



Note de version

v2025.0

© itech-soft - UGE - 2025

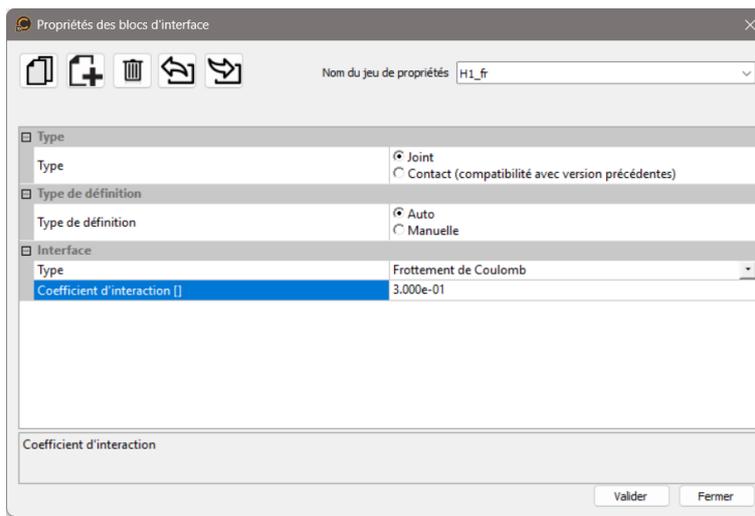
Table des matières

1. Propriétés matérielles	5
1.1. Définition automatique des propriétés d'interface	5
1.2. Ajout de nouvelles lois élastiques (IELAS=18/19)	6
1.3. Associer une couleur à un jeu de propriétés (blocs surfaciques et 1D)	6
2. Edition de la géométrie	8
2.1. Rectangle interactif	8
2.2. Scripts > Sections de tunnels	8
3. Maillage	9
3.1. Gestion des extrémités d'interfaces	9
4. Chargements	10
4.1. Nouvelles options de définition du niveau de nappe en 2D et 3D :	10
4.1.1. Méthode 1	10
4.1.2. Méthode 2	10
4.1.3. Copie de cas de charges WTB	11
5. Réglages des calculs	12
5.1. Procédure "c-phi réduction" accélérée	12
5.2. Edition de réglages par défaut pour tous les modèles phasés	13
5.3. Stockage des déformations totales pour les solveurs LINE / LINH	13
5.4. Algorithme multifrontal pour le solveur MODE (valeurs propres)	13
6. Résultats	14
6.1. Modification de l'affichage de l'incrément/pas de temps	14
6.2. Affichage du coefficient de sécurité calculé	14
6.3. Modification de l'arborescence des résultats	15
6.4. Scalaires additionnels	15

1. Propriétés matérielles

1.1. Définition automatique des propriétés d'interface

Sous PROPRIETES, accéder à  **Propriétés des blocs d'interface**.



Lorsque l'utilisateur intègre des interfaces dans sa modélisation 2D ou 3D, il doit leur associer :

- le type de contact : adhérence, glissement parfait ou frottement ;
- les valeurs des paramètres associés au choix précédent. Dans le cas du frottement : E_c , R_t , c_c , φ_c .

Si l'interface croise plusieurs matériaux distincts (par exemple, un pieu fondé dans un multicouche), la définition des paramètres doit être ajustée en fonction des matériaux en contact.

Dans les cas courants (en ingénierie géotechnique plus particulièrement), les propriétés d'interface peuvent être assez facilement déduites des propriétés des matériaux en contact :

- E_c , coefficient de rigidité du matériau fictif de contact. Sa valeur est 100 fois celle du plus petit module des matériaux en contact ;
- R_t , résistance à la traction. Sa valeur est généralement très élevée si on souhaite éviter le décollement ;
- c_c , cohésion. Sa valeur est généralement nulle si on souhaite relier directement contrainte normale et contrainte tangentielle. Sinon, c_c peut être assimilé à q_s ;
- φ_c , angle de frottement. Sa valeur permet d'établir la relation entre la contrainte tangentielle maximale τ et la contrainte normale σ_n : $\tau = \tan \varphi_c \cdot \sigma_n$

En proposant à l'utilisateur l'option de définition "Auto", l'utilisateur n'a plus qu'à renseigner :

- le type de contact : adhérence, glissement parfait ou frottement ;
- la valeur d'un coefficient d'interaction si le type « frottement » a été sélectionné tel que

$$\tau = \text{coef_int} \cdot \sigma_n$$

De ces données, on déduit les valeurs de paramètres suivantes :

- $E_c = 100 \times \min(E_1 ; E_2)$
- $R_t = 10^6 \text{ MPa}$
- $c_c = 0$
- $\varphi_c = \tan^{-1}(\text{coef_int})$

