

GEO5

Conception d'un mur cantilever

Résumé

Ce cahier technique décrit comment concevoir et analyser un mur cantilever. Dans ce but, le programme « Murs Cantilever » sera utilisé, le fichier associé est « Demo_manual_02.guz ».

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

Concevez un mur cantilever d'une hauteur de 4 m et analysez-le selon la norme EN 1997 - DA1 (EC 7-1, Approche de calcul 1). Le terrain derrière la structure est horizontal. La nappe phréatique se trouve à une profondeur de 2 m sous la surface. Une surcharge de type bande d'une longueur de 5 m et d'une intensité de 10 kN/m^2 agit derrière le mur. Le sol de fondation est constitué de limon sableux (MS) ayant une capacité portante admissible de 175 kPa. Le sol derrière le mur est fait de sable avec trace de fines (S-F). Le mur cantilever sera en béton armé de classe C 20/25.

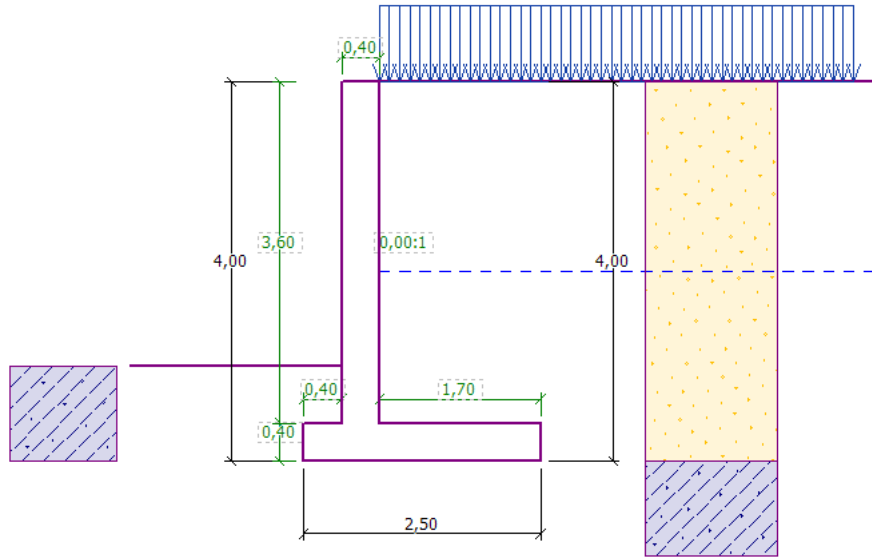


FIGURE 1 – Schéma du mur cantilever – Projet

Les paramètres des sols sont définis de la façon suivante :

Nom du sol	Profil	Poids volumique γ [kN/m ³]	Angle de frottement interne φ_{ef} [°]	Cohésion du sol c_{ef} [kPa]	Angle de frottement interne structure/sol δ [°]	Poids volumique saturé γ_{sat} [kN/m ³]
S - F	0,0 - 4,0	17,5	28,0	0,0	18,5	18,0
MS	> 4,0	18,0	26,5	30,0	17,5	18,5

TABLE 1 – Tableau des paramètres du sol

2 Solution

Pour résoudre ce problème, nous allons utiliser le programme GEO5 « Murs Cantilever ». Le texte ci-après décrit la solution pas à pas.

Dans un premier temps, dans le cadre « Paramètres », cliquez sur le bouton « Sélectionner paramètres » et choisissez le paramétrage n° 3 – « Standard – EN 1997 – DA1 ».

