

GEO5

Groupe de pieux : Vérification d'une fondation sur micropieux

Résumé

Le but de ce cahier technique est de montrer comment utiliser le programme GEO5 « Groupe de pieux » dans le cadre de la vérification d'une fondation sur micropieux. Le fichier exemple correspondant est « Demo_manual_36.gsp ».

ATTENTION : Dans ce document, l'utilisateur sera guidé à travers toutes les étapes de définition et d'analyse d'un projet géotechnique, dans un contexte établi par l'auteur. L'utilisateur doit être informé que les réglages de l'analyse (onglet « Paramètres ») sont de sa responsabilité et doivent être vérifiés/adaptés avant de commencer tout nouveau projet.

1 Projet

Analyser une fondation sur micropieux sous une grue à tour selon la norme EN 1997 – DA2. Le schéma de la fondation sur micropieux est représenté sur la figure 1. Les coordonnées et l'inclinaison des différents micropieux sont indiquées dans le tableau 1. Les micropieux sont en acier (S355) et le profil utilisé est le TK 108 x 20. La longueur totale des micropieux est de 7,0 m et ils sont divisés en trois parties. La partie inférieure est le scellement d'un diamètre de 0,3 m et d'une longueur de 3,0 m. La partie suivante est la longueur libre du micropieu, elle mesure 3,0 m. Enfin, la dernière partie est le micropieu de connexion avec la semelle des pieux d'une longueur de 1,0 m. Le profil géologique de cette tâche est présenté dans le tableau 2. La nappe phréatique n'est pas prise en compte. Pour calculer les ressorts verticaux le long du scellement d'un micropieu, le module de réaction de cisaillement sera considéré comme constant le long de celle-ci et vaudra $k_v = 45,00 \text{ MN/m}^3$, la raideur du ressort sous la pointe sera fixée à $k_p = 5,00 \text{ MN/m}$. Le frottement latéral limite moyen pour la vérification du scellement des micropieux a été déterminée lors une étude géologique, sa valeur est fixée à $q_{sav} = 350,00 \text{ kPa}$.

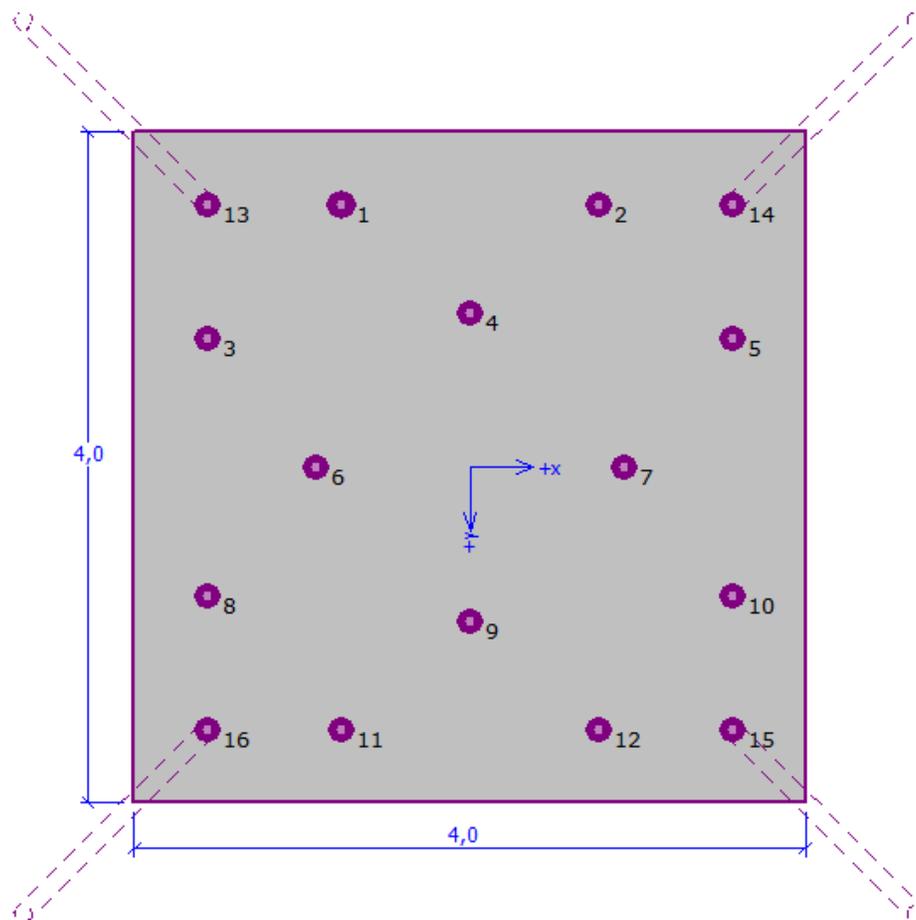


FIGURE 1 – Schéma de la fondation sur micropieux

N° du micropieu	X [m]	Y [m]	Inclinaison [°]
1	-0,77	-1,57	0,00
2	0,77	-1,57	0,00
3	-1,57	-0,77	0,00
4	0,00	-0,92	0,00
5	1,57	-0,77	0,00
6	-0,92	0,00	0,00
7	0,92	0,00	0,00
8	-1,57	0,77	0,00
9	0,00	0,92	0,00
10	1,57	0,77	0,00
11	-0,77	1,57	0,00
12	0,77	1,57	0,00
13	-1,57	-1,57	15,00
14	1,57	-1,57	15,00
15	1,57	1,57	15,00
16	-1,57	1,57	15,00

TABLE 1 – Coordonnées et l'inclinaison des micropieux

Sol	Profil [m]	γ [kN/m ³]	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	ν [-]	E_{def} [MPa]	k [MN/m ³]	β [°]
Sol 1 (CL, CI)	0,00 - 1,90	21,00	19,00	30,00	0,40	10,00	150,00	9,50
Sol 2 (ML, MI)	1,90 - 3,10	20,00	21,00	12,00	0,40	4,00	200,00	10,50
Sol 3 (G-F)	3,10 - 4,90	19,00	35,50	0,00	0,25	95,00	250,00	12,75
Sol 1 (GP)	4,90 - 6,50	20,00	38,50	0,00	0,20	210,00	320,00	19,25
Sol 1 (CH, CV, CE)	> 6,50	20,50	15,00	5,00	0,42	3,00	60,00	7,50

TABLE 2 – Propriétés des sols - Valeurs caractéristiques effectives

La charge d'exploitation utilisée pour calculer la rotation et le tassement de la semelle des pieux est décrite dans le tableau 3. La charge de calcul est décrite dans le tableau 4. Les charges sont considérées comme agissant au milieu de la face supérieure de la semelle. La charge de calcul engendrée par le poids propre de la semelle (de dimensions de 4,0 m × 4,0 m × 1,2 m) sera quant à elle calculée automatiquement.