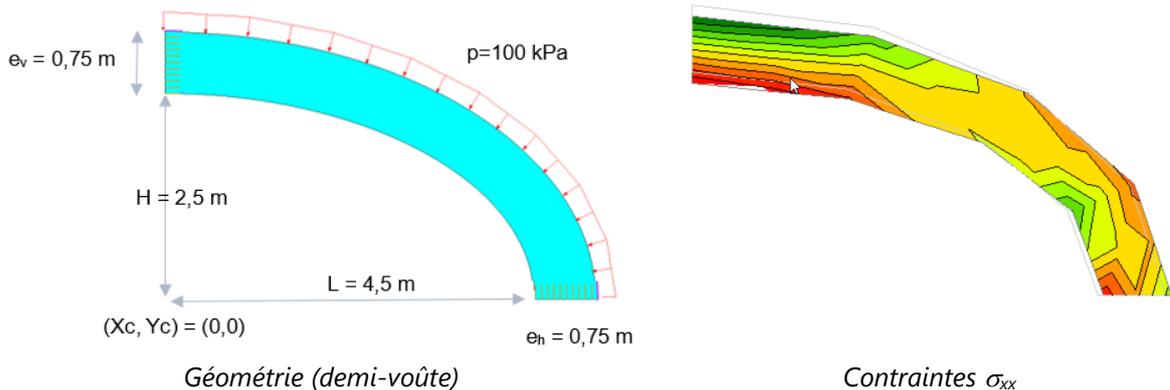
1.2. Nouveaux modèles élastiques (IELAS=18/19)

Le solveur CESAR propose un certain nombre de modèles de comportement élastique pour les blocs de massif, mais la gamme proposée ne comprend pas de modèle anisotrope général.

On corrige ce manque, dans un cadre particulier, qui vise à exploiter les calculs de modules par homogénéisation pour des matériaux périodiques.

On ajoute donc deux valeurs de l'indicateur IELAS (IELAS=18 et 19), mais de nouvelles variantes pourraient être introduites ultérieurement en fonction des besoins.

A titre d'illustration, on peut appliquer ce type de modèle pour la maçonnerie. On présente ci-dessous une voute mise en pression. On fournit des modules homogénéisés (brique + mortier) et la géométrie de l'ellipse moyenne de la voute, qui définit l'orientation des blocs maçonnés.