Liste des paramètres de calcul

Numéro	Nom	Validité
1	Standard - coefficients de sécurité	Tous
2	Standard - états limites	Tous
3	Standard - EN 1997 - DA1	Tous
4	Standard - EN 1997 - DA2	Tous
5	Standard - EN 1997 - DA3	Tous
6	Standard - LRFD 2003	Tous
7	Standard - sans réduction	Tous
8	République tchèque - normes anciennes CSN (73 1001, 73 1002, 73 0037)	Tous
37	France - EN 1997	Tous
38	France - EN 1997, gamma d'eau=1.0	Tous
45	Chine - normes de construction (JGJ)	Tous
46	Chine - normes de transport (JT)	Tous
47	Chine - normes ferroviaires (TB)	Tous
48	Chine - normes de protection de l'eau (SL)	Tous
49	Chine - coefficient de sécurité (ASD)	Tous
50	Chine - états limites (LSD)	Tous

OK Annuler

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

Dans le cadre « Géométrie », sélectionnez la quatrième forme et saisissez ses dimensions comme sur l'illustration ci-dessous :

Géométrie

— Géométrie du mur

$k =$ [m] $v_1 =$ [m] $s_1 =$ [-]
 $h =$ [m] $v_2 =$ [m] $s_2 =$ [-]
 $h_1 =$ [m] $v_3 =$ [m] Voile [m]
 $h_2 =$ [m] $x_1 =$ [m] $x_3 =$ [m]
 $xx =$ [m] $x_2 =$ [m]
 $z_1 =$ [m] $k_1 =$ [m]
 $z_2 =$ [m]

FIGURE 3 – Cadre « Géométrie »

A présent, la structure ressemble à ceci :

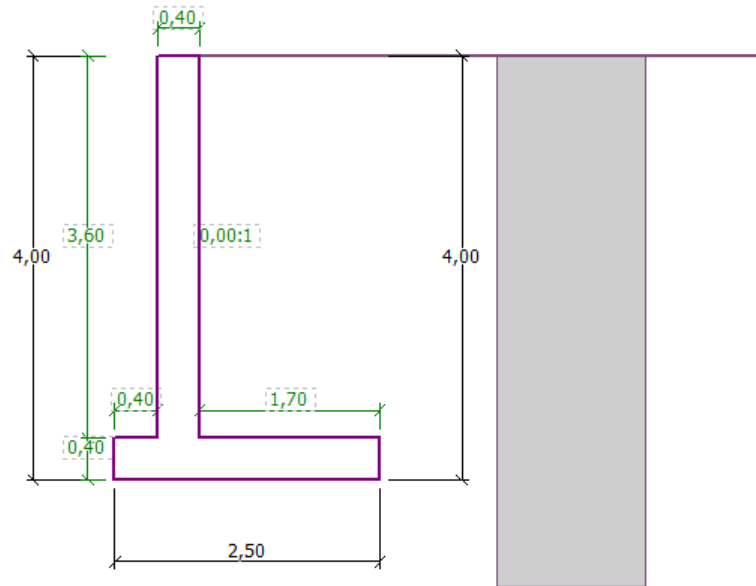


FIGURE 4 – Cadre « Géométrie » - Schéma du mur cantilever

Dans le cadre « Matériau », définissez le matériau du mur. Le mur aura un poids volumique de $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ et sera fait de béton de classe C 20/25 et d'acier de classe B500.

L'interface de saisie des caractéristiques matérielles de la structure est présentée. Elle est divisée en deux sections principales : Béton et Ferrailage longitudinal. La section Béton est configurée avec le matériau C 20/25, dont les caractéristiques sont $f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$ et $f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$. La section Ferrailage longitudinal est configurée avec le matériau B500, dont la caractéristique est $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$. Le poids volumique du mur est défini comme $\gamma = 25,00 \text{ [kN/m}^3]$. Des boutons « Catalogue » et « Personnaliser » sont disponibles pour chaque section.

FIGURE 5 – Cadre « Matériau » - Saisie des caractéristiques matérielles de la structure

Dans le cadre « Profil », nous allons définir une interface de sol à une profondeur de 4 m en utilisant le bouton « Ajouter ».

