

GEO5

Analyse du tassement d'un pieu isolé

Résumé

L'objectif de ce cahier technique est d'expliquer comment utiliser le programme GEO5 « Pieux » pour réaliser l'analyse du tassement d'un pieu isolé dans le cadre d'un problème pratique.

Le fichier exemple correspondant est « Demo_manual_14.gpi ».

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 Description du problème

La spécification générale du problème est décrite dans le cahier 12. *Fondations sur pieux - Introduction*. Toutes les analyses de tassement d'un pieu isolé doivent être réalisées sur la base du problème précédent présenté dans le cahier 13. *Analyse de la capacité portante verticale d'un pieu isolé*.

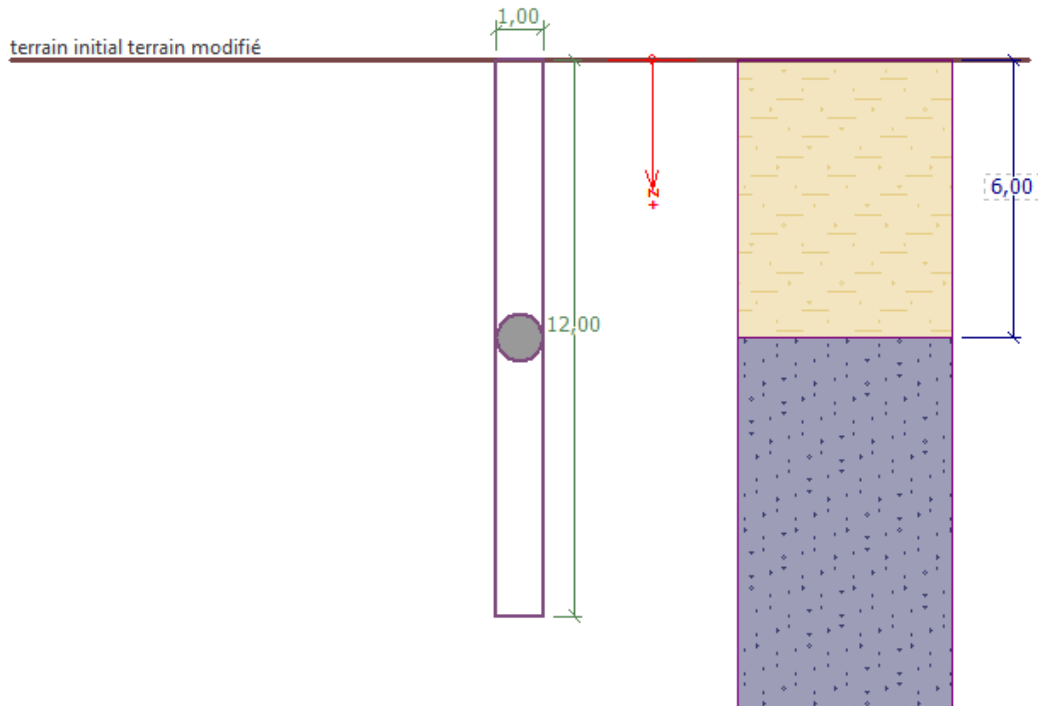


FIGURE 1 – Schéma de spécification du problème - Pieu isolé

2 Solution

Nous utiliserons le programme GEO5 « Pieux » pour étudier ce problème. Le texte ci-dessous décrit la solution de ce problème étape par étape.

Dans cette analyse, nous calculerons le tassement d'un pieu isolé en utilisant les méthodes suivantes :

- théorie linéaire du tassement (selon **Poulos**)
- théorie non linéaire du tassement (selon **Masopust**)

La **courbe de charge linéaire** (solution selon Poulos) est déterminée à partir des résultats du calcul de la capacité portante verticale du pieu. Les données fondamentales de ce calcul sont les valeurs de la **capacité portante du fût du pieu** R_s et la **capacité portante de la pointe du pieu** R_b . Ces valeurs sont obtenues à partir de l'analyse précédente de la capacité portante verticale du pieu en fonction de la méthode appliquée (NAVFAC DM 7.2, Contrainte effective, ČSN 73 1002 ou Tomlinson).

La **courbe de charge non linéaire** (solution selon Masopust) est construite à partir de la spécification de **coefficients de régression**. Le résultat est donc indépendant des méthodes d'analyse de la capacité portante et peut donc même être utilisé pour déterminer la capacité portante verticale d'un pieu isolé lorsque la capacité correspond au tassement admissible (généralement 25 mm).

2.1 Théorie linéaire du tassement (Poulos)

2.1.1 NAVFAC DM 7.2

Dans le programme « Pieux », ouvrez le fichier du cahier n° 13. Dans le cadre « Paramètres », nous laissons les paramètres d'analyse inchangés - nous utilisons le paramètre « Standard - EN 1997 - DA2 », qui est le même que dans le problème précédent. L'analyse de la capacité portante se fera selon la méthode NAVFAC DM 7.2. Nous cochoons également l'option « Ne pas considérer la capacité portante horizontale ». La courbe de charge linéaire (Poulos) est déjà sélectionnée pour ce paramétrage d'analyse.

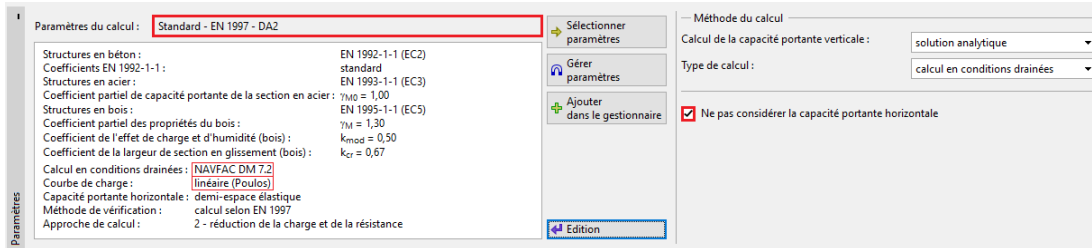


FIGURE 2 – Cadre « Paramètres »

Remarque : l'analyse de la courbe de charge limite est basée sur la théorie de l'élasticité. Le sol est caractérisé par son module de déformation E_{def} et son coefficient de Poisson ν .

