

D.1 Tutoriel 1 : Mur cloué

L'objet de ce premier tutoriel est de détailler les manipulations permettant la vérification de la stabilité d'un projet de mur cloué illustré sur la figure suivante. La géométrie du projet est définie sur la Figure 2

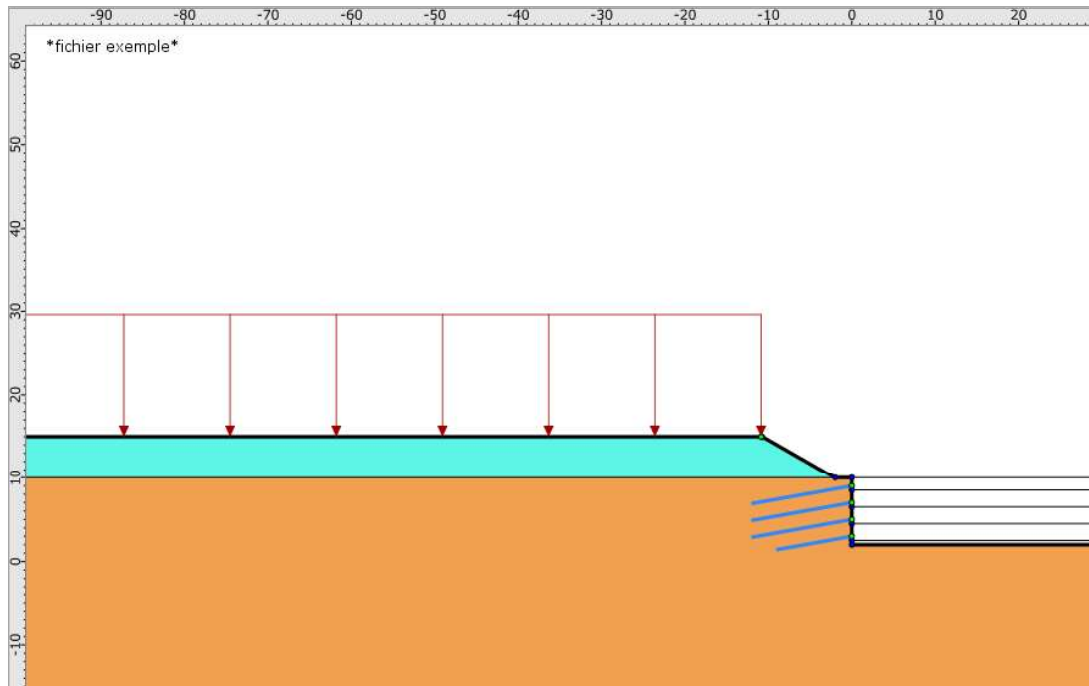


Figure 1. Projet de mur cloué

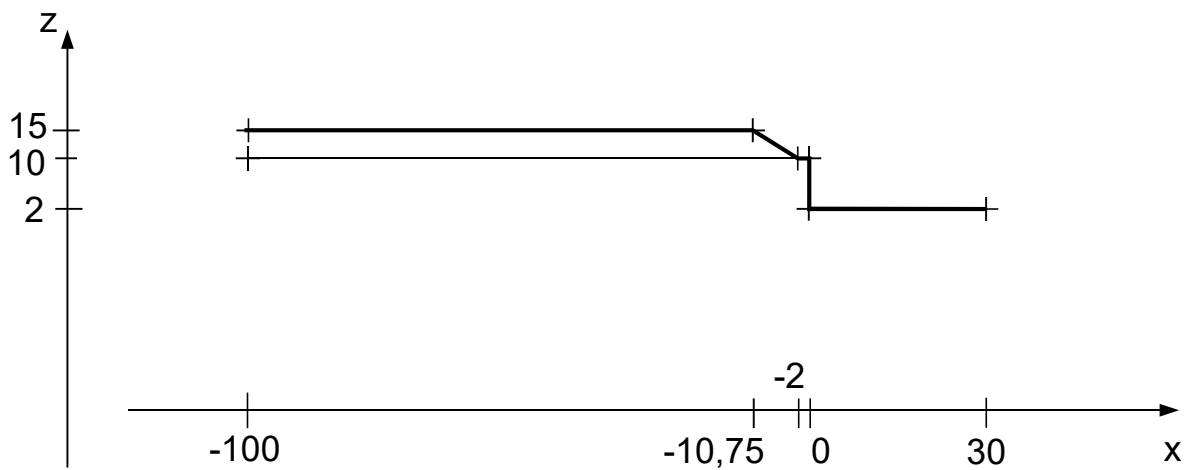
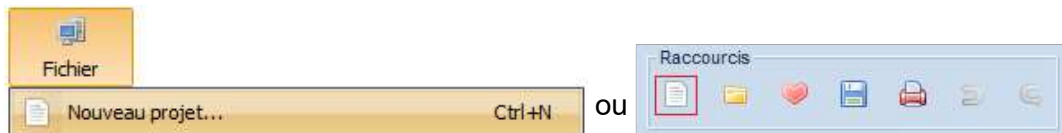


Figure 2. Géométrie du projet

D.1.1 Etape 1 : propriétés du projet

- Lancer Talren en utilisant le menu « Démarrer » de Windows ou en cliquant sur l'icône située sur le bureau Windows® ;
- Sélectionner le menu « **Fichier** » puis l'option « **Nouveau projet ...** » ou cliquer sur l'icône  de la barre de boutons des « **Raccourcis** ».



- Sélectionner un répertoire d'enregistrement du projet et donner un nom au fichier du projet (d'extension .t5p).
- L'interface suivante est alors affichée. Elle est bien sûr encore "vide" puisqu'aucune donnée n'a été saisie.

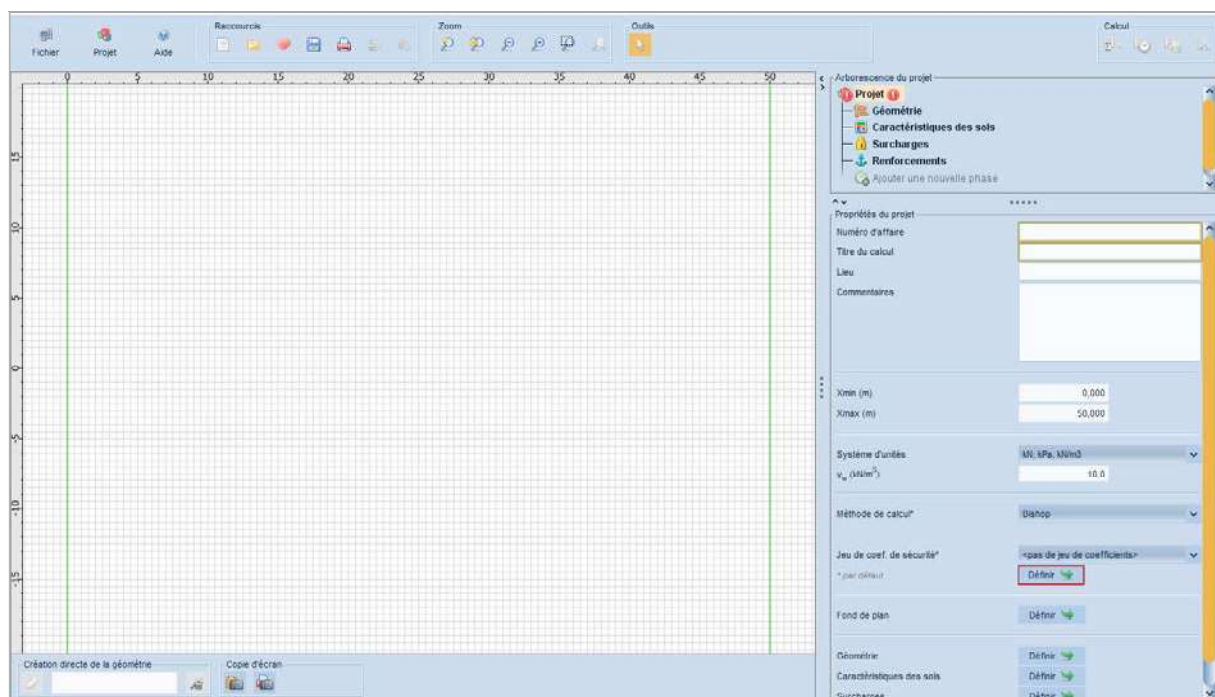


Figure 3. Création d'un nouveau projet – fenêtre principale

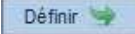
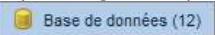
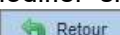
- Compléter la partie **Propriétés du projet**  dans le volet à droite de la fenêtre principale avec les informations demandées (cf. Figure 4) :
 - Concernant X_{min} et X_{max} : il ne s'agit pas que d'une configuration de l'affichage graphique. **X_{min} et X_{max} définissent la largeur sur laquelle le projet doit être impérativement défini.** L'enveloppe sera automatiquement reconnue entre X_{min} et X_{max} : si les segments du projet n'atteignent pas ces bornes, l'enveloppe ne sera pas reconnue et le calcul sera impossible.
 - Système d'unités : il sera valable pour tout le projet.



Figure 4. Description générale

- Méthode de calcul et pondérations par défaut : il s'agit des choix qui seront ensuite retenus comme valeurs par défaut lors de la définition des situations (mais toujours modifiables pour chaque situation individuellement).

Par exemple, si vous définissez un projet avec plusieurs phases et plusieurs situations, et que vous souhaitez effectuer tous les calculs avec la même méthode de calcul et le même jeu de pondérations, définissez ces paramètres comme valeurs par défaut dans les **Propriétés du projet** : ils seront ensuite repris par défaut pour toutes les situations définies. Sinon, il conviendra de redéfinir ces paramètres pour chaque situation.

- Pondérations par défaut (cf. Figure 5) : cliquer sur le bouton  puis cliquer sur le bouton  (1) en bas du volet de propriétés. Sélectionner le jeu de pondérations souhaité dans la liste déroulante (2) et cliquer sur le bouton  (3). Compléter/modifier si nécessaire le jeu de pondérations choisi (4). Puis valider par le bouton  (5).

Nota important : dans le cas de ce tutoriel, les coefficients de sécurité partiels relatifs aux tirants, bandes et butons ont été complétés pour pouvoir valider l'écran, mais ne seront pas utilisés lors du calcul (seuls ceux des clous seront utilisés). Les valeurs définies ne constituent donc en aucun cas un exemple ou une référence à réutiliser : il faut définir pour chaque étude des valeurs issues des normes ou recommandations adaptées au projet traité.

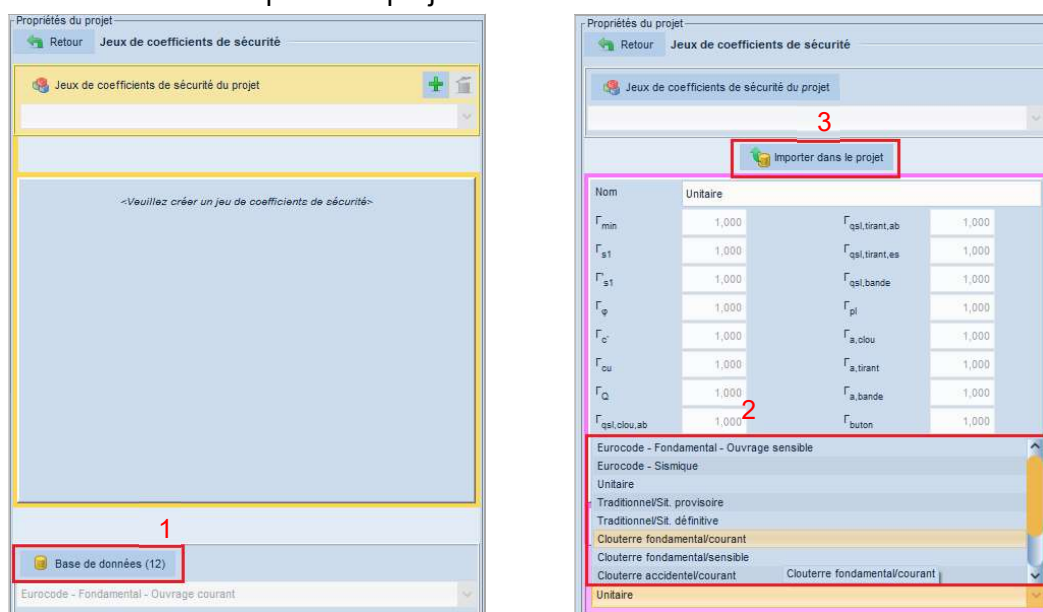


Figure 5: Two screenshots of the 'Propriétés du projet' dialog box. The left screenshot shows the 'Jeux de coefficients de sécurité' section with a red box around the 'Base de données (12)' button at the bottom, labeled with a red '1'. The right screenshot shows the same dialog with a red box around the 'Importer dans le projet' button, labeled with a red '3'. Below it, a table of coefficients is shown with a red box around the 'a.clou' row, labeled with a red '2'. At the bottom, a list of project types is shown with a red box around the 'Eurocode - Fondamental - Ouvrage sensible' option, labeled with a red '4'.

