



# Talren v6

## Guide d'utilisation - Nouvelles fonctionnalités

---

### Guide d'utilisation - Nouvelles fonctionnalités

1. Introduction
2. Module « Pieu »
3. Module « Ecoulement »
4. Module « Sensibilité »
5. Stabilité interne d'un massif en sol cloué (NF P 94 270 – Octobre 2020)
6. Assistant de stabilité interne
7. Aspects sismiques
  7. 1. Détermination des coefficients sismiques (Eurocode 8)
  7. 2. Recherche de la combinaison  $k_h$  et  $k_v$  la plus défavorable
  7. 3. Recherche automatique de l'accélération sismique déstabilisante
  7. 4. Assistant pour évaluer le déplacement irréversible post-séisme
8. Calage automatique du facteur de sécurité avec la méthode cinématique du calcul à la rupture
9. Détermination de la marge de sécurité vis-à-vis des surcharges extérieures

## 1. Introduction

---

Ce document a pour objectif de présenter les nouvelles fonctionnalités de la nouvelle version de Talren (v6).

Cette nouvelle version intègre un nouveau moteur de calcul, plusieurs nouvelles fonctionnalités ainsi que des modules complémentaires permettant d'étendre les champs d'application du logiciel.

Les nouvelles fonctionnalités sont :

- Module « Pieu »
- Module « Ecoulement »
- Module « Sensibilité »
- Stabilité interne d'un massif en sol cloué (NF P 94 270 – Octobre 2020)
- Aspects sismiques
- Calage automatique du facteur de sécurité avec la méthode cinématique du calcul à la rupture
- Détermination de la marge de sécurité vis-à-vis des surcharges extérieures

## 2. Module « Pieu »

Ce module complémentaire permet d'estimer de manière plus fine la contribution résistante le long d'un élément de renforcement de type « clou » représentatif d'un pieu, d'une inclusion ou d'une barrette travaillant en flexion-cisaillement. Le calcul est basé sur un modèle élasto-plastique de type « p-y » tenant compte du caractère multicouche du terrain.

Talren v6 permet la prise en compte d'un sol multicouche autour du pieu et intègre la possibilité de prendre en compte la plastification du sol, ce qui conduira à obtenir un effort de cisaillement supérieur par rapport au calcul réalisé avec Talren v5 où le domaine de travail du « clou » était limité au début du domaine plastique du sol.

En général, un pieu aura tendance à plastifier après le sol, ce qui permet d'utiliser pleinement sa résistance en flexion-cisaillement pour déterminer un effort de cisaillement supérieur à celui retrouvé avec Talren v5.

### Conditions nécessaires

La recherche du diagramme de cisaillement mobilisable est menée au niveau de la phase de calcul. Pour déclencher cette option, il faut que la règle de calcul axiale de chaque clou pour lequel nous souhaitons entamer cette recherche soit définie comme suit :

Clous (2) Tirants Bandes Butons

Clous et familles du projet (2)

Pieu 1

**Résistance axiale structurale Ra**

Valeur de Ra imposée

$\Phi_{\text{barre}}$  (m)   $\sigma_a$  (kPa)

**Résistance par frottement axial**

$q_{s_{\text{clou}}}$  issus de

Rqs calculée à partir de  $q_{s_{\text{clou}}}$

Rayon équivalent du forage (m)

**Règle de calcul multicritère de la résistance du clou**

Règle de calcul

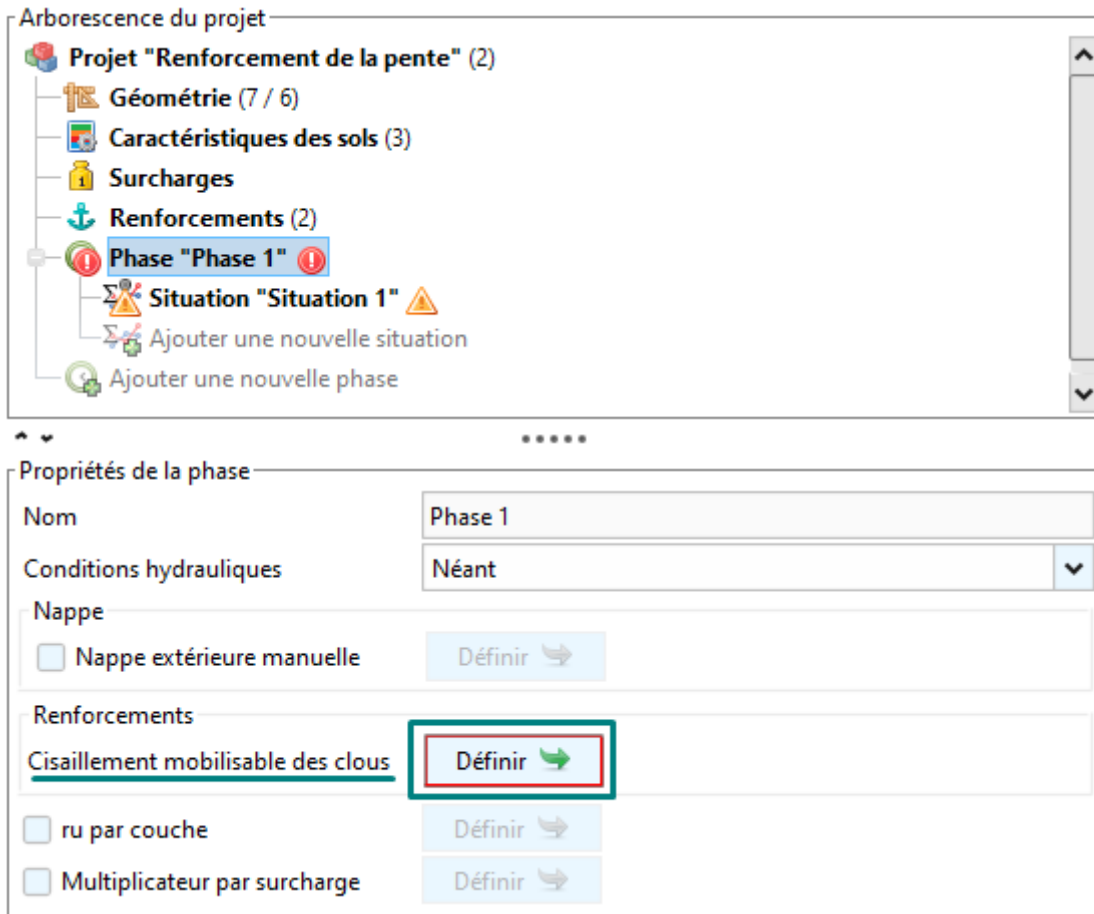
Moment de plastification (kN.m)

Produit d'inertie EI (kN.m<sup>2</sup>)

Calcul de la résistance au cisaillement

### Accès au module

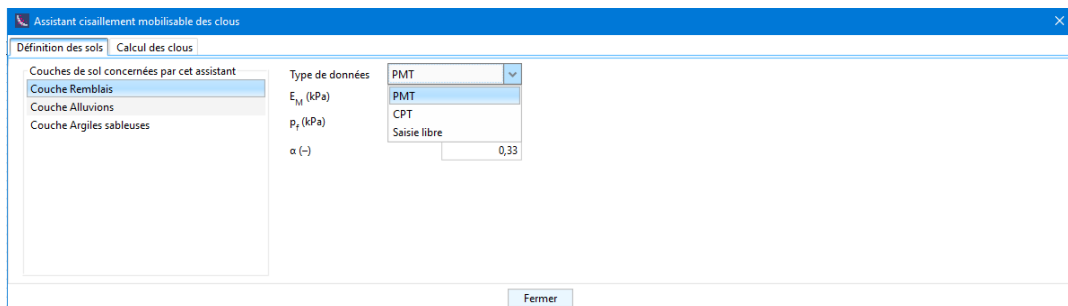
Accéder ensuite à la phase où le clou à traiter est actif, le nouveau assistant est accessible via le bouton suivant :



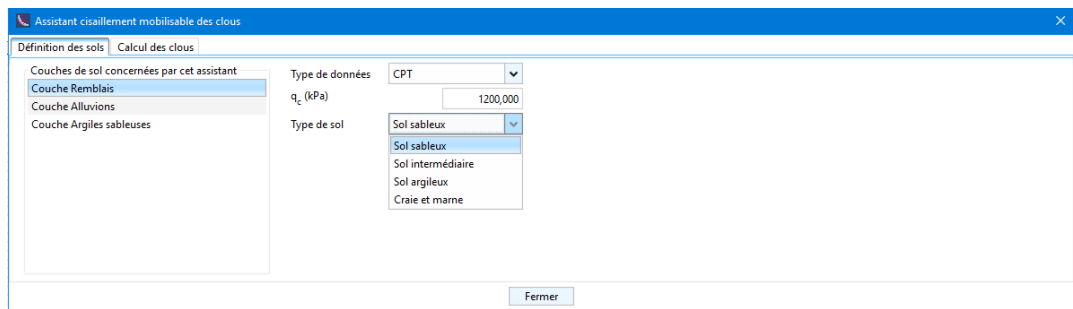
### Utilisation du module de détermination du cisaillement mobilisable des clous

Le module est composé de 2 onglets :

- Onglet **Définition des sols** : il liste toutes les couches de sols traversées par les clous actifs dans la phase courante qu'il faut caractériser pour définir la loi de réaction frontale, soit :
  - À partir des données pressiométriques (PMT), en définissant :
    - $E_M$  : module pressiométrique [kPa]
    - $p_f$  : pression de fluage [kPa]
    - $\alpha$  : coefficient rhéologique [-]

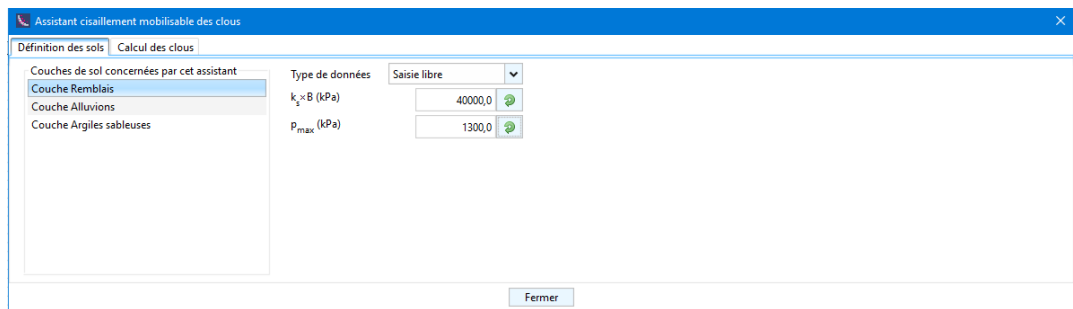


- À partir de données pénétrométriques (CPT), en définissant :
  - $q_c$  : résistance de pointe [kPa]
  - Type de sol : catégorie de sol au sens de la norme NF P 94-262



◦ En saisie libre :

- $k_s B$  : module de réaction, soit la pente de la loi de réaction frontale [kPa]
- $p_{max}$  : pression maximale que le sol peut développer [kPa]



- Onglet **Calcul des clous** : il permet de calculer le diagramme d'effort de cisaillement mobilisable de chaque « clou »

La liste déroulante permet de choisir le pieu à manipuler, les paramètres de calcul déjà définis au amont sont s'affichés à titre de rappel :