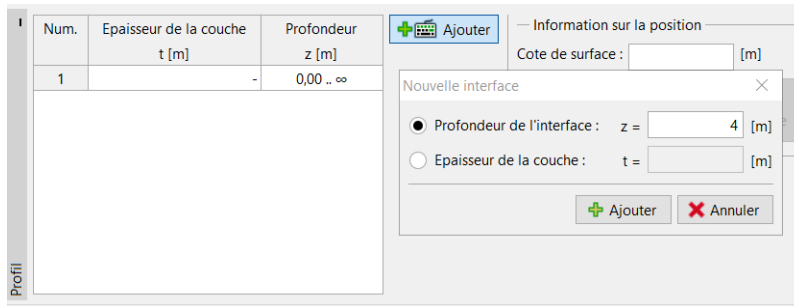


FIGURE 6 – Cadre « Profil »

Ensuite, nous allons dans le cadre « Sols ». Nous allons définir les paramètres du sol comme sur l'image ci-dessous en cliquant sur le bouton ajouter. Dans un premier temps, nous ajouterons le sol S-F qui se trouvera derrière le mur ; ensuite, nous ajouterons le sol MS, qui constituera le sol de fondation.

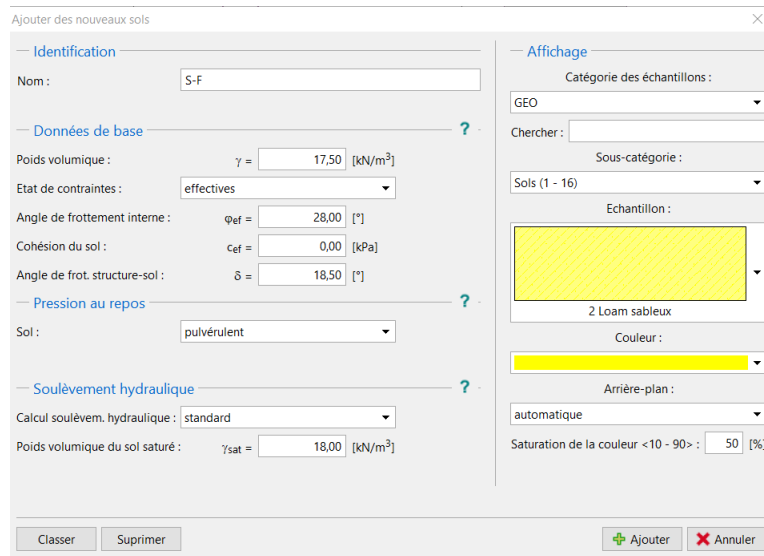


FIGURE 7 – Fenêtre de dialogue « Ajouter des nouveaux sols » - Ajout du sol S-F

FIGURE 8 – Fenêtre de dialogue « Ajouter des nouveaux sols » - Ajout du sol MS

Remarque : L'intensité de la pression active dépend également du frottement entre la structure et le sol. L'angle de frottement dépend du matériau de la structure et de l'angle de frottement interne du sol - normalement saisi dans l'intervalle :

$$\delta \in [1/3 \cdot \varphi_{ef}, 2/3 \cdot \varphi_{ef}]$$

Nous allons à présent assigner les sols aux couches géologiques dans le cadre « Assignation ».

