

GEO5

Méthode des éléments finis : Domaines élastiques (régions sans plasticité)

Résumé

L'objectif de ce manuel est de décrire l'utilisation des « Domaines élastiques » permettant de s'affranchir de déformations plastiques localisées pour des raisons de comportement excessif du modèle, de simplification de modèle ou pour évaluer l'influence de ces déformations.

Le fichier exemple correspondant est « Demo_manual_34.gmk ».

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 Introduction

Lors du chargement, la contrainte développée dans le sol peut dépasser la limite d'élasticité provoquant l'apparition de déformations permanentes présentes dans le corps de sol même après le déchargement. Une telle déformation permanente est également appelée déformation plastique et son évolution peut être décrite à l'aide de modèles standards tels que le modèle de Mohr-Coulomb ou de Drucker-Prager ou en adoptant des modèles plus avancés comme le modèle Cam-Clay. Comme décrit ci-après, nous pouvons souhaiter supprimer le développement de telles déformations dans une certaine région à un stade de calcul donné. Ceci peut être accompli en exploitant la fonction « Domaines élastiques ».

2 Domaines Élastiques

2.1 Quand activer les *domaines élastiques*

Supprimer l'évolution des déformations plastiques peut paraître utile lorsque :

- des déformations plastiques excessives développées dans une certaine région, généralement petite, n'affectent pas le comportement de la structure analysée, mais peuvent entraîner la perte de convergence du schéma numérique non linéaire.
- les simplifications adoptées dans les modèles de calcul provoquent l'apparition et l'évolution de déformations plastiques irréalistes, ce qui peut apparaître par exemple au niveau d'ancrage de la paroi en tôle ou dans le nœud qui la lie au scellement d'ancrage.
- nous souhaitons déterminer comment les déformations plastiques influencent les déplacements et contraintes globaux en comparant l'analyse élastico-plastique à une réponse purement élastique de la structure analysée.

2.2 Quels modèles de matériaux sont applicables aux *domaines élastiques*

La fonction *domaines élastiques* peut être utilisée avec les modèles suivants :

1. Mohr-Coulomb
2. Mohr-Coulomb modifié
3. Drucker-Prager

Le comportement des autres modèles n'est pas affecté par l'activation de *domaines élastiques*.

2.3 Propriétés du sol dans les *domaines élastiques*

Les éléments de la domaine élastique conservent leurs propriétés déterminant la rigidité élastique du matériau (*i.e.* le module de Young, le coefficient de Poisson, le module de cisaillement). Cependant, les paramètres de résistance du sol (*i.e.* la cohésion et l'angle de frottement interne) adoptent de telles valeurs de sorte que la contrainte ne puisse jamais atteindre la surface de limite élastique et ce qui bloque le développement de toute déformation plastique.

Le comportement élastique imposé prend effet uniquement à la phase où le domaine élastique est spécifié. Au cours de cette phase de calcul, les éléments du domaine élastique ne connaîtront aucune évolution des déformations plastiques, conservant ainsi leurs valeurs caractéristiques courantes.

2.4 Ce qu'il faut savoir lors de l'utilisation de *domaines élastiques*

Lors de l'utilisation des domaines élastiques, il convient de garder à l'esprit que dans les éléments sélectionnés, la condition d'élasticité ne peut jamais être violée. Cela signifie que la surface de glissement globale, qui peut entraîner la perte globale de stabilité, ne peut pas traverser cette région.

2.5 Comment définir les *domaines élastiques*

La domaine élastique est spécifiée dans l'étape de calcul sélectionnée comme une région polygonale définis par des points saisis à l'écran. Tous les éléments, qui appartiennent au moins partiellement à cette région, sont mis en évidence par une colorisation spécifique.