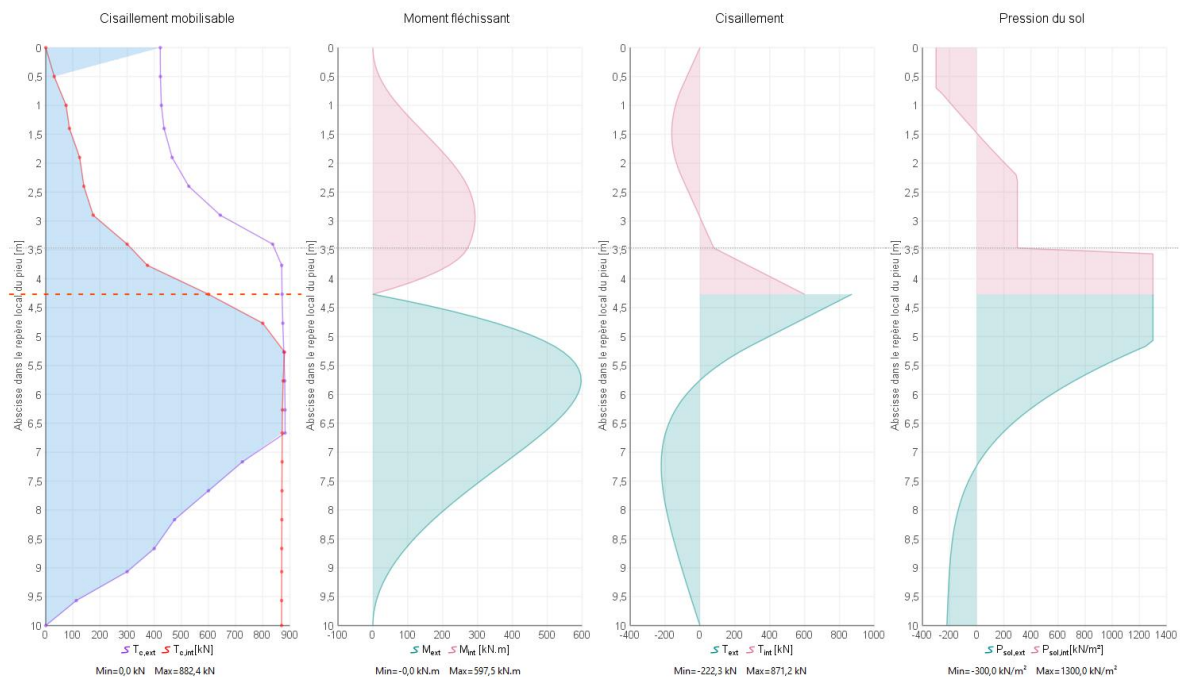
- Diamètre équivalent B [m]
- Produit d'inertie EI [kN.m<sup>2</sup>]
- Longueur total de l'élément [m]
- Moment de plastification, soit le moment fléchissant à ne pas dépasser [kNm]
- Longueur à examiner : Externe ou Interne/Externe.

Un tableau récapitulatif de la stratigraphie traversée est affiché ensuite en précisant la valeur de la raideur surfacique de chaque couche de sol ( $k_s$  [kPa/m]) ainsi que la valeur maximale de pression que le sol est autorisé à développer ( $p_{max}$  [kPa]).

En complément, plusieurs options numériques s'offrent à nous :

- **Possibilité de prendre en compte une plastification du sol** :
  - Si cette option est cochée, la plastification sera autorisée, le cisaillement mobilisable aura tendance à être plus important.
  - Si cette option est décochée, la plastification ne sera pas autorisée et la pression moyenne du sol sera bornée à la valeur de  $p_{max}$ , ce qui permettra de reproduire les résultats de Talren v5.
- **Possibilité de prendre en compte ou pas une plastification éventuelle du clou** :
  - Si cette option est cochée, la génération d'une rotule plastique est autorisée dans le clou pour les cas où il plastifiera avant le sol.
  - Si cette option est décochée, le calcul est arrêté dès que le moment fléchissant obtenu est égale ou supérieur au moment de plastification, sans génération de rotule plastique.
- **Pas de calcul maximal [m]** : discrétisation du clou qui fixe les niveaux au droits desquels la recherche du cisaillement mobilisable sera réalisée.

- **Nombre de subdivisions [-]** : nombre de tronçons qui composeront le clou en fonction du pas de calcul maximal défini ci-avant.
- **Nombre de points de calcul [-]** : il sert à définir la discrétisation de chaque longueur (interne/externe) à traiter pour chaque niveau examiné.
- **Nombre d'incréments de chargement [-]** : nombre de fois que le chargement initial sera appliqué à chaque niveau examiné.
- **Nombre maximal d'itérations [-]** : nombre de fois que le processus itératif pourra essayer de converger pour retrouver l'équilibre entre le clou et le sol.
- **Tolérance relative [-]** : paramètre de calcul qui permet de statuer sur la convergence, par défaut égale à  $10^{-2}$ .
- **Chargement initial [kN]** : effort initial qui sera appliqué à chaque niveau examiné.



Les boutons inférieurs permettent soit de lancer le calcul du clou actif (celui qui est sélectionné dans la liste déroulante), soit de lancer le calcul de tous les clous actifs dans la phase courante (tous ceux qui font partie de la liste déroulante).

Une fois le calcul est lancé, il est possible de cliquer sur chaque niveau examiné du graphique de Cisaillement mobilisable pour accéder aux diagrammes suivants pour chaque longueur qui a été examinée (interne/externe) :

- Cisaillement mobilisable [kN]
- Moment fléchissant [kNm]
- Cisaillement [kN]
- Pression du sol [kN/m<sup>2</sup>]

Le diagramme de cisaillement mobilisable retrouvé constituera une donnée d'entrée du calcul de stabilité mené par Talren v6 pour toutes les situations au sein de la phase courante.

Etant donné que le sol autour du clou peut changer d'une phase à une autre, il conviendra de mener cette démarche pour toutes les phases où chaque clou pour lequel on a demandé de calculer le diagramme de cisaillement mobilisable est actif.

### 3. Module « Ecoulement »

Ce module permet un calcul intégré, en régime établi, du champ de pressions interstitielles à considérer pour les analyses de stabilité. Le calcul est basé sur une résolution numérique de l'équation de Laplace tenant compte du caractère multicouche et anisotrope du terrain (les perméabilités verticale et horizontale sont différenciées).

Ce calcul d'écoulement est en complément, c'est à dire, à la demande de l'utilisateur au niveau de chaque phase de calcul. Les anciens modes de conditions hydrauliques restent inchangés par rapport à la version précédente (nappe phréatique, pressions données le long d'une surface de rupture polygonale et maillage triangulaire de pressions interstitielles calculé).

Les conditions hydrauliques résultantes de ce module complémentaire constitueront une donnée d'entrée du problème mécanique lors de l'évaluation de la stabilité de l'ouvrage. Elles serviront, notamment, à évaluer les contraintes effectives dans le sol.

Talren v6 permet de choisir dans quelles couches de sol l'écoulement peut se développer et dans lesquelles l'écoulement est interdit (i.e. : horizons imperméables).

Ce choix est à faire au moment de la définition de chaque couche de sol (par défaut, l'écoulement n'est pas autorisé dans toute nouvelle couche) :

[Retour](#) **Caractéristiques des sols**

Couches de sol du projet (5)

Couche 1	Nom	Couche 1	
Couche 2	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,0	<input type="checkbox"/> Favorable
Couche 3	c (kPa)	10,0	$\Delta_c$ (kPa/m) 0,0
Couche 4	Cohésion	Effective	...
Couche 5	<input type="checkbox"/> Anisotropie	...	
	$\varphi$ (°)	35,00	
	Courbe	Linéaire	...
	<input type="checkbox"/> Forcer l'affichage de tous les paramètres relatifs aux clous		
	<input type="checkbox"/> Coefficients de sécurité spécifiques		
	<input checked="" type="checkbox"/> Autoriser l'écoulement dans cette couche		
	$k_h$ = perméabilité horizontale (m/s)	1,00E-06	
	$k_v$ = perméabilité verticale (m/s)	1,00E-06	

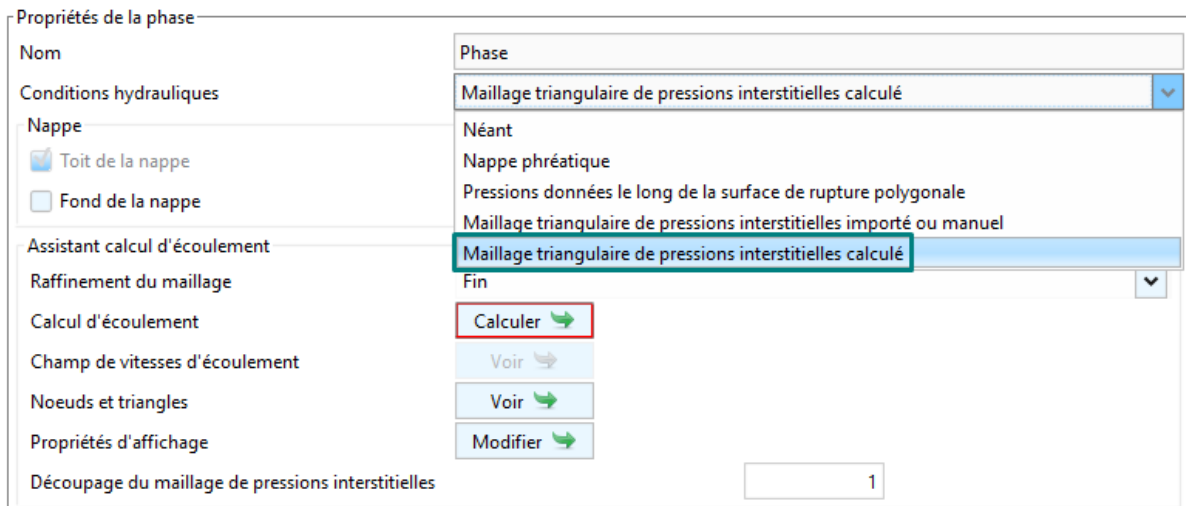
[Exporter vers la base de données](#)

Dans le sols où l'écoulement est autorisé, il est nécessaire de définir :

- $k_h$  : perméabilité horizontale [m/s]
- $k_v$  : perméabilité verticale [m/s]

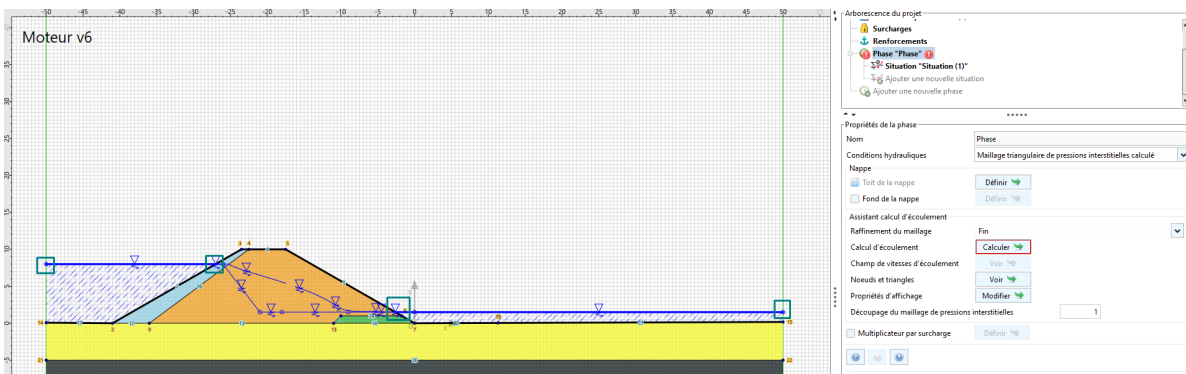
Si l'écoulement n'est pas autorisé dans une couche de sol, elle sera considérée imperméable.

Lors de la définition de la phase de calcul, il convient de choisir : **Maillage triangulaire de pressions interstitielles calculé** pour pouvoir lancer le calcul d'écoulement :



Il faut définir tout d'abord les conditions de contour. Cela se fait en définissant le **Toit de la nappe** à l'aide du bouton **Définir** :

Seules les conditions aux extrémités du modèle et au niveau de l'intersection avec le terrain naturel constitueront des "valeurs imposés". Talren cherche ensuite la position de la nappe à l'intérieur du sol.

