 94-261 : Pour des fondations superficielles supportant des bâtiments ou des ponts, le coefficient de modèle lié à l'estimation de la résistance nette du terrain est égal à 1,2. Cette différence provient de la plus grande sensibilité aux déplacements des fondations supportant des ouvrages que des fondations supportant des murs.



## VERIFICATION DES TASSEMENTS

### 1. Calcul de $E_c$

$$E_c = 9,4 \text{ MPa}$$

#### Justification

$E_c$  est le module de sol situé dans la tranche 0 à B/2 sous la fondation, soit de 1,5 m à 2,9 m dans le cas présent.

$$\underline{E_c = 9,4 \text{ MPa}}$$

### 2. Calcul de $E_d$

$$E_c = 11,82 \text{ MPa}$$

#### Justification

On décompose le massif hétérogène en sous-couches d'épaisseurs B/2 sous la semelle.

$$1/E_d = 0,25/E_1 + 0,3/E_2 + 0,25/E_{3,5} + 0,1/E_{6,8}$$

On a donc :

$$1/E_d = 0,25/E_1 + 0,3/E_2 + 0,25/E_{3,5} + 0,2/E_{6,8}$$

$$1/E_d = 0,25/9,4 + 0,3/9,4 + 0,25/15,1 + 0,2/15,1$$

Donc :  $\underline{E_d = 11,3 \text{ MPa}}$

### 3. Calcul de la contrainte effective $q'$ et $\sigma'_{v0}$

Pour obtenir cette contrainte avec le programme, il faut adapter le modèle :

- Ajouter un cas de charge ELS qui ne comprenne pas le moment (copie du cas de charge n° 3)
- Mettre le poids des terres à 0
- Mettre le poids du béton à 0

$$\sigma = 42,86 \text{ MPa}$$

#### Justification

$$q' = V_d / A$$

La vérification de la semelle se fait à l'ELS quasi-permanent.

$$\text{D'où : } q' = 1680 / (14 \times 2,8)$$

$$\underline{q' = 43 \text{ kPa}}$$

#### 4. Calcul du tassement

$$s_f = 1,30 \text{ mm}$$

Justification

$$s_f = s_c + s_d$$

$$\text{où : } s_c = \frac{\alpha}{9E_c} (q' - \sigma'_{v0}) \lambda_c B$$

$$s_d = \frac{2}{9E_d} (q' - \sigma'_{v0}) B_0 \left( \lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

##### a. Calcul de la contrainte effective $\sigma'_{v0}$

La contrainte verticale effective est déterminée au niveau de la fondation avant travaux.

$$\sigma'_{v0} = \gamma' \cdot D = \gamma \cdot D$$

$$\sigma'_{v0} = 18 \times 1,5$$

$$\sigma'_{v0} = 27 \text{ kPa}$$

##### b. Calcul du coefficient rhéologique $\alpha$ et des coefficients de forme $\lambda_c$ et $\lambda_d$

Le coefficient rhéologique est celui de la couche sous la fondation. Ici :  $\alpha = 2/3$ .

Les dimensions de la fondation sont  $L = 14 \text{ m}$  et  $B = 2,8 \text{ m}$ , d'où :  $L / B = 5$ .

On en déduit :

$$\lambda_c = 1,4$$

$$\lambda_d = 2,14$$

##### c. La synthèse des résultats est présentée dans le tableau suivant :

	$V_d$ (kN)	$q'$ (kPa)	$\sigma'_{v0}$ (kPa)	Tassements déviatoriques			Tassements sphériques			Tassement final
				$\lambda_d$	$E_d$ (MPa)	$s_d$ (mm)	$\lambda_c$	$E_c$ (MPa)	$s_c$ (mm)	$s_f$ (mm)
ELS – Combinaison quasi- permanente	1680	43	27	2,14	11,3	0,9	1,4	9,4	0,5	1,4