Nom	Unitaire	Nom	Unitaire
γ_{min}	1,000	$\gamma_{qsl, tirant, ab}$	1,000
γ_{s1}	1,000	$\gamma_{qsl, tirant, es}$	1,000
γ_{s1}	1,000	$\gamma_{qsl, bande}$	1,000
γ_q	1,000	γ_{pl}	1,000
γ_c	1,000	$\gamma_{a, clou}$	1,000
γ_{cu}	1,000	$\gamma_{a, tirant}$	1,000
γ_Q	1,000	$\gamma_{a, bande}$	1,000
$\gamma_{qsl, clou, ab}$	1,000	γ_{buton}	1,000

Project types list (bottom of right screenshot):

- Eurocode - Fondamental - Ouvrage sensible
- Eurocode - Sismique
- Unitaire
- Traditionnel/Sit. provisoire
- Traditionnel/Sit. définitive
- Clouterre fondamentale/courant
- Clouterre fondamentale/sensible
- Clouterre accidentelle/courant
- Clouterre fondamentale/courant
- Unitaire

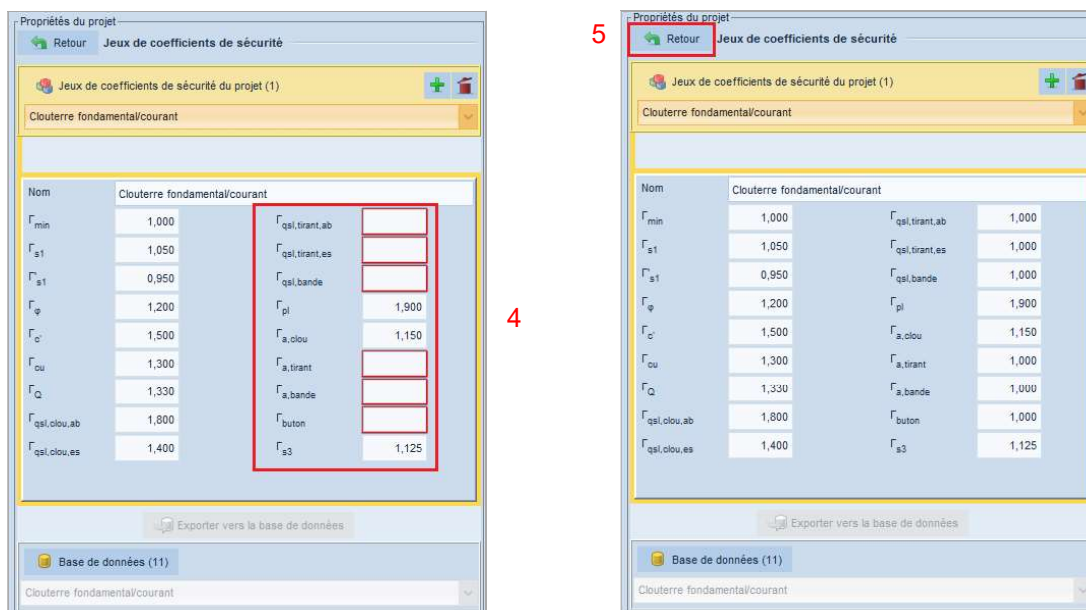


Figure 5. Choix d'un jeu de coefficients partiels de pondération/sécurité

D.1.2 Etape 2 : définition de la géométrie

Cliquer sur l'item **Géométrie**  du volet de l'arborescence (en haut à droite).

Les coordonnées des points définissant la géométrie du talus ainsi que les limites de couches sont définies sur la Figure 2.

Important : il faut également définir à ce stade tous les niveaux de terrassement qui seront utilisés lors de la définition du phasage.

Pour représenter cette géométrie, vous avez plusieurs possibilités :

1. Dessin à la souris ;
2. Saisie des coordonnées directement sur l'écran principal ;
3. Utilisation du volet des propriétés.

Nous allons utiliser dans cet exemple successivement les 3 méthodes possibles.

1. Dessin à la souris :

- Tout d'abord, pour faciliter le dessin à la souris, il est recommandé d'activer l'affichage d'une grille et l'accrochage à cette grille. Pour cela, cliquer sur le menu **Projet**  puis sur l'option **Paramètres avancés...** . Vous pourrez alors paramétrer l'espacement des points de la grille : choisir ici une **Taille de grille** égale à 0,25 m par exemple et laisser cochée la case **Afficher la grille** puis fermer la fenêtre en cliquant sur le bouton **Fermer**. Les incréments de 0,25 m seront utilisés lors des clics sur le dessin pour définir la position des points. Plus la grille est fine, plus le tracé sera précis.
- Pour dessiner la géométrie à la souris, cliquer sur le bouton **Créer des points et des segments**  de la barre des **Outils**. Cliquer ensuite sur le premier point de la géométrie à représenter, puis déplacer la souris et cliquer au 2^{ème} point : un segment entre les 2 points est créé. Si vous voulez définir des points sans les relier par des segments, appuyez tout simplement sur la touche **Echap** entre 2 clics. L'objectif est d'obtenir le même dessin que celui de la Figure 6.

Astuces de dessin :

- Pour supprimer un point : cliquer dessus, puis appuyer sur la touche « Suppr » du clavier. La suppression fonctionne de façon analogue pour les segments et de façon plus générale pour les autres éléments dessinés.
- Si vous avez placé un point à côté de la position souhaitée, cliquer sur le bouton **Modifier des points**  de la barre des **Outils**, puis cliquer sur le point à déplacer : vous pourrez alors le faire glisser à l'aide de la souris ou corriger ses coordonnées dans le tableau. Cliquer sur **Créer des points et des segments**  afin de poursuivre la définition de la géométrie.
- Vous pouvez à tout moment annuler/rétablir les dernières actions dans la construction de la géométrie en cliquant sur le bouton **Annuler**  ou sur le bouton **Refaire**  dans la barre des « Raccourcis ».
- Les coordonnées de la souris sont affichées en permanence en bas à droite de l'écran de dessin. De plus, les coordonnées des points créés apparaissent automatiquement dans le tableau du volet des propriétés à droite.
- Par défaut, les numéros des points et segments sont affichés sur le dessin. Si vous souhaitez retirer cet affichage, utiliser le menu **Projet** , **Paramètres avancés...**  et décocher les cases **Afficher les noms des points** et/ou **Afficher les noms des segments**.
- Plusieurs outils vous permettent de zoomer/dézoomer dans l'affichage graphique à l'aide de la barre d'options **Zoom**, boutons , ,  et .

Lorsque vous avez terminé de tracer le terrain naturel (TN), celui-ci apparaît en traits épais : l'enveloppe du terrain est reconnue automatiquement.

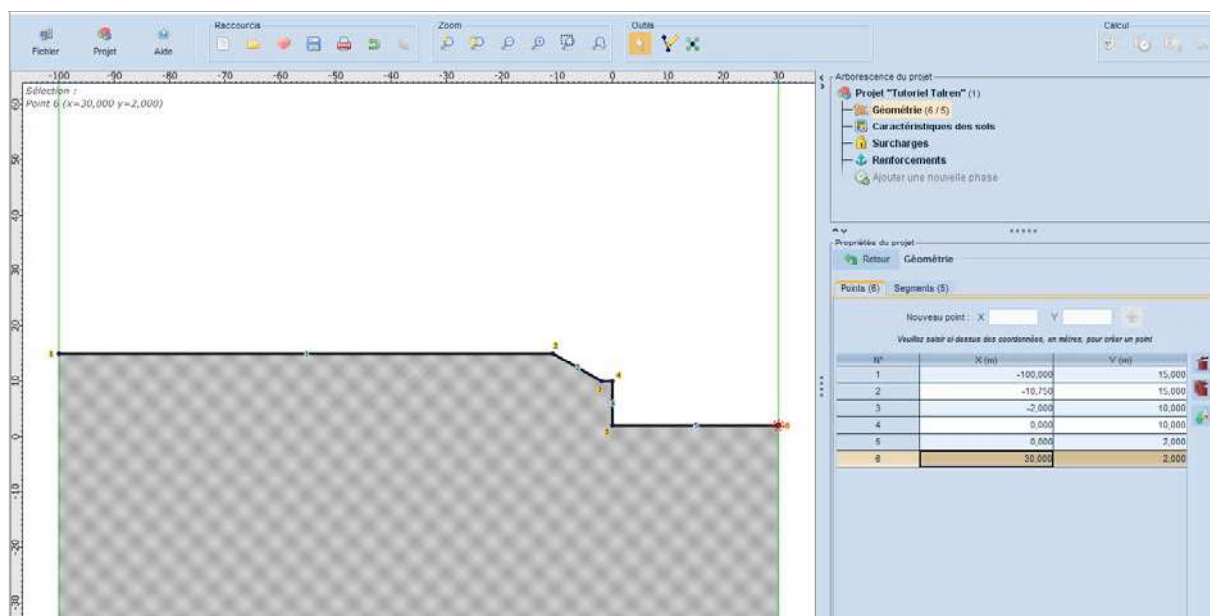
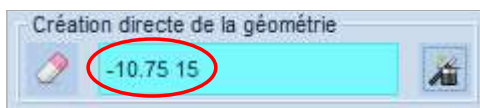


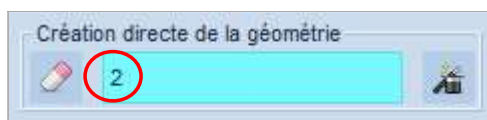
Figure 6. Reconnaissance automatique de l'enveloppe du terrain

2. Saisie des coordonnées directement sur l'écran principal :

- Cliquer dans la zone de saisie dans la barre d'état en bas à gauche de l'écran : saisir les coordonnées X et Y du point à représenter en les séparant par un espace. Ecrire par exemple pour le point 2 : -10.75_15. Puis appuyer sur la touche *Entrée* du clavier. Le fond de la zone de saisie devient alors bleu, cela signifie que le prochain point saisi sera relié au précédent par un segment. Pour "lever le crayon", appuyer sur la touche *Echap* du clavier. Le fond de la case de saisie redevient alors blanc. Le prochain point saisi ne sera pas relié au précédent par un segment. Vous pouvez à tout moment passer du mode dessin à la souris au mode de saisie des coordonnées.



- Cette même zone de saisie peut être utilisée pour relier des points déjà créés. Par exemple, pour relier le point 2 au point 3 : saisir 2, appuyer sur la touche *Entrée* du clavier puis saisir 3 et la touche *Entrée* de nouveau : il est donc possible de saisir indifféremment soit des couples de coordonnées, soit des numéros de points existants. De même que précédemment, pour "lever le crayon", appuyer sur la touche *Echap* du clavier.



3. Pour saisir ou vérifier la géométrie via le tableau du volet des propriétés :

- Choisir l'item **Géométrie**  de l'arborescence du projet. Les propriétés du projet de la Figure 7 apparaissent (onglets **Points** et **Segments**). Si vous avez déjà saisi des points à la souris, ceux-ci figurent dans le tableau.
- Pour corriger des coordonnées, cliquer simplement dans les cases correspondantes. Pour saisir de nouveaux points, compléter les 2 cases correspondantes aux coordonnées X et Y puis cliquer sur le bouton **Ajouter nouveau point** .

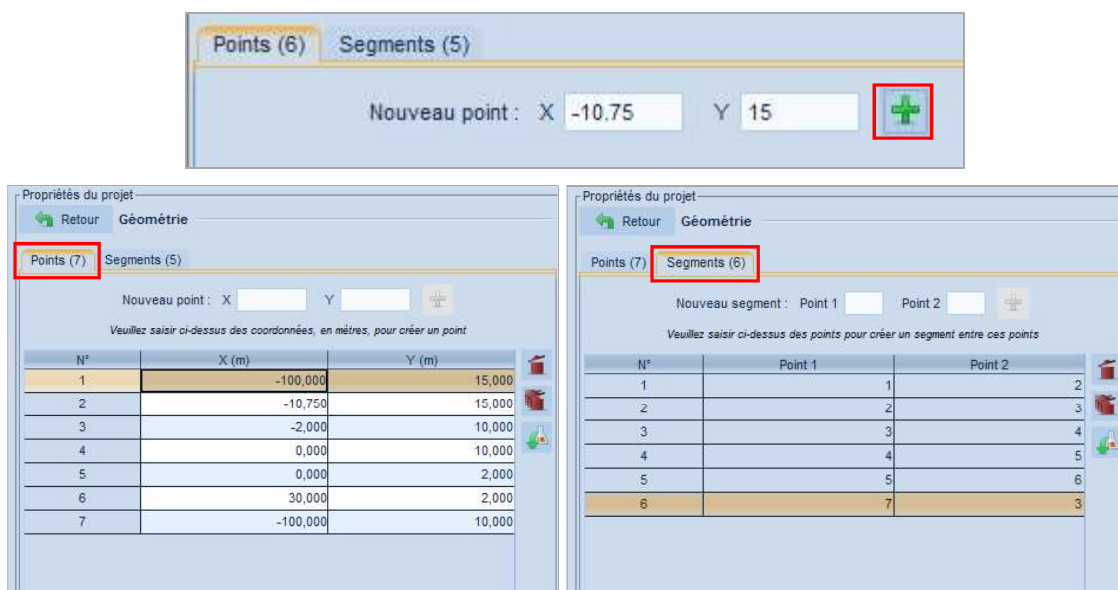


Figure 7. Volet des propriétés "Géométrie du projet", onglets "Points" et "Segments"

Astuce : pour passer d'une case à l'autre (de gauche à droite sur la même ligne, ou à la ligne suivante en fin de ligne), l'utilisateur peut utiliser la touche *Tab* du clavier. La combinaison des touches *Shift + Tab* permet de se déplacer d'une case à l'autre dans l'autre sens.

Les points créés via ce tableau ne sont pas automatiquement reliés par des segments. Il convient donc de renseigner les segments via le deuxième onglet.

Lorsque tous les points sont définis, cliquer sur l'onglet **Segments** (Figure 7) : le tableau de l'ensemble des segments déjà définis apparaît alors. Il est possible de modifier ou ajouter des segments, comme pour les points.

Si nécessaire, il est possible de gérer l'enveloppe manuellement dans les propriétés de la phase (en modifiant la liste des segments qui la constitue). Mais il est recommandé, si possible, de conserver le mode automatique (pour que l'enveloppe puisse être modifiée automatiquement).

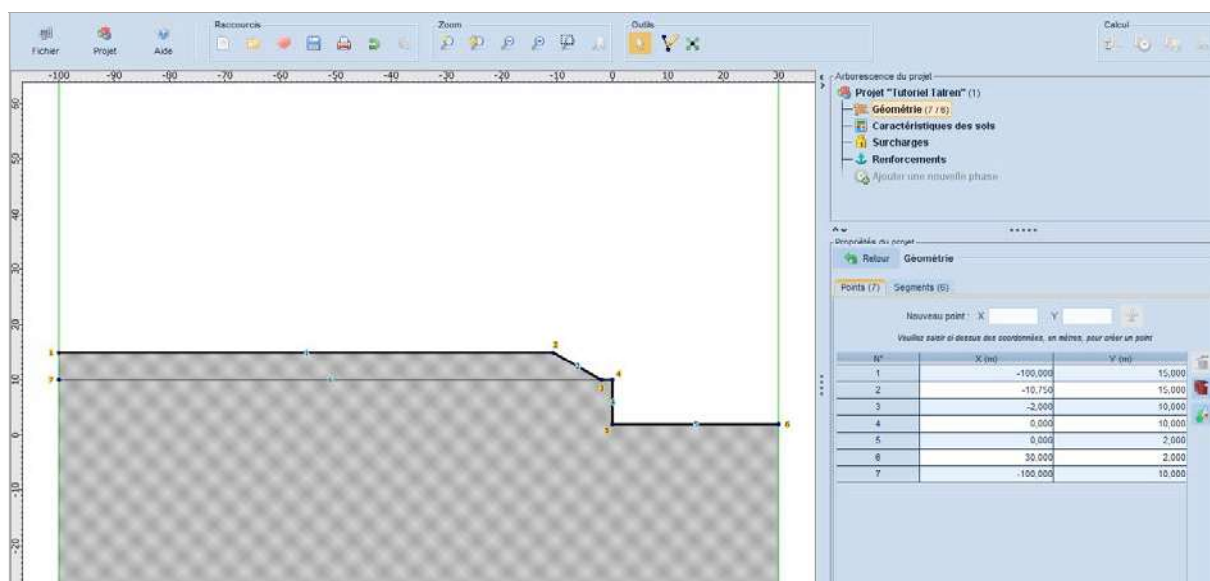


Figure 8. Projet après définition de la géométrie

Remarque importante :

Le projet doit toujours être défini avec l'amont à gauche et l'aval à droite (le sens du glissement doit être de la gauche vers la droite).