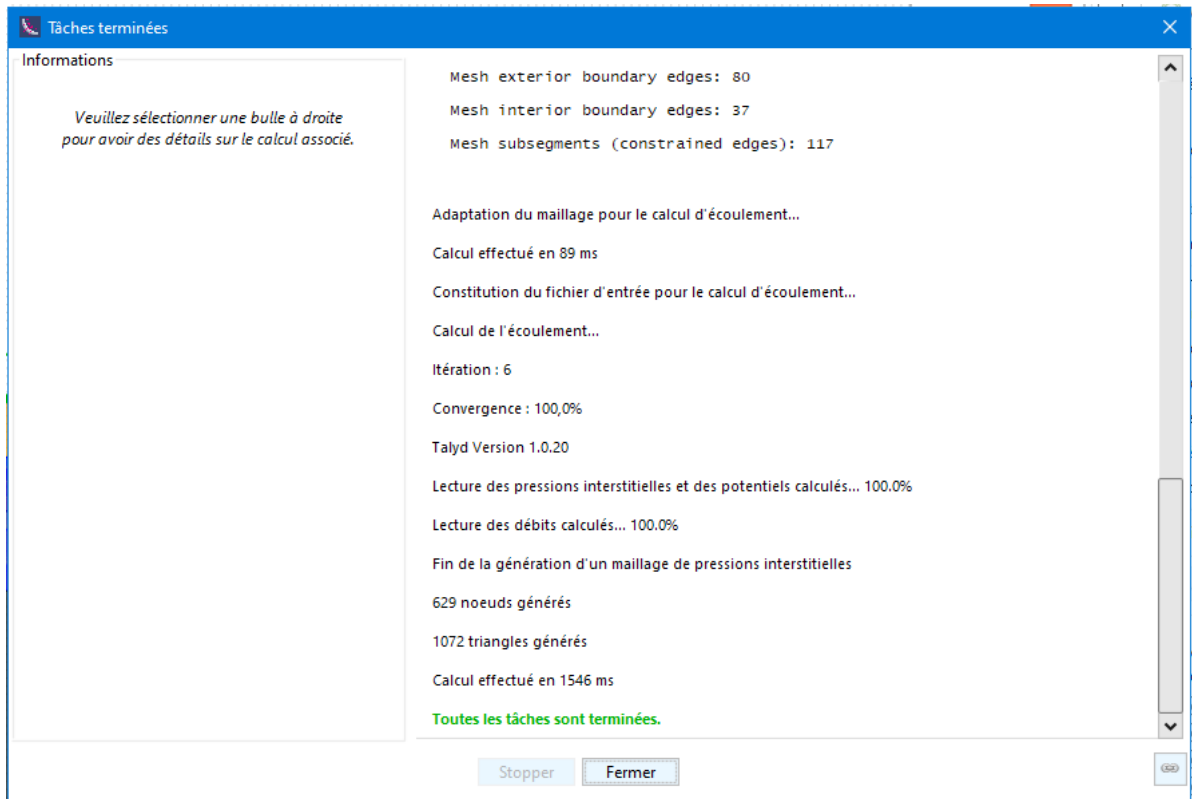


L'assistant de calcul d'écoulement permet de choisir le raffinement du maillage :

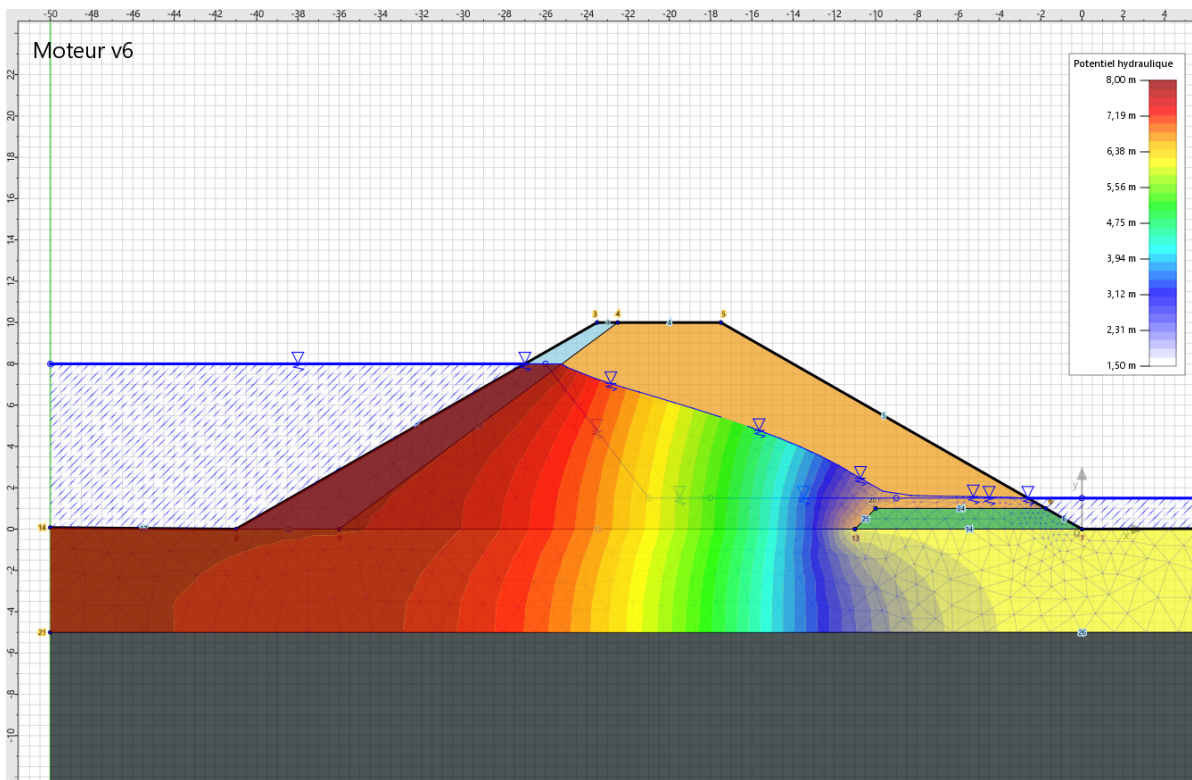
- Très grossier
- Grossier
- Moyen
- Fin
- Très fin

En général, un raffinement de type "fin" (choix par défaut) est suffisant pour les projets courants.

Le calcul d'écoulement se lance via le bouton **Calculer**.



Une fois le calcul terminé, Talren affiche les potentiel hydraulique, ce qui nous permet d'identifier les lignes équipotentielles :



Il est possible de visualiser le champ de vitesses d'écoulement via le bouton **Voir** :



Propriétés de la phase

Nom Phase

Conditions hydrauliques Maillage triangulaire de pressions interstitielles calculé

Nappe

Toit de la nappe Définir

Fond de la nappe Définir

Assistant calcul d'écoulement

Raffinement du maillage Fin

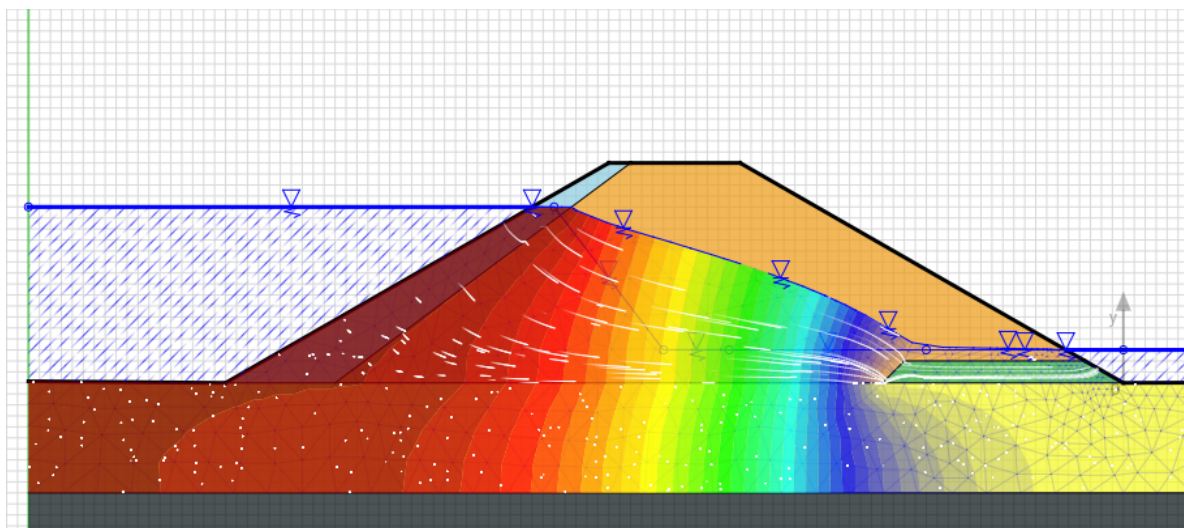
Calcul d'écoulement Calculer

Champ de vitesses d'écoulement Voir

Noeuds et triangles Voir

Propriétés d'affichage Modifier

Découpage du maillage de pressions interstitielles 1



Les coordonnées des nœuds et triangles utilisés dans le calcul sont accessibles via le bouton **Voir** :

Propriétés de la phase

Nom Phase

Conditions hydrauliques Maillage triangulaire de pressions interstitielles calculé