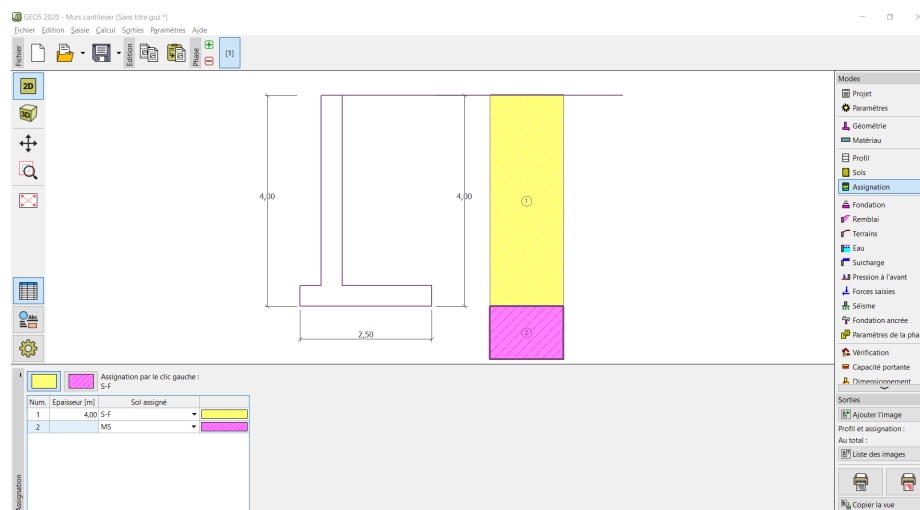


FIGURE 9 – Cadre « Assignation »

Dans le cadre « Terrains », choisissez la forme correspondant à un terrain horizontal.



FIGURE 10 – Cadre “Terrains”

Maintenant, nous allons passer au cadre « Eau » et sélectionner le type d'eau à proximité de la structure et remplir ses paramètres, comme indiqué dans l'image ci-dessous :

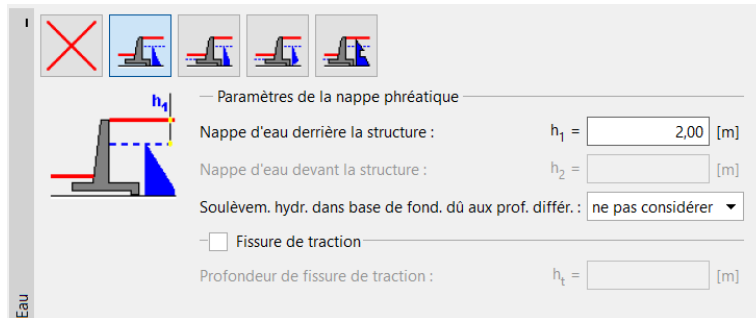


FIGURE 11 – Cadre « Eau »

Passez ensuite au cadre « Surcharge ». Cliquez sur le bouton « Ajouter » et sélectionnez une surcharge de bande permanente d'intensité 10 kN/m^2 agissant comme une charge morte sur le terrain sur une distance de 5 mètres, comme indiqué dans l'image ci-dessous :

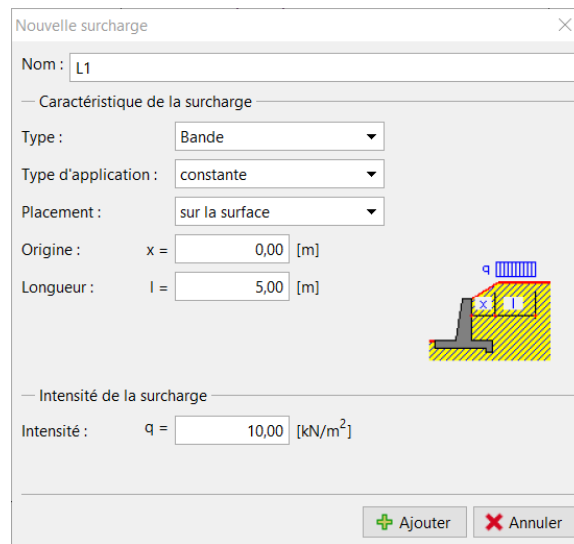


FIGURE 12 – Fenêtre de dialogue « Nouvelle surcharge »

Dans le cadre « Pression à l'avant », sélectionnez la forme du terrain devant le mur, puis définissez d'autres paramètres de la résistance sur la face avant.