Pour la prochaine étape, nous allons dans le cadre « Sols » et vérifions que les propriétés de déformation des sols nécessaires à l'analyse du tassement sont correctement définies, c'est-à-dire le module œdométrique E_{oed} ou module de déformation E_{def} et le coefficient de Poisson ν .

| Sols | Poids volumique γ [kN/m ³] | Angle de frottement interne φ_{ef}/φ_u [°] | Cohésion du sol c_{ef}/c_u [kPa] | Coefficient de Poisson ν [-] | Module œdométrique E_{oed} [MPa] |
|--|---|--|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Argile sableuse (CS), consistance ferme | 18,5 | - / 0,0 | - / 50,0 | 0,35 | 8 |
| Sable avec trace de fines (S-F), sol moyennement dense | 17,5 | 29,5 | 0,0 | 0,30 | 21 |

TABLE 1 – Tableau des paramètres des sols - Tassement d'un pieu isolé

Ensuite, dans le cadre « Charge », nous définissons la charge de service dans le but d'analyser le tassement du pieu isolé. Cliquez sur le bouton « Ajouter » et créez une nouvelle charge comme indiqué sur la figure ci-dessous.

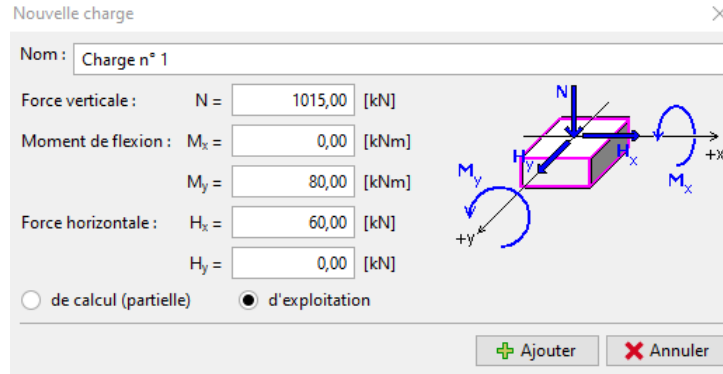


FIGURE 3 – Fenêtre de dialogue « Nouvelle charge »

Tous les autres cadres restent inchangés. Nous pouvons maintenant poursuivre l'analyse du tassement dans le cadre « Tassement ».

Dans ce cadre, nous spécifions le module de déformation sécant E_s [MPa] pour chacun des types de sols en cliquant sur le bouton « Édition E_s ».

Pour la 1ère couche de sol cohérent (classe CS), nous fixerons la valeur du module de déformation sécant à $E_s \approx 17,0$ MPa, pour la 2ème couche de sol pulvérulent (classe S-F) : $E_s \approx 24,0$ MPa.

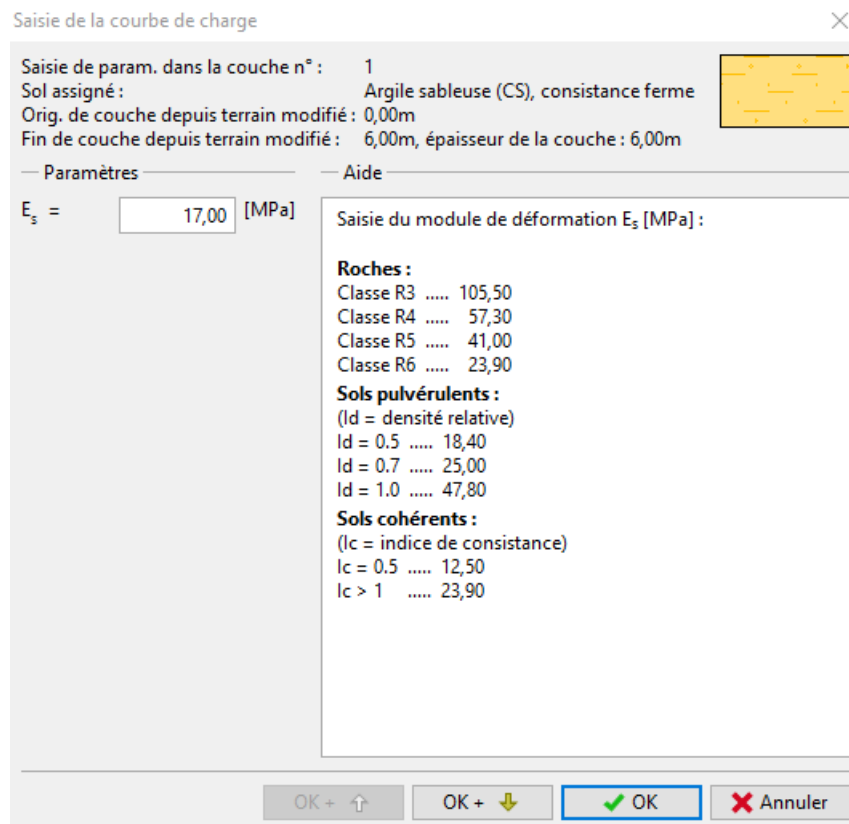


FIGURE 4 – Fenêtre de dialogue « Saisie de la courbe de charge » - Saisie du module de déformation sécant E_s du sol CS

