

GEO5

Conception d'un mur de soutènement non ancré

Résumé

Ce cahier technique décrit la conception d'un mur de soutènement non ancré subissant des charges permanentes et accidentelles (inondation). Dans ce but, le programme « Conception des écrans de soutènement » sera utilisé, le fichier associé est « Demo_manual_04.gp1 ».

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

Concevoir un mur de soutènement non ancré fait de palplanches de type VL 601 en utilisant la norme EN 1997-1 (EC 7-1, DA3) en couches géologiques non homogènes. Le matériau de la palplanche est un acier de type S 240 GP. La profondeur de l'excavation est de 2,75 m. La nappe phréatique est située à une profondeur de 1 m. De plus, analysez la construction pour les inondations, lorsque l'eau est située à 1 m au-dessus du haut du mur (des barrières anti-inondation mobiles doivent être installées).

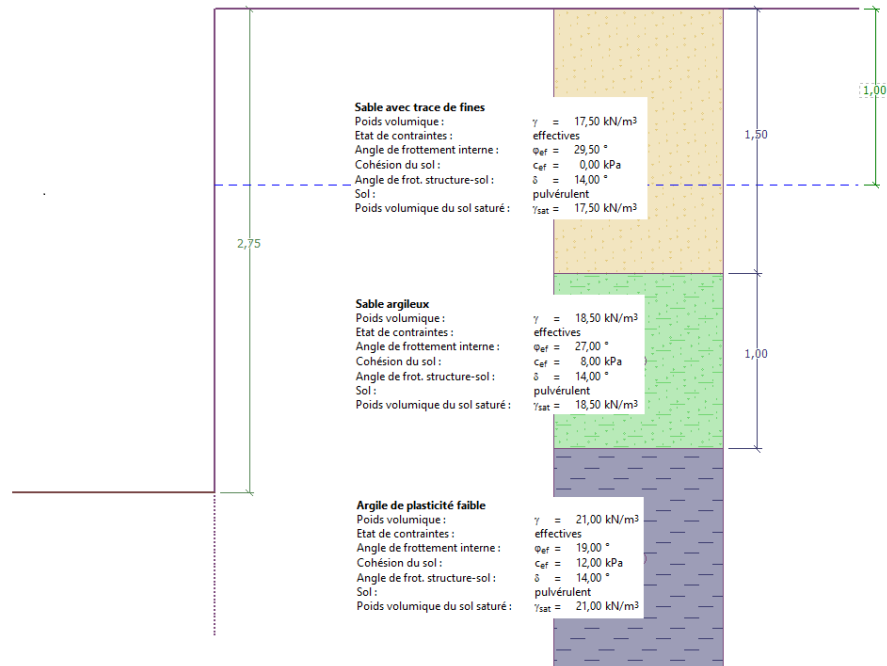


FIGURE 1 – Schéma d'un mur non ancré en palplanches - Projet

2 Solution

Pour résoudre ce problème, nous utiliserons le programme GEO5 « Conception des écrans de soutènement ». Dans ce manuel, nous développerons chaque étape de la résolution de ce problème :

- 1ère phase de construction : situation de calcul permanente
- 2ème étape de construction : situation de calcul accidentelle
- Dimensionnement de la section
- Vérification de la stabilité
- Résultat de l'analyse et conclusion

2.1 Phase de construction 1

Dans le cadre « Paramètres », cliquez sur « Sélectionner paramètres » et choisissez l'option n° 5 - « Standard - EN 1997 - DA3 ».

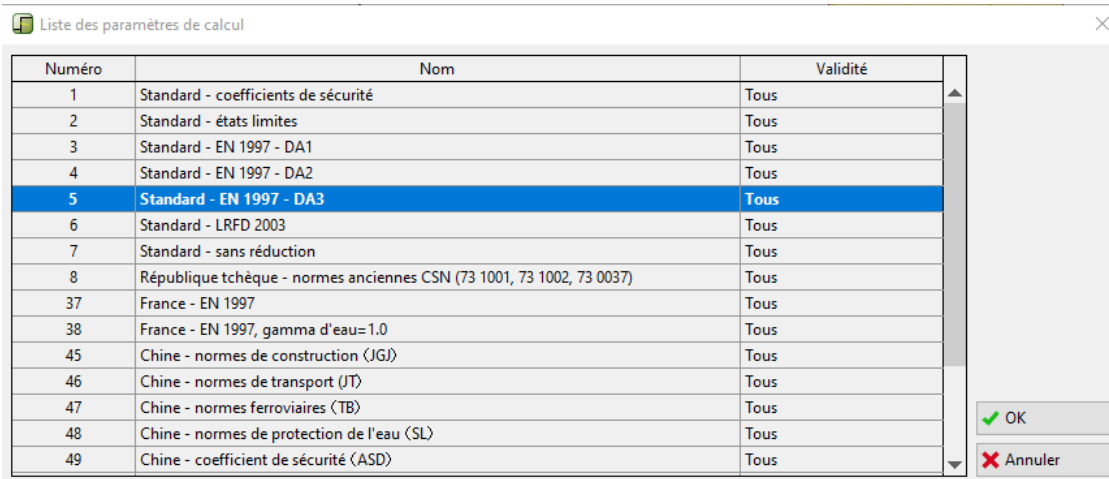


FIGURE 2 – Fenêtre de dialogue « Liste des paramètres de calcul »

Tout d'abord, allez dans le cadre « Profil » et ajoutez deux nouvelles interfaces à l'aide du bouton « Ajouter ». L'une se situera à une profondeur de 1,5 m et l'autre à une profondeur de 2,5 m.

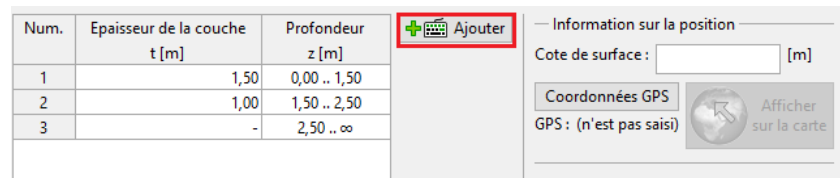


FIGURE 3 – Cadre « Profil » - Ajouter une nouvelle interface

Ensuite, allez dans le cadre « Sols » et ajoutez de nouveaux sols en cliquant sur le bouton « Ajouter », entrez les paramètres des sols selon le tableau ou les images ci-après et affectez-les au profil. L'état de contrainte est considéré comme **effectif**, la pression au repos est calculée pour les sols **pulvérulents** et le calcul du soulèvement est choisi comme **standard** pour chaque sol. Nous ne prendrons pas en compte la variation de poids volumique due à la saturation.