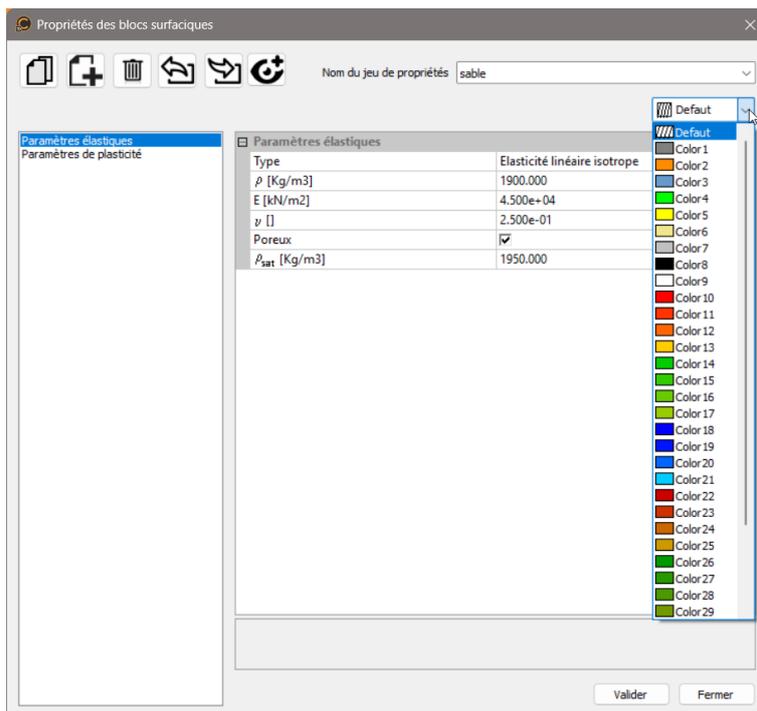


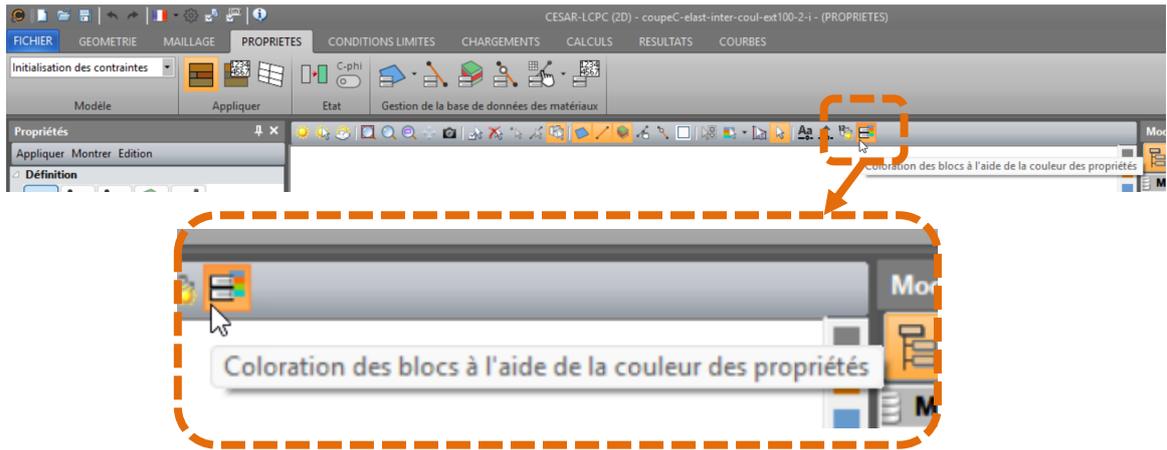
1.3. Associer une couleur à un jeu de propriétés (blocs surfaciques et 1D)

Dans le processus d'une modélisation phasée, l'utilisateur est assisté par l'affectation d'une couleur par jeu de propriétés (blocs surfaciques et 1D en 2D ; blocs surfaciques, volumiques et 1D en 3D).

L'option "Couleur" a été ajoutée dans la boîte de définition des propriétés. La couleur sélectionnée est associée au nom du jeu de propriétés.

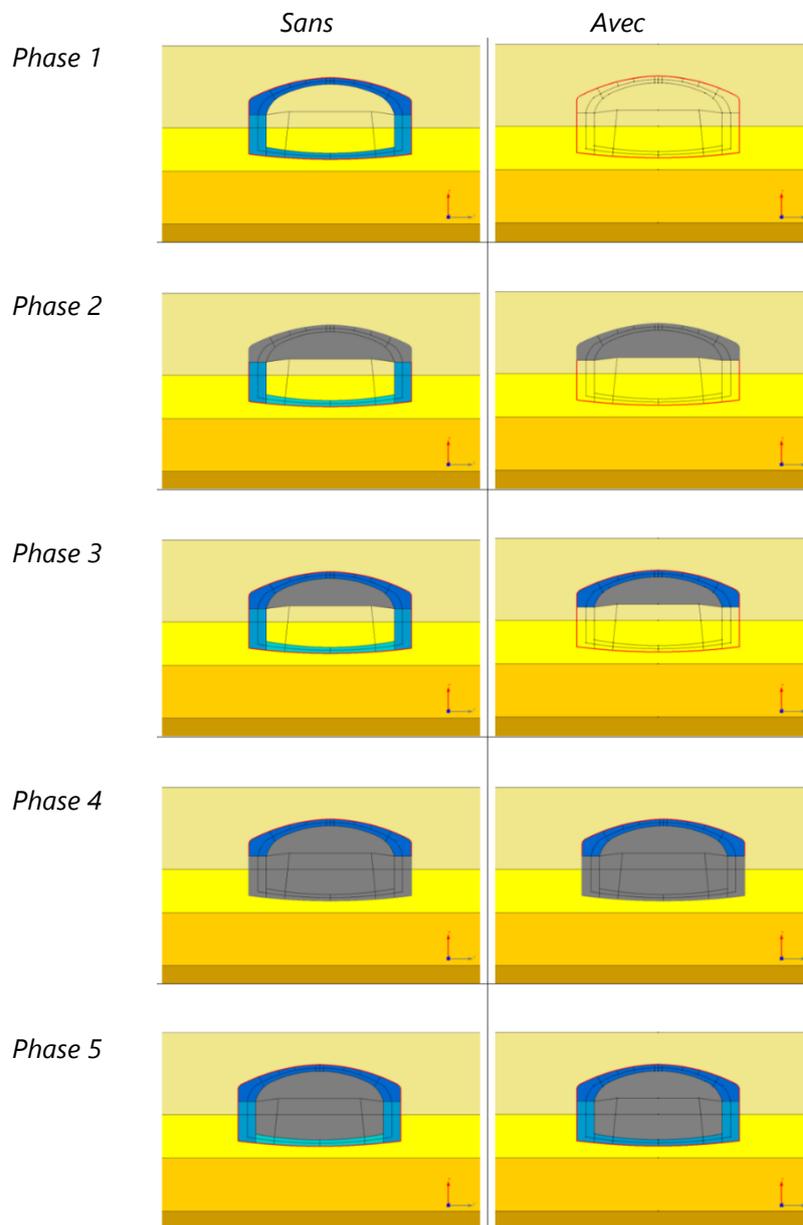
L'option est ensuite activée par un bouton "On/Off" sur la barre d'outils d'affichage.