Charge	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
Valeur	609,00	2111,00	2111,00	47,00	47,00

TABLE 3 – Charge d'exploitation

Charge	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
Valeur	822,00	2850,00	2850,00	63,00	63,00

TABLE 4 – Charge de calcul

2 Solution

Pour résoudre ce problème, nous allons utiliser le programme GEO5 « Groupe de pieux ». Nous allons analyser l'effet de la charge sur chaque micropieu du groupe puis évaluer le micropieu subissant la plus forte charge. Le texte ci-dessous décrit étape par étape la solution de ce problème. Nous allons analyser le groupe de micropieux à l'aide de la méthode dite « des ressorts », qui modélise les différents micropieux par de poutres sur un lit élastique. Chaque micropieu est divisé en dix sections, pour lesquelles les valeurs des ressorts horizontaux et verticaux sont calculées. La semelle couvrant le groupe (dalle de fondation) est considéré comme infiniment rigide. La solution se base la méthode des éléments finis adaptée au calcul des déformations.

2.1 Paramétrage

Dans le cadre « Paramètres », nous allons cliquer sur le bouton « Sélectionner les paramètres » et choisir le paramétrage « Standard – EN 1997 – DA2 » :

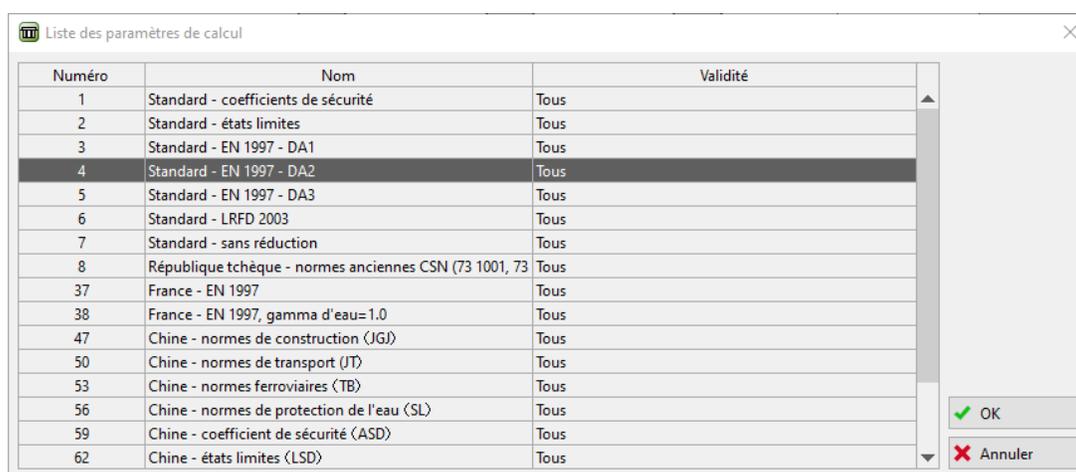


FIGURE 2 – Cadre « Paramètres » - Fenêtre de dialogue « Liste des paramètres de calcul »

L'étape suivante consiste à choisir le type de calcul « Méthode des ressorts – micropieux ». Nous allons considérer que le raccordement des micropieux à la dalle est « fixe ». La dernière étape de ce cadre consiste à définir le « Module de réaction du sous-sol », qui décrit le comportement des micropieux dans la direction horizontale. Dans ce cas, le module de réaction « linéaire » du sous-sol est bien adapté (il est calculé selon la méthode de Bowles). Pour plus d'informations, vous pouvez consulter l'aide (touche F1).

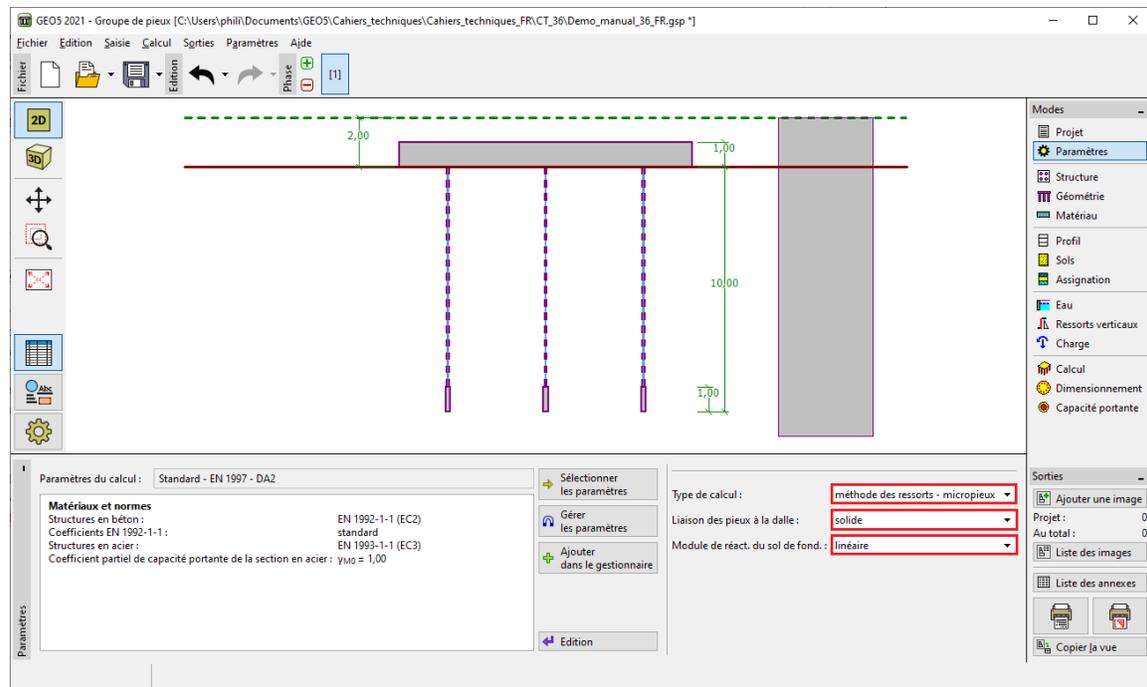


FIGURE 3 – Cadre « Paramètres »

2.2 Structure

Dans le **cadre « Structure »**, nous allons choisir l'option « forme générale » pour la vue de dessus de la dalle. Le « Surplombement de la dalle » sera fixé à $o = 0,38$ m. Maintenant, nous pouvons ajouter chaque micropieu en se basant sur le tableau 1 en cliquant sur le bouton « Ajouter ».