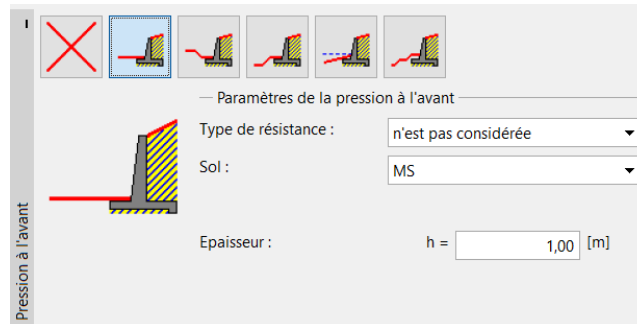


FIGURE 13 – Cadre « Pression à l'avant »

Remarque : Dans ce cas, nous ne considérons pas la résistance sur la face avant, les résultats seront donc classiques. La pression à l'avant de la structure dépend de la qualité du sol et du déplacement admissible de la structure. On peut considérer la pression au repos pour le sol d'origine, ou un sol bien compacté. Il n'est possible de considérer la pression passive que si le déplacement de la structure est autorisé. (pour plus d'informations, voir AIDE – F1).

Ensuite, dans le cadre « Paramètres de la phase », définissez la « Situation de calcul » comme permanente, et la pression agissant sur le mur comme : « Le mur peut se déplacer (pression active) », car le mur le peut.

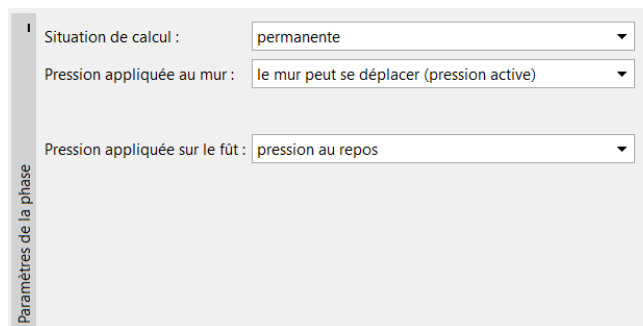


FIGURE 14 – Cadre « Paramètres de la phase »

Remarque : Un fût de mur est généralement dimensionnée en fonction de la pression des terres au repos, c'est-à-dire que le mur ne peut pas se déplacer. L'évaluation du fût et du mur pour la pression active ne se fait que dans des circonstances exceptionnelles - telles que les effets d'un tremblement de terre (situation de calcul sismique avec un coefficient partiel égal à 1,0).

À présent, l'étude ressemble à ceci :

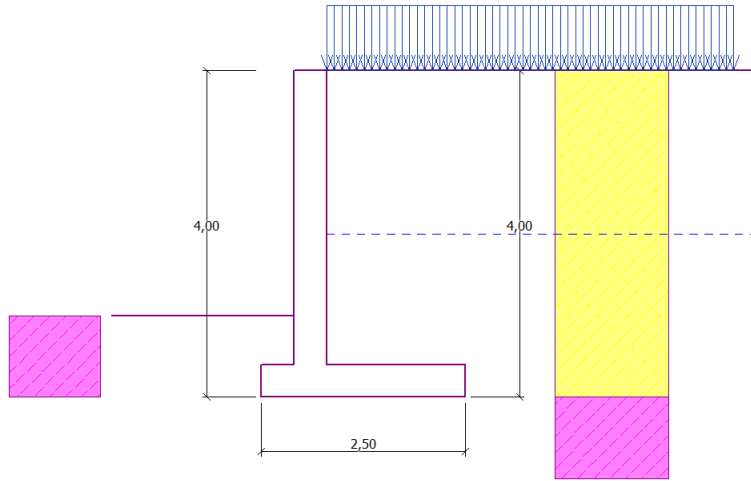


FIGURE 15 – Structure à analyser

Maintenant, ouvrez le cadre « Vérification », dans lequel nous pouvons voir les résultats concernant le renversement et le glissement du mur cantilever.