Sol (Classification des sols)	Profil [m]	Poids volumique γ [kN/m³]	Angle de frottement interne φ_{ef} [°]	Cohésion du sol c_{ef} [kPa]	Angle de frottement interne structure/sol δ [°]
S-F - Sable avec trace de fine, sol moyennement dense	0,0 - 1,5	17,5	29,5	0,0	14,0
SC - Sable argileux, sol moyennement dense	1,5 - 2,5	18,5	27,0	8,0	14,0
CL, CI - Argile de plasticité faible ou moyenne, consistance faible	> 2,5	21,0	19,0	12,0	14,0

TABLE 1 – Tableau des paramètres des sols

Ajouter des nouveaux sols

— Identification —

Nom :

Sable avec l'addition de sol fin (S-F), moyennement dense

— Données de base —

Poids volumique : $\gamma =$ [kN/m³] 17,5

Etat de contraintes :

Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} =$ [°] 28 - 31

Cohésion du sol : $c_{ef} =$ [kPa] 0

Angle de frot. structure-sol : $\delta =$ [°]

— Pression au repos —

Sol :

— Soulèvement hydraulique —

Calcul soulèvem. hydraulique :

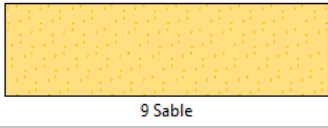
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

— Affichage —

Catégorie des échantillons :

Chercher :

Sous-catégorie :

Echantillon : 
9 Sable

Couleur :

Arrière-plan :

Saturation de la couleur <10 - 90> : [%]

Classer Supprimer

Ajouter Annuler

FIGURE 4 – Fenêtre de dialogue «Ajouter de nouveaux sols» - Sable avec traces de fines

Ajouter des nouveaux sols

Identification

Nom :

Sable argileux (SC)

Données de base

Poids volumique : $\gamma =$ [kN/m³] 18,5

Etat de contraintes :

Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} =$ [°] 26 - 28

Cohésion du sol : $c_{ef} =$ [kPa] 4 - 12

Angle de frot. structure-sol : $\delta =$ [°]

Pression au repos

Sol :

Soulèvement hydraulique

Calcul soulèvem. hydraulique :

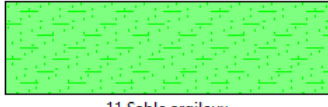
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Affichage

Catégorie des échantillons :

Chercher :

Sous-catégorie :

Echantillon : 
11 Sable argileux

Couleur :

Arrière-plan :

Saturation de la couleur <10 - 90> : [%]

Classer Supprimer Ajouter Annuler

FIGURE 5 – Fenêtre de dialogue «Ajouter de nouveaux sols» - Sable argileux

Ajouter des nouveaux sols

Identification

Nom :

Argile de plasticité faible ou moyenne (CL, CI), consistance rigide

Données de base

Poids volumique : $\gamma =$ [kN/m³] 21,0

Etat de contraintes :

Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} =$ [°] 17 - 21

Cohésion du sol : $c_{ef} =$ [kPa] 8 - 16

Angle de frot. structure-sol : $\delta =$ [°]

Pression au repos

Sol :

Soulèvement hydraulique

Calcul soulèvem. hydraulique :


Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Affichage

Catégorie des échantillons :

Chercher :

Sous-catégorie :

Echantillon : 
4 Argile

Couleur :

Arrière-plan :

Saturation de la couleur <10 - 90> : [%]

Classer Supprimer Ajouter Annuler

FIGURE 6 – Fenêtre de dialogue «Ajouter de nouveaux sols» - Argile de plasticité faible

Ensuite, dans le cadre « Assignment », affectez les sols aux couches comme l'indique l'illustration ci-dessous.

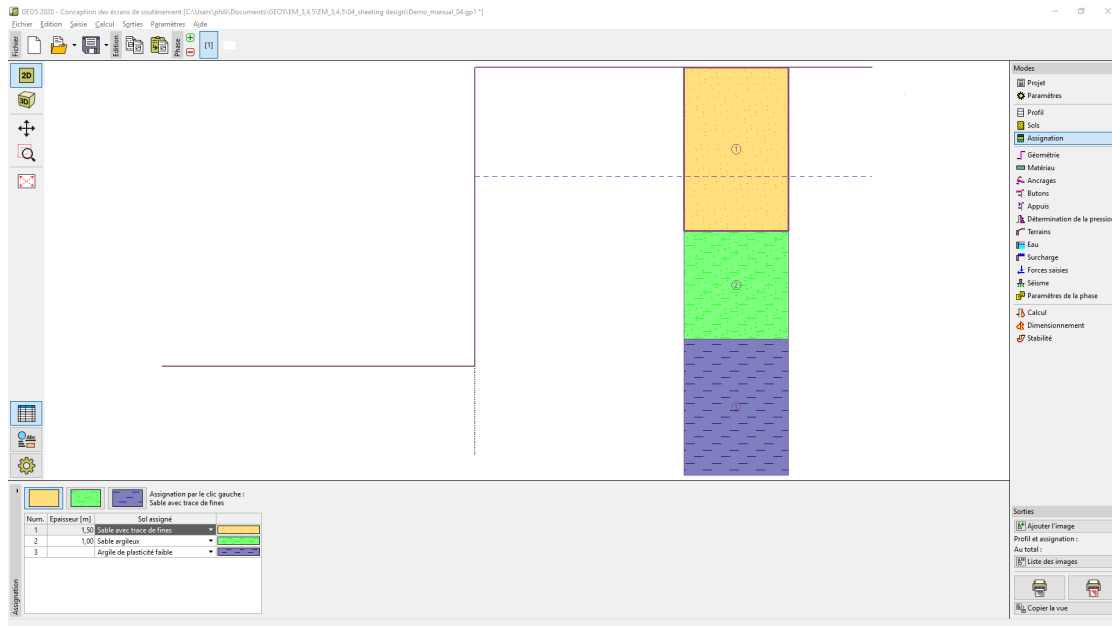


FIGURE 7 – Cadre « Assignment » - Assignment des sols

Dans le cadre « Géométrie », sélectionnez la forme du fond de l'excavation et saisissez sa profondeur (2,75 m). Cliquez ensuite sur « modifier » pour sélectionner le type des sections transversales. Pour notre exemple, nous considérerons une palplanche VL 601.