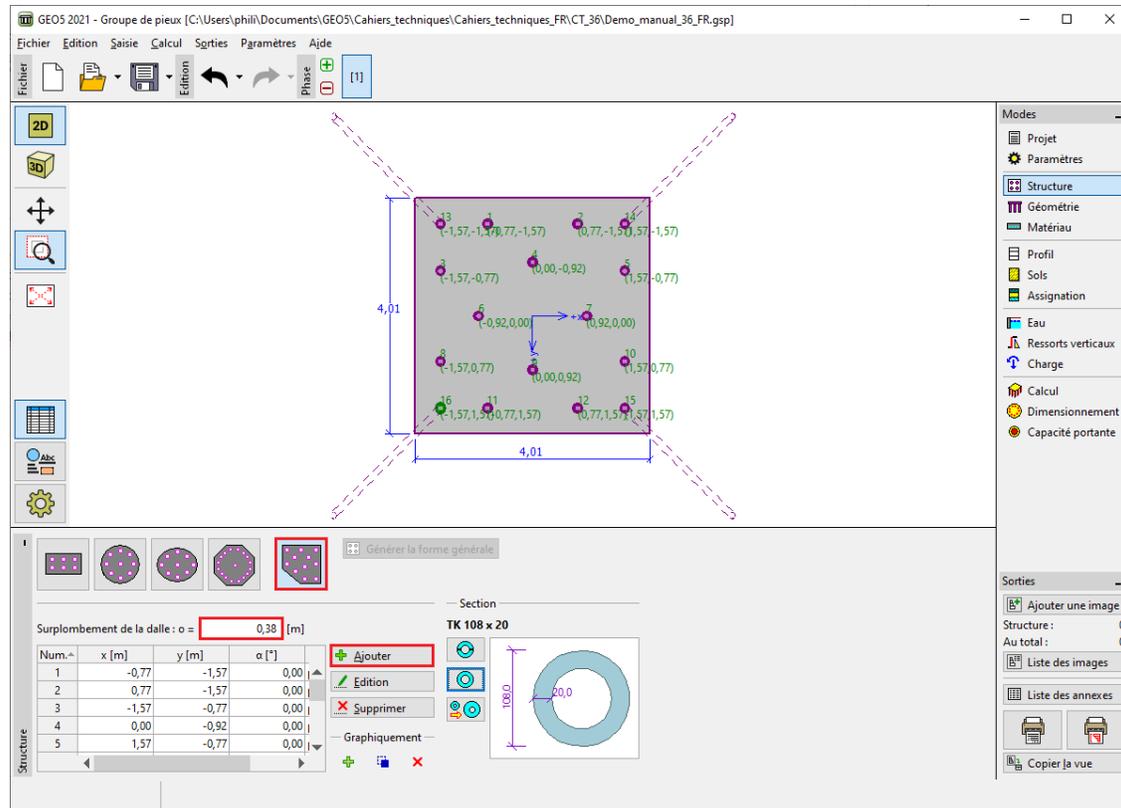


FIGURE 4 – Cadre « Structure »

Remarque : le surplombement de la dalle o est la distance entre le bord extérieur du micropieu et le bord de la dalle de fondation.

Après avoir cliqué sur le bouton « Ajouter », la fenêtre de dialogue « Nouveau point » apparaît. Dans cette fenêtre, nous allons saisir les coordonnées x et y et l'inclinaison du micropieu. Les coordonnées et l'inclinaison de chaque micropieu sont indiquées dans le tableau 1. Un nouveau micropieu sera créer en cliquant sur le bouton « Ajouter ».

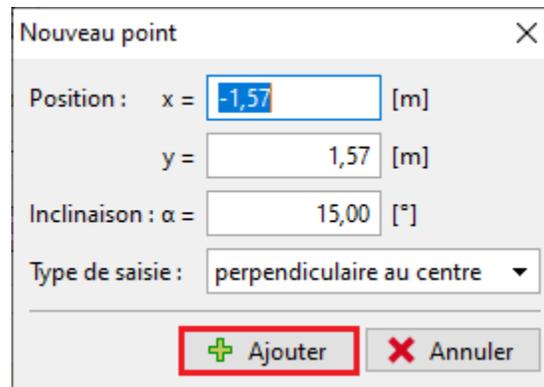


FIGURE 5 – Fenêtre de dialogue « Nouveau point » - Micropieu n° 16

Le profil du micropieu sera défini via le « Catalogue des profils ». Dans la section « Classe de la coupe », nous allons choisir un « tube sans soudure section circulaire » puis dans la section « Profil » nous allons choisir le profil TK 108x20.

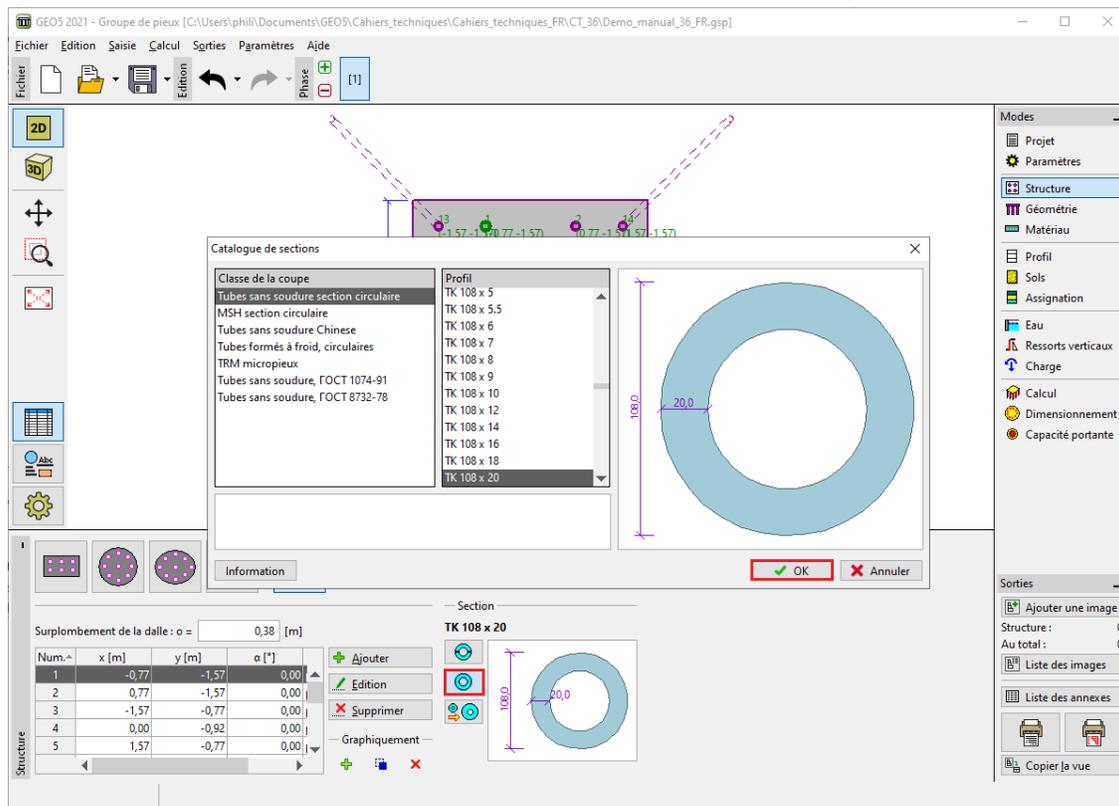


FIGURE 6 – Fenêtre de dialogue « Catalogue des profils »

2.3 Géométrie

Dans le cadre « Géométrie » seront définis la « Profondeur de la fondation » (*profondeur à partir de la surface du sol*) $h_z = 0,00$ m, l'« Épaisseur de la dalle de fondation » $t = 1,20$ m, la « Longueur des micropieux » $l = 6,00$ m, le « Diamètre du scellement » $d_r = 0,30$ m, la « Longueur du scellement » $l_r = 3,00$ m et enfin il est possible de définir la « Résistance du sol de

fondation » mais elle ne sera pas prise en compte dans ce cas. Par conséquent la « Résistance du sol de fondation » vaudra $R = 0,00$ kPa.