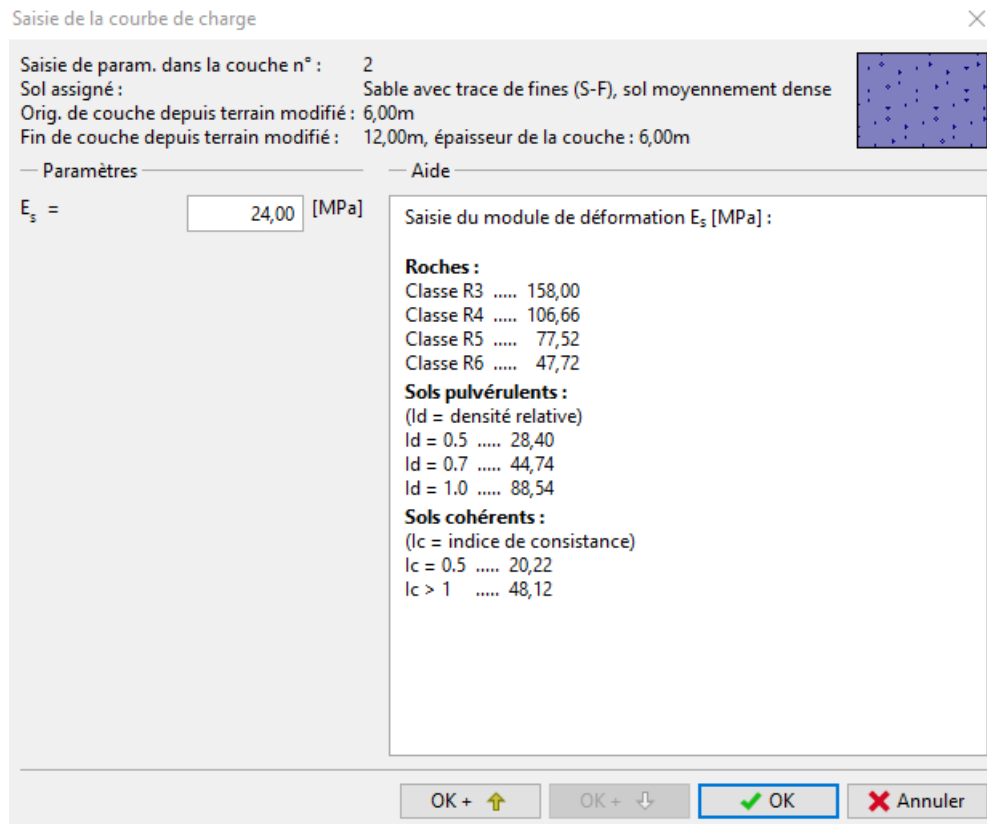


FIGURE 5 – Fenêtre de dialogue « Saisie de la courbe de charge » - Saisie du module de déformation sécant E_s du sol S-F

Remarque : le module de déformation sécant dépend du diamètre du pieu et de l'épaisseur de chacune des couches de sol. Les valeurs de ce module doivent être déterminées sur la base d'essais in situ. Sa valeur pour les sols pulvérulents (resp, les sols cohérents) dépend aussi de l'indice de densité relative I_d (resp. de l'indice de consistance I_c).

De plus, il nous faut fixer le tassement limite, qui est la valeur de tassement maximal pour laquelle la courbe de charge est calculée. Dans cette étude, nous considérerons un tassement maximum de 25 mm.

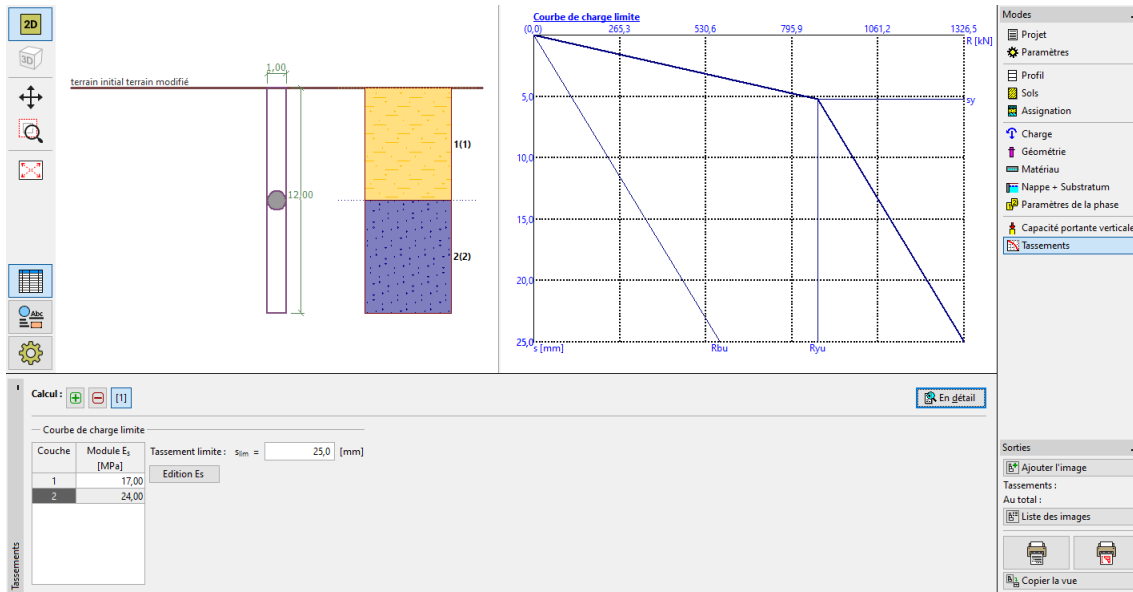


FIGURE 6 – Cadre « Tassement » - Courbe de charge linéaire (solution selon Poulos)

Ensuite, cliquez sur le bouton « En détail » et dans la fenêtre de dialogue, nous pouvons voir la valeur de tassement calculée pour la charge d'exploitation maximale.