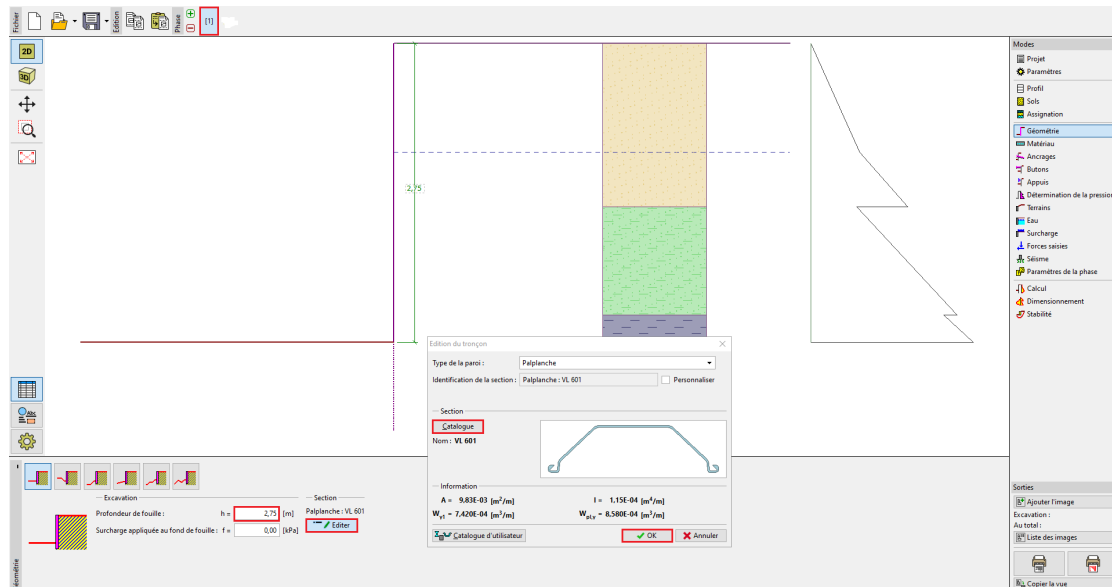


FIGURE 8 – Cadre « Géométrie »

Dans le cadre «Matériau», nous définissons le type d'acier requis par S 240 GP (palplanches d'acier).

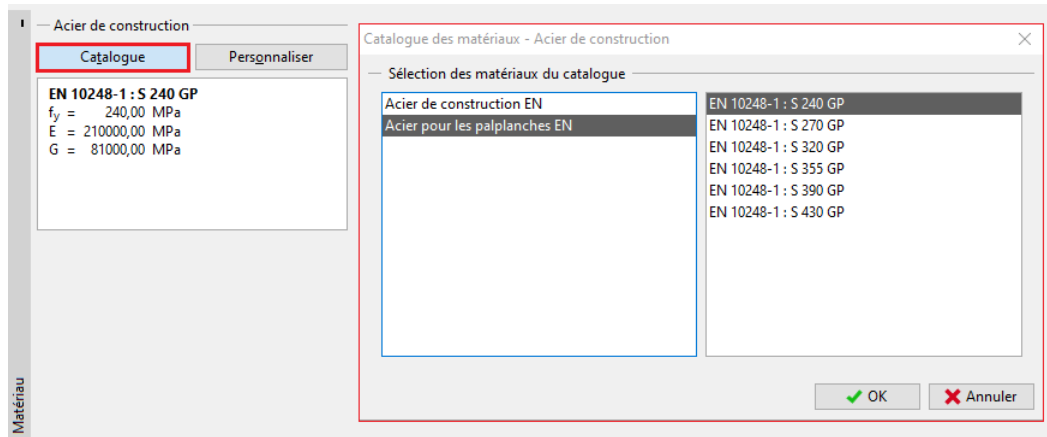


FIGURE 9 – Cadre « Matériau »

Pour cette étude, nous n'utilisons pas les cadres « Ancrages », « Butons », « Appuis », « Surcharge » ou « Forces saisies ». Le cadre « Séisme » n'est pas non plus important dans cette analyse, car la structure n'est pas située dans une zone sismiquement active. Dans le cadre « Terrain », nous utilisons le paramétrage par défaut (terrain horizontal).

Nous passons ensuite au cadre « Détermination de la pression ». Dans ce cadre, nous sélectionnons l'option « Considérer la pression dimensionnante minimale ».

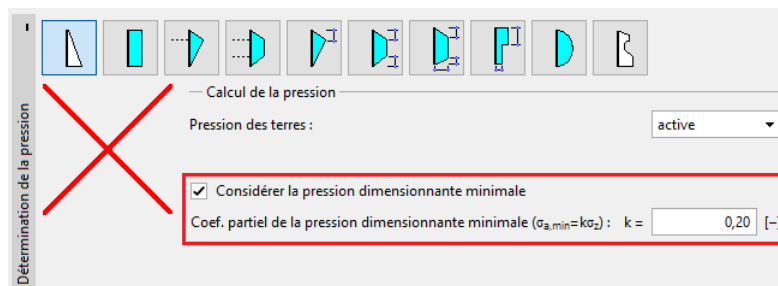


FIGURE 10 – Cadre « Détermination de la pression »

Remarques :

1. pour les sols cohérents, il est recommandé par certaines normes d'utiliser la pression de dimensionnement minimale agissant sur le mur de soutènement. La valeur standard pour le coefficient de pression de dimensionnement minimale est $K_a = 0,2$. Cela signifie que la pression minimale sur la structure est d'au moins 20% de la contrainte géostatique - jamais moins.
2. dans le cas de murs de soutènement ancrés, il est recommandé d'utiliser la redistribution de la pression active en raison de l'ancrage. Si l'on veut réduire la déformation de la palplanche, il est également possible d'augmenter la pression agissant sur la structure (augmentation active, au repos) dans le même cadre. Ces deux possibilités sont décrites dans l'aide du programme (F1) ou dans le cahier technique n° 5 - Conception d'un mur de soutènement ancré.