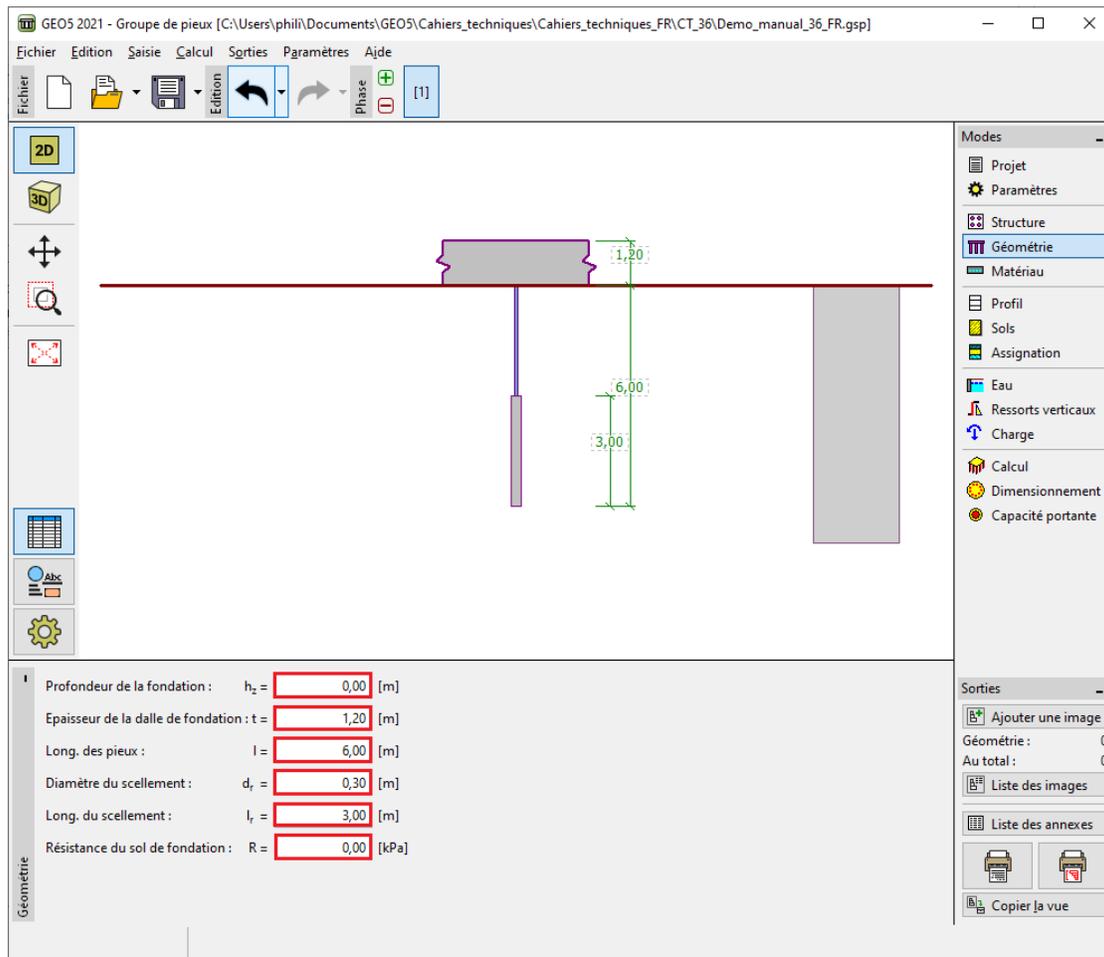


FIGURE 7 – Cadre « Géométrie »

Remarque : la résistance du sol de fondation est très importante et a une grande influence sur les résultats de l'analyse. L'amplitude de la résistance du sous-sol de fondation dépend du type de sous-sol, du processus de construction de la structure (nouvelle structure, reconstruction) et de l'historique de chargement. La force $N_R = A \cdot R$ est soustraite de la charge entrée dans tous les cas.

2.4 Matériau

Le **cadre « Matériau »** permet de définir les propriétés matérielles de la structure. Pour la dalle de fondation, le poids volumique est fixé à $\gamma = 23,00$ kN/m³ et la classe de béton à C20/25 (pour le dimensionnement) et pour les micropieux, nous avons choisi la classe d'acier de construction EN 10210 – 1 : S355. Les classes de matériaux pour le béton et l'acier de construction sont disponibles en cliquant sur le bouton « Catalogue ».

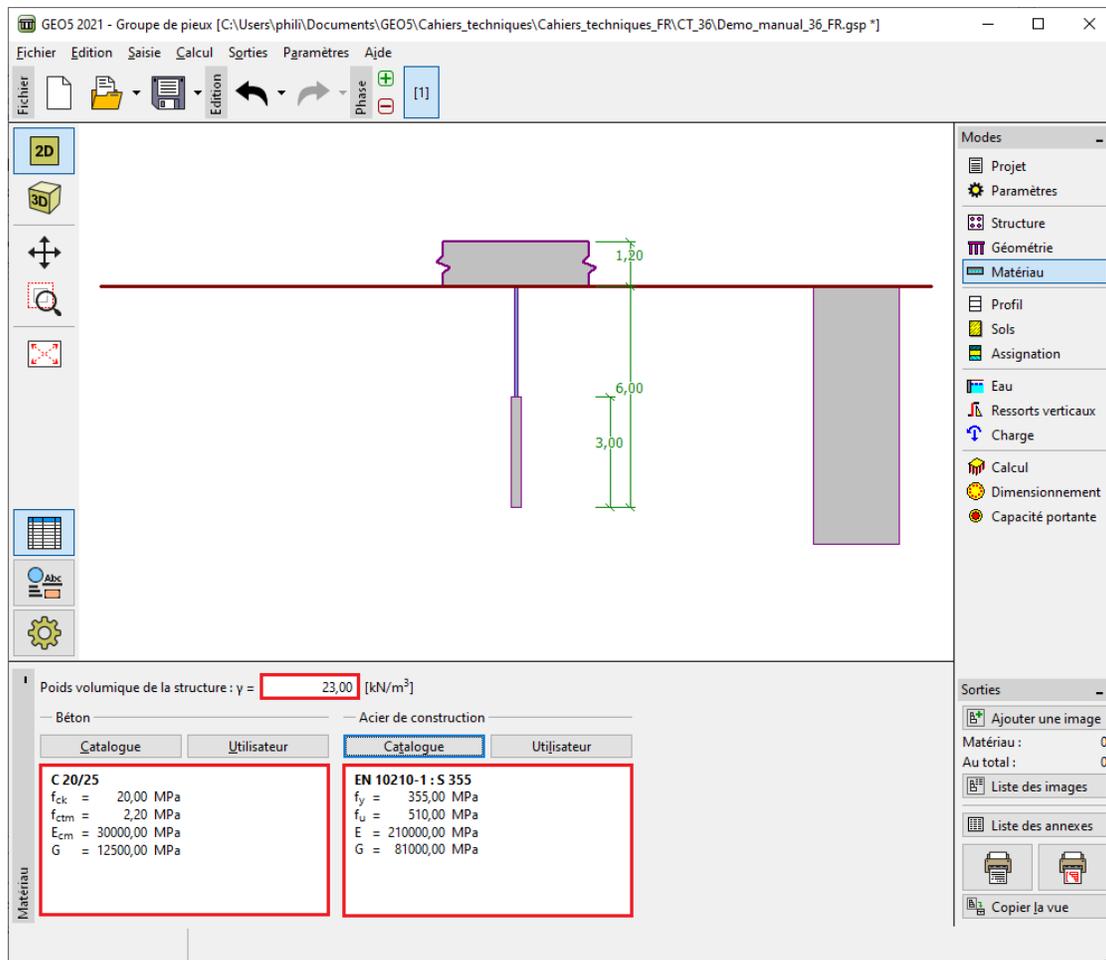


FIGURE 8 – Cadre « Matériau »

2.5 Charge

Le **cadre « Charge »** va nous permettre d'ajouter des charges. Les valeurs de la charge d'exploitation sont indiquées dans le tableau 3 et les valeurs de la charge de calcul sont indiquées dans le tableau 4.