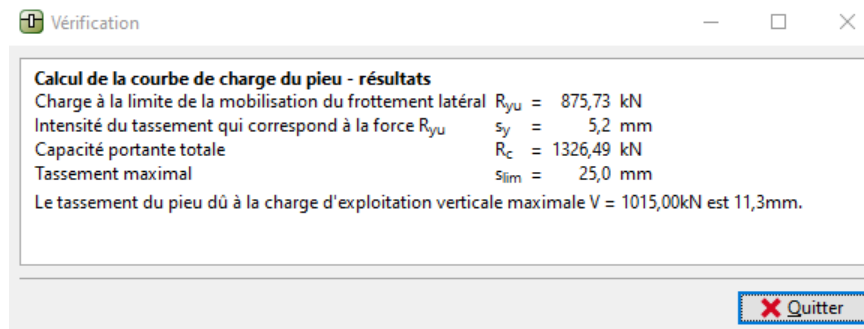


FIGURE 7 – Fenêtre de dialogue « En détail » - Valeur du tassement (NAVFAC DM 7.2)

Pour l'analyse de la capacité portante verticale par la méthode **NAVFAC DM 7.2**, le tassement résultant du pieu isolé est de **11,3** mm.

2.1.2 Autres méthodes de calcul

Nous allons maintenant revenir aux paramètres de l'analyse. Dans le cadre « Paramètres », cliquez sur le bouton « Édition », dans l'onglet « Pieux » pour l'analyse en conditions drainées, nous sélectionnons d'abord l'option « Contrainte effective » ; l'option « ČSN 73 1002 » fera l'objet de la prochaine analyse. Les autres paramètres d'entrée resteront inchangés.

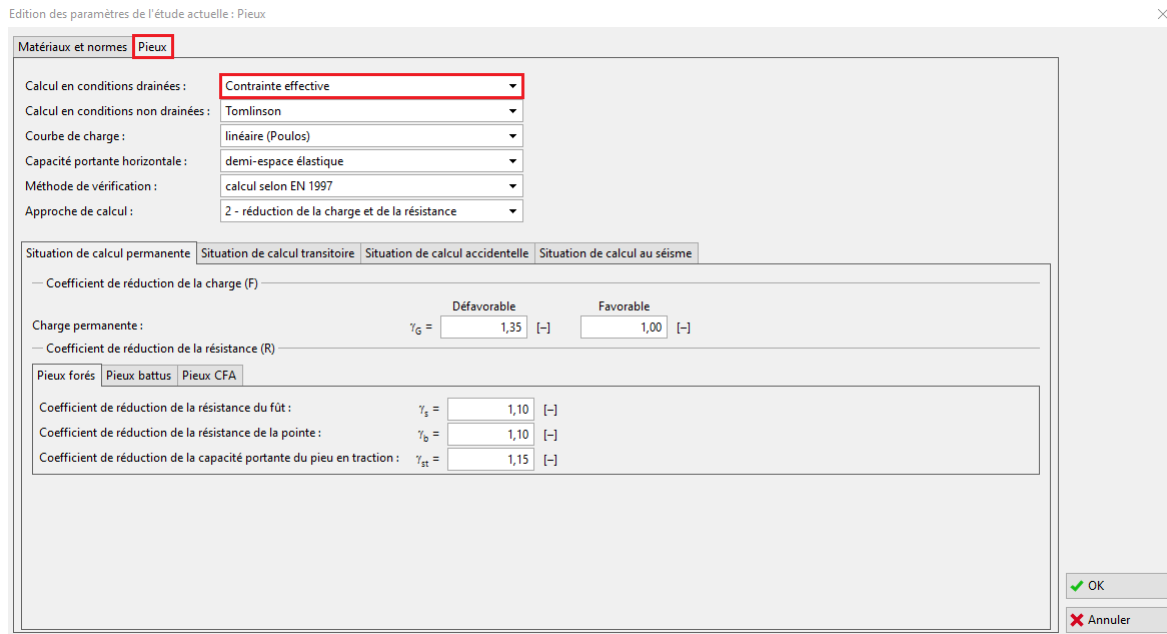


FIGURE 8 – Fenêtre de dialogue "Modifier les paramètres de l'étude actuelle"

Ensuite, nous retournons sur le cadre « Tassement ». La valeur du tassement limite s_{lim} , le type de pieu et le module de déformation sécant E_s restent identiques à ceux utilisés dans l'analyse précédente.

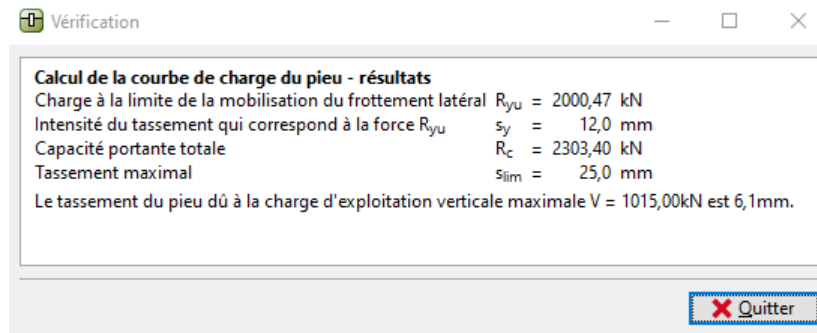


FIGURE 9 – Fenêtre de dialogue « En détail » - Valeur du tassement (Contrainte effective)

Pour la capacité portante verticale d'un pieu isolé déterminée à l'aide de la méthode de la **contrainte effective**, le tassement résultant est de **6,1 mm**.