Vérification : [1]						Vérification	
Numéro de la force	Force	F _x [kN/m]	F _z [kN/m]	Point d'application x [m] z [m]		Second. charge	
1	Poids - mur	0,00	61,00	0,87	-1,38		RENVERSEMENT : ADMISSIBLE (52,7%)
2	Poids - coin de sol	0,00	23,55	1,31	-1,54		GLISSEMENT : NON ADMISSIBLE (124,5%)
3	Pression active	-42,28	60,25	1,80	-1,46		
4	Pression hydraulique	-20,00	0,00	0,80	-0,67		
5	Soulèvement hydraulique	0,00	0,00	0,80	-4,00		
6	L1	-7,99	8,67	1,61	-2,08		

FIGURE 16 – Cadre « Vérification »

Remarque : Le bouton « En détail » dans la partie droite de l'écran ouvre une fenêtre de dialogue présentant des informations détaillées sur le résultat de l'analyse.

2.1 Résultats de l'analyse

La vérification de la résistance au glissement n'est pas satisfaisante. Le programme donne, pour la structure, les résultats suivants :

Vérification de la résistance au renversement

Moment résistant $M_{res} = 208,17 \text{ kNm/m}$

Moment de renversement $M_{ovr} = 109,75 \text{ kNm/m}$

Résistance du mur au renversement **ADMISSIBLE**

Vérification de la résistance au glissement

Force horizontale résistante $H_{res} = 65,74 \text{ kN/m}$

Force horizontale sollicitante $H_{act} = 81,83 \text{ kN/m}$

Résistance du mur au glissement **NON ADMISSIBLE**

Le glissement s'est avéré non satisfaisant, nous devons donc modifier la conception. Il existe plusieurs possibilités permettant d'améliorer la conception. Par exemple, nous pouvons :

- utiliser un sol (à l'arrière du mur) présentant de meilleures caractéristiques
- ancrer la base
- augmenter le frottement en inclinant le sol de fondation
- ancrer le fût.

Ces changements seraient économiquement et technologiquement exigeants, nous allons donc plutôt choisir l'alternative la plus pratique, qui est de modifier la géométrie du mur et d'introduire une bêche.

2.2 Modification

Retournez dans le cadre « Géométrie » et modifiez la forme du mur cantilever. Pour augmenter la résistance au glissement, nous allons introduire une caractéristique nommée bêche. Modifiez la forme du mur et introduisez les valeurs de x_1 et x_2 comme indiqué sur la figure :

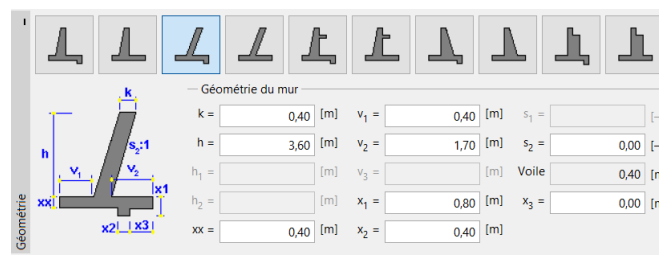


FIGURE 17 – Cadre « Géométrie » - Modification des dimensions du mur cantilever

Remarque : Une bêche est généralement analysée comme une semelle inclinée. Si l'influence de la bêche est évaluée comme une résistance de face avant, le programme l'analysera avec une semelle droite, mais la résistance de la face avant de la construction sera analysée jusqu'à la profondeur de la partie inférieure de la bêche (Plus d'informations dans AIDE - F1).