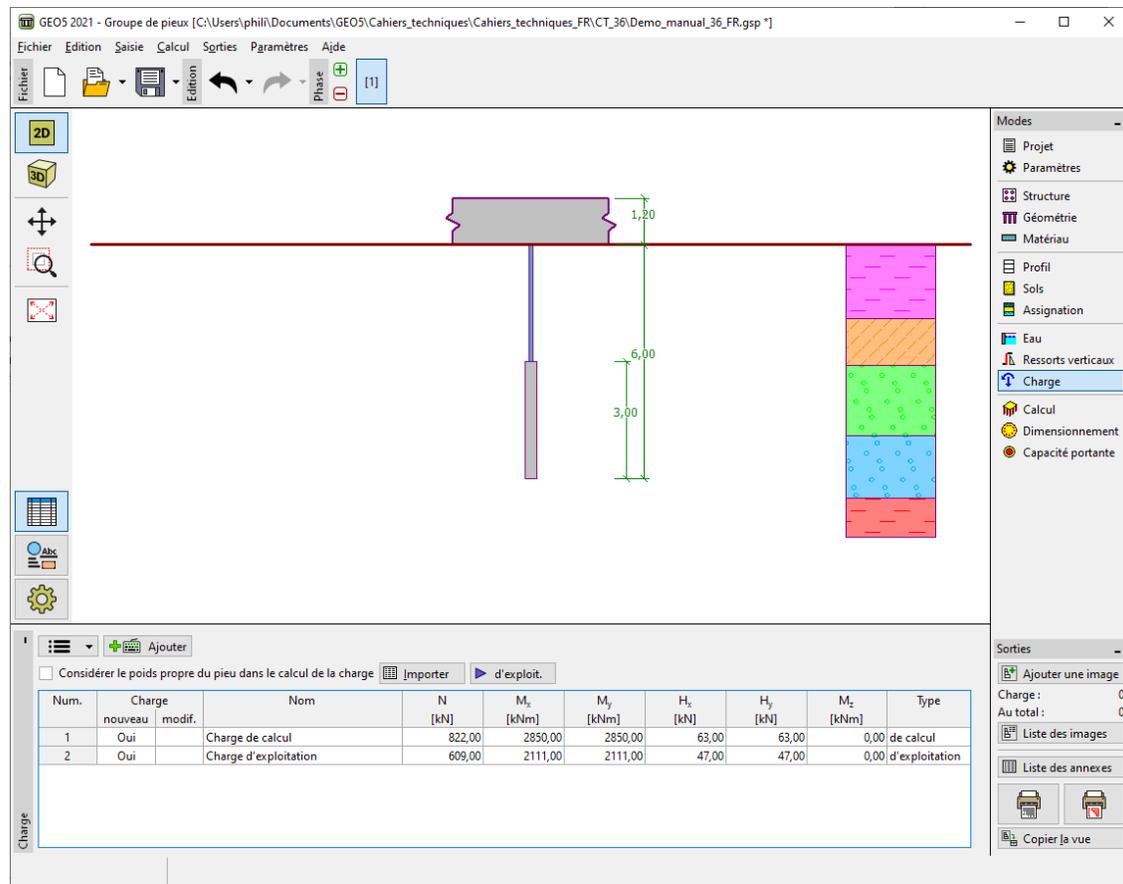


FIGURE 9 – Cadre « Charge »

2.6 Profil géologique

Le profil géologique est défini dans les cadres « Profil », « Sols » et « Assignment ». Dans le cadre « Profil », nous allons définir les différentes couches du profil géologique. Dans le cadre « Sols », nous allons définir les sols et la dernière étape se fera dans le cadre « Assignment », dans lequel les sols seront assignés aux différentes couches du profil géologique. Le profil géologique ainsi que les propriétés de chaque sol sont présentés dans le tableau 2.

Dans la fenêtre de dialogue « Ajouter des nouveaux sols », il convient de saisir les valeurs pour la « Détermination du module de réaction du sol de fondation ». La plage représentative des valeurs du « Coefficient k » et la formule pour déterminer « l'angle de transfert β » sont indiquées dans l'aide (touche F1), dans la rubrique « Distribution linéaire du module de réaction ».

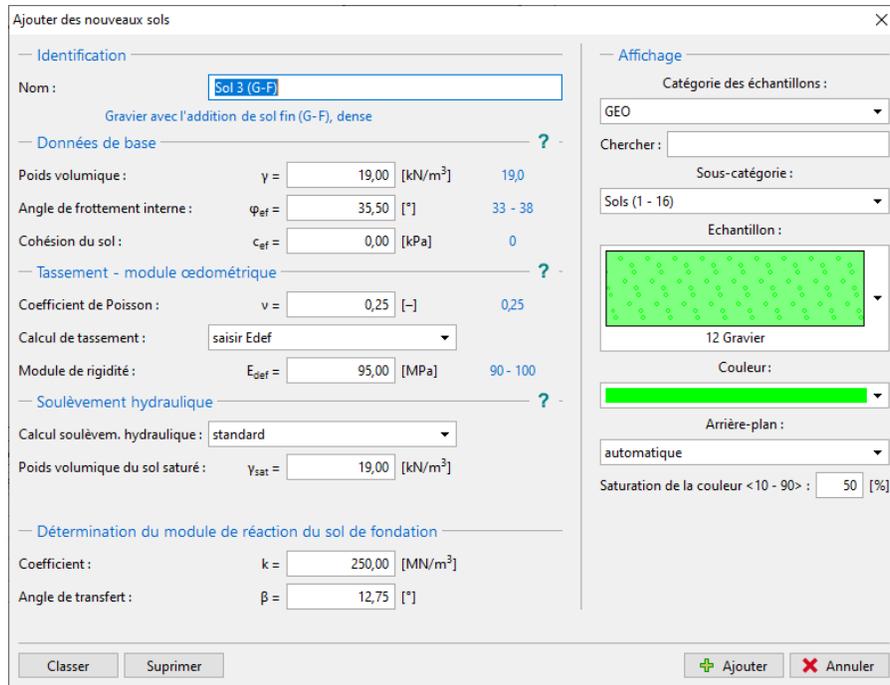


FIGURE 10 – Fenêtre de dialogue « Ajouter des nouveaux sols »