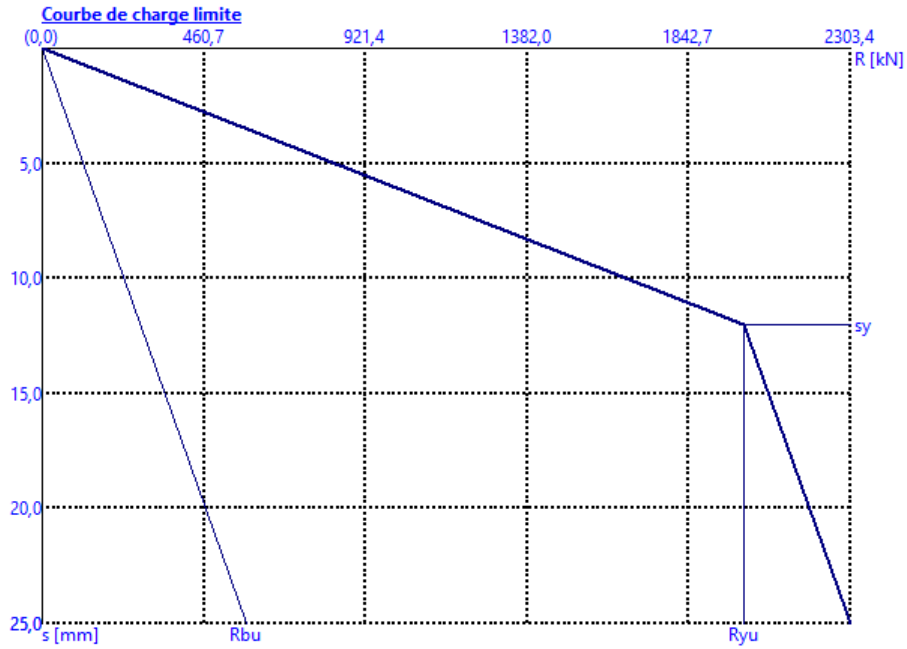


FIGURE 10 – Cadre « Tassement » - Courbe de charge linéaire (selon Poulos) pour la méthode de la contrainte effective

Pour la capacité portante verticale d'un seul pieu déterminée par la méthode ČSN 73 1002, le tassement du pieu est aussi de 6,1 mm.

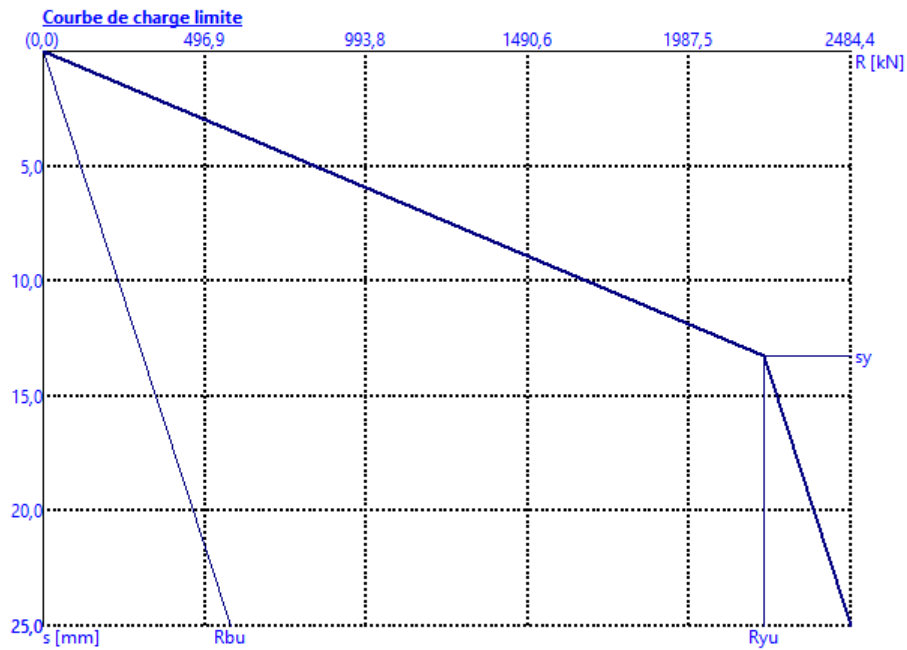


FIGURE 11 – Cadre « Tassement » - Courbe de charge linéaire (selon Poulos) pour la méthode de la ČSN 73 1002

Les résultats de l'analyse du tassement du pieu selon la théorie linéaire (Poulos) en fonction de la méthode d'analyse de capacité portante verticale utilisée sont présentés dans le tableau suivant :

| Courbe de charge linéaire Méthode d'analyse | Charge au début de la mobilisation du frottement latérale R_{qu} [kN] | Résistance totale R_c [kN] pour $s_{lim} = 25$ mm | Tassement du pieu isolé s [mm] |
|--|--|---|----------------------------------|
| NAVFAC DM 7.2 | 875,73 | 1326,49 | 11,3 |
| Contrainte effective | 2000,47 | 2303,4 | 6,1 |
| ČSN 73 1002 | 2215,89 | 2484,40 | 6,1 |

TABLE 2 – Résumé des résultats - Tassement d'un pieu isolé selon la théorie de Poulos

2.2 Théorie non linéaire du tassement (selon Masopust)

Cette solution est indépendante des analyses précédentes de capacité portante verticale du pieu. La méthode est basée sur la solution des équations de la courbe de régression en fonction des résultats des tests de charge statique des pieux. Cette méthode est principalement utilisée en Tchéquie et en Slovaquie. Elle fournit des résultats fiables et prudents pour les conditions géologiques locales d'ingénierie.

Cliquez sur le bouton « Édition » dans le cadre « Paramètres ». Dans l'onglet « Pieux », sélectionnez l'option « non linéaire (Masopust) » pour la courbe de charge.