Ceci permet de vérifier visuellement l'affectation des propriétés mais également de suivre l'évolution du phasage de façon plus intuitive.

L'exemple ci-après illustre l'évolution du phasage avec ou sans activation de la fonctionnalité.



2. Edition de la géométrie

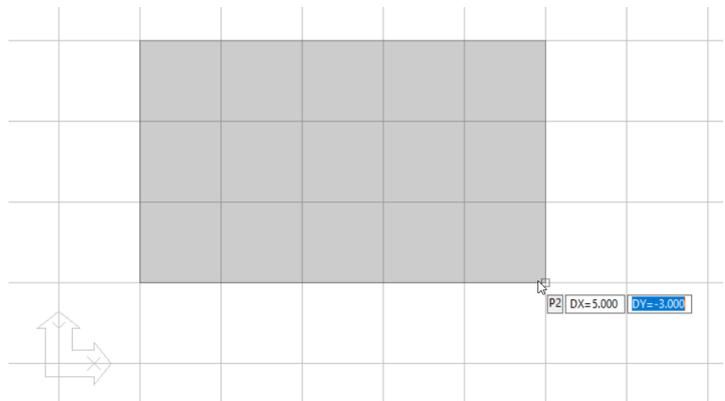
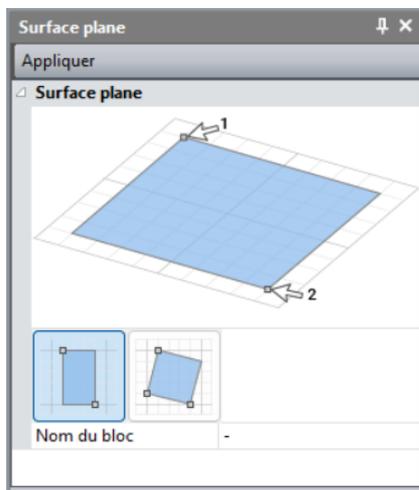
2.1. Surface plane - Rectangle interactif

Sous GEOMETRIE, utiliser l'outil  **Surface plane**.

Cet outil est proposé en 2D et en 3D pour faciliter la génération de surfaces rectangulaires (couches de sol en 2D, dalles en 3D par exemple).

L'utilisateur peut interactivement définir une surface rectangle par la donnée de 2 ou 3 points. Ces points sont sur la grille de travail ou donnés par les coordonnées interactives sur l'espace de travail.

En 3D, un bouton permet de basculer entre la génération « interactive » décrite ci-dessus et l'option "sélection" habituelle : l'utilisateur sélectionne les contours (contenus dans un même plan) qui ferment une surface.

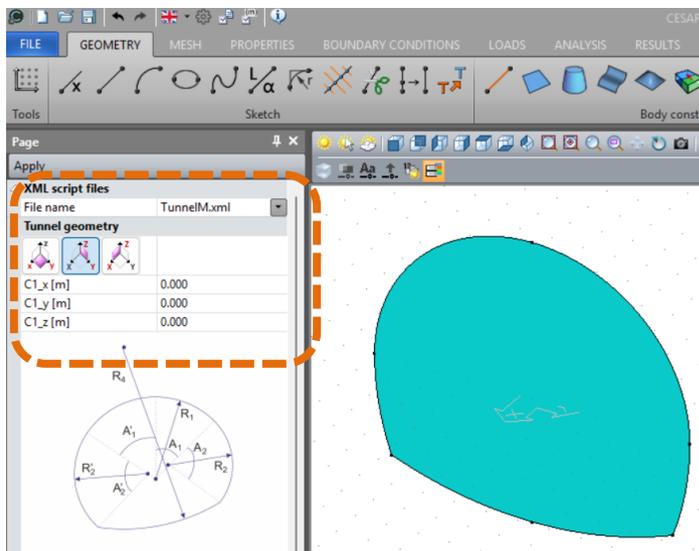


2.2. Scripts > Sections de tunnels

Utiliser l'outil **Script**  puis sélectionner le fichier "TunnelM.xml".

Il est maintenant possible de spécifier la position du point d'insertion de la section.

En 3D, on propose également de spécifier dans quel plan la section sera tracée.



3. Maillage

3.1. Gestion des extrémités d'interfaces

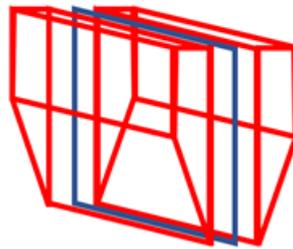
On propose une meilleure modélisation des extrémités d'interfaces dans les cas d'éléments structurels (blocs 1D ou coques) installés dans un massif.