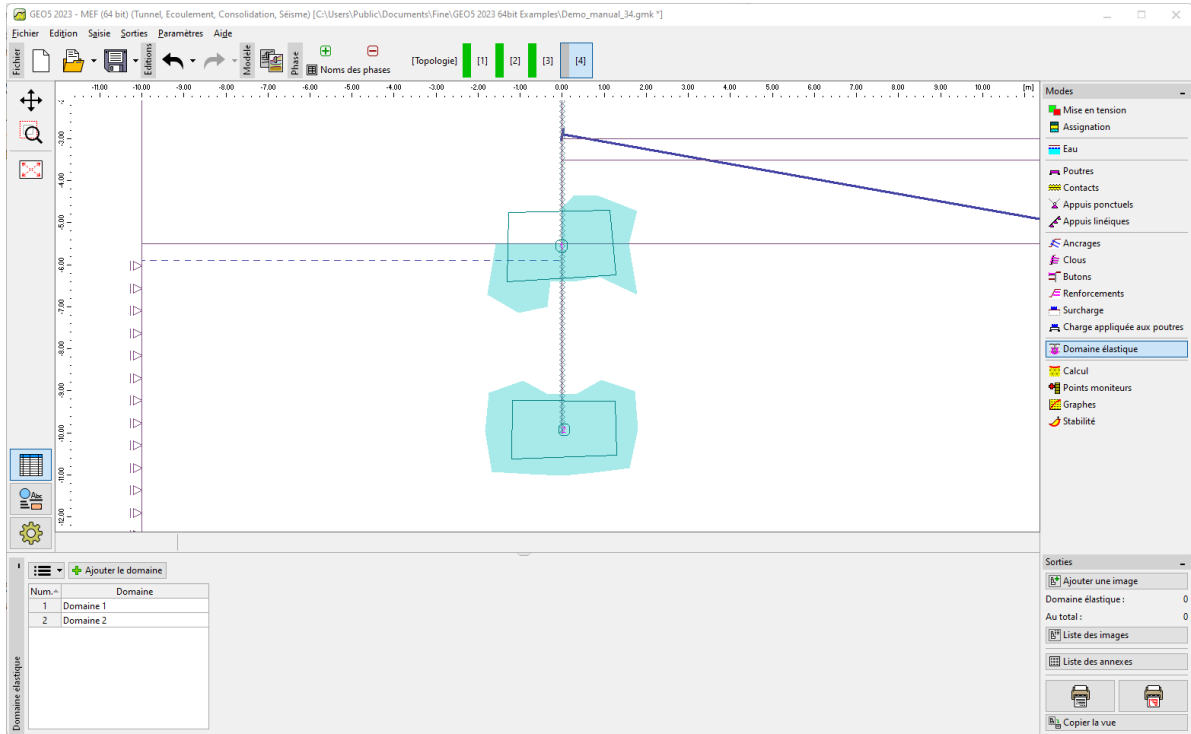


FIGURE 1 – Définition d'une domaine élastique

Remarque : lors de la définition d'un domaine élastique, il peut être utile d'afficher le maillage d'éléments finis, pour cela il suffit de modifier les paramètres de dessin comme sur la figure ci-dessous.