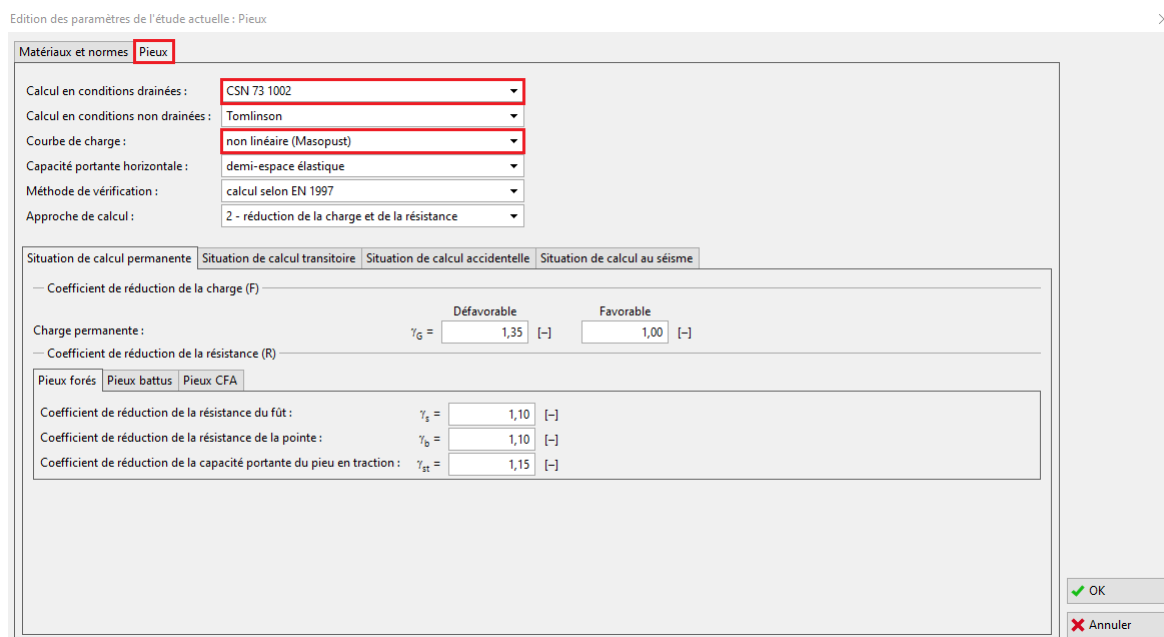


FIGURE 12 – Fenêtre de dialogue « Modifier les paramètres de l'étude actuelle »

Les autres données restent inchangées. Rendez vous maintenant dans le cadre « Tassement ». Nous considérons la **charge d'exploitation** pour la courbe de charge limite non linéaire car il s'agit d'une analyse en fonction de l'état limite de service. Nous laisserons la valeur du coefficient de l'effet de la protection du fût à $m_2 = 1,0$. Cela signifie que nous ne réduirons pas la valeur résultante de la capacité portante verticale du pieu par rapport à la technologie d'installation. Nous laisserons

également les valeurs du tassement (maximum) admissible s_{lim} et du module de déformation sécant E_s identiques à celles utilisées dans les analyses précédentes.

De plus, nous allons définir les valeurs des coefficients de régression à l'aide des boutons « Édition a, b » et « Édition e, f », comme indiqué dans les figures ci-dessous. Pendant la modification, les valeurs des coefficients de régression recommandés pour différents types de sols et de roches sont affichées dans la fenêtre de dialogue.

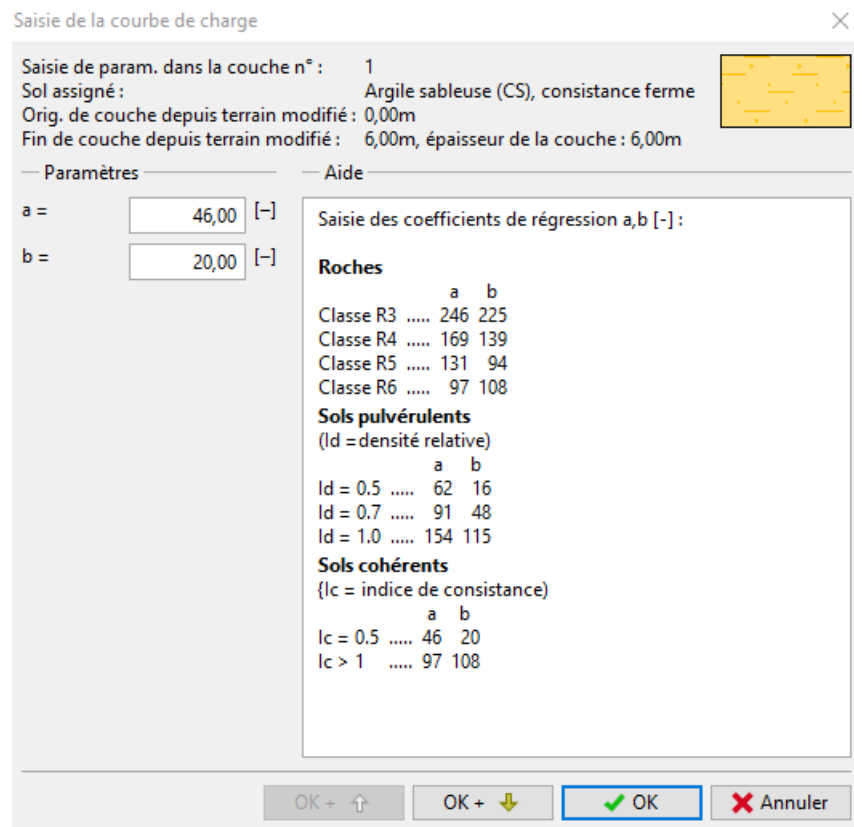


FIGURE 13 – Fenêtre de dialogue « Saisie de la courbe de charge » - Coefficients de régression a, b - Sol CS