Si vous avez défini votre projet dans l'autre sens, vous avez la possibilité de le « retourner » automatiquement avec le menu **Projet**  puis l'option **Retourner la coupe de sol** .

D.1.3 Etape 3 : définition des caractéristiques de sol

Deux couches de sol sont à définir. Leurs caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous.

Couche de sol	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)	q_s (kPa)
1	20	35	5	-
2	20	30	10	130

Tableau 1. Caractéristiques des sols

1. Sélectionner l'item **Caractéristiques des sols**  de l'arborescence du projet. Cliquer sur le bouton **Créer nouvelle couche de sol**  (1), puis compléter les données pour la première couche (Figure 9). Les unités à utiliser sont celles définies au début du projet. Elles sont rappelées dans tous les écrans de saisie (en l'occurrence, kN, m et degrés).
2. Cliquer à nouveau sur **Créer nouvelle couche de sol**  puis définir les données pour la 2^{ème} couche de sol.
3. Pour passer d'une couche de sol à l'autre, cliquer sur le libellé de la couche dans la liste à gauche de la boîte de dialogue.

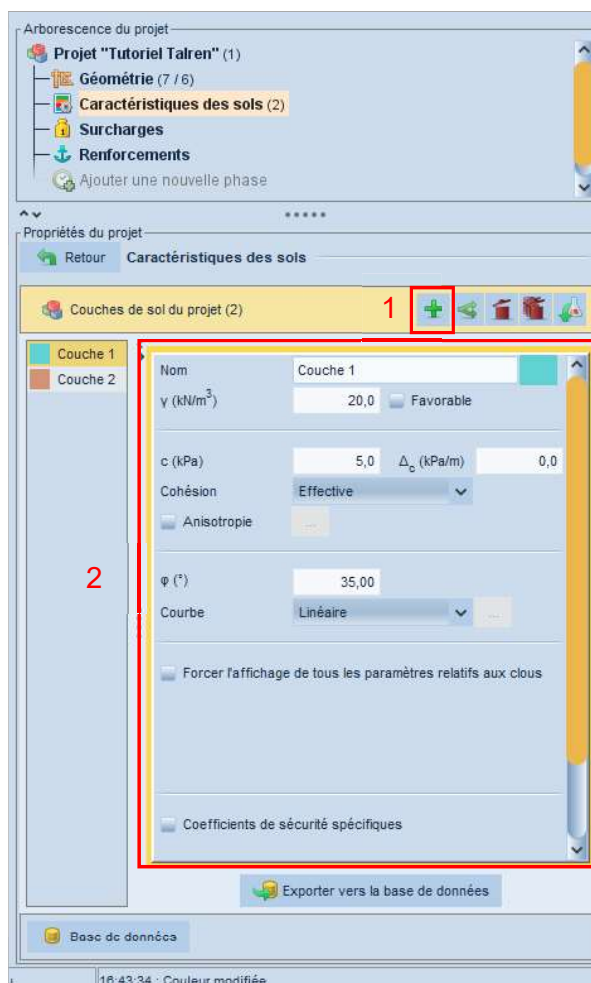


Figure 9. Volet des propriétés des caractéristiques de sols (couche 1)

Il est possible de modifier le nom de la couche dans la case correspondante.

Il est également possible de modifier la couleur de chaque couche en cliquant sur la zone de couleur à côté du nom de la couche.

Pour affecter les couches définies aux différents volumes de sol, effectuer un « cliquer-glisser » depuis la couche de sol des propriétés vers la zone de sol souhaitée : la zone de sol doit prendre la couleur de la couche de sol attribuée. Répéter l'opération pour attribuer des caractéristiques à toutes les zones de sol. Vous devez alors obtenir l'écran illustré sur la Figure 10.

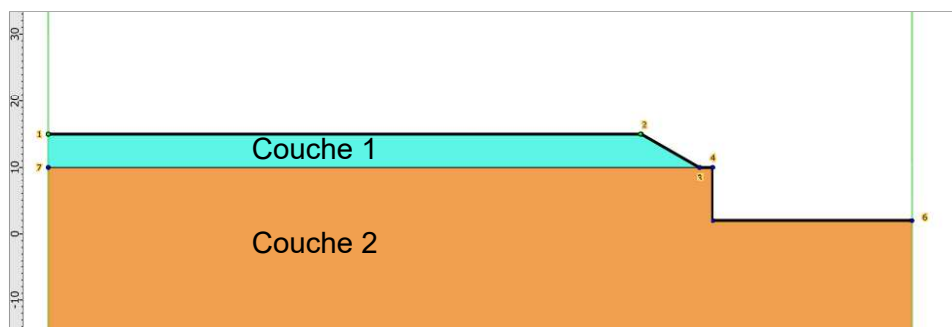


Figure 10. Coupe du projet après attribution des caractéristiques de sol

Pour modifier l'attribution d'une couche de sol, une autre solution consiste à cliquer dans la zone de sol et à choisir dans le menu contextuel la couche de sol voulue.



IMPORTANT

Talren n'affiche que les données strictement nécessaires. Or les clous ne sont pas encore définis, et Talren ne « sait » donc pas encore que les clous traversent la couche 2. La donnée q_s n'est donc pas visible sur la Figure 9, sauf si l'on coche l'option **Forcer l'affichage de tous les paramètres relatifs aux clous** au préalable.

Nous définirons donc cette donnée après avoir défini les clous.

A tout moment, vous avez accès à des tableaux récapitulatifs des caractéristiques des couches de sol, des renforcements et des surcharges, par le menu **Projet**  et l'une des 3 options **Tableau récapitulatif...** (exemple ci-dessous). Attention : ces tableaux récapitulatifs permettent la visualisation et l'export des données, mais pas leur modification.

Tableau récapitulatif des couches de sol																	
Couches de sol (2)																	
	Nom	Couleur	γ	ϕ	c	Δc	q_s clous	pl	KsB	Anisotro.	Favorable	Coefficients de sécurit...	Γ_y	Γ_c	$\Gamma_{tan(\phi)}$	Type de c...	Courbe
1	Couche 1		20,0	35,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non	-	-	-	Effective	Linéaire
2	Couche 2		20,0	30,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non	-	-	-	Effective	Linéaire

Figure 11. Tableau récapitulatif des caractéristiques des couches de sol

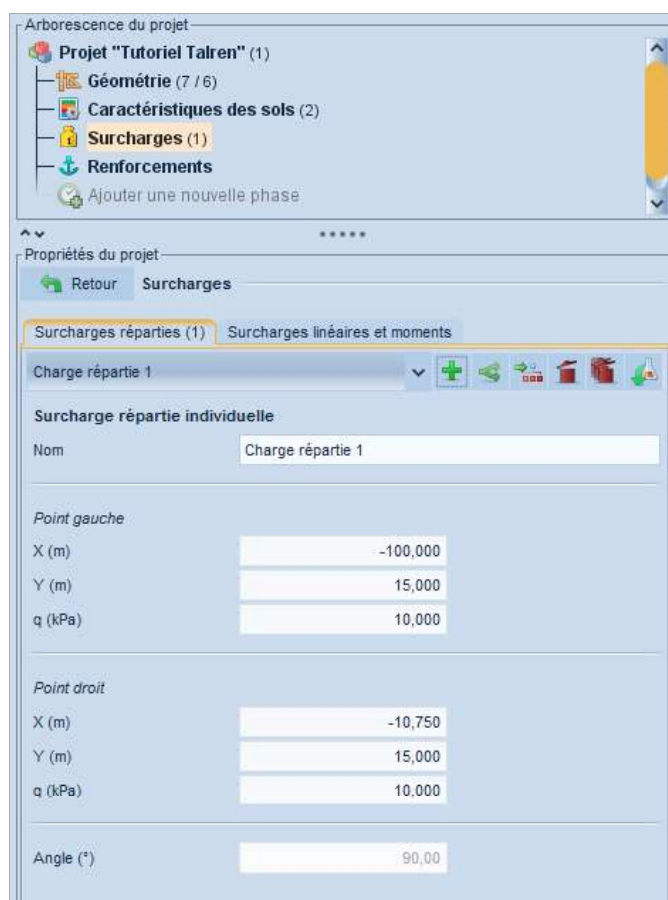
D.1.4 Etape 4 : définition des surcharges

Il s'agit de définir une surcharge répartie sur le segment à la cote +15.0, entre $x = -100$ m et $x = -10,75$ m. Cliquer sur l'item **Surcharges**  dans l'arborescence du projet.

Nous allons utiliser dans cet exemple successivement les 2 méthodes disponibles :

1. Dessin à la souris : cliquer sur le bouton **Créer des charges réparties**  de la barre des **Outils**. Effectuer un « cliquer glisser » de la souris, de la gauche vers la droite afin de déterminer le point gauche puis le point droit de la surcharge. Zoomer puis rectifier manuellement si nécessaire dans les propriétés de la surcharge. La surcharge apparaît alors sur le dessin (par défaut, elle est verticale orientée vers le bas). Il faut ensuite compléter le volet **Propriétés du projet** pour renseigner les propriétés de la surcharge (au moins sa valeur à chaque extrémité).
2. Utilisation du volet des propriétés des surcharges : pour saisir la géométrie d'une surcharge manuellement, ou compléter la définition de surcharges déjà dessinées à la souris, utiliser le volet des propriétés du projet. Si vous avez déjà défini une surcharge à la souris, celle-ci apparaît.

Pour modifier des données, cliquer simplement dans les cases correspondantes. Vous pouvez afficher/masquer les libellés des surcharges sur le dessin grâce au menu **Projet** : option **Paramètres avancés...**  (case à cocher **Afficher les noms des surcharges**).



Arborescence du projet

- Projet "Tutoriel Talren" (1)
 - Géométrie (7 / 6)
 - Caractéristiques des sols (2)
 - Surcharges (1)**
 - Renforcements
 - Ajouter une nouvelle phase

Propriétés du projet

Retour Surcharges

Surcharges réparties (1) Surcharges linéaires et moments

Charge répartie 1

Surcharge répartie individuelle

Nom Charge répartie 1

Point gauche

X (m) -100,000

Y (m) 15,000

q (kPa) 10,000

Point droit

X (m) -10,750

Y (m) 15,000

q (kPa) 10,000

Angle (°) 90,00

Figure 12. Volet des propriétés « Surcharges », onglet « Surcharges réparties »

Pour modifier une surcharge à la souris, cliquer sur le bouton **Modifier des charges réparties**  de la barre des **Outils** :

- Pour déplacer une extrémité de la zone d'application de la surcharge : cliquer sur le point extrémité de la surcharge à gauche ou à droite. Puis, sans lâcher le bouton gauche de la souris, déplacer le point au nouvel emplacement choisi (si besoin affiner ensuite manuellement dans les propriétés de la surcharge les coordonnées du ou des points déplacés).
- Pour augmenter ou diminuer la valeur de la surcharge à gauche ou à droite : cliquer sur le « coin » haut de la surcharge, à gauche ou à droite, puis, sans lâcher le bouton gauche de la souris, déplacer ce « coin » vers le haut ou vers le bas afin d'augmenter ou de réduire la valeur de cette surcharge.
- Pour déplacer l'ensemble de la surcharge sans autre modification : cliquer sur la surcharge, puis, sans lâcher le bouton gauche de la souris, déplacer l'ensemble.

Pour supprimer une surcharge, il y a 2 possibilités : soit par le volet graphique à gauche en sélectionnant la surcharge et en tapant sur la touche « Suppr », soit par le volet des propriétés en sélectionnant la surcharge dans le menu déroulant et en cliquant sur le bouton **Supprimer la surcharge répartie** .

Nota : La valeur de l'orientation de la surcharge n'est accessible que lorsqu'on sélectionne la méthode **Calcul à la rupture**, sinon celle-ci reste fixée à 90°.

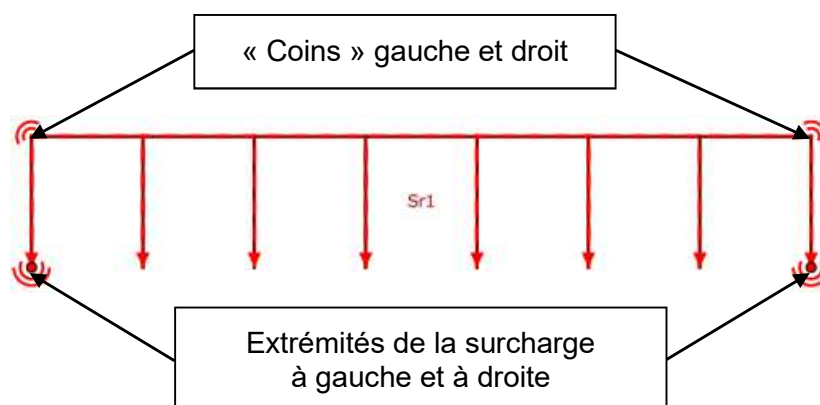


Figure 13. Géométrie des surcharges réparties

D.1.5 Etape 5 : définition des clous

Nous devons définir 4 lits de clous. Il convient de les définir tous dans les propriétés du projet. Ensuite, ils seront activés au fur et à mesure de l'avancement du phasage.

Il existe différents modes de travail des clous (cf. Partie C du manuel). Dans cet exemple, nous souhaitons calculer la traction et imposer un cisaillement nul.

Ils sont tous identiques sauf pour leur longueur et la cote de leur tête. Leurs caractéristiques sont données dans le Tableau 2

Clou	$\varnothing_{\text{barre}}$ (m)	σ_e (MPa)	Esp (m)	X (m)	Y (m)	L (m)	Angle (°)	L_B (m)	A_{LB} (°)	R_e (m)
1	0.04	500	2	0	9	12	10	2	10	0.065
2	0.04	500	2	0	7	12	10	2	10	0.065
3	0.04	500	2	0	5	12	10	2	10	0.065
4	0.04	500	2	0	3	9	10	2	10	0.065

Tableau 2. Caractéristiques des clous

Pour l'ensemble de 4 lits de clous, on choisira également :

- R_{sc} ou q_s issus des Abaques : cela a une incidence sur le coefficient de sécurité partiel pris en compte sur la valeur de q_s ;
- R_{sc} (résistance du scellement) calculée à partir de q_s ;
- Règle de calcul : Traction calculée et cisaillement imposé
- Cisaillement non variable le long du clou ;
- Calcul de la traction seulement sur la partie externe à la surface de rupture.