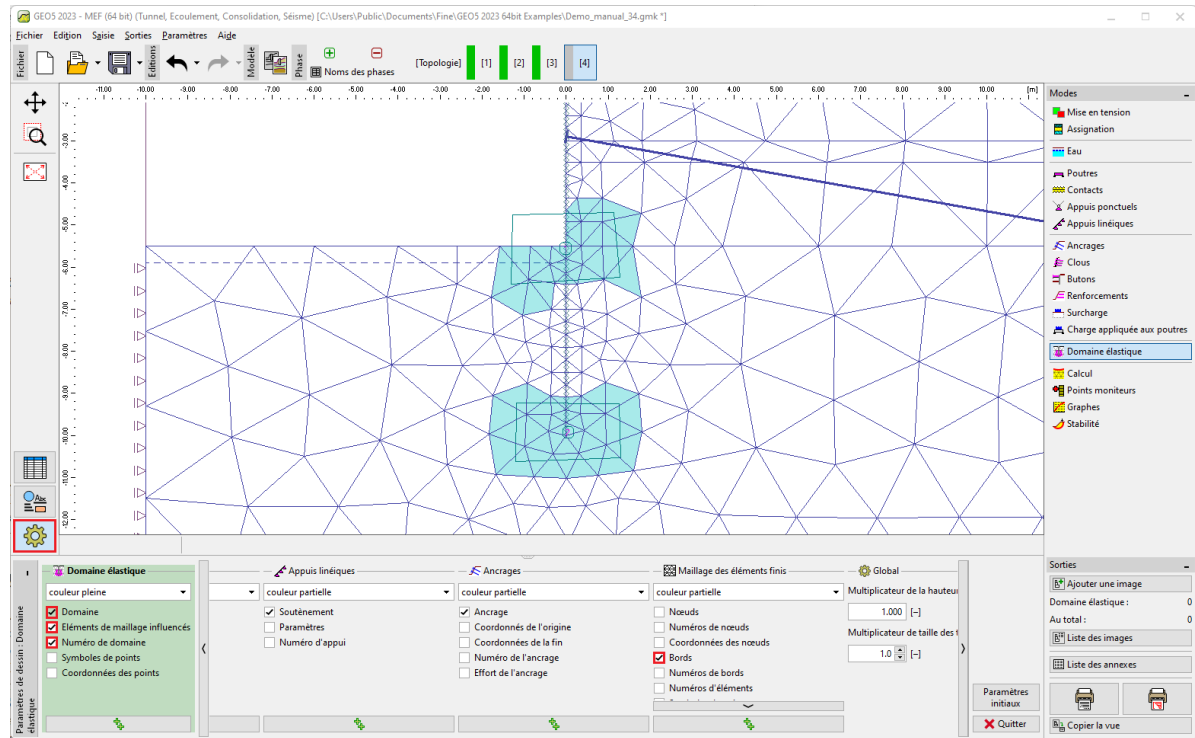


FIGURE 2 – Paramètres de dessin de visualisation des domaines élastiques

Le domaine élastique reste actif également dans les étapes suivantes, mais il peut être désactivé. La suppression du domaine élastique lors de l'étape de calcul ultérieure permet à nouveau de faire évoluer les déformations plastiques dans les éléments respectifs. Cela signifie que la suppression d'un domaine élastique entraîne une redistribution des contraintes et par conséquent une augmentation des déformations plastiques même si aucune charge n'est spécifiée.

3 Application

L'analyse d'une paroi ancrée en palplanches est une application convenable des domaines élastiques. Le fichier « Demo_manual_34.gmk » contient la spécification de la géométrie, du profil du sol et des étapes de calcul. La première étape permet de déterminer la contrainte géostatique. Dans la deuxième étape, nous allons introduire l'élément de poutre amélioré par des éléments d'interface et réaliser l'excavation du sol en désactivant les éléments respectifs jusqu'au niveau des ancrages. Ceux-ci sont introduits dans la troisième étape de calcul, et l'excavation finale des sols sera réalisée dans la quatrième et dernière étape.

Si aucune mesure n'est prise, l'analyse de la 2ème étape se termine à 87,5% de la charge totale, qui est la charge maximale pour laquelle l'équilibre a été atteint. Notons, cependant, que les déformations plastiques n'évoluent que dans quelques éléments sans redistribution supplémentaire, voir la figure ci-après.