Dans le cadre « Eau », valorisez la profondeur de la nappe phréatique à 1 m.

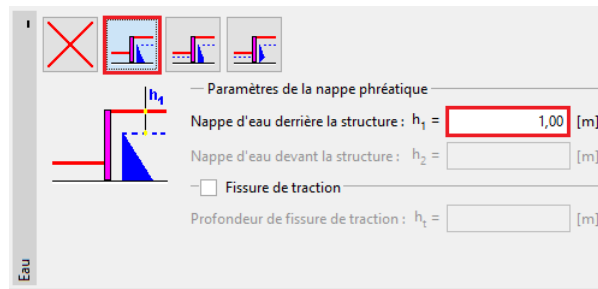


FIGURE 11 – Cadre « Eau » - 1ère phase de construction

Ensuite, dans le cadre « Paramètres de la phase », sélectionnez la situation de calcul permanente.

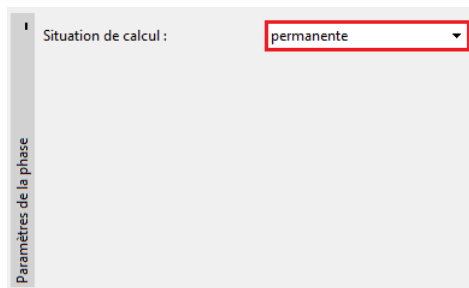


FIGURE 12 – Cadre « Paramètres de la phase » - 1ère phase de construction

Maintenant, ouvrez le cadre « Calcul ». Dans ce cadre, le programme calculera automatiquement les efforts internes et la profondeur nécessaire de la structure dans le sol (fiche).

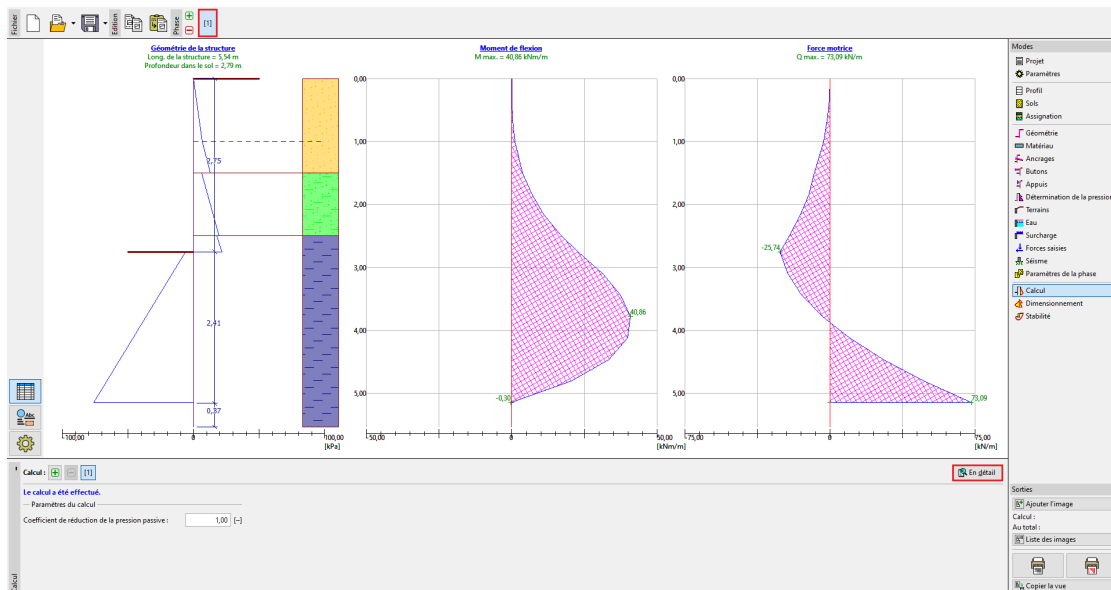


FIGURE 13 – Cadre « Calcul »

Tous les résultats peuvent être affichés à l'aide du bouton « En détail ».

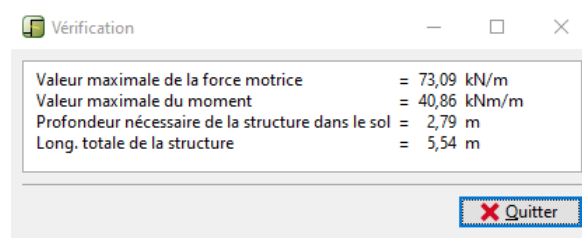


FIGURE 14 – Cadre « Calcul » - 1ère phase de construction - Fenêtre de dialogue « En détail »

Dans la prochaine étape, nous allons montrer comment analyser la fiche minimale et les forces internes en cas de situation de calcul accidentelle - les inondations.

2.2 Phase de construction 2

Saisie des données de base

Maintenant, ajoutez une nouvelle phase de construction dans la barre d'outils « Phase de construction » dans le coin supérieur gauche de votre écran.



FIGURE 15 – Barre d'outils « Phase de construction »

Dans le cadre «Eau», modifiez la hauteur de la nappe phréatique de sorte qu'elle prenne pour valeur -1 m. Nous ne considérerons pas l'eau devant la structure.

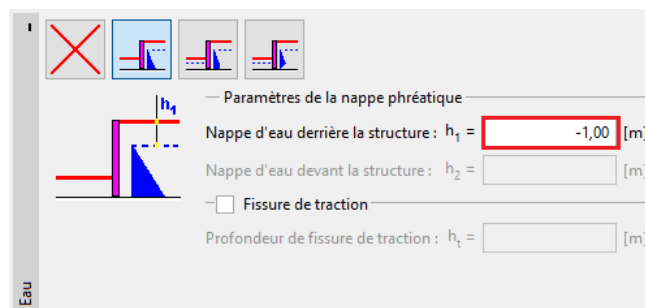


FIGURE 16 – Cadre « Eau »

Ensuite, dans le cadre « Paramètres de la phase », sélectionnez la situation de calcul « accidentelle ».

