



**Note de version**

**Version 2024.0**

© itech - 2023



# Contenu

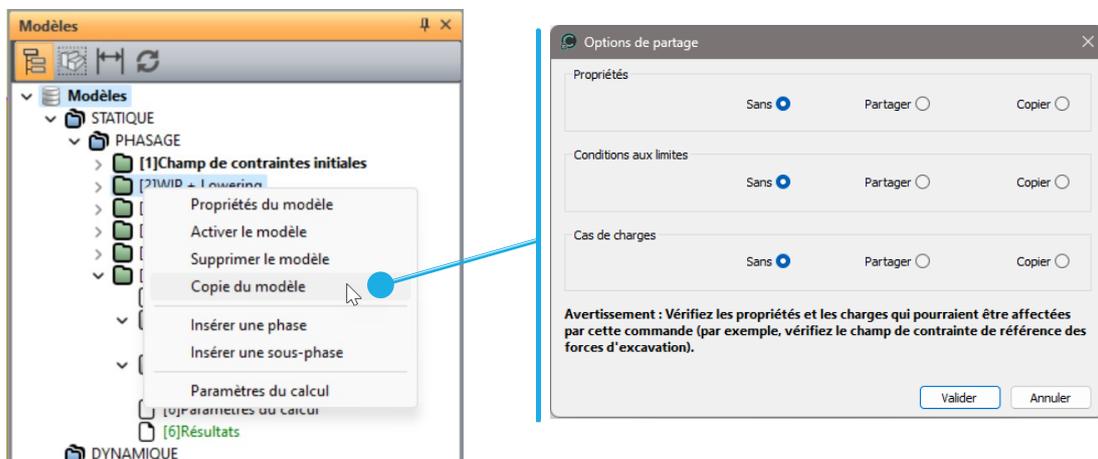
<b>1. Amélioration de la gestion du phasage</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Edition facilitée : copie/partage</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Phasage</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Sous-phases pour les analyses de facteurs de sécurité</b>	<b>6</b>
<b>2. Nouvelles capacités d'analyse</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Modéliser un pieu : poutre frottante et élément de pointe</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Déformations imposées et gonflement</b>	<b>8</b>
2.2.1. Déformations imposées	8
2.2.2. Gonflement	9
<b>2.3. Fenêtre de propriétés</b>	<b>10</b>
<b>3. Général</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Edition de la géométrie</b>	<b>11</b>
3.1.1. Import de points	11
3.1.2. Fonctions d'intersection supplémentaires	12
3.1.3. Boîte à outil pour import de modèles CESAR 2D dans CESAR 3D	12
3.1.4. Boîte à outil pour import de fichiers IFC dans CESAR 3D	12
<b>3.2. Maillage</b>	<b>13</b>
3.2.1. Maillage surfacique GMSH	13
3.2.2. Points de densité	14
<b>3.3. Résultats</b>	<b>15</b>
3.3.1. Statut des résultats affichés dans l'arborescence du modèle	15
3.3.2. Lignes d'écoulement	15
<b>3.4. Graphes</b>	<b>15</b>
3.4.1. Nouveaux outils pour l'édition de lignes	15
3.4.2. Réorientation des axes	16
<b>3.5. Scripts Python</b>	<b>17</b>
3.5.1. Documentation mise à jour	17
3.5.2. Nouveau bouton d'accès sous GEOMETRIE	17
3.5.3. Ajout de fonctionnalités de modélisation	17