Cliquer sur l'item **Renforcements**  dans l'arborescence du projet. Il y a deux 2 possibilités pour définir les renforcements : dessin à la souris ou utilisation du volet des propriétés des renforcements dans le volet droit. Nous allons utiliser dans cet exemple successivement les 2 méthodes.

1. Pour dessiner le premier clou, cliquer sur le bouton **Créer des clous**  de la barre des boutons **Outils**. Cliquer ensuite sur la position de la tête du clou à représenter, puis, sans lâcher le bouton gauche de la souris, sur son autre extrémité. Le clou apparaît alors sur le dessin.
2. Pour compléter les données relatives à ce clou (ou le définir complètement si vous ne souhaitez pas effectuer l'étape précédente à la souris), utiliser le volet des propriétés. Si vous avez déjà défini le 1^{er} clou à la souris, l'onglet **Clous** apparaît dans le volet **Renforcements**. Compléter alors ses données (en cliquant simplement dans les cases correspondantes).

Propriétés du projet

Retour **Renforcements**

Clous (4) Tirants Bandes Butons

Clous et familles du projet (4)

Clou 1

Clou individuel

Nom Clou 1

X (m) 0,000 Y (m) 9,000

Longueur (m) 12,000

Espacement (m) 2,000 Angle (°) 10,00

Diffusion

Largeur base (m) 2,000 Angle (°) 10,00

☐ Valeur de TR donnée

Φ_{barre} (m) 0,040 σ_{lim} (kPa) 5,00E05

Frottement

$q_{s, \text{clous}}$ issus de Abaques

☒ Rsc calculée à partir de q_s

Rayon équ. (m) 0,065

Règle de calcul Traction calculée et cisaillement imposé

☐ Cisaillement variable (le long du clou)

Rcis (kN) 0,0

Cal. de traction Externe

Figure 14. Volet « Renforcements », onglet « Clous »

Il existe une figure d'aide concernant la diffusion des contraintes d'un renforcement en cliquant sur le bouton .

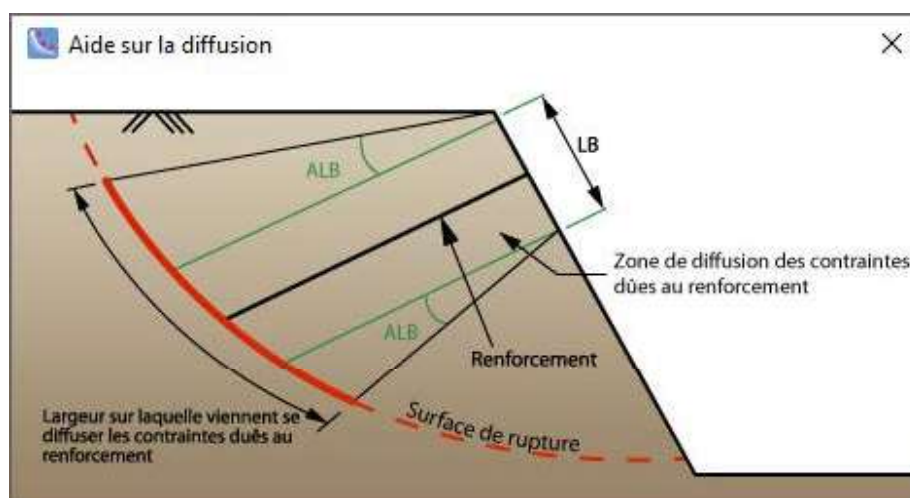


Figure 15. Schéma sur le principe de diffusion de contraintes d'un renforcement

Comme les autres niveaux de clous ont quasiment les mêmes caractéristiques, cliquer sur le bouton **Dupliquer**  3 fois. Sélectionner ensuite chacun des nouveaux clous ainsi créés

(en cliquant dans la liste déroulante) et modifier uniquement ce qui est nécessaire, à savoir : cote de la tête du clou et longueur du clou.

Vous pouvez afficher ou masquer les libellés des clous sur le dessin grâce au menu **Projet**, option **Paramètres avancés...**  (case à cocher « Afficher les noms des renforcements »).

Après définition de tous les clous, vous devez obtenir maintenant le modèle illustré sur la Figure 16.

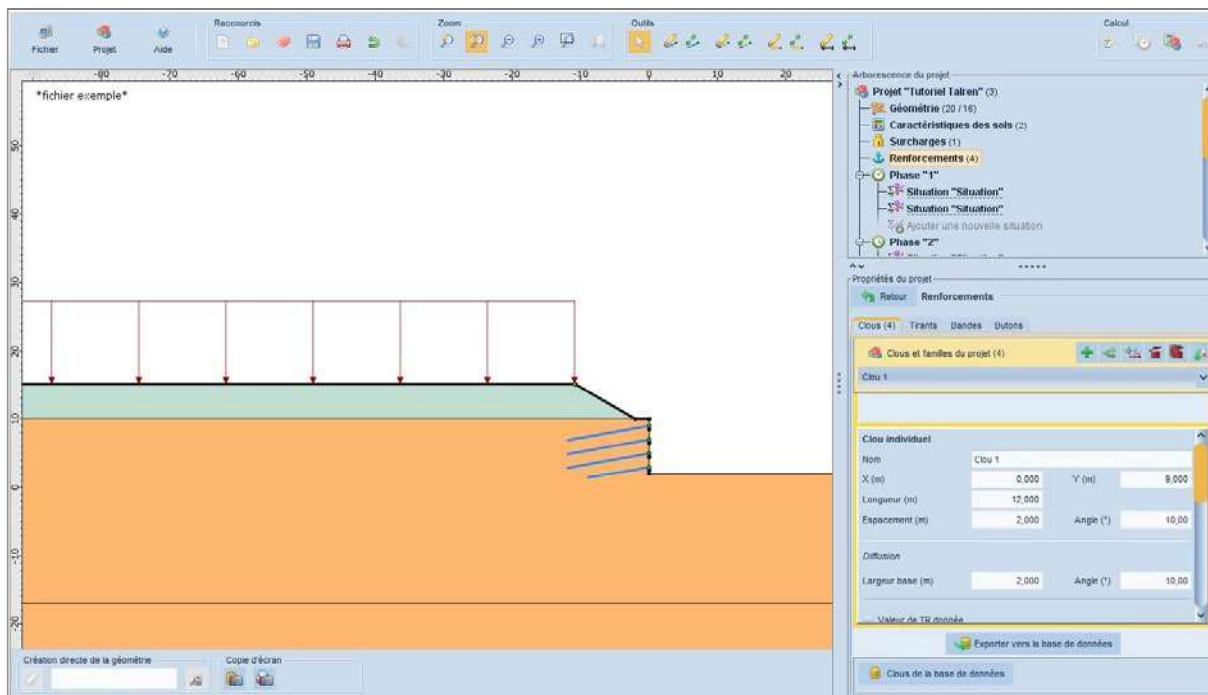


Figure 16. Modèle après définition des clous

Maintenant que les clous ont été définis, il faut retourner dans les **Caractéristiques des sols**  pour définir la valeur de q_s pour la couche 2. Cette fois, la case q_s pour la couche 2 est visible (Figure 17), alors qu'elle ne l'est pas pour la couche 1 : q_s n'est visible pour une couche que si des clous traversent la couche.

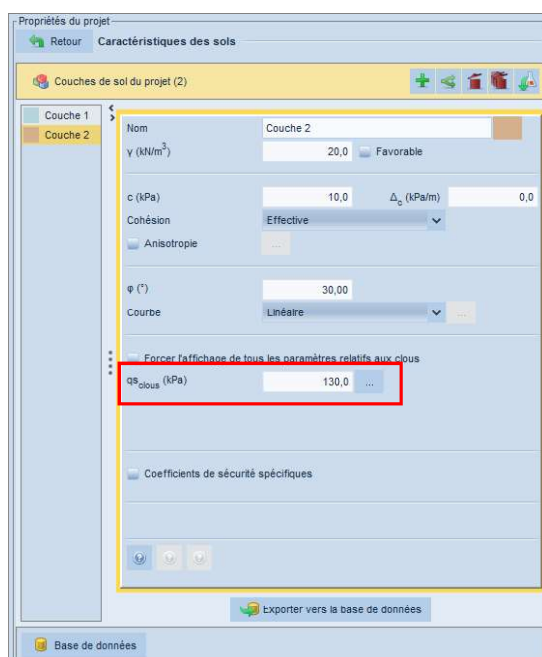


Figure 17. Volet des propriétés des caractéristiques de sols (couche 2)

D.1.6 Etape 6 : définition des niveaux de terrassement intermédiaires

Nous avons défini jusqu'à présent la géométrie de la situation définitive. Mais nous souhaitons également effectuer une vérification des phases provisoires d'exécution. Il faut donc définir des points et segments supplémentaires nécessaires pour les phases de terrassement intermédiaires : cotes +10.0, +8.5, +6.5, +4.5 et +2.5 m (Figure 18). Nous aurions d'ailleurs tout-à-fait pu définir tout de suite (étape 2) l'ensemble de la géométrie.

Le dessin de ces points et segments supplémentaires se fait de façon analogue à la définition de la géométrie initiale (voir étape 2 pour les 3 méthodes possibles). Ensuite, il faut attribuer les caractéristiques de la couche 2 aux nouvelles zones de sol créées.

L'enveloppe est modifiée automatiquement pour correspondre au terrain naturel initial.

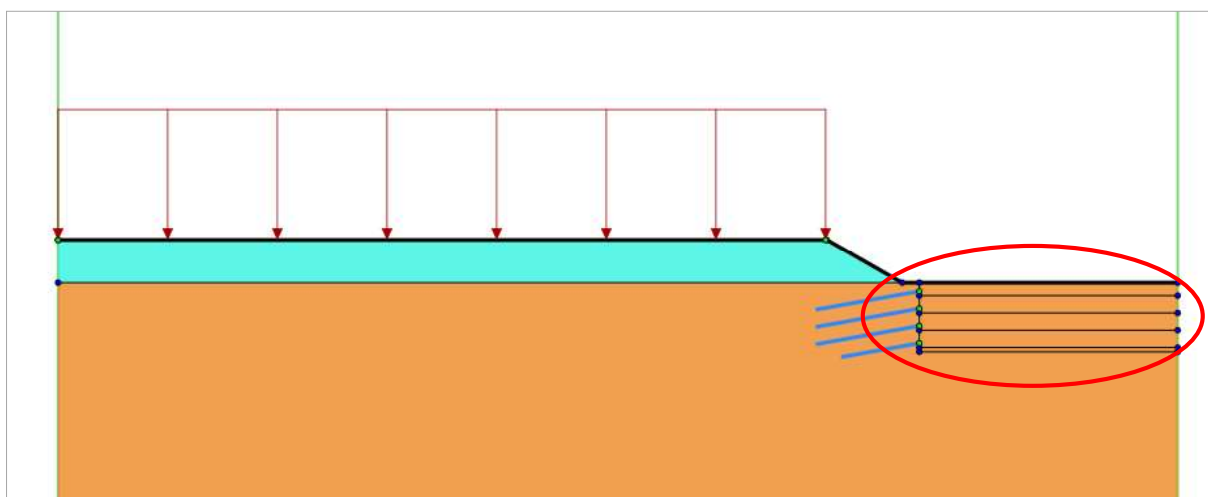


Figure 18. Modèle après définition des terrassements intermédiaires

Toutes les données définissant le projet sont maintenant saisies.

Il faut donc passer à la définition du phasage en cliquant sur **Ajouter une nouvelle phase**  de l'arborescence du projet ou en cliquant sur le bouton  Ajouter une nouvelle phase (2) des propriétés de la phase :

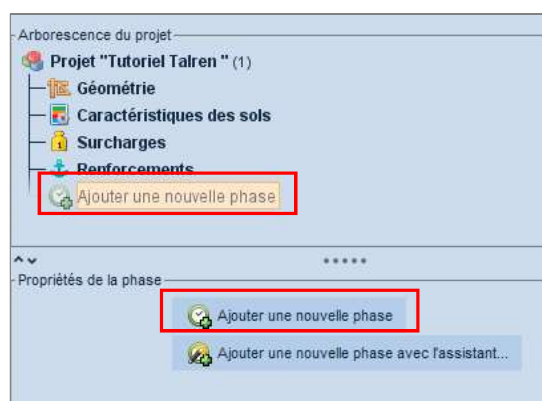


Figure 19. Définition de la 1^{ère} phase

Lors de la création de la 1^{ère} phase, Talren lui attribue par défaut la géométrie et les couches de sol déjà définies à ce moment dans le projet. Les surcharges et les renforcements sont désactivés par défaut. Leur gestion en revient à l'utilisateur.

D.1.7 Etape 7 : définition de la phase 1

La 1^{ère} phase correspond aux opérations suivantes :

- Terrassement à la cote +8,50 (qui permettra d'exécuter le 1^{er} lit de clous).
- Mise en place du 1^{er} lit de de clous.
- Terrassement à la cote +6,50 m.

Par défaut, la 1^{ère} phase est générée automatiquement avec l'activation de toutes les zones de sol et la désactivation de tous les renforcements et des surcharges.

Pour modifier la géométrie du projet dans une phase, il suffit d'activer ou désactiver des zones de sol en cliquant dessus. Il en va de même pour les surcharges et les renforcements.

- Pour créer le 1^{er} niveau de terrassement, il suffit donc de cliquer à l'intérieur des 2 zones de sol figurées comme désactivées (non colorées) sur la Figure 20. Pour activer ou désactiver un élément, il convient de sélectionner une **Phase**  dans l'arborescence du projet, et d'utiliser le bouton  « **Activer des polygones, des charges et des renforcements** » dans la barre d'outils, activé par défaut.
- Pour activer le lit de clous, il suffit de cliquer dessus ou bien d'utiliser le bouton **Activer des renforcements**  pour sélectionner uniquement les éléments de renforcement et de cliquer sur le lit de clou à activer.