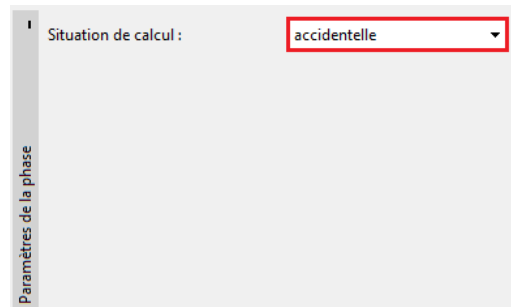


FIGURE 17 – Cadre « Paramètres de la phase »

Toutes les autres valeurs sont identiques à celles de la 1ère phase de construction, nous n'avons donc rien d'autre à modifier. Par conséquent, nous pouvons passer directement au cadre « Analyse » et voir les résultats détaillés.

Calcul

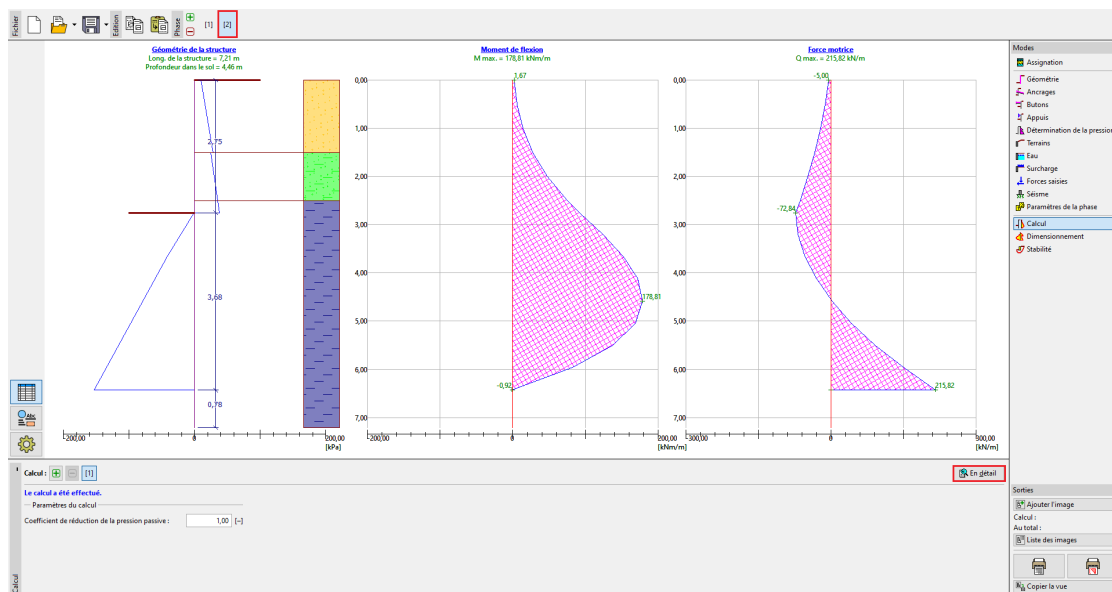


FIGURE 18 – Cadre « Calcul »

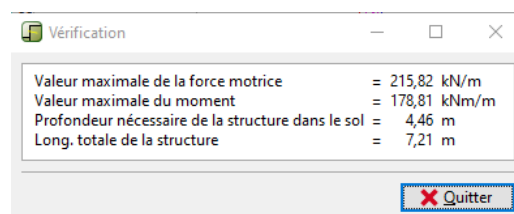


FIGURE 19 – Cadre « Calcul » - 2ème phase de construction - Fenêtre de dialogue « En détail »

Il est maintenant nécessaire de vérifier la section de la palplanche en flexion et compression ainsi que sa résistance au cisaillement.

Vérification de la section

Passez au cadre «Dimensionnement».

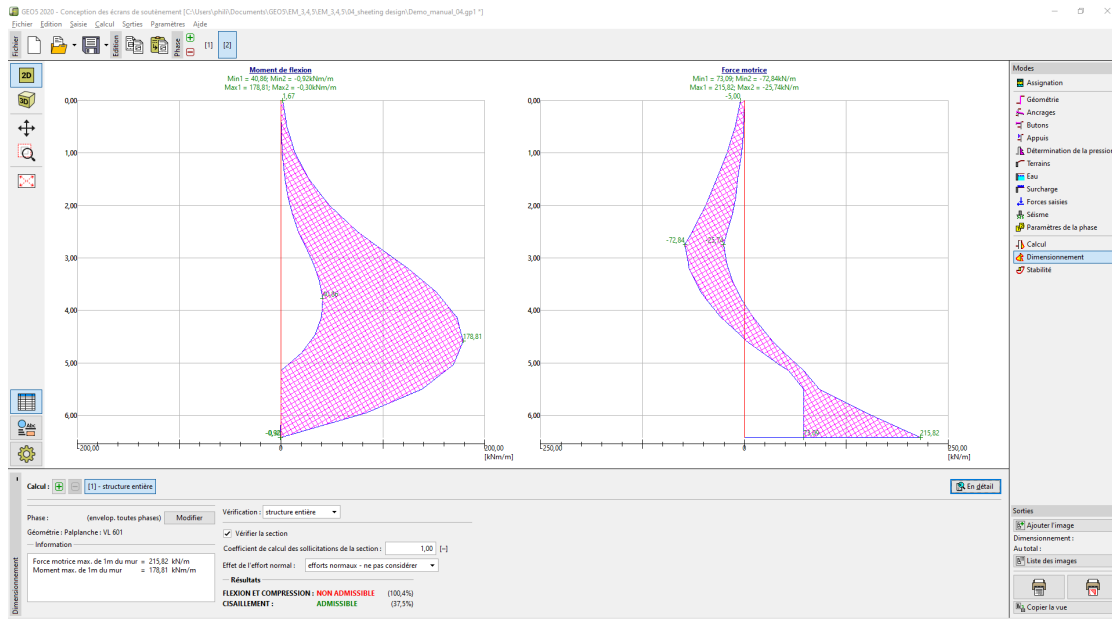


FIGURE 20 – Cadre « Dimensionnement »