Le processus de génération de l'interface :

- détecte l'extrémité de l'interface
- à cette extrémité, fusionne les nœuds de l'interface "classique". Pour rappel, ces éléments ont 6 nœuds en 2D et 12 ou 16 nœuds en 3D.



Exemple d'un bloc 1D



Exemple d'une coque

4. Chargements

4.1. Nouvelles options de définition du niveau de nappe en 2D et 3D :

La définition de la position initiale de la nappe (première phase d'un phasage) ou la variation de la nappe entre deux phases d'un phasage a été mise à jour pour être plus flexible.

4.1.1. Méthode 1

On a d'abord la possibilité de définir la surface libre à la souris par clics successifs sur le modèle. En 3D, on sélectionne d'abord un des deux plans verticaux pour cette édition.

Etape 1 :

- Cliquer « Variable »
- Cliquer sur [P*] pour définir les points par clics successifs. L'utilisateur aura alors une représentation interactive des coordonnées des points successivement cliqués sur une grille.

Etape 2 :

- Valider. Le nombre de points et leurs coordonnées sont alors renseignés dans la grille.



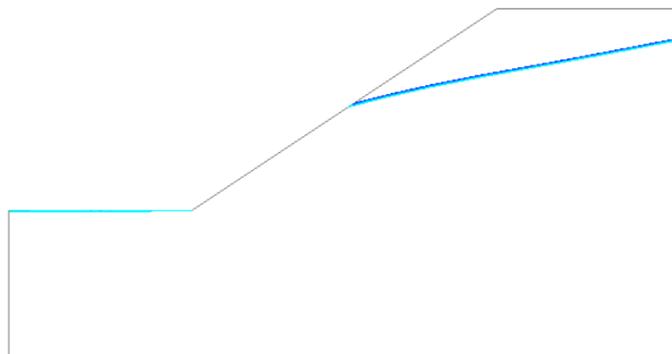
4.1.2. Méthode 2

On peut également récupérer le champ de pression d'un calcul en écoulement (modules HYDROGEOLOGIQUES) en régime permanent ou transitoire.

Etape 1 : calcul hydrogéologique.

Exemple ci-dessous, surface libre ($p=0$) à l'issue d'un calcul NSAT transitoire (5 pas de temps).

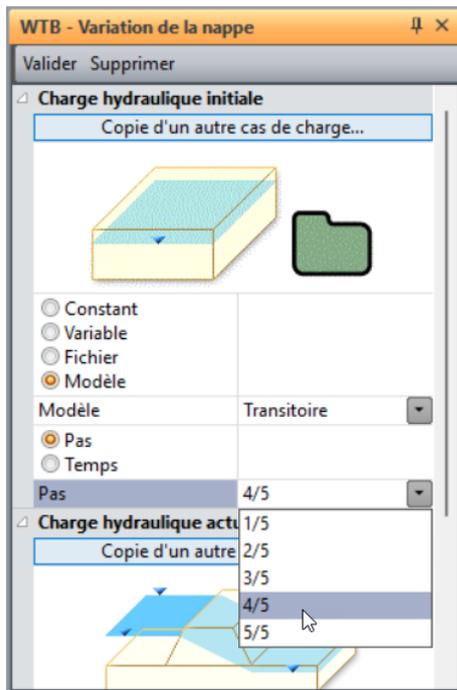
Modèle=6 - Nom du modèle=Transitoire - Solveur=NSAT - Pas de temp=4/5 (t=10800.000sec)



Etape 2 : Dans le modèle mécanique, utilisation de l'outil « WTB – Variation de la nappe ».

- Sélection du modèle
- Sélection du pas de temps parmi ceux identifiés (si calcul transitoire)

Exemple : utilisation du modèle NSAT précédent « Transitoire » et sélection du pas de temps 4/5.



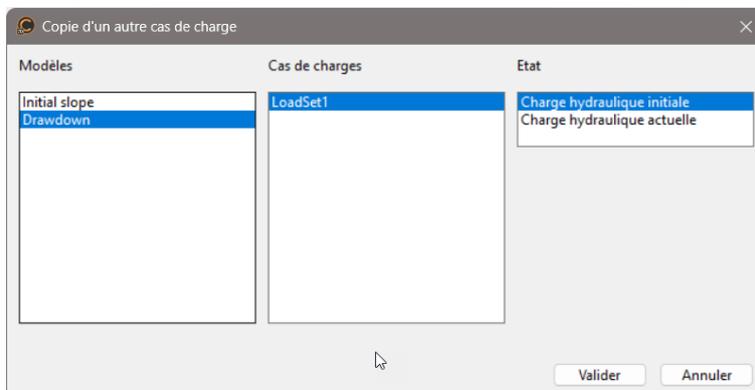
4.1.3. Copie de cas de charges WTB

Pour simplifier la mise en donnée entre phases, il est maintenant possible de copier un état de nappe d'un précédent calcul du phasage.