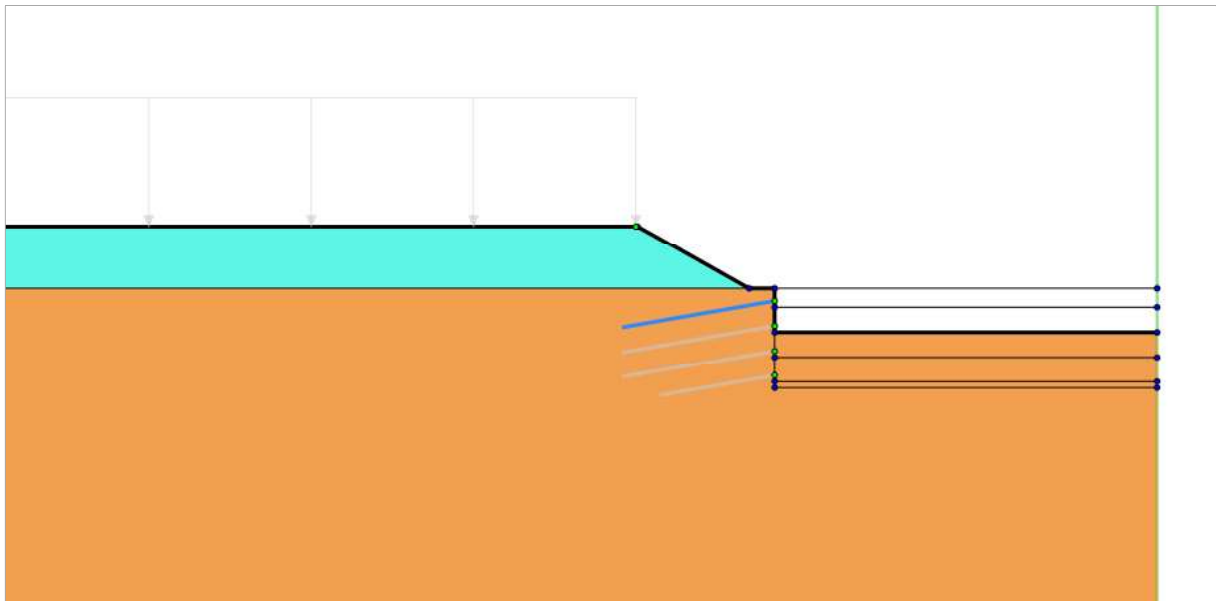


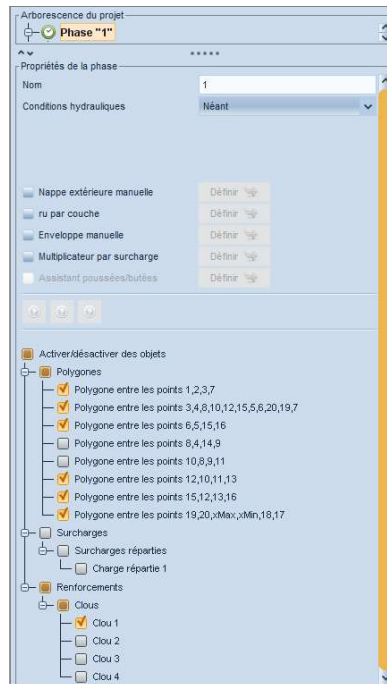
Figure 20. Définition de la phase 1

Le volet des propriétés à droite permet de modifier les propriétés de la phase en cours (cf. Figure 21).

Dans cet exemple, il n'y a pas de conditions hydrauliques à définir.

L'enveloppe est déterminée automatiquement. Laisser la case « enveloppe manuelle » décochée.

Cette manipulation n'est pas nécessaire pour notre exemple, mais il serait également possible de modifier les caractéristiques de sol attribuées à une zone de sol (simulation d'une amélioration de sol par exemple) : pour cela, cliquer avec le bouton droit de la souris puis choisir la couche de sol souhaitée (elle doit avoir été définie au préalable dans les **Caractéristiques des sols** ).

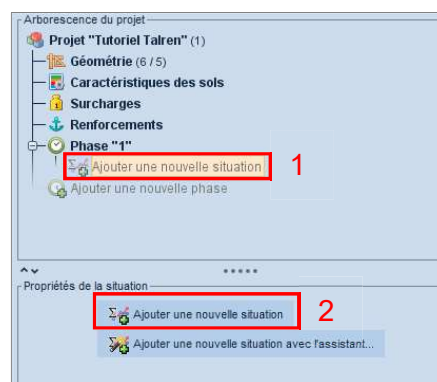
Figure 21. Volet des propriétés pour la 1^{ère} phase

Il reste donc ensuite à définir les **situations de calcul**. Pour cette phase, on étudiera 2 situations.

D.1.7.1 Définition et calcul de la situation 1

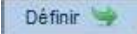
Il convient maintenant de créer la 1^{ère} situation :

- en sélectionnant l'item **Ajouter une nouvelle situation** de l'arborescence du projet (1) (Figure 22) ou en cliquant sur l'item **Ajouter une nouvelle situation** dans le menu contextuel de la phase 
- et en double-cliquant sur le bouton  (2).

Figure 22. Création de la 1^{ère} situation

Il faut ensuite définir les propriétés de cette situation dans le volet de propriétés, et notamment : pondérations partielles et surfaces de rupture :

- Méthode de calcul : **Bishop** (option choisie par défaut dans la description générale).
- Pondérations partielles : **Clouterre Fondamental / Ouvrage courant** (option choisie par défaut dans la description générale).
- Surfaces de rupture : nous allons choisir par exemple pour cette 1^{ère} situation des surfaces de rupture circulaires passant en pied d'excavation, en mode **recherche**

automatique. Les données correspondantes apparaissent sur la Figure 23 et la Figure 24. (on accède à l'écran de la Figure 24 après avoir sélectionné **Circulaire automatique**, puis cliquer sur le bouton ).

La valeur **abscisse émergence limite** (aval) égale à -1.0 garantit que Talren ne retiendra pas les cercles dont le point d'émergence « à droite » a une abscisse inférieure à -1.0. En l'occurrence, on veut éviter de vérifier la stabilité du talus supérieur dans la couche 1 : on veut vérifier la stabilité de l'ensemble du projet. Valider en cliquant sur le bouton .

Le bouton  permet de définir l'abscisse d'émergence limite en cliquant sur le dessin. De façon analogue, le bouton  permet de définir le point de passage imposé en cliquant sur le dessin.

- Nombre de tranches : il est par défaut égale à **100**.
- Séisme : il n'y a pas de conditions sismiques à définir pour cette situation.



Figure 23. Définition de la situation 1 de la phase 1

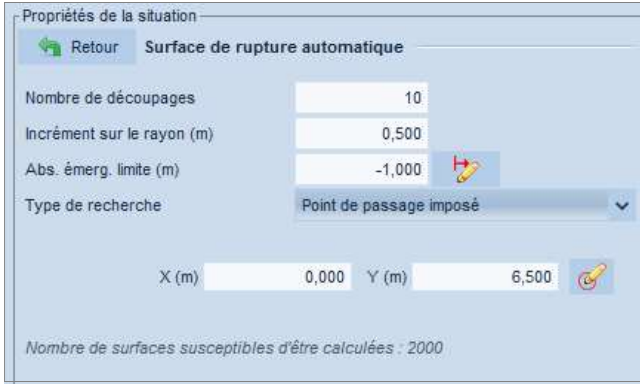


Figure 24. Définition des surfaces de rupture à générer automatiquement pour la situation 1 de la phase 1

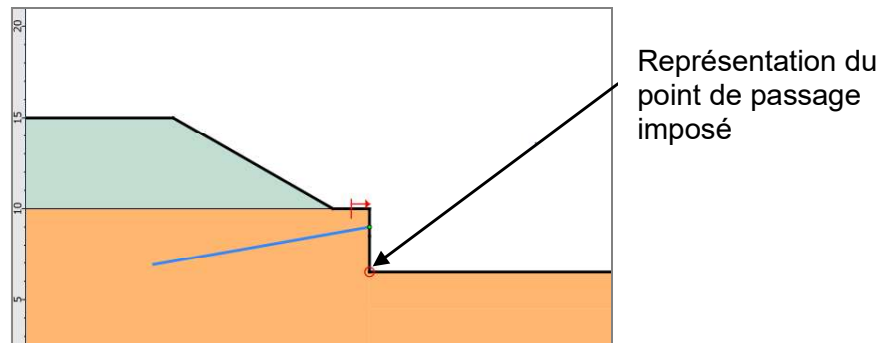
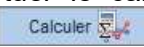


Figure 25. Modèle après définition de la situation 1 de la phase 1

Calcul et résultats

Pour effectuer le calcul de cette situation, cliquer sur le bouton **Calculer la situation courante**  dans les **Propriétés de la situation** ou bien cliquer sur le bouton **Calculer la situation courante**  de la barre de boutons **Calcul**. Le calcul s'effectue puis le résultat s'affiche (Figure 26) : le cercle affiché par défaut est celui qui correspond au coefficient de sécurité minimal.

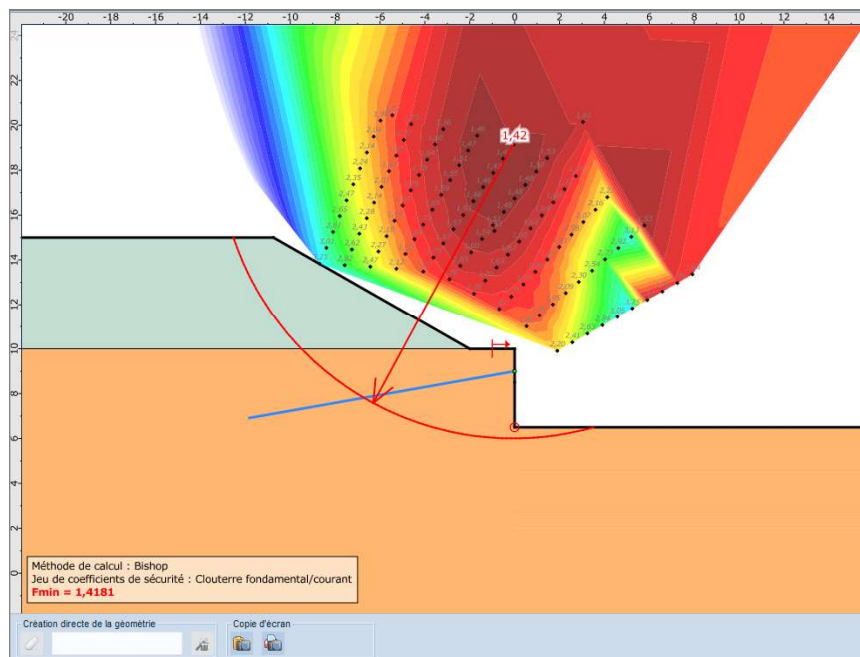
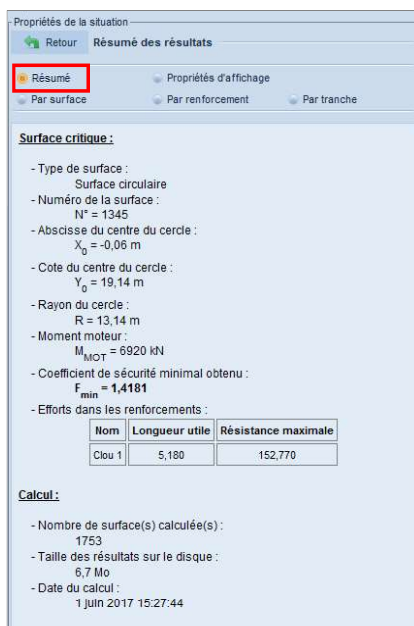


Figure 26. Résultat affiché par défaut pour la situation 1 de la phase 1

La valeur du coefficient de sécurité affichée à côté de chaque centre est la valeur minimale obtenue pour tous les cercles calculés à partir de ce centre (si vous avez défini un incrément sur le rayon non nul). Cliquer sur un centre pour afficher le cercle correspondant à cette valeur minimale du coefficient de sécurité.

Le bouton  permet de copier la zone graphique dans le presse-papiers pour ensuite la coller dans une autre application (pour rédiger un rapport par exemple).

Le résumé des résultats est également disponible dans le volet des propriétés à droite :



Propriétés de la situation

Résumé des résultats

Surface critique :

- Type de surface : Surface circulaire
- Numéro de la surface : $N^{\circ} = 1345$
- Abscisse du centre du cercle : $X_0 = -0,06$ m
- Cote du centre du cercle : $Y_0 = 19,14$ m
- Rayon du cercle : $R = 13,14$ m
- Moment moteur : $M_{MOT} = 6920$ kN
- Coefficient de sécurité minimal obtenu : $F_{min} = 1,4181$
- Efforts dans les renforcements :

Nom	Longueur utile	Résistance maximale
Clou 1	5,180	152,770

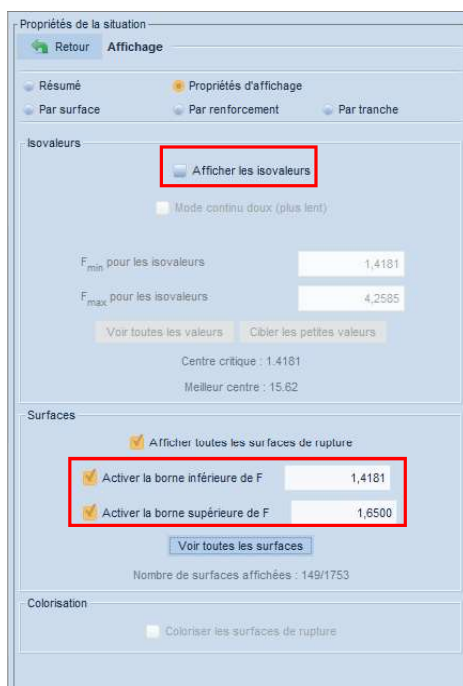
Calcul :

- Nombre de surface(s) calculée(s) : 1753
- Taille des résultats sur le disque : 6,7 Mo
- Date du calcul : 1 juin 2017 15:27:44

Figure 27. Volet des propriétés – Résumé des résultats du calcul

Pour modifier l'affichage graphique des résultats, sélectionner l'option **Propriétés d'affichage** dans les **Propriétés de la situation**. Le volet illustré sur la Figure 28 apparaît alors. Il permet notamment d'afficher :

- Les valeurs du coefficient de sécurité sous forme d'isovaleurs (dégradés de couleurs) ;
- Les valeurs du coefficient de sécurité appartenant à une fourchette définie par une borne inférieure et une borne supérieure.