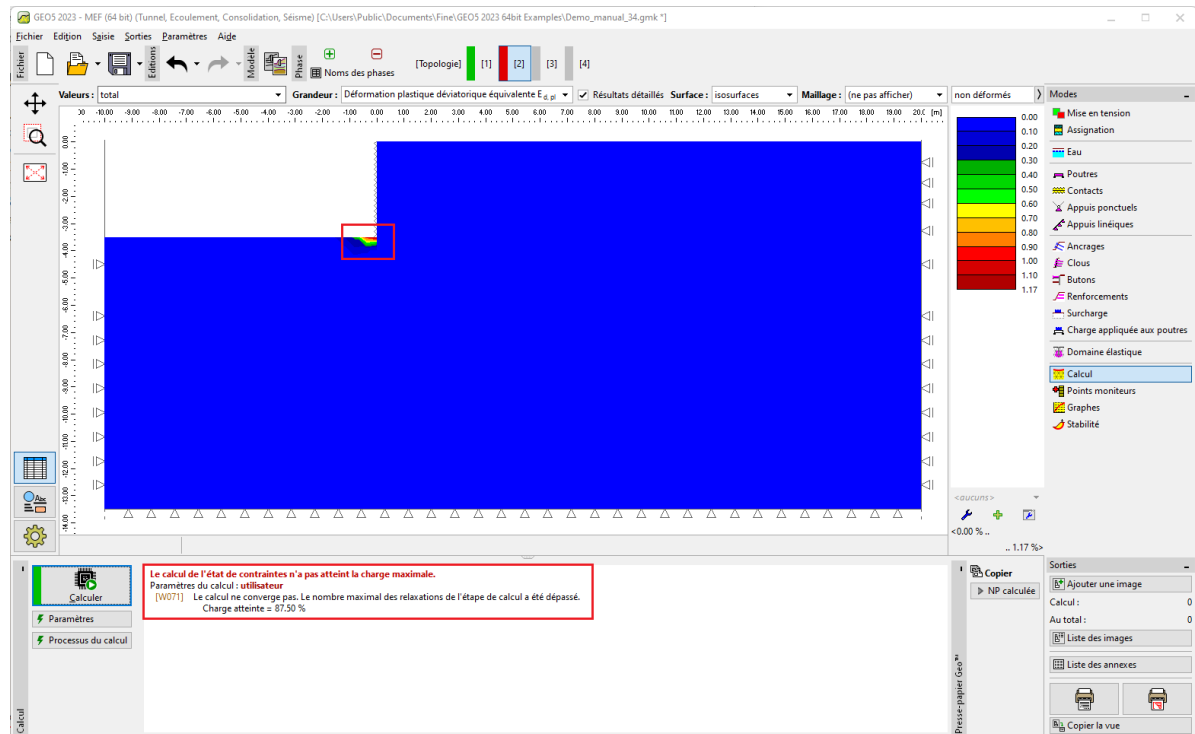


FIGURE 3 – Analyse divergente dans la 2ème étape de calcul

Puisqu'aucune évolution de la surface de rupture globale n'a lieu dans le modèle, nous pouvons attribuer ce résultat à une instabilité numérique plutôt qu'à une instabilité structurelle. Comme remède, nous allons exploiter la fonction *domaines élastiques*. L'élément problématique au fond de la fouille est défini comme domaine élastique.