Dans la fenêtre d'édition de l'outil « WTB – Variation de la nappe », cliquer sur « Copie d'un autre cas de charge » entraîne l'affichage de la boîte fenêtre ci-dessous.

On y liste :

- L'ensemble des modèles ayant au moins un chargement de type WTB,
- La liste des chargements WTB par modèle,
- L'état de la nappe retenu du chargement WTB sélectionné : état initial ou état final.



5. Réglages des calculs

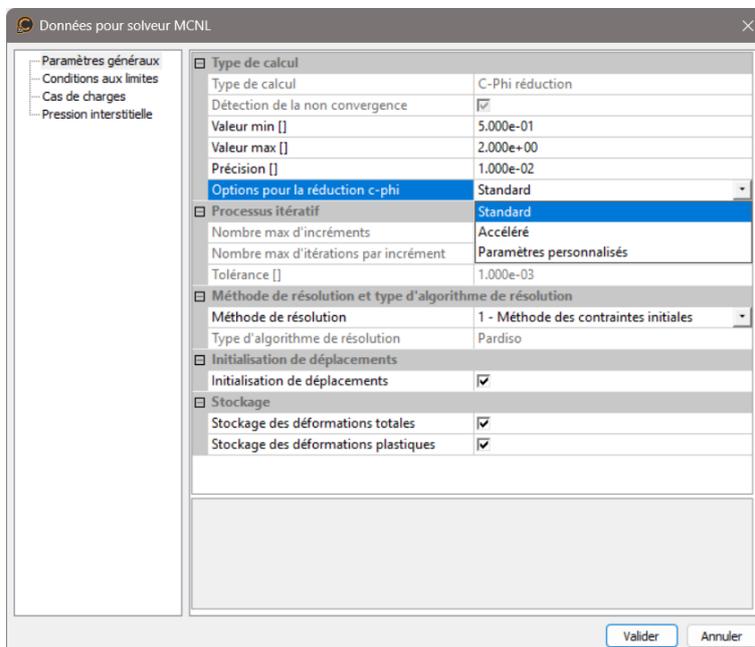
5.1. Procédure "c-phi réduction" accélérée

La procédure de calcul "c-phi réduction" pour le calcul de coefficient de sécurité sur la stabilité des ouvrages a été enrichie d'une méthode plus rapide.

On propose ainsi à l'utilisateur 3 méthodes :

- Méthode 1 (standard, par défaut) :
 - o Méthode de résolution : contraintes initiales
 - o Nombre d'itérations : 500
 - o Précision : 0,001
- Méthode 2 (accélérée) :
 - o Méthode de résolution : contraintes initiales + méthode sécante
 - o Nombre d'itérations : 200
 - o Précision : 0,001
- Méthode 3 (personnalisée) :
 - o Méthode de résolution : « libre »
 - o Nombre d'itérations : « libre »
 - o Précision : « libre »

La méthode "accélérée" ira plus rapidement au résultat du coefficient de sécurité. Elle sera par contre moins précise pour la représentation du mode de rupture.



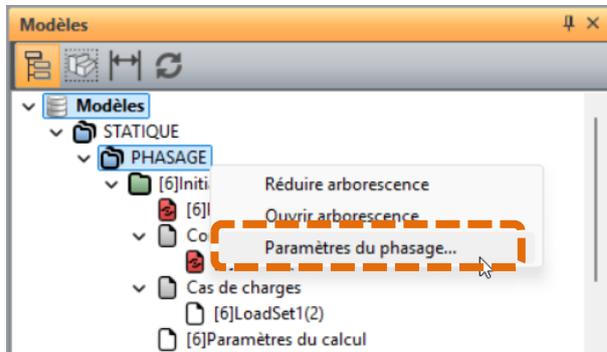
On pourra se référer aux travaux de Bourgeois et Remaud publiés récemment :

- Geotechnical structures stability: ULS calculations using the Finite Element Method, Proceedings ECSMGE 2024, Lisbonne.
- Une procédure numérique alternative pour les calculs de c-phi réduction dans CESAR-LCPC, Actes des JNGG 2024, Poitiers.