Nappe

Toit de la nappe Définir

Fond de la nappe Définir

Assistant calcul d'écoulement

Raffinement du maillage Fin

Calcul d'écoulement Calculer

Champ de vitesses d'écoulement Voir

Noeuds et triangles Voir

Propriétés d'affichage Modifier

Découpage du maillage de pressions interstitielles 1

Propriétés de la phase

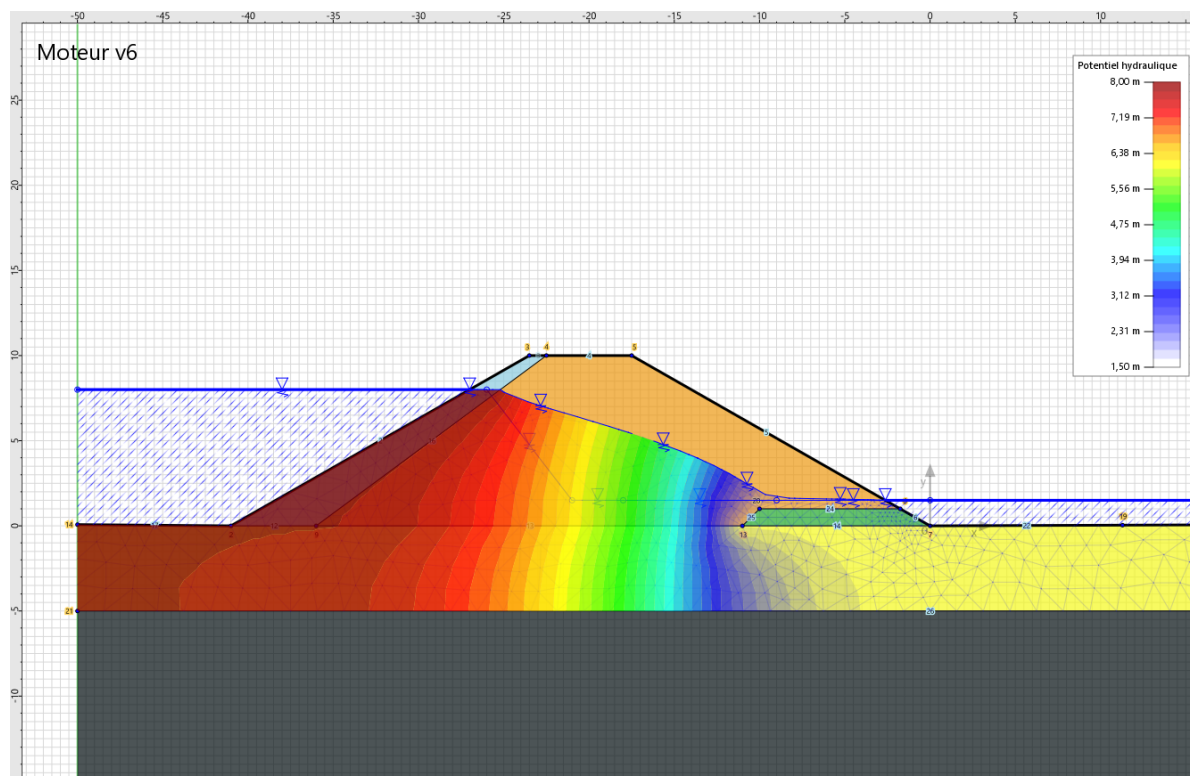
Retour Noeuds et triangles

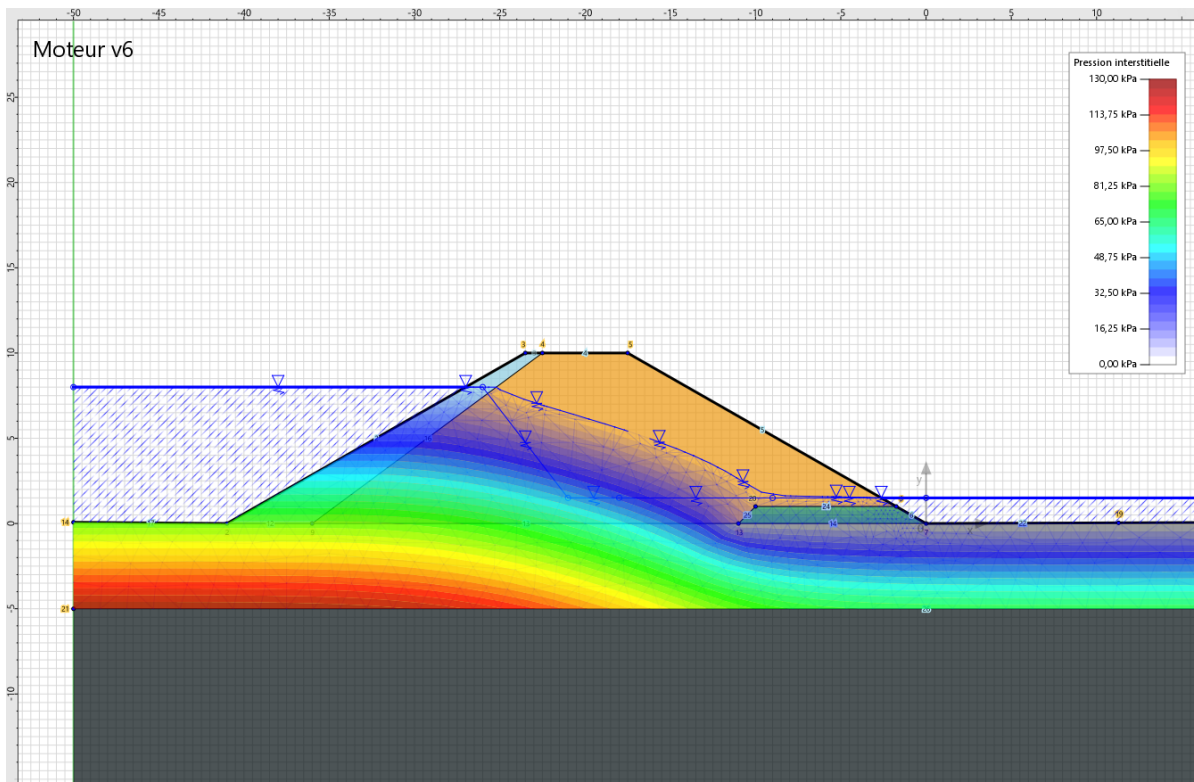
Noeuds Triangles

N°	X (m)	Y (m)	u (kPa)
1	-36,000	0,000	80,000
2	-1,750	1,000	5,000
3	-10,000	1,000	6,478
4	-11,000	0,000	16,706
5	-41,000	0,000	80,000
6	0,000	0,000	15,000
7	-50,000	-5,000	130,000
8	-50,000	0,074	79,260
9	11,286	0,040	14,600
10	50,000	0,176	13,240

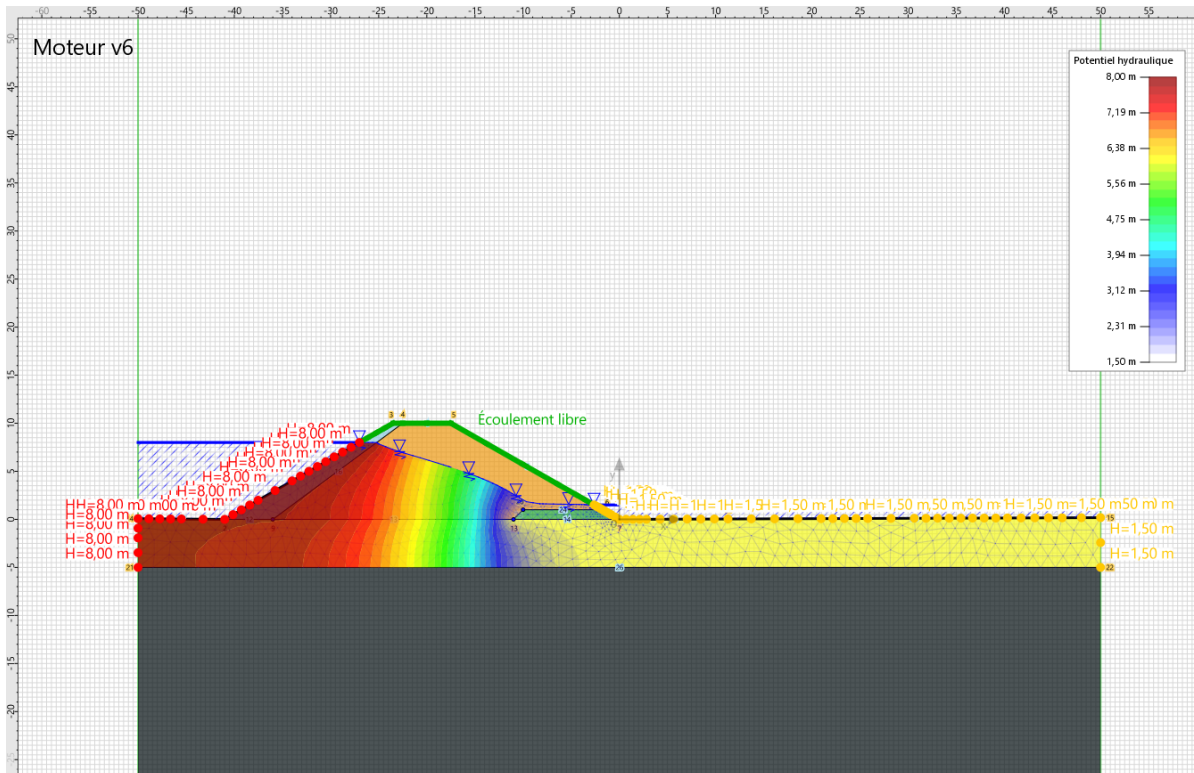
Dans le menu **Propriétés de l'affichage**, l'on retrouve les options suivantes :

- **Afficher les isovaleurs** : si coché, les résultats sont colorés sur l'espace dessin.
- **Mode continu doux (plus lent)** : si coché, un dégradé est appliqué tout au long des isovaleurs, ce qui ne permet pas d'identifier les équipotentiellles.
- **Grandeur à représenter** :
  - Potentiel hydraulique, ou
  - Pression interstitielles





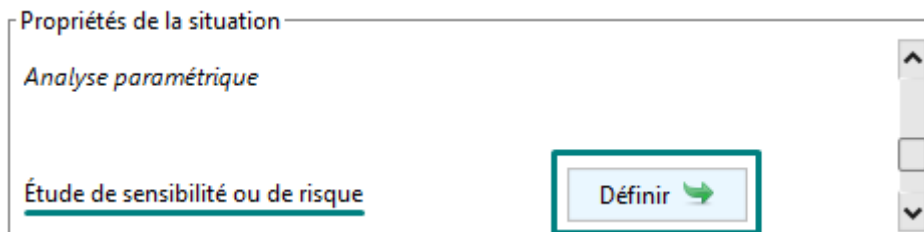
- **Afficher les conditions limites** : cela permet de visualiser les conditions limites imposées lors du calcul d'écoulement et qui conditions la distribution des potentiels hydrauliques et des pressions interstitielles.



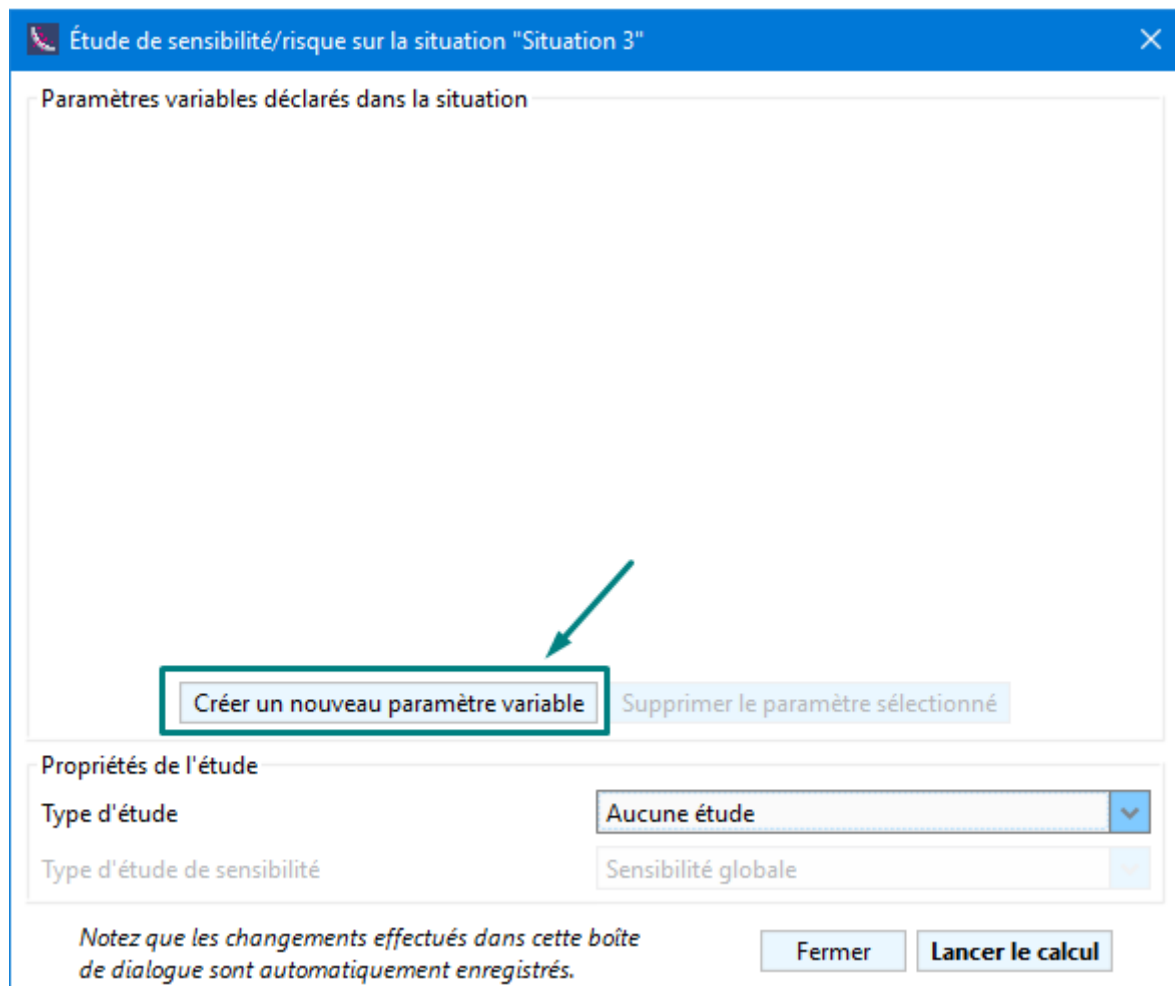
## 4. Module « Sensibilité »

Ce module offre la possibilité de conduire automatiquement des études de sensibilité permettant d'évaluer l'influence des différents paramètres du modèle sur la stabilité de l'ouvrage étudié. Il est également possible de mener une analyse de fiabilité qui consiste à chiffrer la sécurité en terme d'indice de fiabilité ou de probabilité de défaillance (analyse basée sur la méthode RSM).