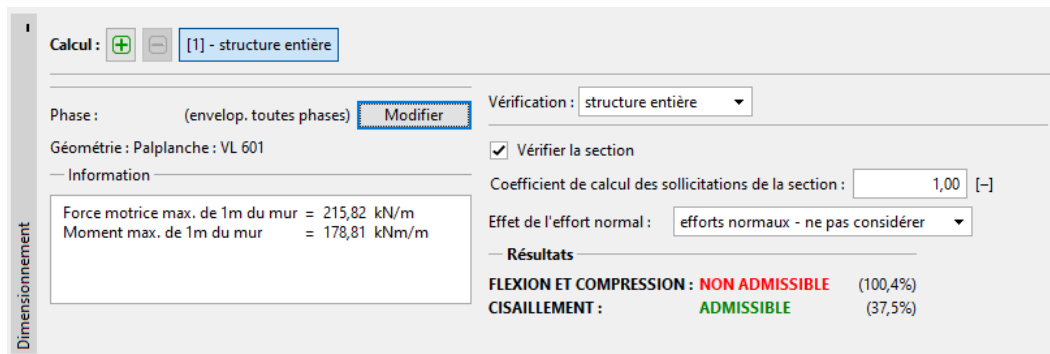


FIGURE 21 – Cadre « Dimensionnement » - Résultats de la vérification

Remarque : les valeurs maximales des efforts internes de toutes les étapes sont affichées dans le cadre « Dimensionnement ». Si nous voulons utiliser les résultats d'étapes de construction spécifiques, nous devons les sélectionner à l'aide du bouton « Modifier ».

Nous constatons que notre section n'est pas satisfaisante pour la vérification « Flexion + Compression », le taux de travail est supérieur à 100%. Les résultats détaillés peuvent être affichés à l'aide du bouton « En détail ».

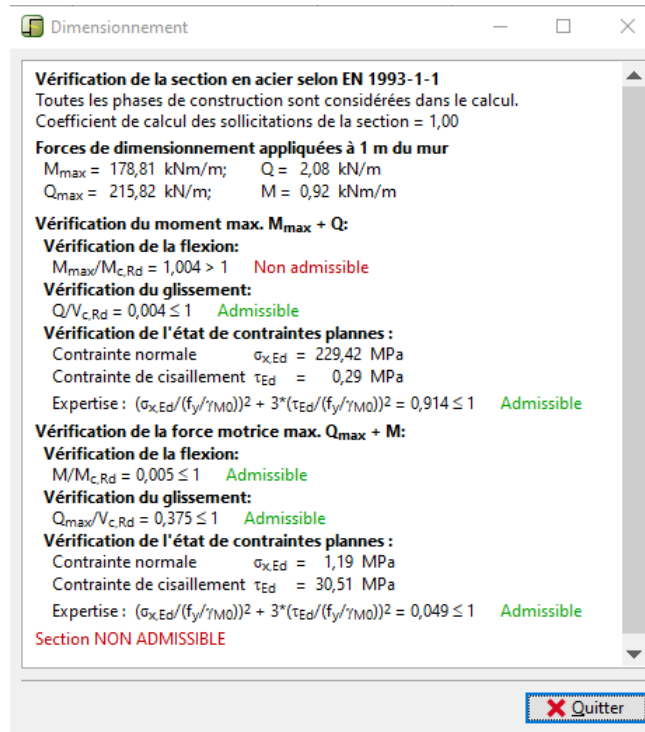


FIGURE 22 – Résultats détaillés

Comme la vérification de la section n'est pas satisfaisante, nous devons revenir au cadre « Géométrie » et sélectionner une palplanche plus grande - VL 602.

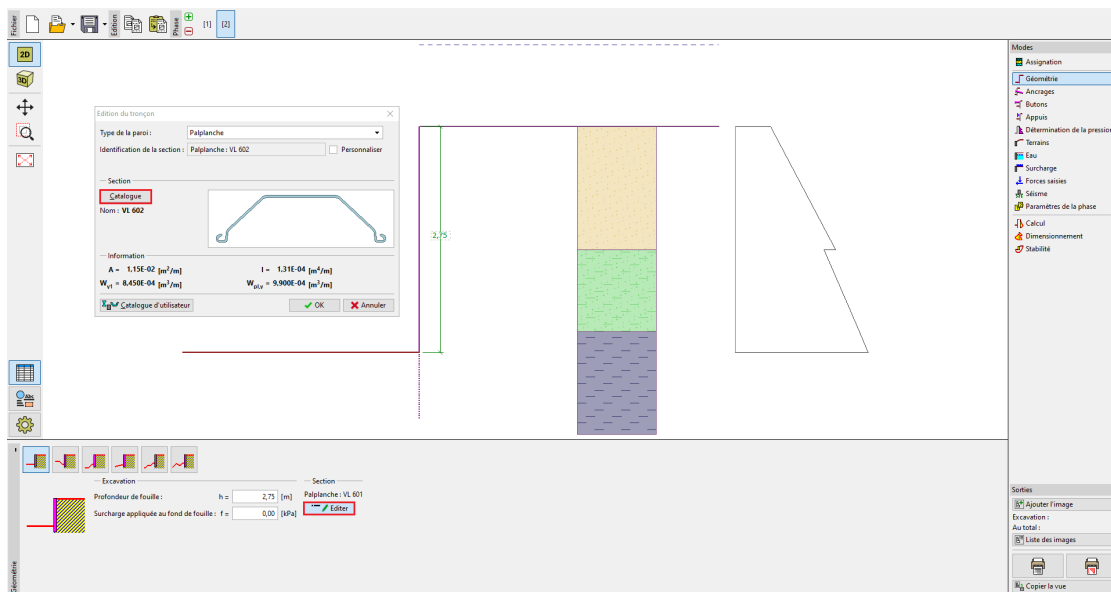


FIGURE 23 – Cadre « Géométrie » - Modification de la section

Suite à l'édition de la section, nous retournons dans le cadre « Dimensionnement ». La vérification du nouveau soutènement muni d'une section plus grande est maintenant satisfaisante.