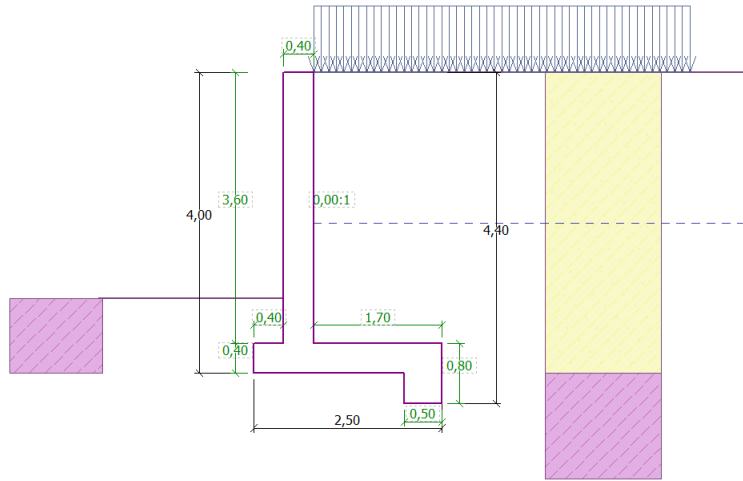


FIGURE 18 – Nouvelle forme de la structure

A présent, nous pouvons analyser la structure nouvellement conçue.

Vérification : [1]

Numéro de la force	Force	F _x [kN/m]	F _z [kN/m]	Point d'application x [m] z [m]		Second. charge	Vérification
1	Poids - mur	0,00	65,00	0,95	-1,28		
2	Poids - coin de sol	0,00	23,55	1,31	-1,54		
3	Pression active	-42,28	60,25	1,80	-1,46		
4	Pression hydraulique	-28,80	0,00	0,80	-0,40		
5	Soulèvement hydraulique	0,00	0,00	0,80	-4,00		
6	L1	-7,99	9,06	1,65	-2,08		

— Vérification
RENVERSEMENT : **ADMISSIBLE** (49,4%)
GLISSEMENT : **ADMISSIBLE** (64,9%)

FIGURE 19 – Cadre « Vérification »

Cette fois-ci, le renversement et le glissement du mur sont satisfaisants (Taux de travail : 49,4 % et 64,9%).

Ensuite, dans le cadre « Capacité portante », effectuez une analyse pour sol de fondation, si la capacité portante du sol de fondation est de 175 kPa.

— Calcul de la capacité portante du sol de fondation

Saisir la capacité portante du sol de fondation
 Calculer la fondation avec le programme "Semelles"
 Calculer la fondation avec le programme "Semelle CPT"
 Ne pas calculer

En détail

— Vérification
EXCENTRICITE : **ADMISSIBLE** (67,3%)
SOL DE FONDATION : **ADMISSIBLE** (86,2%)

Forme de la contrainte dans sol de fondation : rectangle

Capacité portante du sol de fondation : R = 175,00 [kPa]

Longueur totale de la fondation de mur : [m]

FIGURE 20 – Cadre « Capacité portante »

Remarque : Dans ce cas, nous analysons la capacité portante du sol de fondation en tant que valeur d'entrée, que nous pouvons obtenir à partir d'un levé géologique ou de certaines normes. Ces valeurs sont généralement très prudentes, il est donc généralement préférable d'analyser la capacité portante du sol de fondation dans le programme «Semelles», qui prend en compte d'autres influences telles que l'inclinaison de la charge, la profondeur de la fondation, etc.

Ensuite, dans le cadre dimensionnement, nous allons évaluer le fût (voile) du mur. Concevez l'armature principal du voile par – 10 pcs. Ø 12 mm, ce qui satisfait tous les principes de construction.