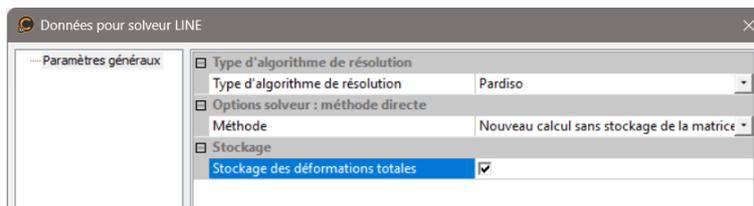
5.2. Edition de réglages par défaut pour tous les modèles phasés

Dans l'arborescence du modèle, il est désormais possible d'assigner/modifier les paramètres de calcul pour tous les modèles définis avec le type « Phasage ».

Suite à une première série de calcul, cette option est utile pour modifier la précision ou le nombre d'itérations du processus itératif et de l'affecter à l'ensemble des modèles.

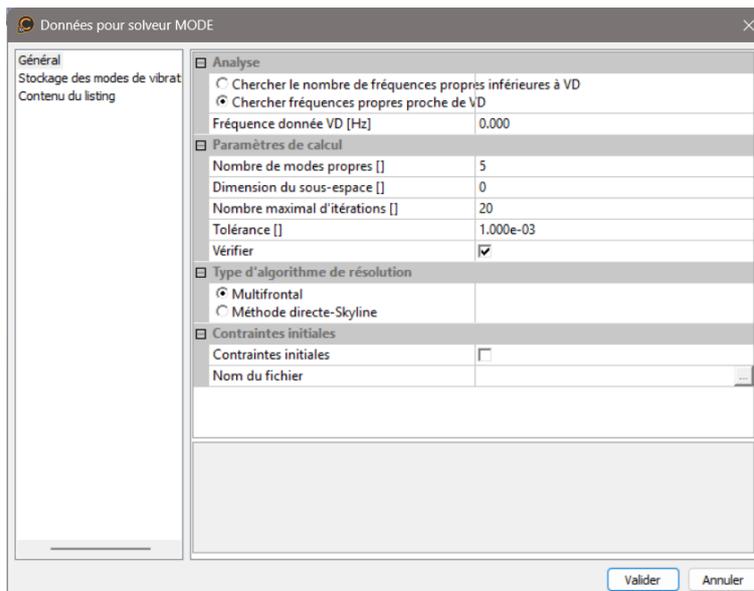


5.3. Stockage des déformations totales pour les solveurs LINE / LINH



5.4. Algorithme multifrontal pour le solveur MODE (valeurs propres)

Cette option accélère notablement le calcul des valeurs propres.

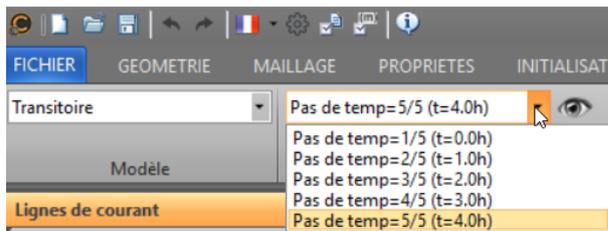


6. Résultats

6.1. Modification de l'affichage de l'incrément/pas de temps

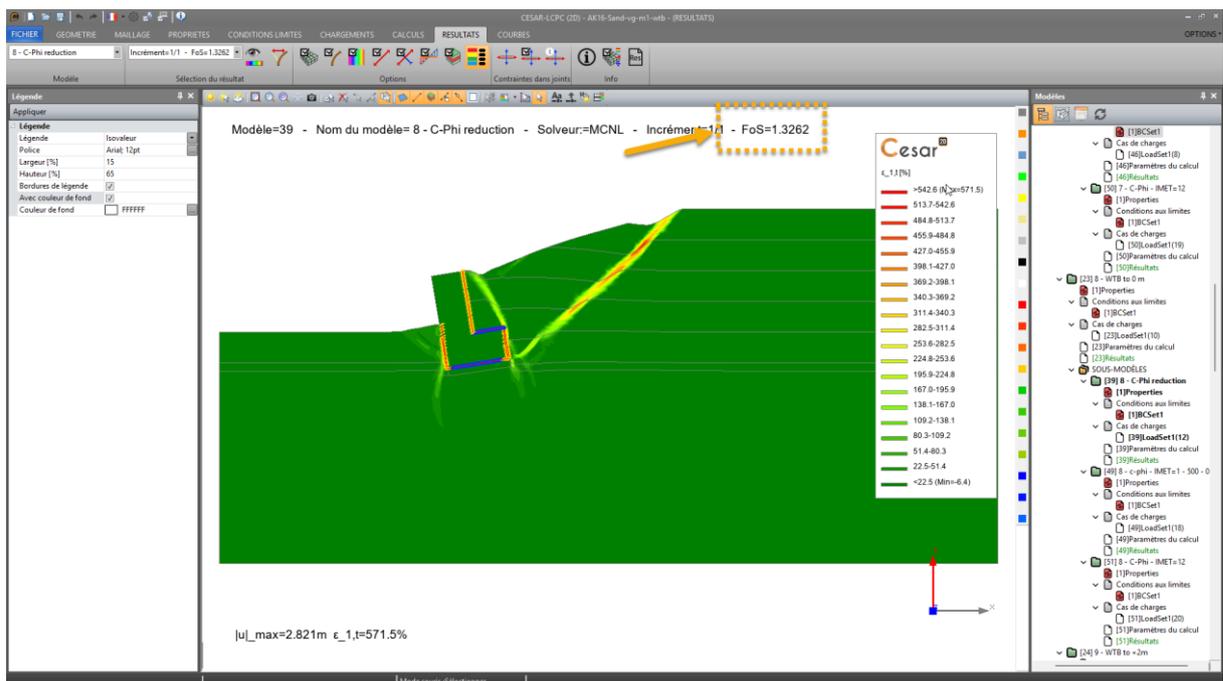
Lorsque l'utilisateur accède à l'onglet RESULTATS, on affiche automatiquement le dernier incrément (ou pas de temps) calculé (s'il y a plusieurs incréments ou pas de temps calculés).