Propriétés de la situation

Affichage

Isovaleurs

☒ Afficher les isovaleurs

☐ Mode continu doux (plus lent)

F_{min} pour les isovaleurs : 1,4181

F_{max} pour les isovaleurs : 4,2585

Voir toutes les valeurs Ciber les petites valeurs

Centre critique : 1,4181

Meilleur centre : 15,62

Surfaces

☒ Afficher toutes les surfaces de rupture

☒ Activer la borne inférieure de F : 1,4181

☒ Activer la borne supérieure de F : 1,6500

Voir toutes les surfaces

Nombre de surfaces affichées : 149/1753

Colorisation

☐ Coloriser les surfaces de rupture

Figure 28. Volet de paramétrage de l'affichage graphique

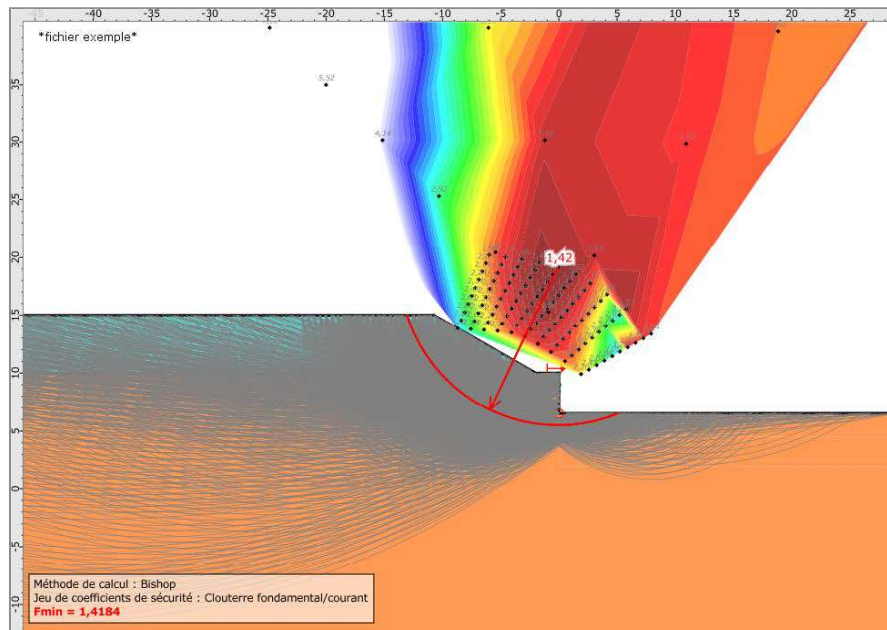
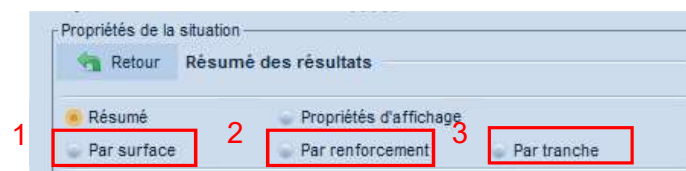


Figure 29. Exemple de représentation de tous les cercles calculés

Il est possible d'accéder à des résultats plus détaillés, notamment sous forme de tableaux :



1. **Par surface** : tableau des résultats détaillés par surface de rupture (cf. Figure 30). La ligne surlignée en rouge correspond à la surface de rupture critique. Lors d'un clic sur une ligne du tableau, le cercle correspondant apparaît sur le dessin.
2. **Par renforcement** : tableau des efforts mobilisés dans les renforcements (ici le 1^{er} lit de clous) (cf. Figure 31). Pour visualiser la signification des différentes colonnes du tableau, positionner le curseur de la souris dans l'entête de colonne du paramètre qui vous intéresse et visualiser l'info-bulle. Par défaut, les résultats s'affichent pour la surface de rupture critique. Il est possible de changer la surface de rupture sélectionnée (via la liste déroulante) pour visualiser ces résultats pour toute autre surface de rupture calculée.
3. **Par tranche** : tableau des résultats détaillés par tranche. Ce volet de propriétés permet de visualiser, pour le cercle critique par défaut, le tableau détaillé des tranches et un graphique illustrant les courbes des efforts normaux, efforts de cisaillement et pressions interstitielles le long de la surface de rupture. Il est possible de changer de surface de rupture (via la liste déroulante) pour visualiser ces résultats pour toute autre surface de rupture calculée.

☐ Résumé
 ☐ Propriétés d'affichage
 ☒ Par surface
 ☐ Par renforcement
 ☐ Par tranche

N°	X ₀	Y ₀	R	M _{MOT}	F-SOL	F-SURCH	F-TOTAL
1328	-0,950	17,880	13,420	10200,9...	1,4348	1,4348	1,5081
1329	-0,950	17,880	10,920	4136,95...	1,2388	1,2388	1,6768
1330	-0,950	17,880	10,420	3161,16...	1,2882	1,2882	2,0532
1331	-0,950	17,880	9,920	2298,90...	1,3603	1,3603	3,0488
1332	-0,950	17,880	9,420	1575,27...	1,4609	1,4609	13,4403
1333	-0,950	17,880	8,920	986,6941	1,6151	1,6151	1,6151
1334	-0,510	18,510	12,020	5425,55...	1,1666	1,1666	1,4600
1335	-0,510	18,510	12,520	6660,25...	1,2129	1,2129	1,4186
1336	-0,510	18,510	13,020	7938,13...	1,2778	1,2778	1,4281
1337	-0,510	18,510	13,520	9274,32...	1,3336	1,3336	1,4432
1338	-0,510	18,510	14,020	10650,7...	1,4131	1,4131	1,4931
1339	-0,510	18,510	11,520	4279,34...	1,2030	1,2030	1,6698
1340	-0,510	18,510	11,020	3248,40...	1,2544	1,2544	2,0885
1341	-0,510	18,510	10,520	2336,10...	1,3310	1,3310	3,3015
1342	-0,510	18,510	10,020	1571,10...	1,4425	1,4425	47,8275
1343	-0,510	18,510	9,520	950,2394	1,6221	1,6221	1,6221
1344	-0,060	19,140	12,640	5626,55...	1,1367	1,1367	1,4451
1345	-0,060	19,140	13,140	6920,27...	1,1996	1,1996	1,4181
1346	-0,060	19,140	13,640	8263,75...	1,2643	1,2643	1,4241
1347	-0,060	19,140	14,140	9656,66...	1,3372	1,3372	1,4556
1348	-0,060	19,140	14,640	11102,2...	1,4013	1,4013	1,4877
1349	-0,060	19,140	12,140	4419,92...	1,1728	1,1728	1,6678
1350	-0,060	19,140	11,640	3332,40...	1,2281	1,2281	2,1355
1351	-0,060	19,140	11,140	2369,03...	1,3095	1,3095	3,6252
1352	-0,060	19,140	10,640	1562,43...	1,4318	1,4318	996,0000
1353	-0,060	19,140	10,140	909,9296	1,6399	1,6399	1,6399

11:35:13 : Toutes les tâches sont terminées.

Figure 30. Résultats détaillés par surface de rupture

Propriétés de la situation

Retour Efforts dans les renforcements

☐ Résumé
 ☐ Propriétés d'affichage
 ☒ Par renforcement
 ☐ Par tranche

Surface: N°= 1345; X0= -0,06; Y0= 19,14; R= 13,14

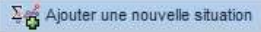
Clou Exportation

Nom	LU	TR	ITR	IPTR	Tc	ICIS	IPCI
Clou 1	5,180	152,770	2	1	0,000	0	0

Figure 31. Efforts dans les renforcements

D.1.7.2 Définition et calcul de la situation 2

Il faut tout d'abord créer une nouvelle situation. Plusieurs méthodes sont possibles :

- soit en cliquant sur l'item **Ajouter une nouvelle situation** de l'arborescence du projet puis en cliquant sur le bouton  ;
- soit dans les **Propriétés de la phase** en cliquant sur l'item **Ajouter une nouvelle situation** ;
- soit en cliquant droit sur la situation 1 puis dans le menu contextuel sélectionner **Insérer une nouvelle situation après** .

Il aurait été également possible, de la même manière, de dupliquer la situation 1 en cliquant sur le bouton . Il est ensuite possible de modifier le nom de cette situation ou de définir ses propriétés, comme pour la situation 1.

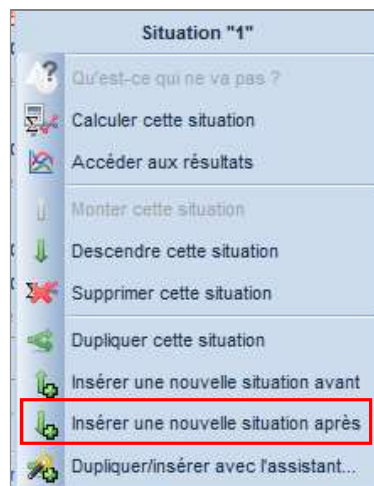


Figure 32. Menu contextuel (clic droit sur une situation)

La duplication de situations fonctionne uniquement à l'intérieur d'une même phase. Par contre, la copie de situations fonctionne d'une phase à l'autre : il est possible de copier une situation dans une phase et de la coller dans une autre phase.

Nous allons définir les mêmes propriétés que pour la situation 1, avec les modifications suivantes :

- pour les surfaces de rupture : nous allons choisir cette fois-ci des surfaces circulaires, mais en recherche manuelle,
- le nombre de tranches passe à 150.

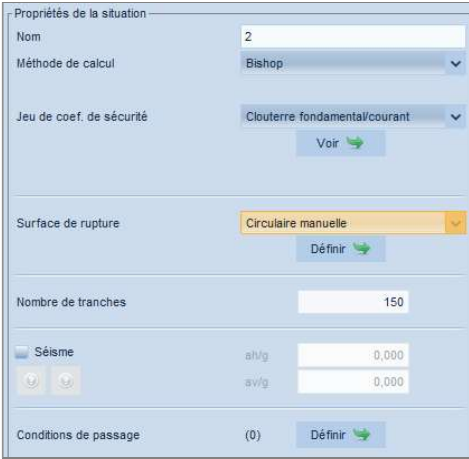

 A screenshot of the 'Propriétés de la situation' dialog box. The fields are: 'Nom' (2), 'Méthode de calcul' (Bishop), 'Jeu de coef. de sécurité' (Clouterre fondamentale/courant), 'Surface de rupture' (Circulaire manuelle), 'Nombre de tranches' (150), 'Séisme' (avg 0,000), and 'Conditions de passage' ((0)). There are 'Voir' and 'Définir' buttons next to the 'Jeu de coef. de sécurité' and 'Surface de rupture' fields respectively.

Figure 33. Définition de la situation 2 de la phase 1

Un clic sur le bouton **Définir** affiche l'écran de la Figure 34. Saisir les paramètres indiqués sur cette figure (cela va permettre une étude plus approfondie des cercles autour du minimum repéré par la recherche automatique de la situation 1).

Propriétés de la situation

Retour Surface de rupture manuelle

Coin inférieur gauche de la zone de recherche

X (m) -1,000 Y (m) 22,000

Incrément en X / Incrément en Y

X (m) 1,000 Y (m) 1,000

Angle par rapport à l'horizontale / à la verticale

H (°) 0,00 V (°) 0,00

Nombre de centres en X / en Y

X 8 Y 8

Incrément sur le rayon (m) 0,500

Nombre d'incréments 10

Abs. émerg. limite (m) -1,000

Type de recherche Point de passage imposé

X (m) 0,000 Y (m) 6,500

Nombre de surfaces susceptibles d'être calculées : 640

Figure 34. Définition des surfaces de rupture à examiner pour la situation 2 de la phase 1

Calcul et résultats

Procéder de la même façon que pour la situation 1. Le résultat obtenu est affiché sur la Figure 35.

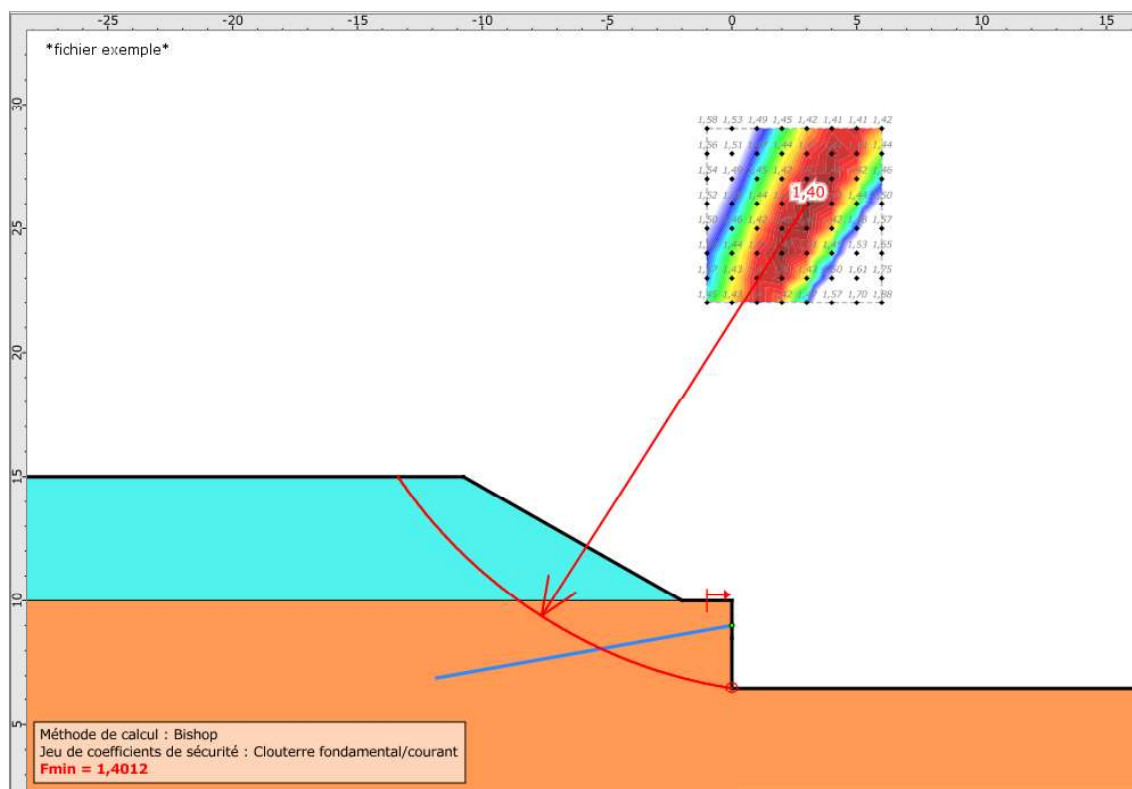
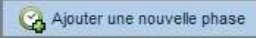


Figure 35. Résultat obtenu pour la situation 2 de la phase 1

D.1.8 Etape 8 : définition de la phase 2

Cette phase de vérification correspond aux opérations suivantes :

- Mise en place du 2^{ème} lit de clous ;
- Terrassement à la cote +4,50 m.

Pour ajouter une phase : sélectionner le menu **Ajouter une nouvelle phase** de l'arborescence du projet, puis cliquer sur le bouton  ou en double cliquant sur le menu **Ajouter une nouvelle phase**. Par défaut, la phase ajoutée reprend le paramétrage de la phase précédente.

La définition de cette phase se fait de façon analogue à celle de la phase 1, par activation/désactivation des éléments de sol et de clous. La coupe obtenue est représentée sur la Figure 36.