Le module « Sensibilité » fait partie des propriétés de la situation et est accessible via la bouton **Définir** :



Pour pouvoir lancer l'étude de sensibilité, il faut créer autant de paramètres que l'on souhaite faire varier via le bouton **Créer un nouveau paramètre variable**.



Chaque paramètre à faire varier est à pointer au préalable parmi ceux qui sont déjà définis dans le projet et la phase/situation active.


Le choix du paramètre est à faire via les trois listes d'éléments présentées ensuite. D'abord, choisir le type d'objet visé (*Couche de sol*, par exemple), ensuite l'objet à manipuler (*Marne infra*, par exemple) et finalement le paramètre à faire varier (*Angle de frottement*, par exemple).

Étude de sensibilité/risque sur la situation "Stabilité mixte" X

Type d'objet possédant un paramètre variable

<< Tous les types >>

**Projet**


**Couche de sol** 

Clou

Tirant

Objet possédant un paramètre variable

<< Tous les objets >>

Remblai 30° 

Marne infra


Remblai réel

Paramètre variable

**Poids volumique**

**Cohésion**

**Variation de la cohésion**

**Angle de frottement** 

**Frottement latéral unitaire**

**Pression de plastification**

.. . . . .

Ensuite, il faut définir quelle est la variation du paramètre à considérer, en particulier :

- **La valeur moyenne du paramètre** [unité du paramètre] : la valeur proposée correspond à celle qui a été saisie lors de la définition du projet.
- **Coefficient de variation** [sans unité] à considérer, usuellement défini comme le rapport entre l'écart-type et la moyenne.
- **Ecart-type** [unité du paramètre] à considérer, mesure de la dispersion des valeurs de l'échantillon.
- **Type de loi** : choix entre loi normale et loi log-normale.

Étude de sensibilité/risque sur la situation "Stabilité mixte" ×

Propriétés du paramètre

Type d'élément concerné	Couche de sol
Nom de l'élément concerné	Marne infra
Désignation du paramètre	Angle de frottement
Valeur moyenne du paramètre (°)	31,00
Coefficient de variation (sans unité)	0,100
Écart-type (°)	3,10
Type de loi	Loi normale <span style="float: right;">▼</span>
	Loi normale
	Loi log-normale

[Retour](#)

Une fois définie la variation du paramètre à considérer, toutes les informations sont reprises dans la fenêtre principale de l'assistant :

Étude de sensibilité/risque sur la situation "Stabilité mixte" ✕

Paramètres variables déclarés dans la situation (1)

Type d'élément concerné : <b>Couche de sol</b>	Valeur moyenne du paramètre : <b>31,00 °</b>
Nom de l'élément concerné : <input checked="" type="checkbox"/> <b>Marne infra</b>	Coefficient de variation : <b>0,100</b>
Désignation du paramètre : <b>Angle de frottement</b>	Type de loi : <b>Loi normale</b>

Propriétés de l'étude

Type d'étude :  ▼

Type d'étude de sensibilité :  ▼

*Notez que les changements effectués dans cette boîte de dialogue sont automatiquement enregistrés.*

Il est possible d'en définir autant de paramètres à faire varier que souhaité :

Étude de sensibilité/risque sur la situation "Situation" ✕

Paramètres variables déclarés dans la situation (5)

Type d'élément concerné : <b>Couche de sol</b>	Valeur moyenne du paramètre : <b>35,00 °</b>
Nom de l'élément concerné : <input checked="" type="checkbox"/> <b>Couche 3</b>	Coefficient de variation : <b>0,200</b>
Désignation du paramètre : <b>Angle de frottement</b>	Type de loi : <b>Loi normale</b>
Type d'élément concerné : <b>Couche de sol</b>	Valeur moyenne du paramètre : <b>35,00 °</b>
Nom de l'élément concerné : <input type="checkbox"/> <b>Couche 2</b>	Coefficient de variation : <b>0,200</b>
Désignation du paramètre : <b>Angle de frottement</b>	Type de loi : <b>Loi normale</b>
Type d'élément concerné : <b>Couche de sol</b>	Valeur moyenne du paramètre : <b>19,0 kN/m<sup>3</sup></b>
Nom de l'élément concerné : <input type="checkbox"/> <b>Couche 2</b>	Coefficient de variation : <b>0,100</b>
Désignation du paramètre : <b>Poids volumique</b>	Type de loi : <b>Loi normale</b>
Type d'élément concerné : <b>Tirant</b>	Valeur moyenne du paramètre : <b>1350,000 kN</b>
Nom de l'élément concerné : <input checked="" type="checkbox"/> <b>Tirant 2</b>	Coefficient de variation : <b>0,200</b>
Désignation du paramètre : <b>Résistance du scellement</b>	Type de loi : <b>Loi normale</b>

Propriétés de l'étude

Type d'étude :  ▼

Type d'étude de sensibilité :  ▼

*Notez que les changements effectués dans cette boîte de dialogue sont automatiquement enregistrés.*

Pour déclencher l'étude de sensibilité, il faut choisir un type d'études **Étude de sensibilité**. L'option **Acune étude** permet de garder en mémoire les variations des paramètres définis sans pour autant déclencher le calcul de sensibilité.

Il est possible de lancer tout de suite le calcul à l'aide du bouton **Lancer le calcul**. Dès que la fenêtre est fermée, il est tout à fait possible de lancer ce même calcul en calculant la situation.

Une fois le calcul est terminé, Talren nous annonce les sensibilités relatives qui ont été calculées sur la base de la variation possible de chaque paramètre :

*Sensibilités relatives calculées :*

— [Couche de sol "Couche 3"] Angle de frottement :  $\alpha = 44,63\%$

— [Couche de sol "Couche 2"] Angle de frottement :  $\alpha = 23,46\%$

— [Couche de sol "Couche 2"] Poids volumique :  $\alpha = 6,96\%$

— [Tirant "Tirant 2"] Résistance du scellement :  $\alpha = 7,85\%$

— [Tirant "Tirant 5"] Résistance axiale structurale :  $\alpha = 17,09\%$

*Fin de l'étude de sensibilité*

**Toutes les tâches sont terminées.**

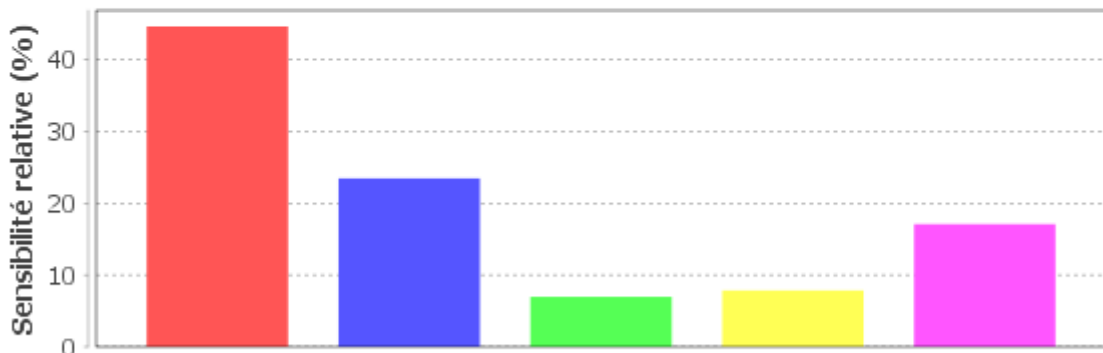


**Étude :**

- Type d'étude :  
Étude de sensibilité
- Type d'étude de sensibilité :  
Sensibilité globale
- Paramètres étudiés :
  - [Couche de sol "Couche 3"] Angle de frottement ( $\mu_1=35,00^\circ$ ,  $\sigma_1=7,00^\circ$ )
  - [Couche de sol "Couche 2"] Angle de frottement ( $\mu_2=35,00^\circ$ ,  $\sigma_2=7,00^\circ$ )
  - [Couche de sol "Couche 2"] Poids volumique ( $\mu_3=19,0$  kN/m<sup>3</sup>,  $\sigma_3=1,9$  kN/m<sup>3</sup>)
  - [Tirant "Tirant 2"] Résistance du scellement ( $\mu_4=1350,000$  kN,  $\sigma_4=270,000$  kN)
  - [Tirant "Tirant 5"] Résistance axiale structurale ( $\mu_5=800,00$  kN,  $\sigma_5=240,00$  kN)

**Résultats :**

- Coefficient de sécurité obtenu avec  $x_1=\mu_1$ ,  $x_2=\mu_2$ ,  $x_3=\mu_3$ ,  $x_4=\mu_4$ ,  $x_5=\mu_5$  :  
 $F_{\min,0} = 0,9927$
- Coefficient de sécurité obtenu avec  $x_1=\mu_1-\sigma_1$ ,  $x_2=\mu_2$ ,  $x_3=\mu_3$ ,  $x_4=\mu_4$ ,  $x_5=\mu_5$  :  
 $F_{\min,1-} = 0,9296$
- Coefficient de sécurité obtenu avec  $x_1=\mu_1+\sigma_1$ ,  $x_2=\mu_2$ ,  $x_3=\mu_3$ ,  $x_4=\mu_4$ ,  $x_5=\mu_5$  :  
 $F_{\min,1+} = 1,0613$
- Coefficient de sécurité obtenu avec  $x_1=\mu_1$ ,  $x_2=\mu_2-\sigma_2$ ,  $x_3=\mu_3$ ,  $x_4=\mu_4$ ,  $x_5=\mu_5$  :  
 $F_{\min,2-} = 0,9572$
- Coefficient de sécurité obtenu avec  $x_1=\mu_1$ ,  $x_2=\mu_2+\sigma_2$ ,  $x_3=\mu_3$ ,  $x_4=\mu_4$ ,  $x_5=\mu_5$  :  
 $F_{\min,2+} = 1,0265$
- Coefficient de sécurité obtenu avec  $x_1=\mu_1$ ,  $x_2=\mu_2$ ,  $x_3=\mu_3-\sigma_3$ ,  $x_4=\mu_4$ ,  $x_5=\mu_5$  :  
 $F_{\min,3-} = 1,0031$
- Coefficient de sécurité obtenu avec  $x_1=\mu_1$ ,  $x_2=\mu_2$ ,  $x_3=\mu_3+\sigma_3$ ,  $x_4=\mu_4$ ,  $x_5=\mu_5$  :



Cette étude permet d'apprécier l'influence de chaque paramètre vis-à-vis du calcul d'équilibre. Le détail des résultats précise la valeur obtenue du coefficient de stabilité (F) pour chaque valeur du paramètre examiné tout en gardant la valeur moyenne des autres paramètres choisis, soit :

- $F_{\min,i-}$  : valeur de F obtenue pour une valeur de paramètre égale à  $x_i = \mu_i - \sigma_i$
- $F_{\min,i+}$  : valeur de F obtenue pour une valeur de paramètre égale à  $x_i = \mu_i + \sigma_i$

## 5. Stabilité interne d'un massif en sol cloué (NF P 94 270 – Octobre 2020)

Talren v6 offre désormais la possibilité de spécifier et/ou de caler automatiquement les efforts en tête des clous nécessaires à la vérification de la stabilité interne d'un massif en sol cloué, conformément aux dispositions de la nouvelle norme NF P 94 270 datant d'Octobre 2020.