Dans le cas de pas de temps, on affiche la valeur du temps.



6.2. Affichage du coefficient de sécurité calculé

Après un calcul de type "c-phi réduction" (sur les paramètres de cisaillement des sols) ou "Facteur de sécurité" (sur les charges) le coefficient obtenu est maintenant affiché sur l'espace d'affichage des résultats.

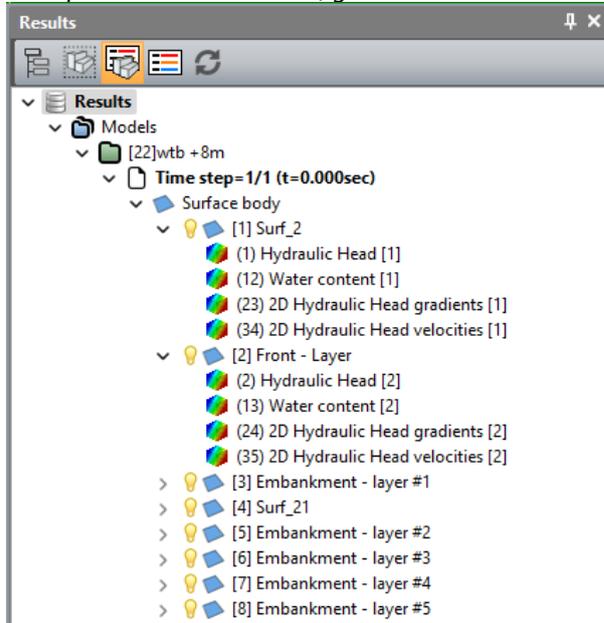


6.3. Modification de l'arborescence des résultats

L'arborescence des résultats est modifiée de sorte qu'il est plus aisé pour d'identifier le type de résultat et le bloc dans lequel on recherche ce résultat.

- L'utilisateur peut identifier le bloc par son nom
- Les résultats sont ordonnés par bloc

Exemple de la nouvelle configuration de l'arborescence



6.4. Scalaires additionnels

Déformation volumique

Quand le tenseur de déformations est disponible en résultats, la déformation volumique est proposée dans la liste des scalaires à afficher.

Elle est calculée ainsi :

$$\begin{aligned}\epsilon_v &= \epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} && \text{déformations planes} \\ \epsilon_v &= 2 \epsilon_{rr} + \epsilon_{zz} && \text{axisymétrie} \\ \epsilon_v &= \epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} + \epsilon_{zz} && \text{contraintes planes} \\ \epsilon_v &= \epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} + \epsilon_{zz} && \text{3D}\end{aligned}$$

Norme du gradient de charge hydraulique

Dans les modules Hydrogéologie (NSAT, écoulements en milieu non saturé, et DTNL) :

$$|\Delta \mathbf{H}| = \sqrt{(\Delta H_x)^2 + (\Delta H_y)^2}$$

Norme de la vitesse d'écoulement

Dans les modules Hydrogéologie (NSAT, écoulements en milieu non saturé, et DTNL) :

$$|\mathbf{vH}| = \sqrt{(vH_x)^2 + (vH_y)^2}$$

Norme du gradient de température

Dans le module Thermique (DTNL) :

$$|\Delta \mathbf{T}^\circ| = \sqrt{(\Delta T^\circ_x)^2 + (\Delta T^\circ_y)^2}$$

Norme de la vitesse de température

Dans le module Thermique (DTNL) :

$$|\mathbf{vT}^\circ| = \sqrt{(vT^\circ_x)^2 + (vT^\circ_y)^2}$$