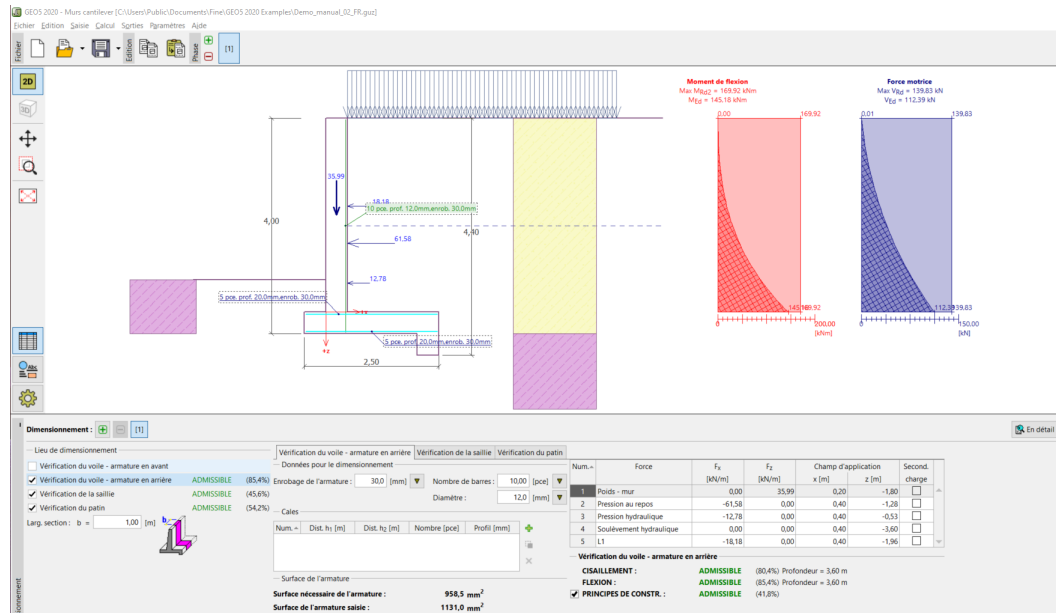


FIGURE 21 – Cadre « Dimensionnement »

Rendez vous ensuite dans le cadre « Stabilité », où nous analyserons la stabilité globale du mur. Cela ouvrira le programme « Stabilité des pentes », où nous passerons directement au cadre « Calcul ». Dans notre cas, nous utiliserons la méthode de « Bishop », qui donne des résultats classiques. Effectuez l'analyse avec l'optimisation de la surface de glissement circulaire, cliquez sur « Calculer » pour effectuer les calculs et lorsque ils sont terminés, quittez le programme en cliquant sur « Quitter et transmettre les données ». Les résultats seront importés dans la note de calcul du programme « Murs cantilever ».

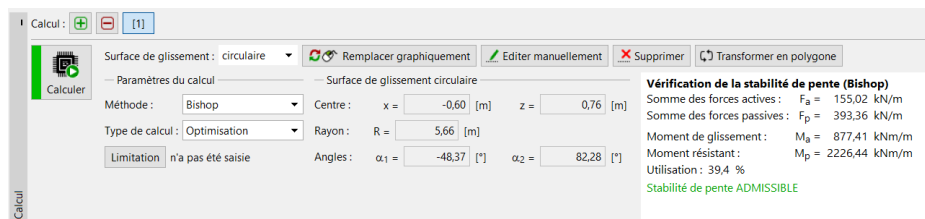


FIGURE 22 – Programme « Stabilité des pentes » - Cadre « Calcul »

3 Conclusion

Résultats de l'analyse :

— Retournement : 49,4 %

$$M_{res} (= 218,35) > M_{ovr} (= 107,94) [\text{kN/m}] \implies \text{SATISFAISANT}$$

— Glissement : 64,9 %

$$H_{res} (= 99,26) > H_{act} (= 64,38) [\text{kN/m}] \implies \text{SATISFAISANT}$$

— Capacité portante : 86,2 %

$$R_d (= 175) > \sigma (= 140,31) [\text{kPa}] \implies \text{SATISFAISANT}$$

— Évaluation du voile du mur : 85,4 %

$$M_{Rd} (= 169,92) > M_{Ed} (= 145,18) [\text{kN} \cdot \text{m}] \implies \text{SATISFAISANT}$$

— Stabilité globale : 39,4 %

$$\text{Méthode de Bishop (optimisation)} \implies \text{SATISFAISANT}$$

Cette conception de mur cantilever est **SATISFAISANTE**.