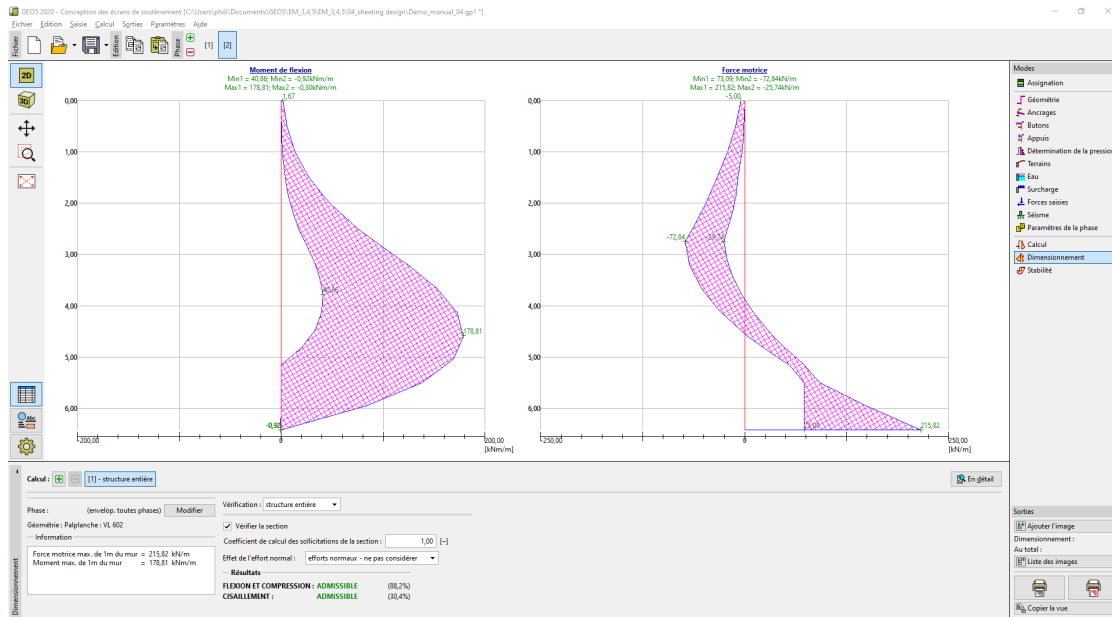


FIGURE 24 – Cadre « Dimensionnement » - Vérification de la nouvelle section

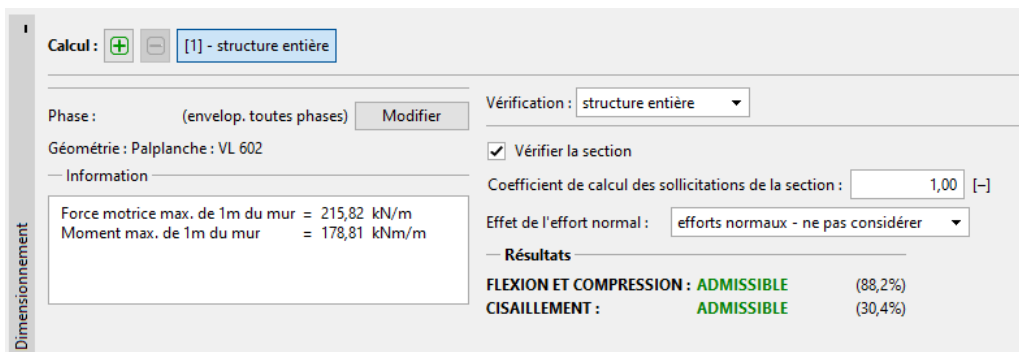


FIGURE 25 – Cadre « Dimensionnement » - Nouveaux résultats de vérification

Remarque : la modification de la section n'a aucune influence sur l'analyse des efforts internes. La rigidité de la structure n'influencera que l'analyse dans le programme « Vérification des écrans de soutènement », qui peut être utilisé lors de l'analyse de structures ancrées plus délicates.

2.3 Vérification de la stabilité

Il faut maintenant vérifier que la structure est satisfaisante en termes de stabilité globale. Cette vérification est effectuée dans le cadre « Stabilité ».

Dans ce cadre, le programme affiche la profondeur minimale de la structure dans le sol. Une analyse de stabilité doit être effectuée pour chaque étape de la construction.

La profondeur minimale de la structure (basée sur une analyse à la 2ème phase de construction) est de 4,46 m. Nous allons donc concevoir un rideau de palplanches à 4,5 m de profondeur dans le sol. Dans un premier temps, nous effectuons une analyse de la 1ère phase de construction.

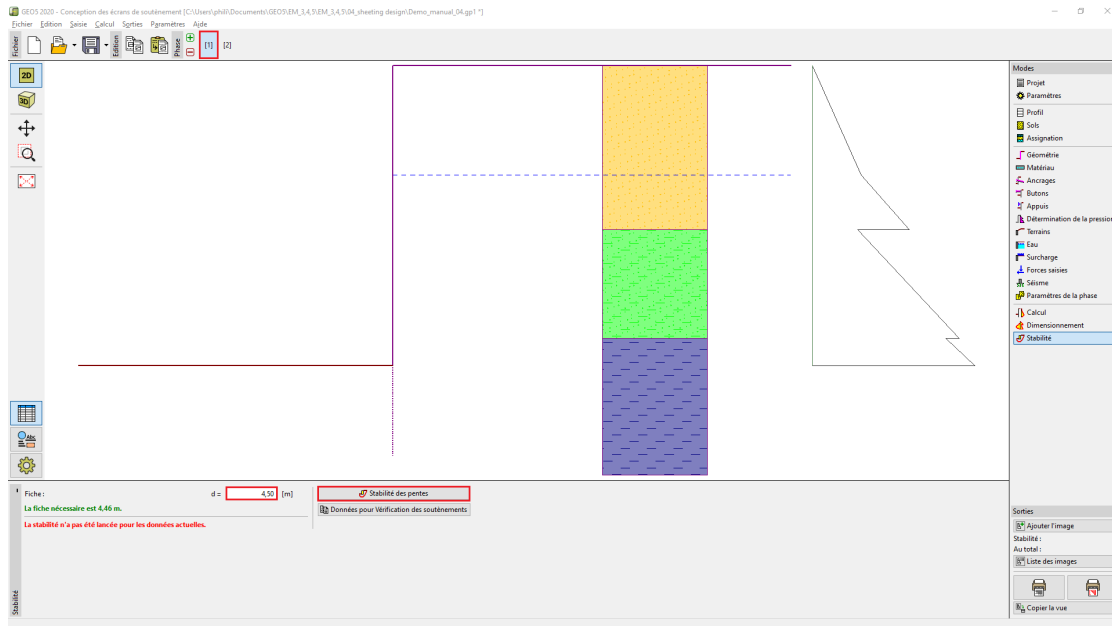


FIGURE 26 – Cadre « Stabilité » - 1ère phase de construction

Cliquez sur le bouton « Stabilité des pentes » afin de lancer le programme « Stabilité des pentes ». Tous les paramètres d'entrée sont transférés automatiquement dans ce programme. Dans le programme, allez dans le cadre « Analyse ». Sélectionnez la méthode « Bishop » avec optimisation de la surface de glissement circulaire comme indiqué sur l'illustration ci-dessous et cliquez sur le bouton « Calculer ».