Le principe de la modélisation consiste à prévoir une phase (et une situation) pour chaque étape de terrassement. Dans chaque situation, nous allons demander à Talren v6 de retrouver l'effort à appliquer en tête du clou qui est mis en place à ce moment-là (et qui devra être mobilisé par le parement) de manière à atteindre l'équilibre limite ( $F_{min} = 1.00$ ), tout en gardant les efforts en tête qui ont été retrouvés auparavant dans le reste de clous déjà mis en place. Il est également possible de considérer une redistribution des efforts sur tous les clous actifs à chaque phase (et situation).

Cette démarche de calage des efforts en tête de clous suppose la contribution implicite de l'effort axial mobilisable sur la longueur interne du clou (celle qui est contenu dans le bloc de sol glissant).

Il devient donc nécessaire d'autoriser le calcul de la résistance axiale sur la longueur **Interne/externe** lors de la définition de chaque clou à manipuler dans cette démarche de calage.

Propriétés du projet

Retour Renforcements

Clous (5) Tirants Bandes Butons

Clous et familles du projet (5)

Clou 1

Règle de calcul multicritère de la résistance du clou

Règle de calcul Résistance axiale calculée et résistance au cisaillement impo...

Résistance au cisaillement variable (le long du clou)

Rc (kN) 0,0

Calcul de la résistance axiale Interne/externe

Exporter vers la base de données

Clous de la base de données

Il devient ensuite nécessaire de statuer sur la manière par laquelle la mise en place des clous est réalisée sur chantier. Il est usuel de considérer une excavation des passes par plots, ce qui permet une mise en place des clous alternée sur un même lit. Dans le calcul, cela rend possible l'excavation d'une nouvelle passe en considérant la présence du lit de clous présents à proximité du niveau d'excavation de la passe.

Dans tous les cas, le phasage doit prévoir une phase de calcul à chaque passe de terrassement et de mise en place de chaque lit de clous.

Le calcul de calage des efforts en tête de chaque lit des clous se fait au niveau de la situation de chaque phase (le bouton **Définir** est accessible une fois la case est cochée) :

**Propriétés de la situation**

Nom : Situation 5

Méthode de calcul : Calcul à la rupture

Jeu de coef. de sécurité : Situations durables et transitoires - A...  
[Voir](#)

---

*Sécurité globale sur la résistance au cisaillement XF*

Gestion de XF : Calcul avec valeur imposée

XF imposé : 1,1000

---

*Critères de recherche des mécanismes de rupture*

Surface de rupture : Spirales logarithmiques  
[Définir](#)

Conditions de passage : (0)  
[Définir](#)

---

Séisme kh : 0,000

Rech. auto. comb. kv : 0,000

Recherche automatique de l'accélération déstabilisante

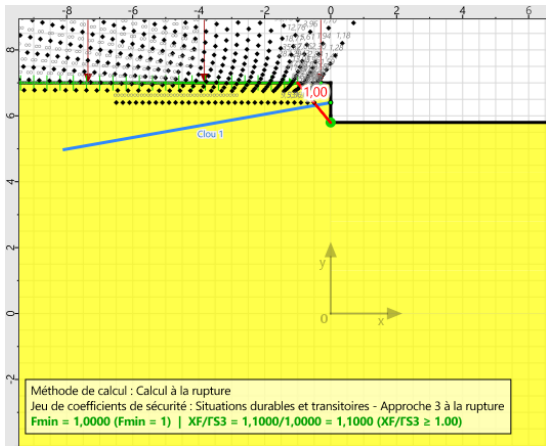
---

Efforts en tête des clous [Définir](#)

Ci-dessous le paramétrage classique qui est préconisé pour chaque phase/situation : il est demandé d'ajuster automatiquement l'effort en tête du dernier lit de clou en gardant les efforts en tête des autres lits de clous qui ont déjà été mis en place ( $T_{R,0}$ ). Pour cela, il convient de définir une phase/situation de référence commune à tous les clous pour lesquels on demande de récupérer l'effort en tête de clous. Si souhaité, il est possible également d'introduire la valeur de l'effort en tête (entrée manuelle).

L'ajustement automatique déclenche la recherche de l'effort en tête de lit de clous qu'il faut mobiliser pour arriver à l'équilibre limite.

### Phase 1



### Paramétrage Situation 1

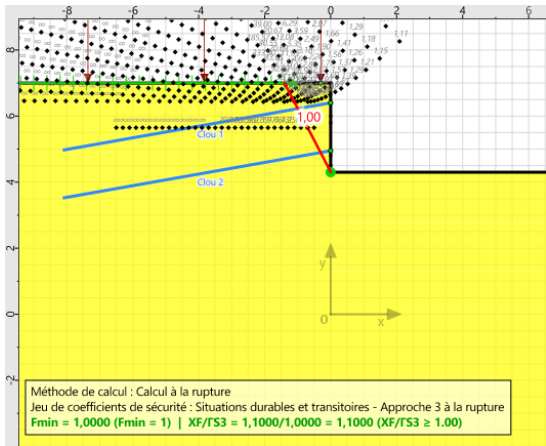
Propriétés de la phase

[Retour](#) Efforts en tête par clou

Remise à zéro de tous les efforts

Nom du clou	Type	$T_{R,0}$ [kN]
Clou 1	Ajustement automatique	-

### Phase 2



### Paramétrage Situation 2

Propriétés de la phase

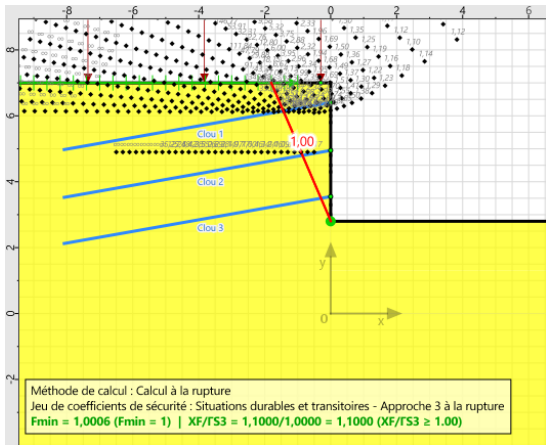
[Retour](#) Efforts en tête par clou

Remise à zéro de tous les efforts

Nom du clou	Type	$T_{R,0}$ [kN]
Clou 1	Valeur récupérée à partir d'un...	3,04
Clou 2	Ajustement automatique	-

Situation de référence: Phase 1 / Situation 1

### Phase 3



### Paramétrage Situation 3

Propriétés de la phase

[Retour](#) Efforts en tête par clou

Remise à zéro de tous les efforts

Nom du clou	Type	$T_{R,0}$ [kN]
Clou 1	Valeur récupérée à partir d'un...	3,04
Clou 2	Valeur récupérée à partir d'un...	38,16
Clou 3	Ajustement automatique	-

Situation de référence: Phase 2 / Situation 2

### Phase 4

### Paramétrage Situation 4

### Phase 1

Méthode de calcul : Calcul à la rupture  
 Jeu de coefficients de sécurité : Situations durables et transitoires - Approche 3 à la rupture  
 $F_{min} = 0,9940$  ( $F_{min} = 1$ ) |  $XF/FS3 = 1,1000/1,0000 = 1,1000$  ( $XF/FS3 \geq 1,00$ )

### Paramétrage Situation 1

Propriétés de la phase

[Retour](#) Efforts en tête par clou

[Remise à zéro de tous les efforts](#)

Nom du clou	Type	$T_{R,0}$ [kN]
Clou 1	Valeur récupérée à partir d'un...	3,04
Clou 2	Valeur récupérée à partir d'un...	38,16
Clou 3	Valeur récupérée à partir d'un...	66,78
Clou 4	Ajustement automatique	-

Situation de référence Phase 3 / Situation 3

---

### Phase 5

Méthode de calcul : Calcul à la rupture  
 Jeu de coefficients de sécurité : Situations durables et transitoires - Approche 3 à la rupture  
 $F_{min} = 0,9911$  ( $F_{min} = 1$ ) |  $XF/FS3 = 1,1000/1,0000 = 1,1000$  ( $XF/FS3 \geq 1,00$ )

### Paramétrage Situation 5

Propriétés de la phase

[Retour](#) Efforts en tête par clou

[Remise à zéro de tous les efforts](#)

Nom du clou	Type	$T_{R,0}$ [kN]
Clou 1	Valeur récupérée à partir d'un...	3,04
Clou 2	Valeur récupérée à partir d'un...	38,16
Clou 3	Valeur récupérée à partir d'un...	66,78
Clou 4	Valeur récupérée à partir d'un...	95,42
Clou 5	Ajustement automatique	-

Situation de référence Phase 4 / Situation 4

Il est également possible de demander de redistribuer les efforts sur plusieurs lits de clous au même temps. Pour cela, il suffit de demander l'ajustement automatique sur plusieurs lits de clous actifs au sein d'une même phase/situation.

A l'issue du calcul de la situation, l'effort mobilisé en tête associé à l'équilibre limite est fourni dans les résultats :

Propriétés de la situation

[Retour](#) **Résumé des résultats**

Résumé       Propriétés d'affichage  
 Par surface       Par renforcement       Par tranche

- Efforts en tête des clous  $T_{R,0}$  :

Nom	Statut	$T_{R,0}$ [kN]
Clou 1	Valeur imposée	3,04
Clou 2	Valeur imposée	38,16
Clou 3	Valeur imposée	66,78
Clou 4	Valeur imposée	95,42
Clou 5	Calcul convergé	107,39

Signification du statut du calcul :


- **Valeur imposée** : une valeur a été donnée par l'utilisateur
- **Non applicable** :  $F_{min} > 1$  sans mobilisation des efforts en tête des clous (les efforts entrés manuellement sont toutefois pris en compte)
- **Calcul convergé** : la recherche de l'effort en tête pour lequel  $F_{min} = 1$  a aboutit
- **Problème de stabilité interne** : la valeur de  $F_{min} = 1$  ne peut pas être atteinte et l'augmentation de l'effort en tête ne permet plus d'augmenter  $T_R$ .
- **Rupture par instabilité externe** : la rupture dans les clous se produit dans l'acier ou par frottement sur la longueur externe
- **Calcul divergent** : aucune surface n'a été générée, problème de calcul des clous (mauvaise définition ou information manquante)

## 6. Assistant de stabilité interne

Talren v6 offre également la possibilité de calculer les efforts dans le parement béton armé d'une paroi clouée (contrainte et moments fléchissants).

L'assistant de stabilité interne est accessible depuis la fenêtre de résultats de toute situation où il y a des clous actifs :

Propriétés de la situation

 Retour **Efforts dans les renforcements**



Résumé  Propriétés d'affichage

Par surface  **Par renforcement**  Par tranche

Surface: N°= 477; Xp=26,32; Yp=32,44

Clou Tirant Bande Buton Exportation

Nom	LU	RNcal	ITR	IPTR	Rc	ICIS	IPCI	T <sub>R,0</sub>
Clou 1	2,676	43,240	2	3	0,000	0	5	3,04
Clou 2	2,155	70,538	2	3	0,000	0	5	38,16
Clou 3	1,605	90,889	2	3	0,000	0	5	66,78
Clou 4	0,963	108,743	2	2	0,000	0	5	95,42
Clou 5	0,314	112,105	2	3	0,000	0	5	107,39

**Assistant stabilité interne**  

L'assistant permet de choisir les clous et les situations (parmi celles qui sont calculées) à considérer pour calculer les efforts dans le parement :

La touche **Ctrl** permet de sélectionner plusieurs clous ou phases/situations.