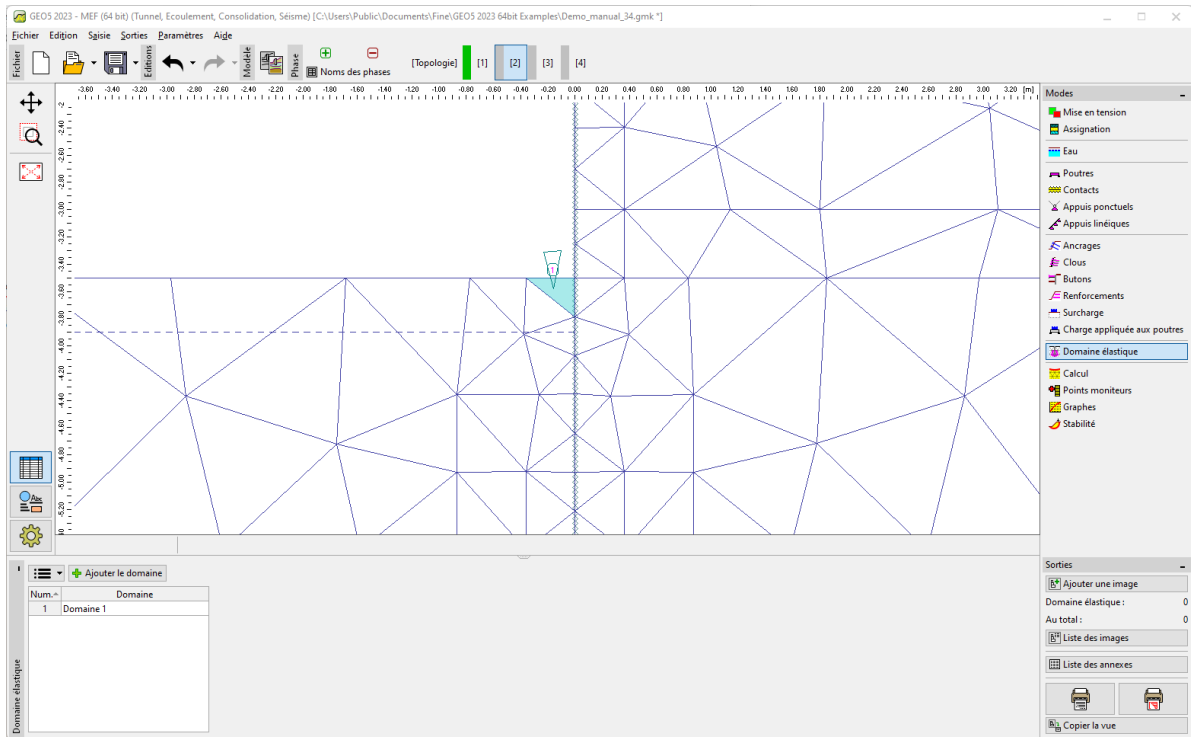


FIGURE 4 – Définition du domaine élastique

Suite à la soumission du calcul, la figure ci-dessous nous permet de constater que toute la charge est appliquée et la déformation plastique est redistribuée aux éléments environnants.