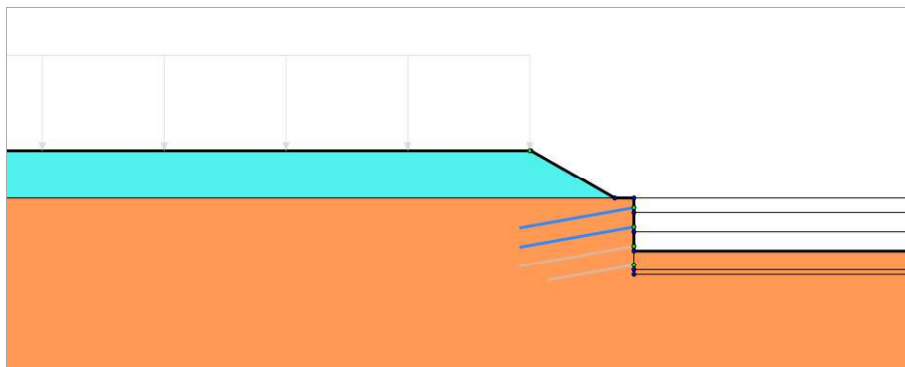


Figure 36. Définition de la phase 2 de calcul

On étudiera cette fois une seule situation de calcul.

Il suffit donc de définir les propriétés de la situation générée par défaut :

- Méthode de calcul : **Bishop** ;
- Pondérations partielles : **Clouterre Fondamental / Ouvrage courant** ;
- Sismique : pas de conditions sismiques pour cette situation ;
- Définition des surfaces de rupture : **surfaces circulaires** passant en pied d'excavation (la cote du point de passage est égale à +4,50 m au lieu de +6,50 m), en **recherche automatique**. Les données correspondantes sont indiquées sur la Figure 37 :

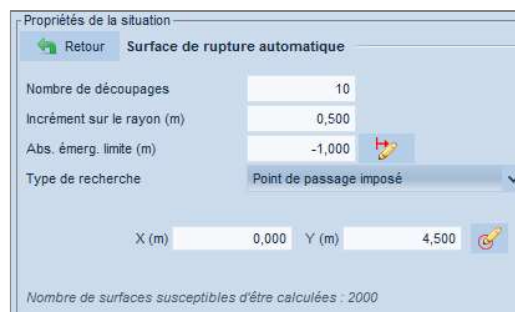


Figure 37. Définition de la situation 1 de la phase 2

Calcul et résultats

Procéder de la même façon que pour la situation 1 de la phase 1. Le résultat obtenu est affiché ci-dessous.

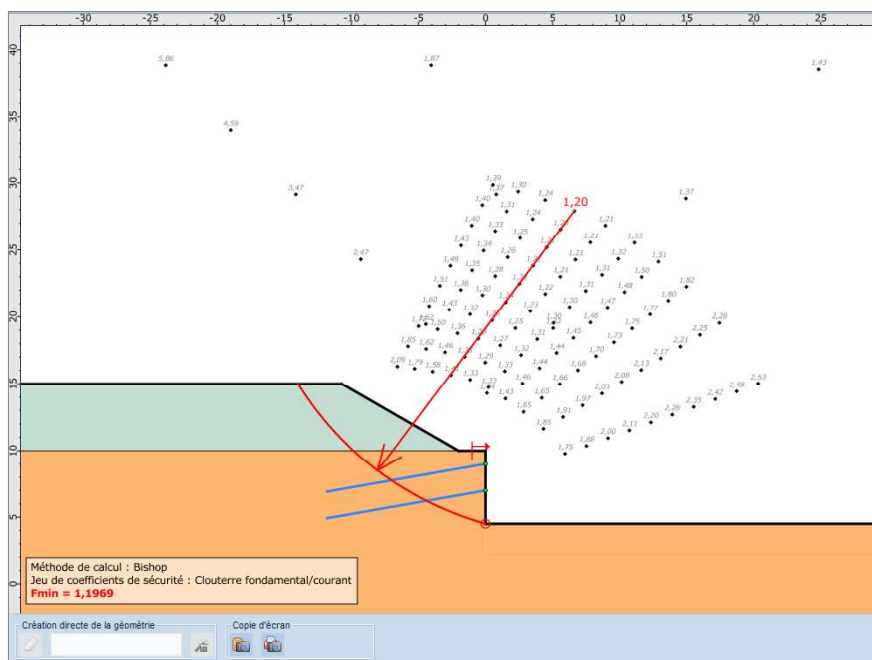


Figure 38. Résultat obtenu pour la situation 1 de la phase 2

Nous constatons que le centre pour lequel le coefficient $F_{\min}$ est atteint se situe sur le périmètre du 2^{ème} balayage. A ce stade, il conviendrait de réaliser une situation supplémentaire avec une recherche manuelle autour de ce point pour le valider ou pour retrouver un point pour lequel on retrouve un coefficient $F_{\min}$ encore plus petit.

Compte tenu du fait que nous allons retrouver des valeurs $F_{\min}$ inférieurs dans les phases postérieures, nous décidons de ne pas examiner cette situation à ce stade.

D.1.9 Etape 9 : définition de la phase 3

Cette phase de vérification correspond aux opérations suivantes :

- Mise en place du 3^{ème} lit de clous ;
- Terrassement à la cote +2,50 m.

La définition de cette phase se fait de façon analogue à celle des phases précédentes, par activation/désactivation d'éléments de sol et de clous. La coupe obtenue est représentée sur la Figure 39.

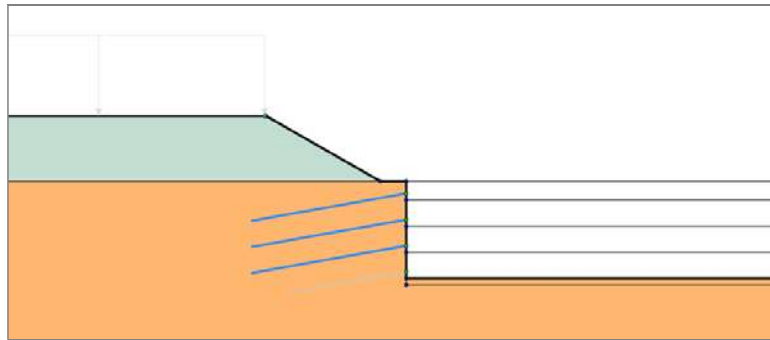


Figure 39. Définition de la phase 3

On étudie d'abord une 1^{ère} situation de calcul, en **recherche automatique**.

Il suffira de définir les propriétés de la situation générée par défaut, avec les mêmes paramètres que pour la situation 1 de la phase 2, excepté pour la cote du point de passage imposée égale cette fois-ci à +2,50 m.

Calcul et résultats

Procéder toujours de la même manière que pour les phases précédentes. Le résultat obtenu est affiché ci-dessous.

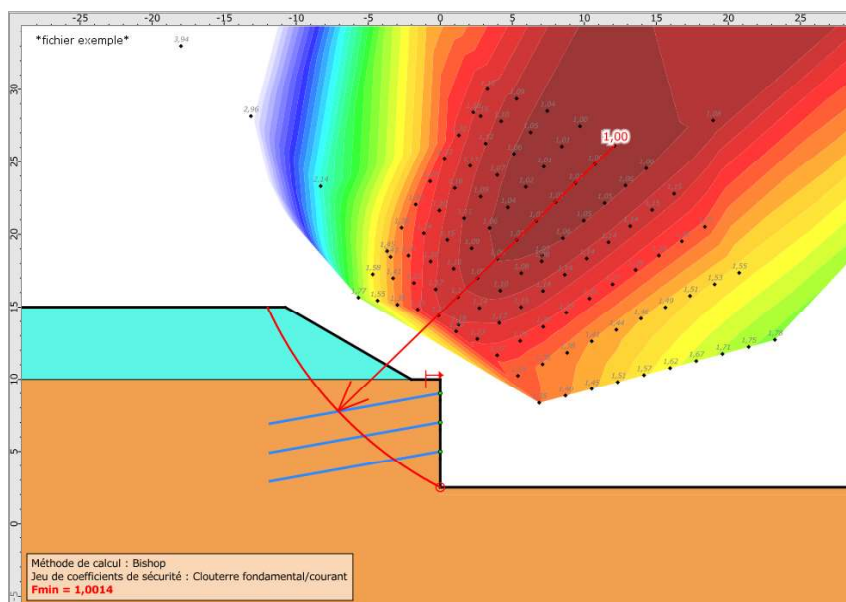


Figure 40. Résultat obtenu pour la situation 1 de la phase 3

Le coefficient de sécurité ne semble pas être encadré « de près ». Nous décidons à ce moment-là d'étudier une 2^{ème} situation en **recherche manuelle**, en définissant un

quadrillage de centres autour du minimum trouvé lors de la recherche automatique de la 1^{ère} situation.

Les paramètres de la recherche manuelle de la 2^{ème} situation sont les suivants :

Propriétés de la situation

Retour Surface de rupture manuelle

Coin inférieur gauche de la zone de recherche

X (m) 8,000 Y (m) 24,000

Incrément en X / Incrément en Y

X (m) 2,000 Y (m) 2,000

Angle par rapport à l'horizontale / à la verticale

H (°) 0,00 V (°) 0,00

Nombre de centres en X / en Y

X 8 Y 8

Incrément sur le rayon (m) 0,500

Nombre d'incrément 5

Abs. émerg. limite (m) -1,000

Type de recherche Point de passage imposé

X (m) 0,000 Y (m) 2,500

Nombre de surfaces susceptibles d'être calculées : 320

Figure 41. Paramètres de recherche manuelle de la 2^{ème} situation de la 2^{ème} phase

Le résultat de cette 2^{ème} situation est donné sur la Figure 42 : le coefficient de sécurité est cette fois encadré, mais inférieur à 1,00.

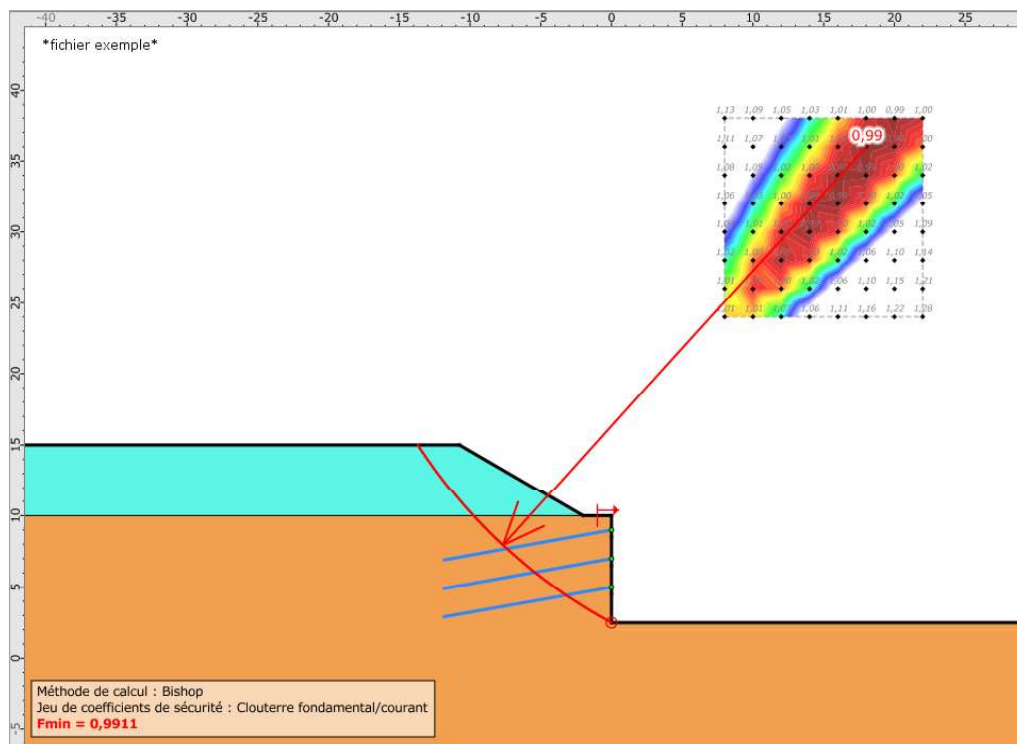


Figure 42. Résultat obtenu pour la situation 2 de la phase 3

D.1.10 Etape 10 : définition de la phase 4 (phase définitive)

Cette phase de vérification correspond aux opérations suivantes :

- Mise en place du 4^{ème} lit de clous ;
- Terrassement à la cote +2,00 m ;
- Activation de la surcharge en tête de talus.

La définition de cette phase se fait de manière analogue à celle des phases précédentes, par activation du dernier lit de clous. La coupe obtenue est représentée sur la Figure 43.

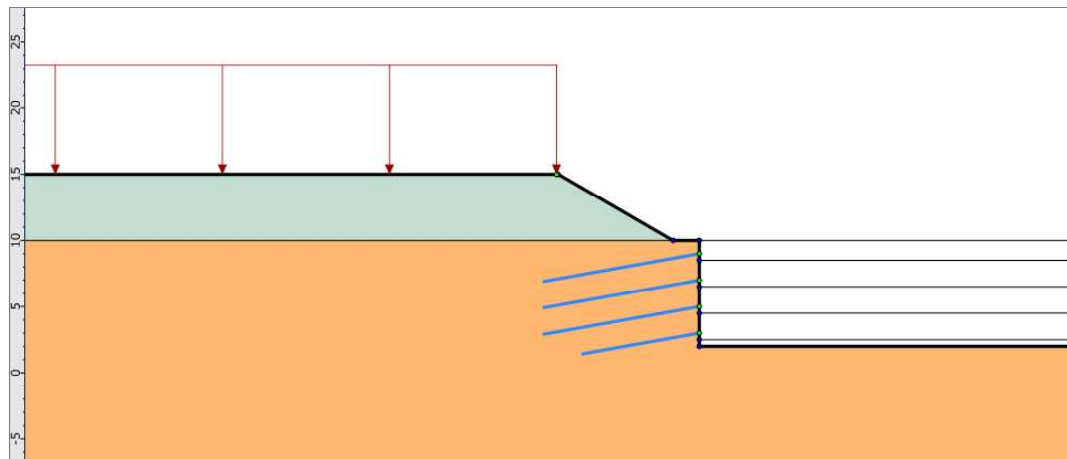


Figure 43. Définition de la phase 4 de calcul (phase définitive)

D.1.10.1 Définition de la situation 1

On étudie d'abord une 1^{ère} situation de calcul, en **recherche automatique**.

Il suffit donc de définir les propriétés de la situation avec les mêmes paramètres que pour la situation 1 de la phase 3, excepté pour la cote du point de passage imposée égale à +2,00 m.