La touche **Shift** permet de sélectionner plusieurs clous ou phases/situations à la fois

Assistant stabilité interne – efforts au parement

Sélection des clous faisant partie de la vérification de la stabilité interne

Clou 1  
Clou 2  
Clou 3  
Clou 4  
Clou 5

Tout sélectionner  
Tout désélectionner

Sélection des situations calculées à prendre en compte dans le calcul de l'enveloppe

Phase 1 / Situation 1  
Phase 2 / Situation 2  
Phase 3 / Situation 3  
Phase 4 / Situation 4  
Phase 5 / Situation 5

Tout sélectionner  
Tout désélectionner

Vérification de la stabilité interne

Entraxe vertical (m)

Entraxe horizontal (m)

Largeur de la plaque d'ancrage (m)

Coefficient de Poisson (-)

Clou	$TR_{max}$ [kN]	$\sigma_{parement}$ [kPa]	$M_{int}$ [kN.m/ml]	$M_{ext}$ [kN.m/ml]
Clou 1	43,240	10,143	-6,120	1,291
Clou 2	70,538	16,546	-9,984	2,107
Clou 3	90,889	21,320	-12,865	2,715
Clou 4	108,743	25,508	-15,392	3,248
Clou 5	112,105	26,296	-15,868	3,348

Fermer

Le calcul des efforts dans le parement nécessite la saisie des paramètres suivants :

- **Entraxe vertical [m]** : espacement vertical moyen des lits de clous
- **Entraxe horizontal [m]** : espacement horizontal des lits de clous
  - ▮ Le bouton **Reprendre** permet de récupérer la valeur saisie lors de la définition des clous.
- **Largeur de la plaque d'ancrage [m]** : valeur à saisir (par défaut, égale à 0.20 m).
- **Coefficient de Poisson [-]** : valeur à saisir (par défaut, égale à 0.20).

A fur et à mesure de la sélection et de la saisie des paramètres précédents, le tableau en bas à droite s'actualise pour retenir l'effort  $TR_{max}$  "vu" par chaque clou sur l'ensemble de phases/situations sélectionnées. Les résultats calculés sont les suivants :

Résultat	Unité	Description
$\sigma_{parement}$	kPa	Contrainte moyenne au parement
$M_{int}$	kNm/m	Moment fléchissant tendant la fibre intérieure du parement
$M_{ext}$	kNm/m	Moment fléchissant tendant la fibre extérieure du parement



## 7. Aspects sismiques

Talren v6 propose plusieurs nouvelles fonctionnalités en lien avec les aspects sismiques :

- **Détermination des coefficients sismiques au sens de l'Eurocode 8**
- **Recherche automatique de l'accélération sismique déstabilisante (celle conduisant à l'équilibre limite)**

Cette accélération sismique déstabilisante peut être utilisée comme donnée d'entrée pour évaluer le déplacement irréversible à l'aide de l'assistant ci-dessous.

- **Assistant pour évaluer le déplacement irréversible post-séisme :**
  - Approches empiriques : Ambraseys and Menu (1988), Jibson (2007) et Lazari and Padopoulos (2012)
  - Approche quantitative séisme par la méthode Newmark

### 7.1. Détermination des coefficients sismiques (Eurocode 8)

Les conditions sismiques sont définies au niveau de la situation.

Propriétés de la situation

<input checked="" type="checkbox"/> Séisme	kh	0,000
<input type="checkbox"/> Rech. auto. comb.	kv	0,000
<input type="checkbox"/> Recherche automatique de l'accélération déstabilisante		

Un nouvel assistant est disponible dans cette nouvelle version pour définir les rapports d'accélération horizontale et verticale du séisme au sens de l'Eurocode 8.

Assistant séisme EC8

Zone de sismicité	Zone de sismicité 1
Classe de sol	Sol de classe A
Catégorie ouvrage	Ouvrage d'importance I
Accélération en surface $a_N$ (m/s <sup>2</sup> )	0,32
Facteur r (≥ 1)	2,00
Coefficient sismique horizontal kh	0,016
Coefficient sismique vertical kv	0,008

Transférer Fermer

Les paramètres à saisir sont les suivants :

- Zone de sismicité : zones 1 à 5

- Classe de sol : classes d'A à E
- Catégorie d'importance l'ouvrage : de I à IV

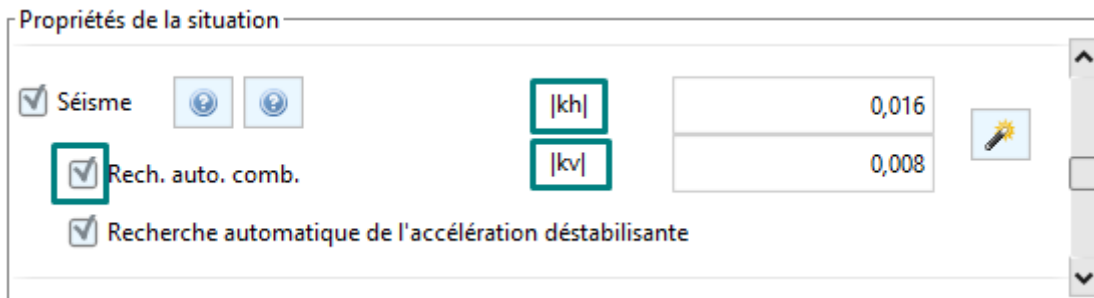
L'accélération en surface  $a_N$  [m/s<sup>2</sup>] est ensuite déterminée en fonction des paramètres précédents.

- Facteur  $r$  ( $\geq 1$ ) : ce coefficient, provenant de l'EC8, vise à rendre compte de la capacité de l'ouvrage à se déplacer ou non sous action sismique. Le choix d'un «  $r$  » supérieur à 1 est favorable au dimensionnement et consiste donc à dimensionner avec une accélération sismique égale à une fraction  $1/r = 0.5$  à 1 de l'accélération maximale, ce qui signifie que l'on autorise implicitement un déplacement (pouvant aller de quelques mm à quelques cm) de l'ouvrage étudié. Ce déplacement n'est en réalité possible que si l'on a à faire à une ouvrage « isolé » (par exemple un quai maritime, un mur de soutènement poids...)

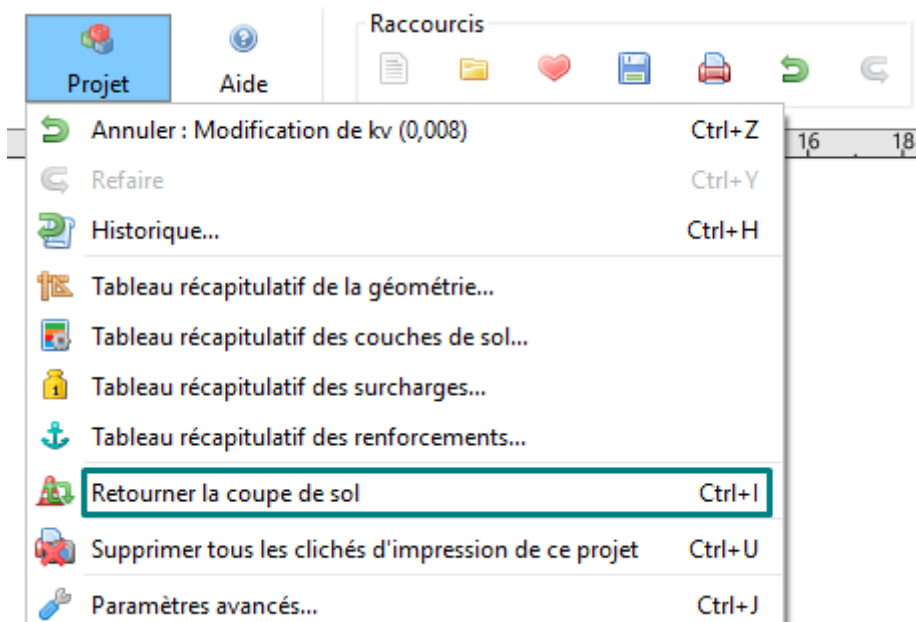
Les coefficients sismiques horizontal ( $k_h$ ) et vertical ( $k_v$ ) sont ensuite déduits et peuvent être transférés vers la situation.

## 7.2. Recherche de la combinaison $k_h$ et $k_v$ la plus défavorable

Talren v6 permet de s'affranchir du signe de définition des coefficients sismiques. Il est possible de lui demander d'examiner les 2 possibilités : séisme allégeant et séisme pesant combinés à une accélération horizontale vers la droite. Dans ce cas, les valeurs de  $k_h$  et  $k_v$  sont à saisir en valeur absolue.



Nous rappelons ici que Talren v6 n'examine que des cinématiques vers la droite. Si le projet a été défini à "l'inverse", il est tout à fait possible de l'inverser à l'aide de la touche **Ctrl+I** ou depuis le menu **Projet - Retourner la coupe de sol**.



Après calcul, on retrouve quelle est la combinaison sismique la plus défavorable :

Propriétés de la situation

[Retour](#) **Résumé des résultats**

Résumé       Propriétés d'affichage  
 Par surface       Par renforcement       Par tranche

**Surface critique :**

- Type de surface :  
Surface circulaire
- Numéro de la surface :  
N° = 204
- Abscisse du centre du cercle :  
 $X_0 = 37,53$  m
- Cote du centre du cercle :  
 $Y_0 = 54,33$  m
- Rayon du cercle :  
 $R = 14,50$  m
- Moment moteur :  
 $M_{MOT} = 2052$  kN
- Combinaison sismique la plus défavorable :  
 $a_h/g = 0,016$     $a_v/g = 0,008$
- Coefficient de sécurité minimal obtenu :  
 **$F_{min} = 0,7857$**

### 7.3. Recherche automatique de l'accélération sismique déstabilisante

Talren v6 offre la possibilité de rechercher automatiquement l'accélération sismique déstabilisante (celle conduisant à l'équilibre limite). Cette accélération est recherchée comme un multiple de l'accélération.

Propriétés de la situation

Séisme       Rech. auto. comb.       Recherche automatique de l'accélération déstabilisante

kh	0,117
kv	0,073

Une fois le calcul réalisé, Talren fournit le coefficient multiplicateur  $X_A$  qui a été appliqué sur les valeurs de  $k_h$  et  $k_v$  pour arriver à l'équilibre limite ( $F_{min} = 1.00$ )

Propriétés de la situation

[Retour](#) **Résumé des résultats**

Résumé
  Propriétés d'affichage

Par surface
  Par renforcement
  Par tranche

**Surface critique :**

- Type de surface :  
Surface spirale logarithmique
- Numéro de la surface :  
N° = 571
- Abscisse du pôle :  
X = 18,50 m
- Cote du pôle :  
Y = 31,35 m
- Angle au centre :  
 $\alpha = 0,00^\circ$
- Moment moteur :  
 $M_{MOT} = 32193507 \text{ kN}$
- Coefficient XF :  
XF = 1,0000
- Coefficient de sécurité minimal obtenu :  
 **$F_{min} = 1,0061$**
- Coefficient XA :  
**XA = 1,6000**
- Statut de la recherche XA :  
Recherche aboutie

## 7.4. Assistant pour évaluer le déplacement irréversible post-séisme

Talren v6 inclue également un assistant pour évaluer le déplacement irréversible en dehors de tout projet.