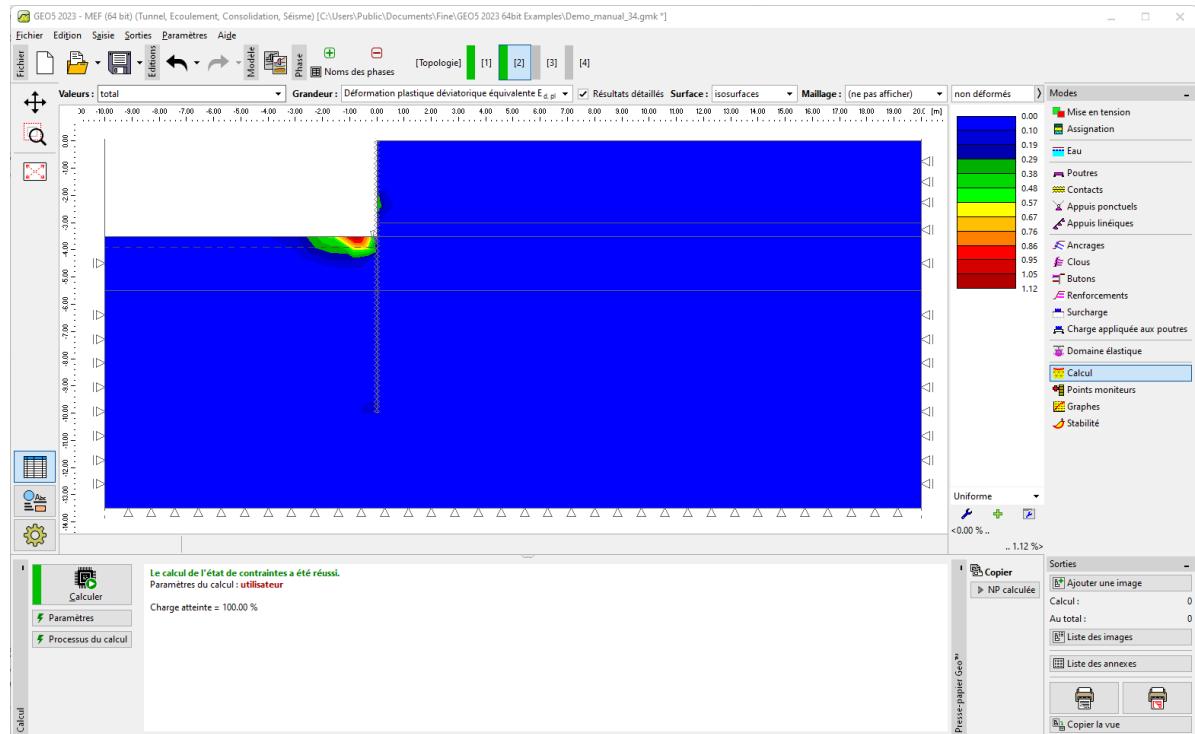


FIGURE 5 – L'équilibre est atteint en utilisant un domaine élastique contenant un unique élément

Remarque : l'élément problématique est chargé dans la direction horizontale (il supporte la réaction horizontale de la paroi provoquée par la pression active dans le sol à droite derrière le mur). En revanche, dans la direction verticale, cet élément est déchargé. Une différence significative entre la contrainte verticale et horizontale provoque une augmentation significative de la contrainte déviatorique et par conséquent l'apparition de déformations plastiques équivalentes.

Dans la troisième étape de calcul, le résultat est similaire - l'équilibre de la charge totale n'est pas atteint en raison des déformations plastiques localisées dans un seul élément au fond de fosse. Ceci peut à nouveau être évité en incluant cet élément dans un domaine élastique.

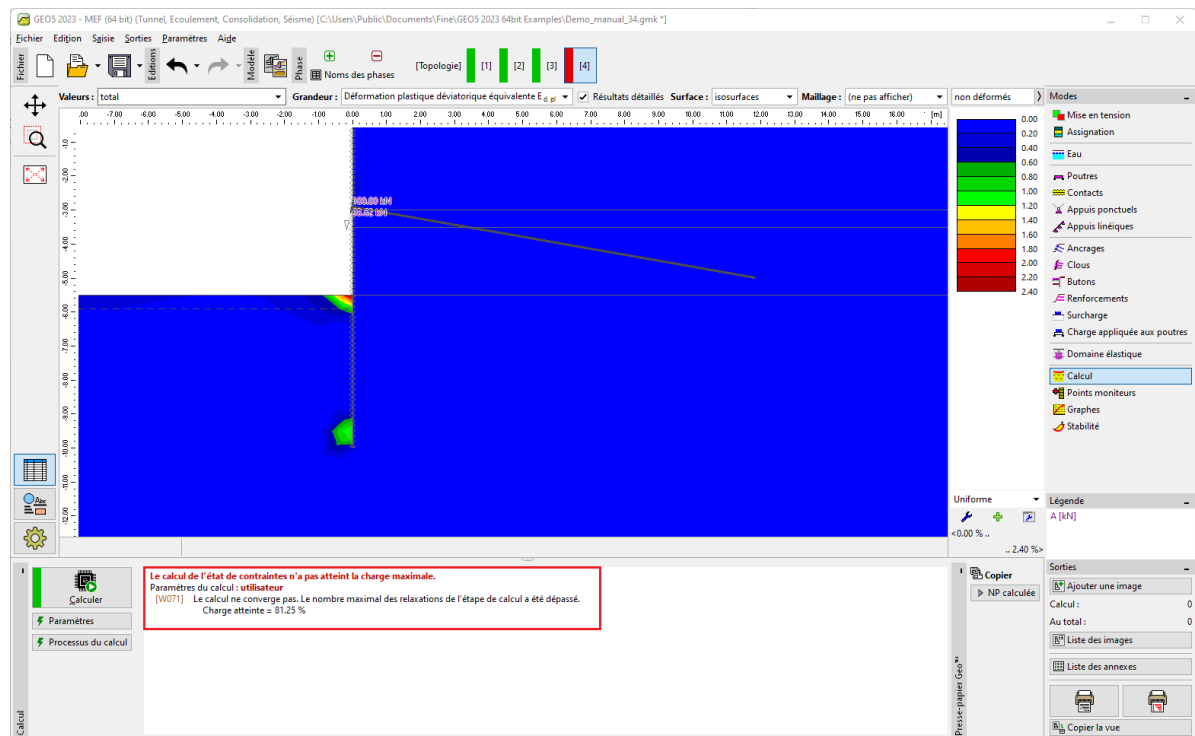


FIGURE 6 – Équilibre de la charge totale non atteint dans la 4ème étape de calcul - aucune redistribution des déformations plastiques n'a lieu, le calcul diverge