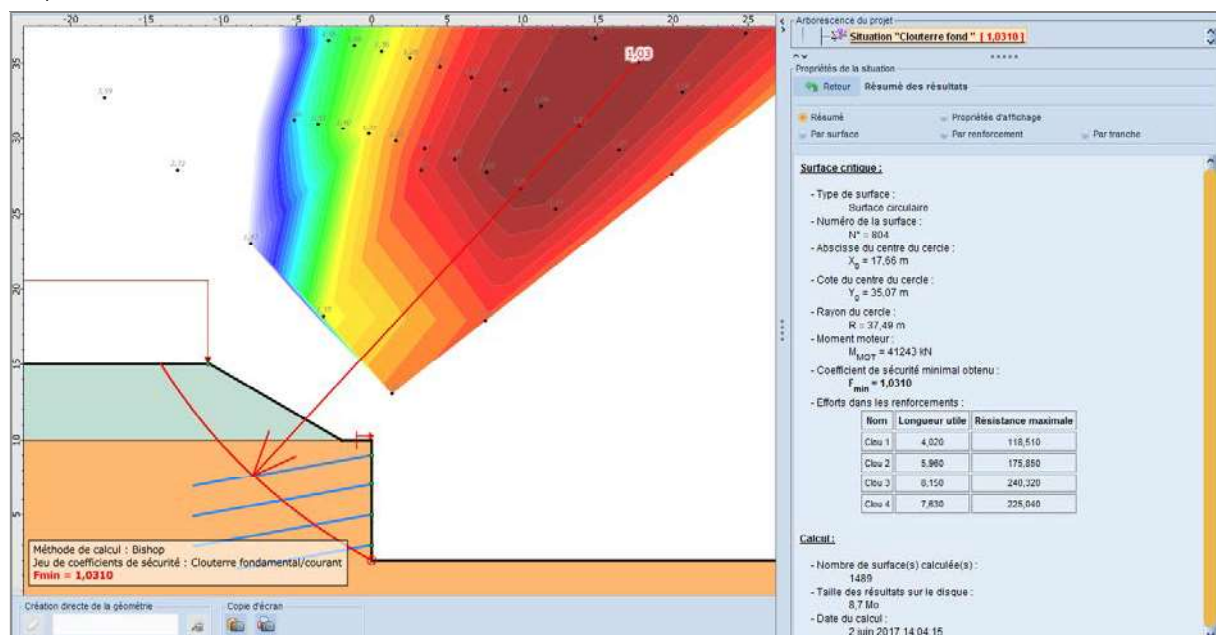


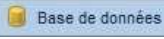
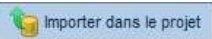
Figure 44. Résultat obtenu pour la situation 1 de la phase 4

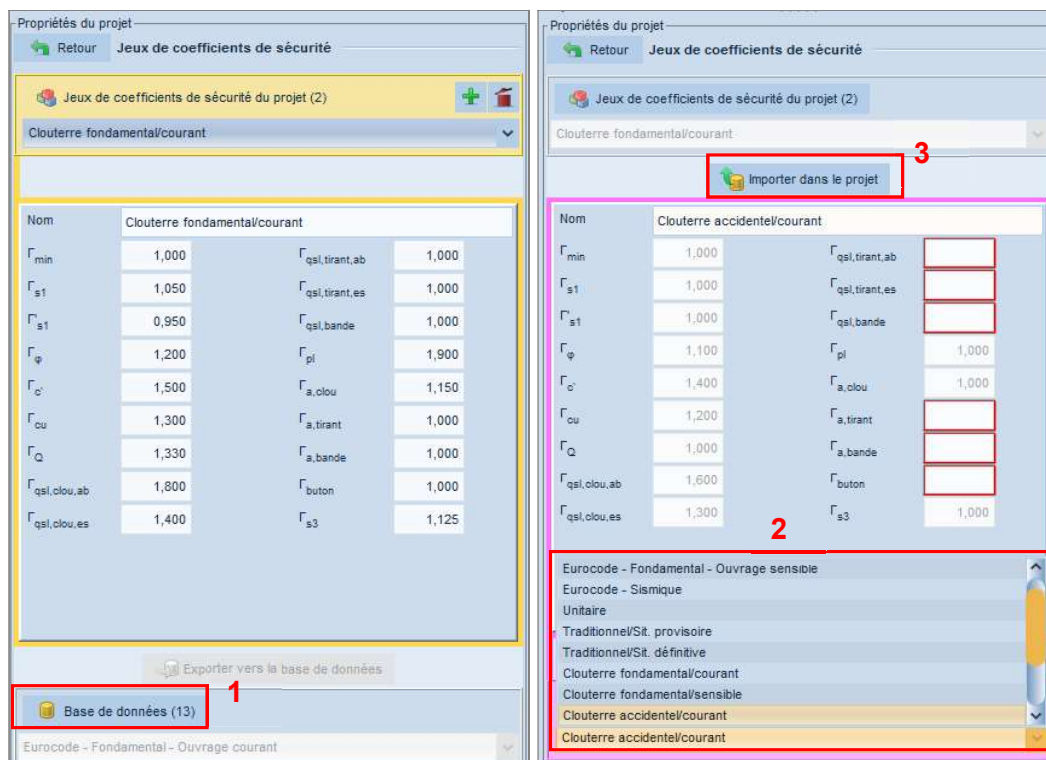
D.1.10.2 Définition de la situation 2 (accidentelle)

Nous allons cette fois étudier une situation accidentelle avec la prise en compte d'un séisme. Il s'agit donc d'ajouter une nouvelle situation et de définir ses propriétés :

- Pondérations partielles : sélectionner le jeu « Clouterre Accidentel / Ouvrage courant ». Pour cela, ce jeu n'étant pas fourni complet dans la base de données livrée avec Talren, il faut d'abord repasser dans la catégorie **Projet**  de l'arborescence du projet.



Dans les pondérations par défaut : cliquer sur le bouton  puis sur le bouton  (1) tout en bas du volet des propriétés. Sélectionner le jeu de pondérations « **Clouterre Accidentel / Ouvrage courant** » dans la liste déroulante (2) et cliquer sur le bouton  (3). Compléter si nécessaire le jeu de pondérations choisi (4) (s'il comporte des valeurs non définies). Enfin valider par le bouton **Retour** (5).



Attention : redéfinir le jeu « Clouterre fondamental / courant » comme jeu de coefficients par défaut pour ce projet.

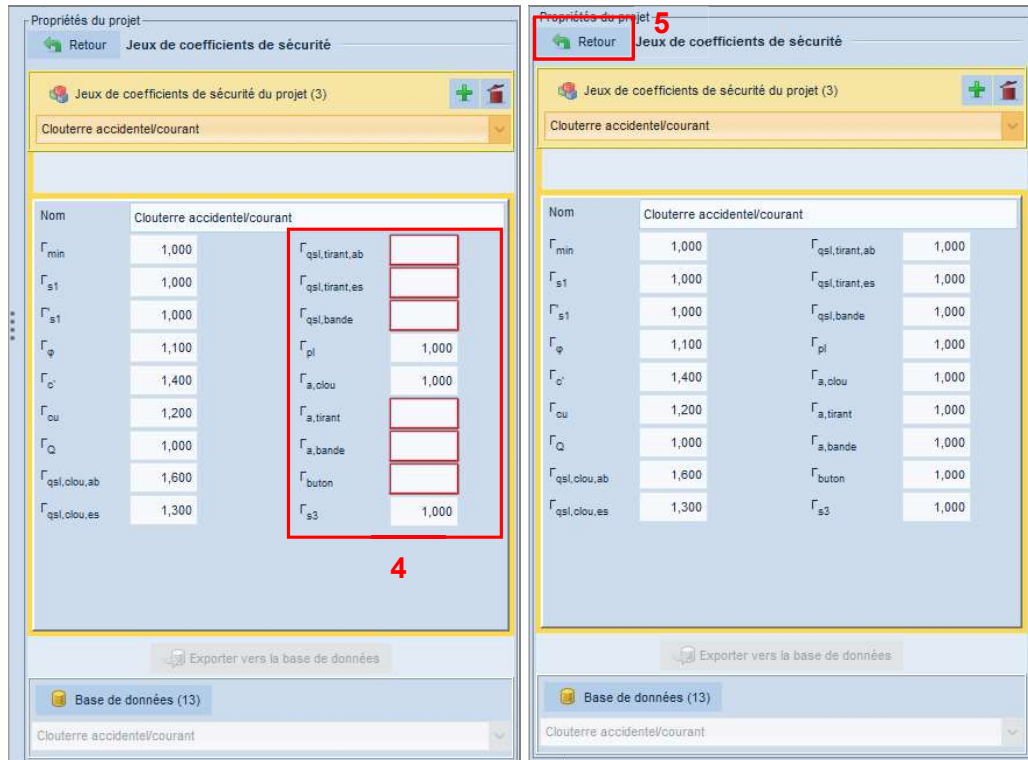


Figure 45 shows two screenshots of the 'Jeux de coefficients de sécurité' window. The left screenshot shows a table of coefficients with a red box highlighting the 'tirant', 'bande', and 'bouton' rows, labeled with a red '4'. The right screenshot shows the same table with the 'tirant', 'bande', and 'bouton' rows filled with values, labeled with a red '5'.

Nom	Clouterre accidentel/courant
Γ_{min}	1,000
Γ_{s1}	1,000
Γ_{s1}	1,000
Γ_{φ}	1,100
$\Gamma_{c'}$	1,400
Γ_{cu}	1,200
Γ_Q	1,000
$\Gamma_{qsl, clou, ab}$	1,600
$\Gamma_{qsl, clou, es}$	1,300

Nom	Clouterre accidentel/courant
$\Gamma_{qsl, tirant, ab}$	1,000
$\Gamma_{qsl, tirant, es}$	1,000
$\Gamma_{qsl, bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000
$\Gamma_{a, clou}$	1,000
$\Gamma_{a, tirant}$	1,000
$\Gamma_{a, bande}$	1,000
Γ_{bouton}	1,000
Γ_{s3}	1,000

Figure 45. Choix d'un jeu de coefficients pondérateurs partiels

Dans l'exemple ci-dessus, les coefficients de sécurité partiels relatifs aux tirants, bandes et boutons ont été complétés pour pouvoir valider le jeu de coefficients, mais ne seront pas utilisés lors du calcul dans notre exemple (seuls ceux des clous sont utilisés).

Les valeurs définies ne constituent donc en aucun cas un exemple ou une référence à réutiliser : il faut définir pour chaque étude des valeurs issues des normes ou recommandations adaptées au projet traité.

- Revenir ensuite à la définition de la nouvelle situation de calcul créée précédemment et choisir le jeu « **Clouterre accidentel / courant** ».
- Sismique : il faut cette fois cocher la case "Séisme", et définir $a_h/g = 0,12$ et $a_v/g = 0,06$.

Important : dans le cas de sollicitations sismiques, il convient de tester les 4 combinaisons de signe possibles pour le couple (a_h/g , a_v/g). En effet, suivant la géométrie, ce n'est pas toujours la même combinaison qui conduit aux résultats les plus défavorables.

- Surfaces de rupture : nous allons choisir ici les mêmes surfaces de rupture que pour la 1^{ère} situation.

Propriétés de la situation					
Nom	Clouterre acc				
Méthode de calcul	Bishop				
Jeu de coef. de sécurité	Clouterre accidentelle/courant				
	Voir				
Surface de rupture					
	Circulaire automatique				
	Définir				
Nombre de tranches	150				
☒ Séisme <table border="1"> <tr> <td>ah/g</td> <td>0,120</td> </tr> <tr> <td>av/g</td> <td>0,060</td> </tr> </table>		ah/g	0,120	av/g	0,060
ah/g	0,120				
av/g	0,060				
Conditions de passage	(0) Définir				
Etude de sensibilité ou de risque					
	Définir				

Figure 46. Définition de la situation 2 de la phase 4

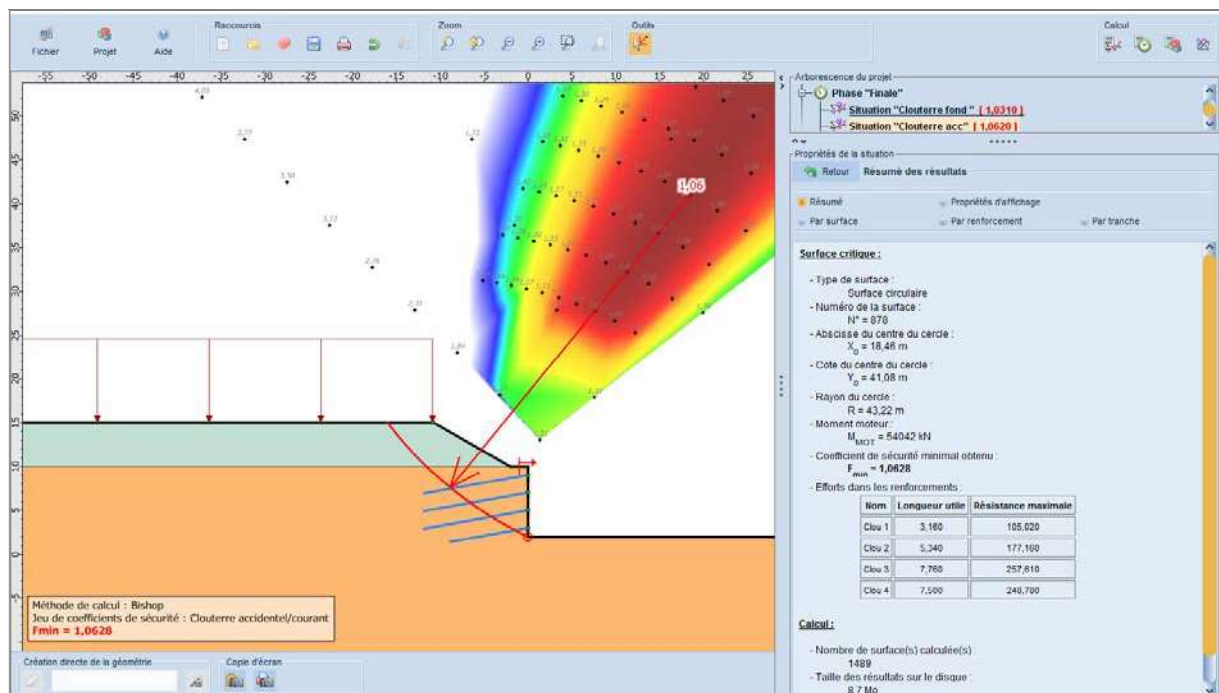


Figure 47. Résultat obtenu pour la situation 2 de la phase 4