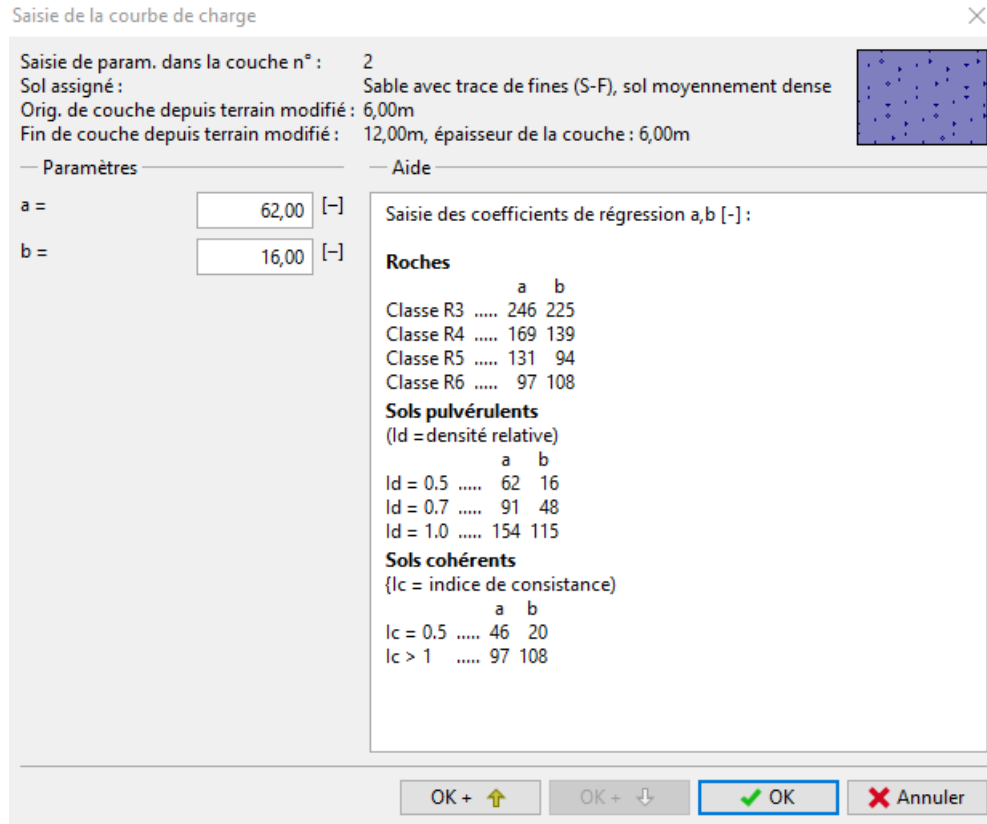


FIGURE 14 – Fenêtre de dialogue « Saisie de la courbe de charge » - Coefficients de régression a, b - Sol S-F

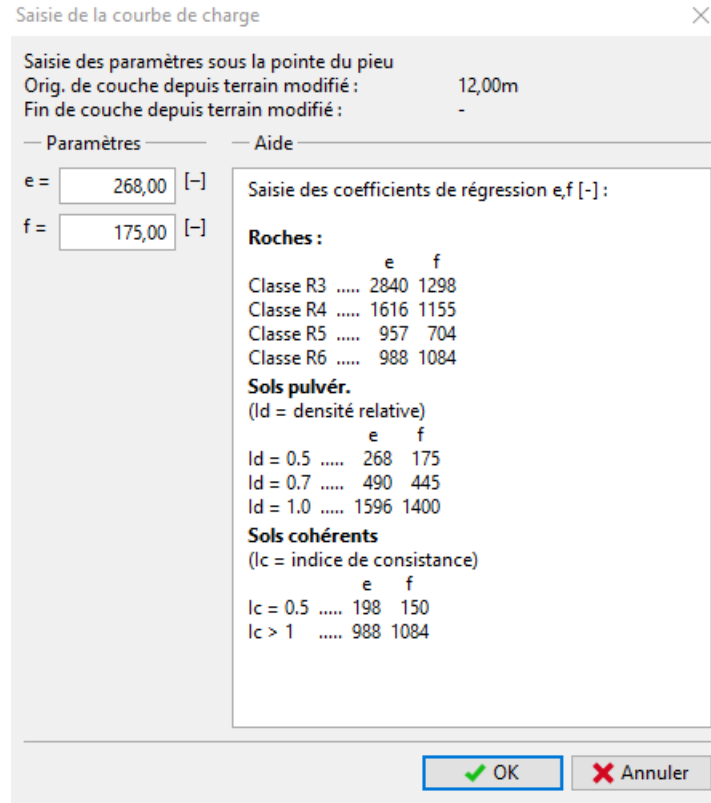


FIGURE 15 – Fenêtre de dialogue « Saisie de la courbe de charge » - Coefficients de régression e, f

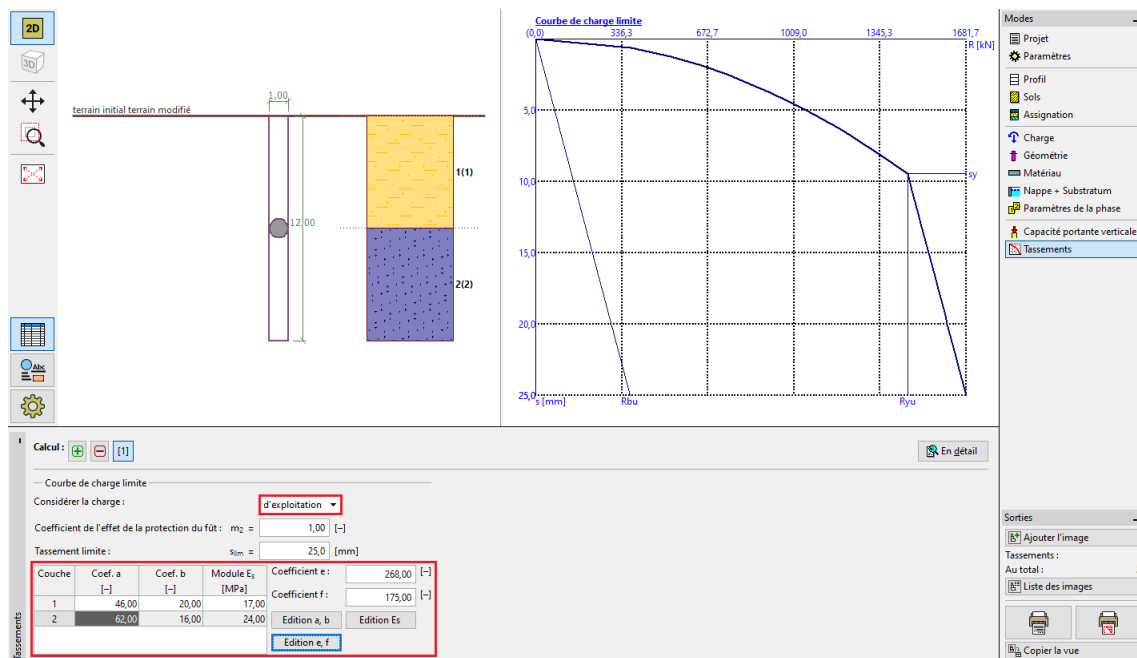


FIGURE 16 – Cadre de « Tassement » - Solution selon la théorie non linéaire du tassement (Masopust)