Il propose deux approches :

- Approches empiriques :

## Ambraseys and Menu (1988)

Assistant séisme

Déplacements irréversibles (approche empirique) | Déplacements irréversibles (Newmark)

Référence: Ambraseys et Menu (1988)

Accélération déstabilisante  $a_{dsb}$  ( $m/s^2$ ): 0,82

Accélération nominale  $a_N$  ( $m/s^2$ ): 1,20

Déplacement irréversible (cm): 0,68

Fermer

## Jibson (2007)

Assistant séisme

Déplacements irréversibles (approche empirique) | Déplacements irréversibles (Newmark)

Référence: Jibson (2007)

Accélération déstabilisante  $a_{dsb}$  ( $m/s^2$ ): 0,82

Accélération nominale  $a_N$  ( $m/s^2$ ): 1,20

Magnitude: 7,50

Déplacement irréversible (cm): 0,37

Fermer

## Lazari and Padopoulos (2012)

## Ambraseys and Menu (1988)

Assistant séisme

Déplacements irréversibles (approche empirique) | Déplacements irréversibles (Newmark)

Référence: Lazari et Padopoulos (2012)

Accélération déstabilisante  $a_{dsb}$  ( $m/s^2$ ): 0,82

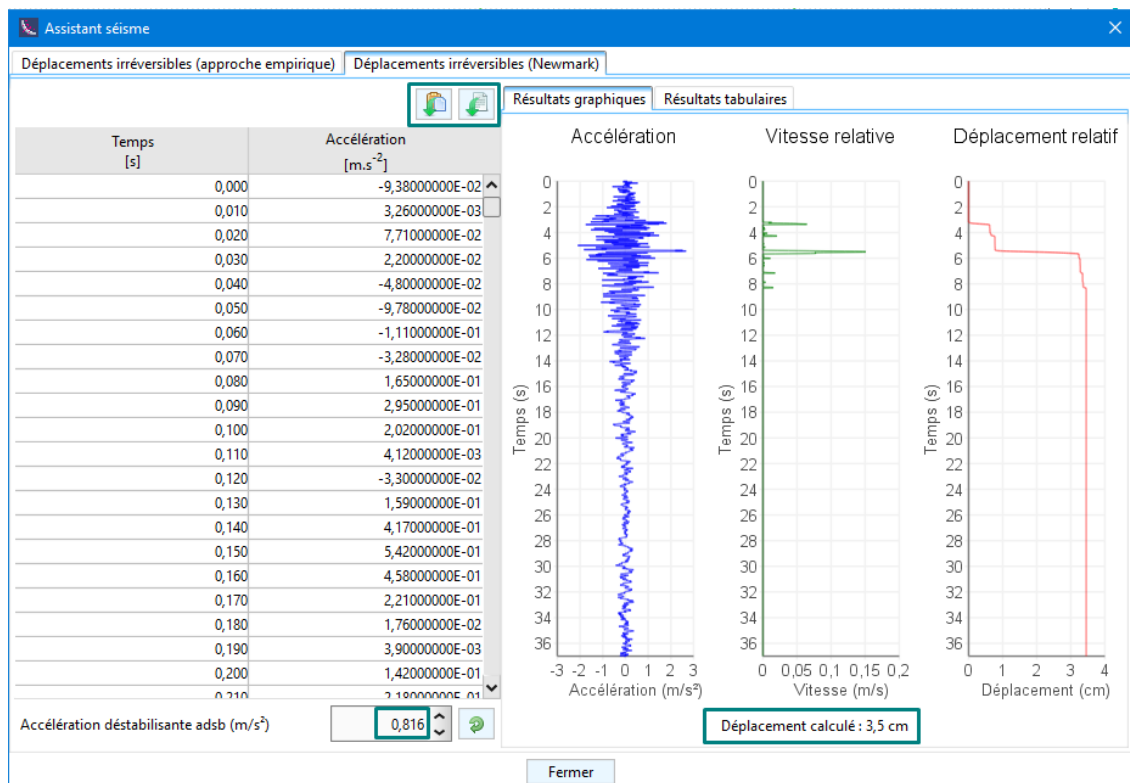
Accélération nominale  $a_N$  ( $m/s^2$ ): 1,20

Déplacement irréversible, borne max (cm): 1,90

Déplacement irréversible, borne min (cm): 0,18

Fermer

- Approche quantitative (**Newmark**) : cet assistant complète les calculs pseudo-statiques faits par Talren à partir des coefficients sismiques  $k_h$  et  $k_v$ .



L'assistant nécessite en entrée :

- L'**accélérogramme** qui peut être importé directement du presse-papiers (par exemple, avec un copier-coller sur Excel au préalable) ou bien à partir d'un fichier .txt à l'aide des boutons disponibles sur le tableau de gauche
- L'**accélération déstabilisante**  $a_{dsb}$  [ $m/s^2$ ] qui peut être saisie manuellement ou la récupérer à l'aide du bouton sur sa droite.

L'accélérogramme est ensuite représenté et intégré pour obtenir la vitesse afin d'obtenir le déplacement relatif cumulé qui est représenté sur la droite.

Les résultats sont également affichés sur forme tabulaire :

Assistant séisme

Déplacements irréversibles (approche empirique) Déplacements irréversibles (Newmark)

Résultats graphiques Résultats tabulaires

Temps [s]	Accélération [ $m.s^{-2}$ ]	Temps [s]	Accélération [ $m.s^{-2}$ ]	Vitesse relative [ $m.s^{-1}$ ]	Déplacement relatif [m]
0,000	-9,38000000E-02	0,000	-9,38000000E-02	0,00000000E00	0,00000000E00
0,010	3,26000000E-03	0,010	3,26000000E-03	0,00000000E00	0,00000000E00
0,020	7,71000000E-02	0,020	7,71000000E-02	0,00000000E00	0,00000000E00
0,030	2,20000000E-02	0,030	2,20000000E-02	0,00000000E00	0,00000000E00
0,040	-4,80000000E-02	0,040	-4,80000000E-02	0,00000000E00	0,00000000E00
0,050	-9,78000000E-02	0,050	-9,78000000E-02	0,00000000E00	0,00000000E00
0,060	-1,11000000E-01	0,060	-1,11000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,070	-3,28000000E-02	0,070	-3,28000000E-02	0,00000000E00	0,00000000E00
0,080	1,65000000E-01	0,080	1,65000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,090	2,95000000E-01	0,090	2,95000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,100	2,02000000E-01	0,100	2,02000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,110	4,12000000E-03	0,110	4,12000000E-03	0,00000000E00	0,00000000E00
0,120	-3,30000000E-02	0,120	-3,30000000E-02	0,00000000E00	0,00000000E00
0,130	1,59000000E-01	0,130	1,59000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,140	4,17000000E-01	0,140	4,17000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,150	5,42000000E-01	0,150	5,42000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,160	4,58000000E-01	0,160	4,58000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,170	2,21000000E-01	0,170	2,21000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,180	1,76000000E-02	0,180	1,76000000E-02	0,00000000E00	0,00000000E00
0,190	3,90000000E-03	0,190	3,90000000E-03	0,00000000E00	0,00000000E00
0,200	1,42000000E-01	0,200	1,42000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00
0,210	2,18000000E-01	0,210	2,18000000E-01	0,00000000E00	0,00000000E00

Accélération déstabilisante adsb ( $m/s^2$ ) 0,816

Fermer

## 8. Calage automatique du facteur de sécurité avec la méthode cinématique du calcul à la rupture

Cette nouvelle version permet par ailleurs une utilisation plus aisée de la méthode cinématique du calcul à la rupture avec la possibilité de caler automatiquement le facteur XF (qui joue le rôle du facteur de sécurité vis-à-vis de la résistance au cisaillement).

Propriétés de la situation  
*Sécurité globale sur la résistance au cisaillement XF*

Gestion de XF : Ajustement automatique pour Fmin = 1

Intervalle de recherche : Ajustement automatique pour Fmin = 1

Cette option est accessible lors de la définition de la situation avec deux choix possibles :

- **Ajustement automatique pour  $F_{min} = 1$**  : il convient de borner la plage de valeurs de XF que l'on souhaite examiner.

Par défaut, la plage examinée est de  $XF_{min}=1.00$  à  $XF_{max}=3.00$ , mais elle peut élargie au besoin.

Propriétés de la situation  
*Sécurité globale sur la résistance au cisaillement XF*

Gestion de XF : Ajustement automatique pour Fmin = 1

Intervalle de recherche : Min 1,0000 Max 3,0000

- **Calcul avec valeur imposée** : ce calcul permet de reproduire le calcul de la version précédente en imposant un niveau de sécurité spécifique.

Propriétés de la situation  
*Sécurité globale sur la résistance au cisaillement XF*

Gestion de XF : Calcul avec valeur imposée

XF imposé : 1,3000



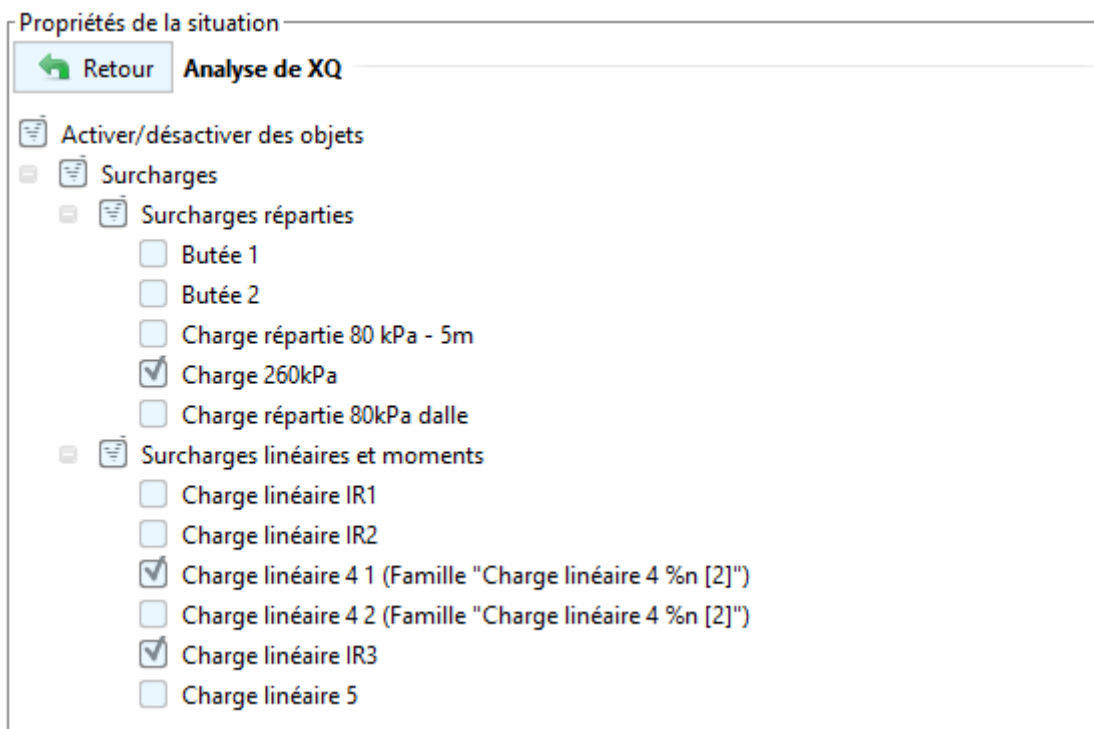
## 9. Détermination de la marge de sécurité vis-à-vis des surcharges extérieures

Il est désormais également possible d'identifier spécifiquement les marges de sécurité vis-à-vis des surcharges extérieures appliquées sur le terrain (nouveau facteur XQ).

Cette option est disponible dans la définition de la situation :



L'analyse XQ consiste à évaluer la majoration possible qui peut être appliquée sur les surcharges sélectionnées pour atteindre l'équilibre limite ( $F_{min}=1.00$ ). La majoration sera la même sur toutes les surcharges choisies.



Après calcul, le coefficient XQ est retrouvé dans les résultats de la situation examinée.



Retour

Résumé des résultats

- Résumé
- Propriétés d'affichage
- Par surface
- Par renforcement
- Par tranche

**Surface critique :**

- Type de surface :  
Surface spirale logarithmique
- Numéro de la surface :  
 $N^{\circ} = 481$
- Abscisse du pôle :  
 $X = 5,71 \text{ m}$
- Cote du pôle :  
 $Y = 46,13 \text{ m}$
- Angle au centre :  
 $\alpha = 50,00^{\circ}$
- Moment moteur :  
 $M_{\text{MOT}} = 69632 \text{ kN}$
- Coefficient XF :  
 $XF = 1,6250$
- Coefficient de sécurité minimal obtenu :  
 **$F_{\text{min}} = 1,0023$**
- Valeur XQ :  
 **$XQ = 1,212$**



terrasol

setec