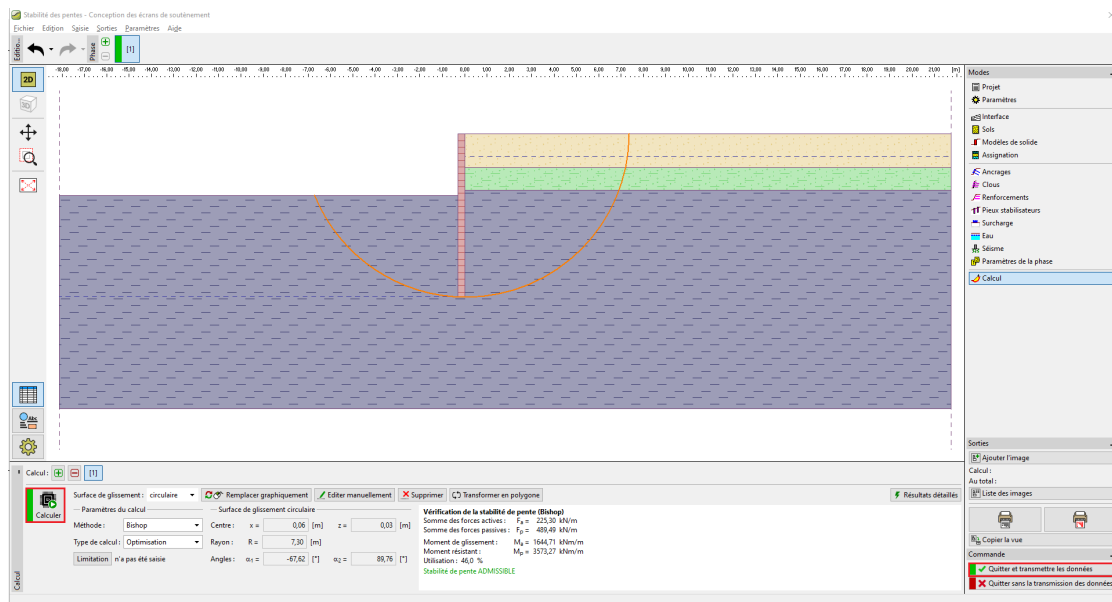


FIGURE 27 – Programme « Stabilité des pentes » - Cadre « Calcul » (1ère phase de construction)

Une fois l'analyse de la 1ère étape terminée, cliquez sur « Quitter et transmettre les données » sur le côté droit de l'écran. Ensuite, nous allons réaliser la même analyse pour la 2ème phase de construction.

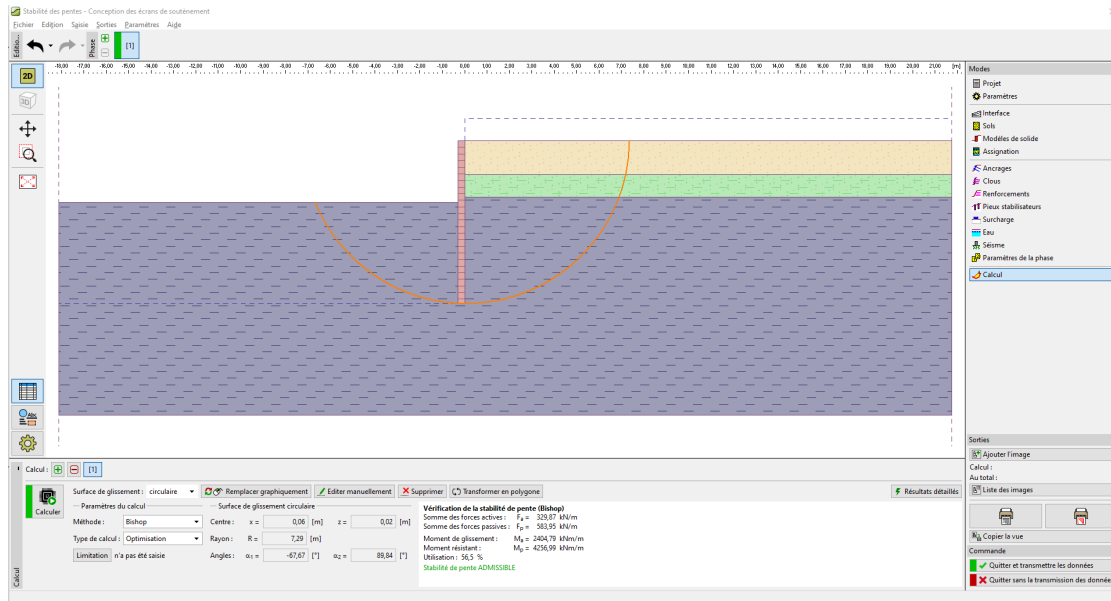


FIGURE 28 – Programme « Stabilité des pentes » - Cadre « Calcul » (2ème phase de construction)

3 Résultat de l'analyse et conclusion

Le but de cette étude était de concevoir un mur de palplanches pour un puits de fondation d'une profondeur de 2,75 m.

Lors de la conception d'un mur de soutènement non ancré, nous obtenons la valeur de la profondeur minimale de la structure dans le sol (fiche). Cette profondeur est déterminée comme la valeur maximale déduite de toutes les étapes de construction :

- profondeur minimale de la structure à la première phase de construction : 2,79 m
- profondeur minimale de la structure à la deuxième phase de construction : 6,46 m

Ainsi, nous concevons le mur de palplanches à 4,5 m de profondeur dans le sol avec une longueur totale de 7,25 m (4,46 m + 2,79 m).

Cette construction est satisfaisante du point de vue de la stabilité globale. Le taux de travail maximal de la structure ne dépasse pas 60%.

La section initialement conçue de palplanches de type VL 601 n'était pas satisfaisante pour la vérification en flexion. Pour cette raison, la section a été remplacée par un type plus grand VL 602, qui s'est révélé satisfaisant.

Le mur en palplanches (section type VL 602, acier S 240 GP) d'une longueur totale de 7,25 m est satisfaisant pour toutes les vérifications.