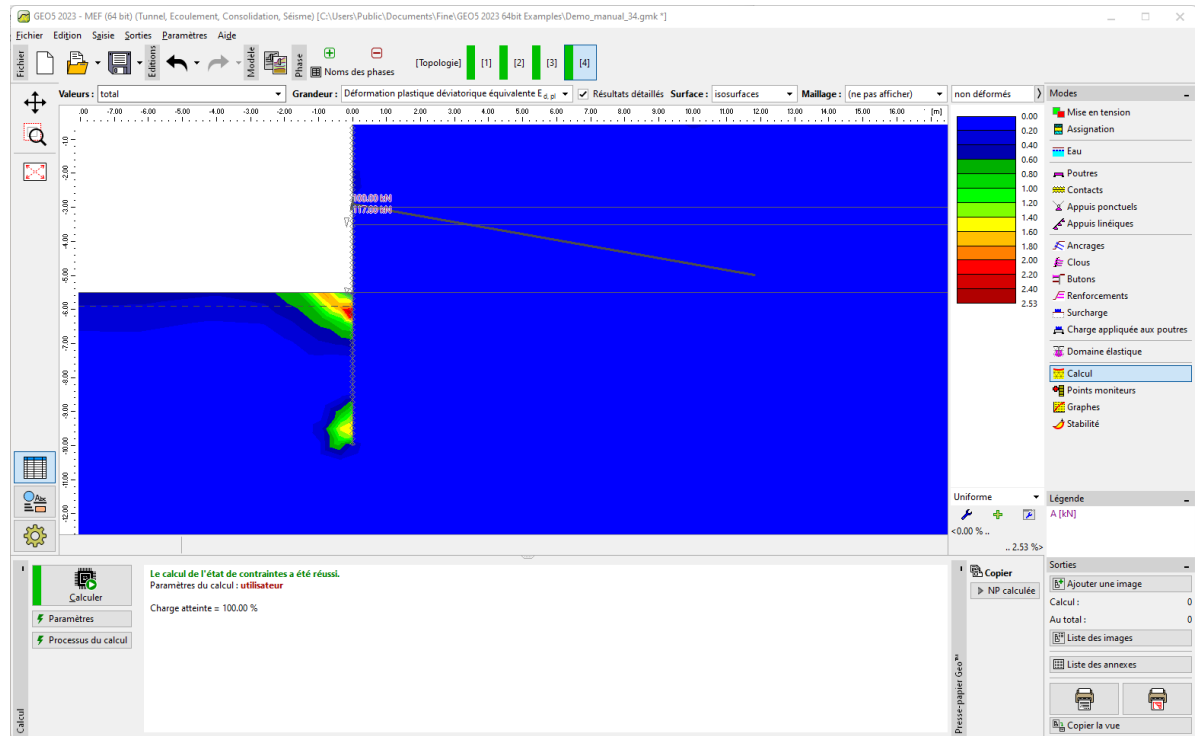


FIGURE 7 – L'équilibre dans la 4ème étape de calcul est atteint grâce à la région élastique

4 Conclusion

La fonction *régions élastiques* permet d'imposer un comportement élastique au sol dans les éléments sélectionnés et ainsi de supprimer l'évolution des déformations plastiques dans ces éléments. Cette approche *ad hoc* fournit une solution dans les cas où l'équilibre ne peut pas être atteint pour la charge spécifiée. Cependant, cette stratégie ne peut être utilisée que si la perte de convergence ou l'apparition d'oscillations est liée à des raisons liées aux calculs, c'est-à-dire que les déformations plastiques localisées ne suggèrent pas la perte globale de stabilité structurelle.