Remarque : le frottement latéral spécifique dépend des coefficients de régression a et b. La contrainte exercée sur la pointe du pieu (à pleine mobilisation du frottement latéral) dépend des coefficients

de régression e et f . Les valeurs de ces coefficients de régression ont été dérivées des équations de la courbe de régression déterminées sur la base d'une analyse statistique de résultats d'environ 350 essais de charge statique de pieux en Tchéquie et en Slovaquie (pour plus de détails, visitez l'aide du programme - F1). Pour les sols pulvérulents et les sols cohérents, ces valeurs dépendent respectivement de l'indice de densité relative I_d et de l'indice de consistance I_c (pour plus de détails, consultez l'aide du programme - F1).

Le tassement du pieu pour la charge d'exploitation spécifique est $s = 46$ mm.

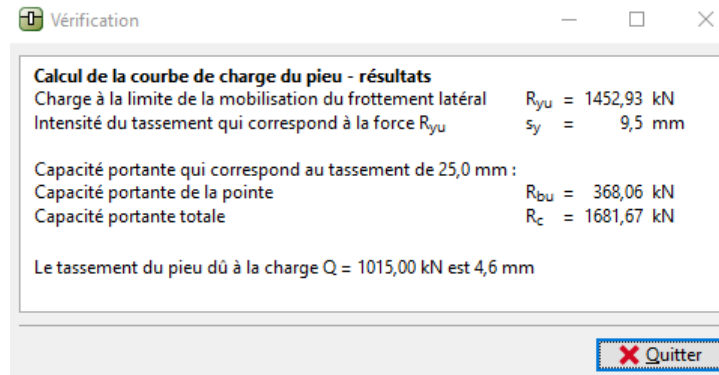


FIGURE 17 – Résultats du tassement - Courbe non linéaire

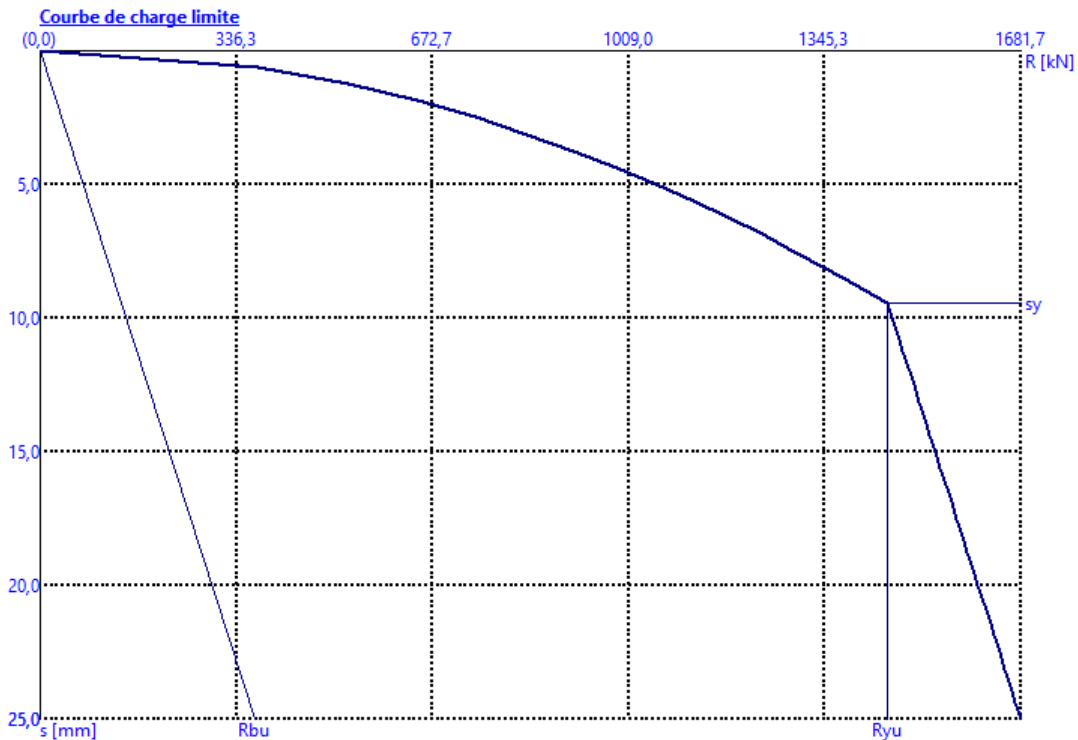


FIGURE 18 – Cadre « Tassement » - Courbe de charge non linéaire (selon Masopust)

Remarque : cette méthode est également utilisée pour l'analyse de la capacité portante d'un pieu, dans laquelle le programme calcule la capacité portante du pieu pour un tassement limite (généralement 25 mm).

Pour le tassement s_{lim} , l'analyse donne : $R_c (= 1681,67 \text{ kN}) > V_d (= 1015,0 \text{ kN})$, la capacité portante verticale est donc **SATISFAISANTE**.

3 Conclusion

Le programme a calculé que le tassement des pieux pour la charge d'exploitation spécifiée se situait entre 4,6 et 11,3 mm(en fonction de la méthode utilisée). Ce tassement est plus petit que le tassement maximum autorisé - le pieu est satisfaisant du point de vue du 2ème état limite.