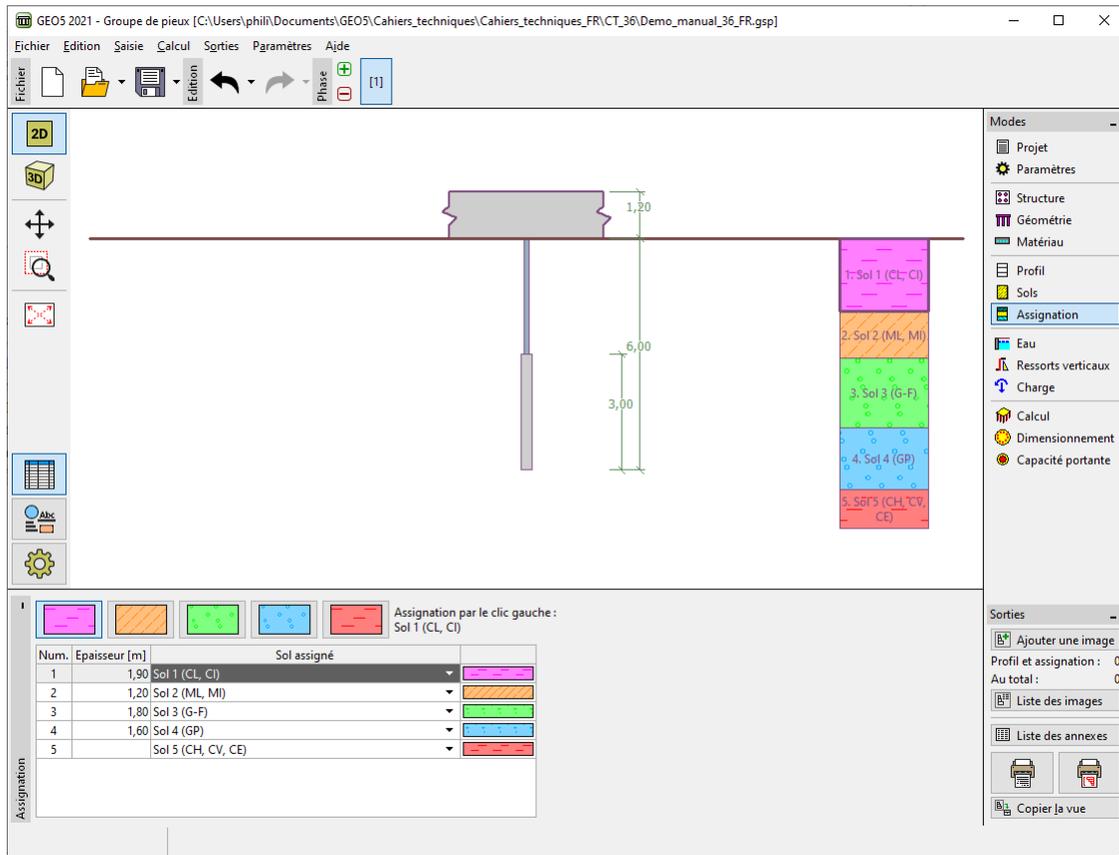


FIGURE 11 – Cadre « Assignation »

2.7 Ressorts verticaux

Le **cadre « Ressorts verticaux »** permet de définir le comportement d'un micropieu dans la direction verticale. La charge d'un micropieu est transmise au sol par la pointe et le fût du scellement.

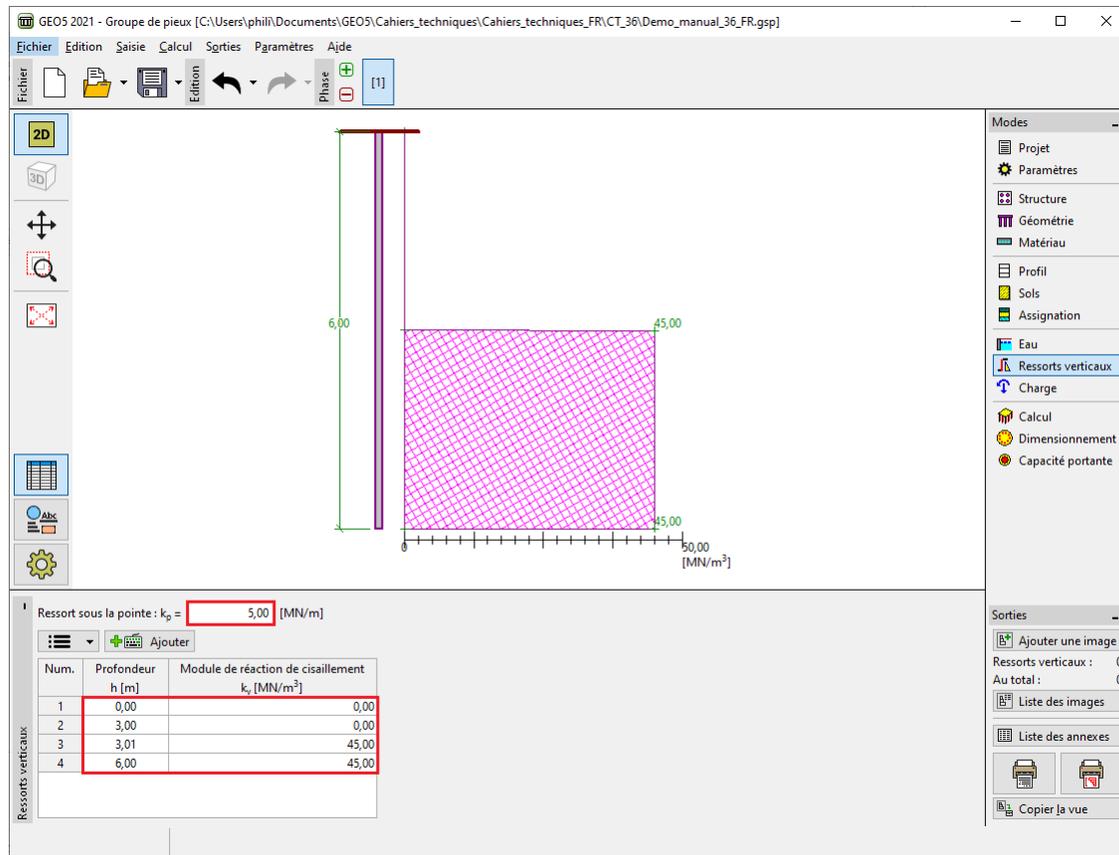


FIGURE 12 – Cadre « Ressorts verticaux »

2.8 Résultats

2.8.1 Calcul

Le **cadre « Calcul »** permet de visualiser les résultats des calculs de l'étude. Les résultats (efforts internes, déplacements, etc.) sont affichés pour un ou pour tous les micropieux. Sur le côté droit de la fenêtre, les résultats concernant les efforts internes maximaux (de tous les cas de charge) et ceux liés aux déplacements maximaux (uniquement des cas de charge d'exploitation) de l'ensemble de la structure sont affichés. La figure ci-dessous restitue les résultats pour le micropieux n° 16.

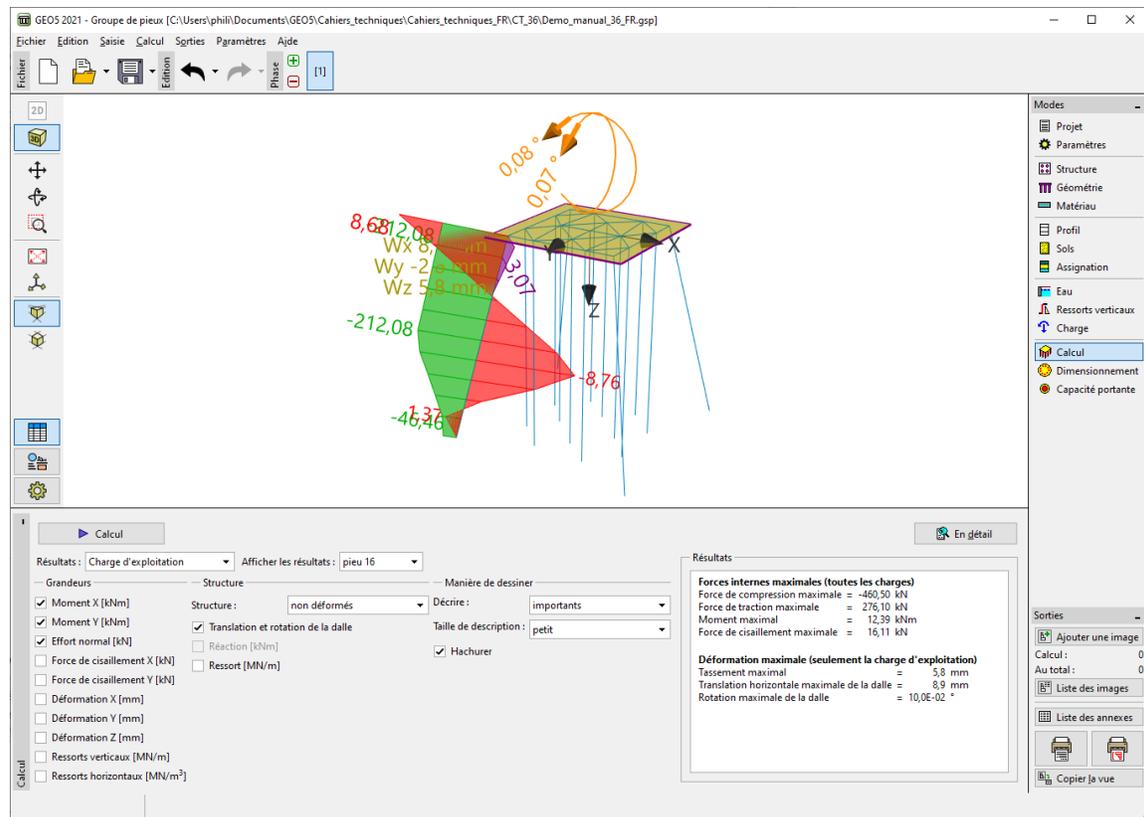


FIGURE 13 – Cadre « Calcul »

Les résultats des calculs pour le paramétrage initial (pour une déformation maximale) sont les suivants :

- tassement maximal : 5,8 mm
- déplacement horizontal maximal de la dalle de fondation : 8,9 mm
- rotation maximale de la dalle : $10,0 \cdot 10^{-2} \text{ °}$

2.8.2 Dimensionnement

Le cadre « Dimensionnement » permet de visualiser les efforts internes du cas de charge sélectionné ou de l'enveloppe des cas de charge. Les résultats peuvent également être affichés pour n'importe quel pieu. Les forces internes totales sont égales aux forces résultantes calculées à partir des composantes X et Y. La figure suivante montre les efforts internes de l'enveloppe des cas de charge pour tous les micropieux.

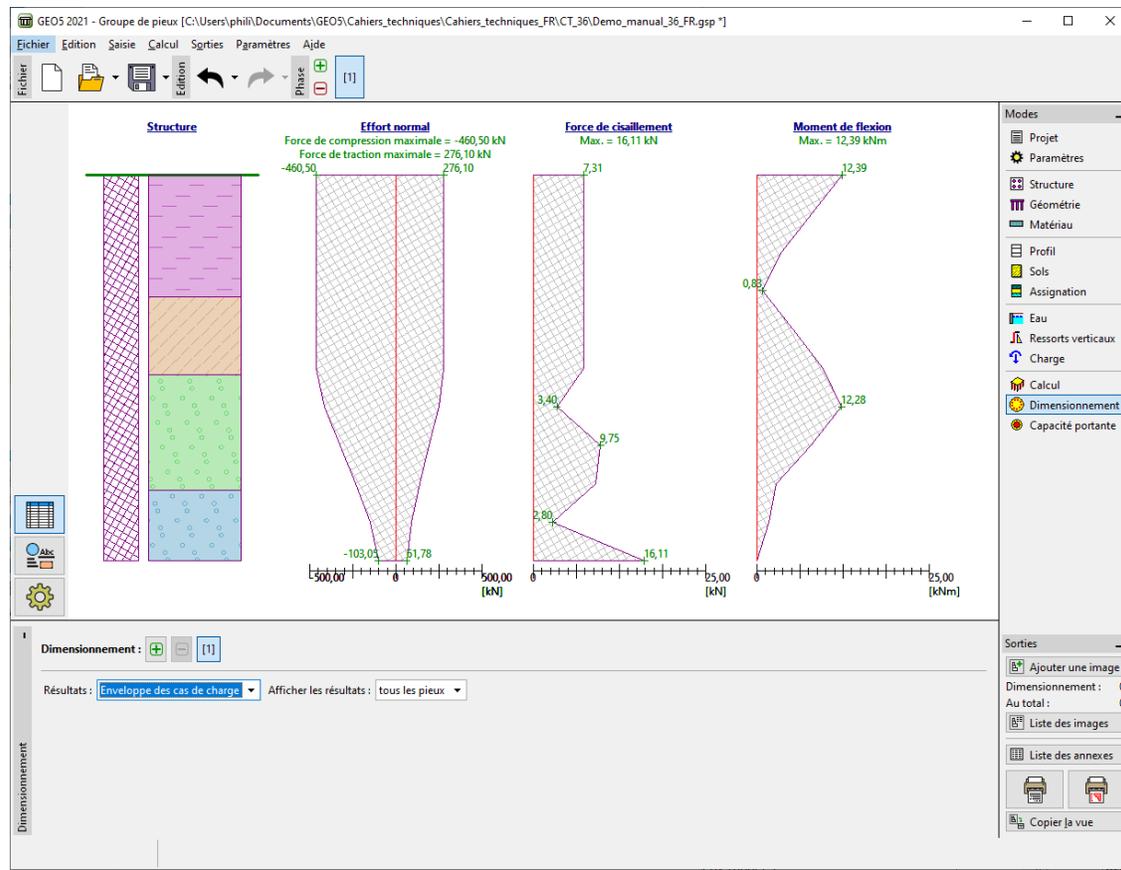


FIGURE 14 – Cadre « Dimensionnement »

2.8.3 Capacité portante

L'évaluation de la section du micropieu et son scellement se fait dans le programme GEO5 « Micropieux », il suffit simplement de cliquer sur le bouton « Capacité portante », tous les résultats et les données sont automatiquement transmises vers ce programme.

Évaluation de la section La vérification de la section d'acier d'un micropieu se fait dans le cadre « Calcul de la section ». Les résultats pour le micropieu le plus chargé sont calculés automatiquement. La corrosion n'est pas prise en compte dans ce cas car notre fondation en micropieux n'est pas une structure permanente. Les conditions aux limites sont considérées comme : « charnière – encastrement ».

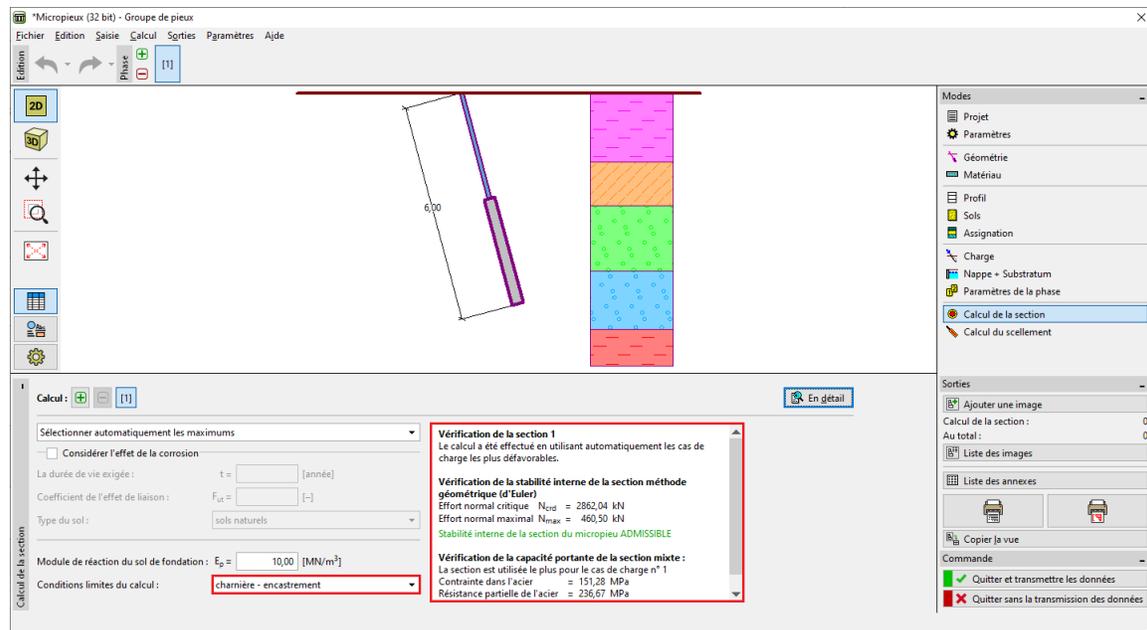


FIGURE 15 – Programme « Micropieux » - Cadre « Calcul de la section »

Évaluation de la stabilité interne :

$$N_{crd} (= 2862,04 \text{ kN}) \geq N_{max} (= 460,50 \text{ kN})$$

La stabilité interne de la section du micropieu est satisfaisante

Évaluation de la capacité portante de la section couplée :

$$f_{y,d} (= 236,67 \text{ MPa}) \geq \sigma_s (= 151,28 \text{ MPa})$$

La section couplée du micropieu est satisfaisante

Évaluation du scellement La vérification de la capacité portante du scellement du micropieu se fait dans le cadre « Calcul du scellement ». La vérification est faite selon la théorie de Lizzi et le frottement latéral moyen est fixé à $q_{sav} = 350 \text{ kPa}$.

Remarque : la méthode de calcul de la capacité portante des scellements peut être modifiée dans le cadre « Paramètres » en modifiant les paramètres « Micropieux ».

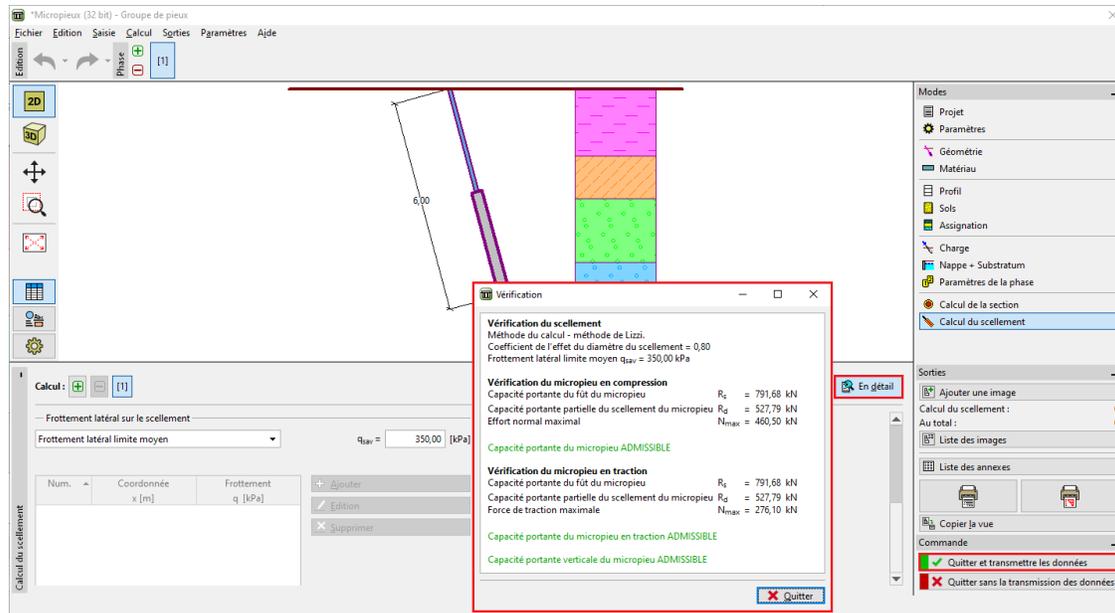


FIGURE 16 – Programme « Micropieux » - Cadre « Calcul du scellement »

Évaluation du micropieu en compression :

- Effort normal maximal : $N_{max} = 460,50 \text{ kN}$
- Capacité portante du fût du micropieu : $R_s (= 791,68 \text{ kN}) \geq N_{max}$
- Capacité portante partielle du scellement du micropieu : $R_d (= 527,79 \text{ kN}) \geq N_{max}$

La capacité portante du micropieu en compression est satisfaisante

Évaluation du micropieu en traction :

- Force de traction maximale : $N_{max} = 276,10 \text{ kN}$
- Capacité portante du fût du micropieu : $R_s (= 791,68 \text{ kN}) \geq N_{max}$
- Capacité portante partielle du scellement du micropieu : $R_d (= 527,79 \text{ kN}) \geq N_{max}$

La capacité portante du micropieu en traction est satisfaisante

Il ne reste plus qu'à sauvegarder les résultats en cliquant sur le bouton « Quitter et transmettre les données ».

3 Conclusion

Les valeurs de tassement maximal, de déplacements horizontaux maximaux et de rotation de la dalle de fondation se situent dans les limites admissibles.

Le dimensionnement d'un micropieu TK 108/20 en acier de construction EN 10210-1 : S355 et son scellement sont satisfaisants selon EN 1997 – DA2.