# 1. Amélioration de la gestion du phasage

## 1.1. Edition facilitée : copie/partage

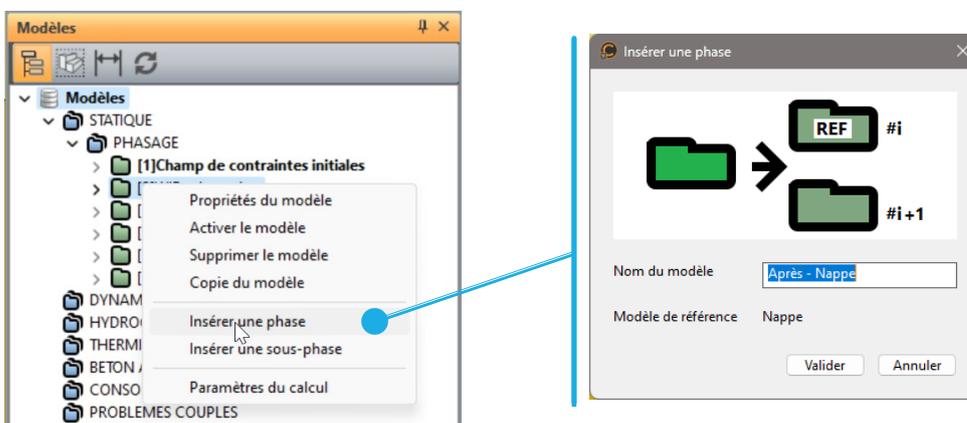
Lors de l'utilisation de « Copie d'un modèle » pour éditer un nouveau modèle, l'utilisateur a désormais le choix de préciser les actions (Copier, Partager ou rien) à appliquer sur les différents ensembles de « Propriétés », « Conditions aux limites » et « Chargements ».



## 1.2. Phasage

Les modèles définis sous le type "Phasage" sont maintenant listés dans une arborescence spécifique bien identifiée.

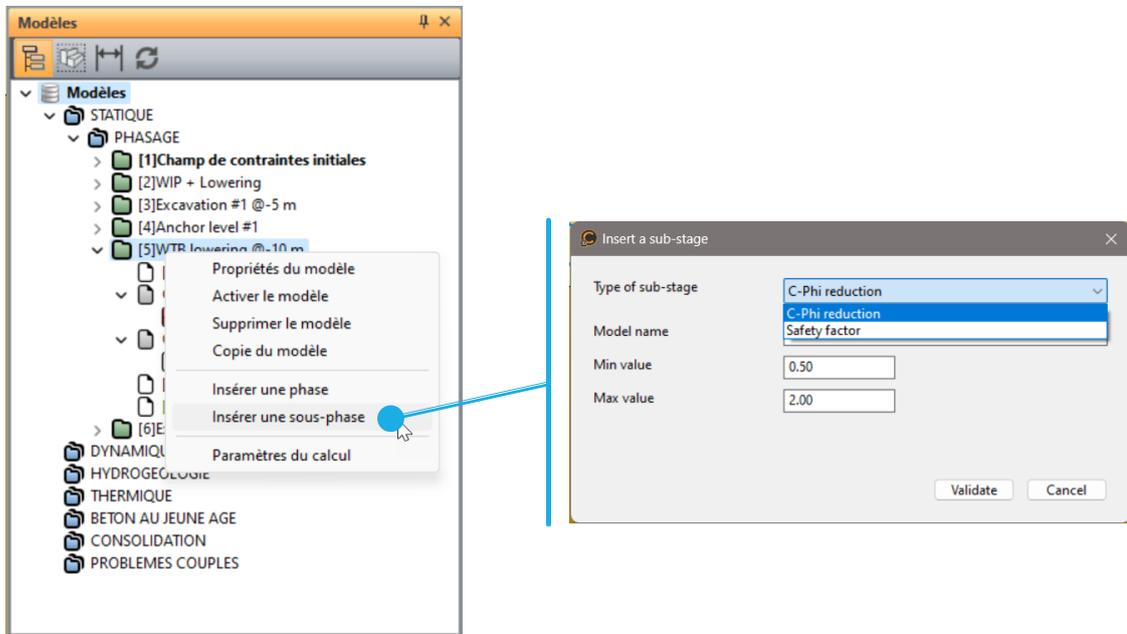
Sous cette arborescence, il est maintenant possible d'insérer un modèle au sein d'un phasage existant. Quand il active "Insérer une phase", l'utilisateur donnera le nom du nouveau modèle inséré après le modèle de référence.



### 1.3. Sous-phases pour les analyses de facteurs de sécurité

Sous l'arborescence "Phasage", l'utilisateur peut ajouter des sous-phases qui lui permettront de réaliser 2 types de calculs prédéfinis : c-phi réduction et facteurs de sécurité (sur un chargement).

Avec l'évolution prochaine des EC7, cette nouvelle fonctionnalité offre de nouvelles possibilités d'analyse utiles pour les ingénieurs géotechniciens.



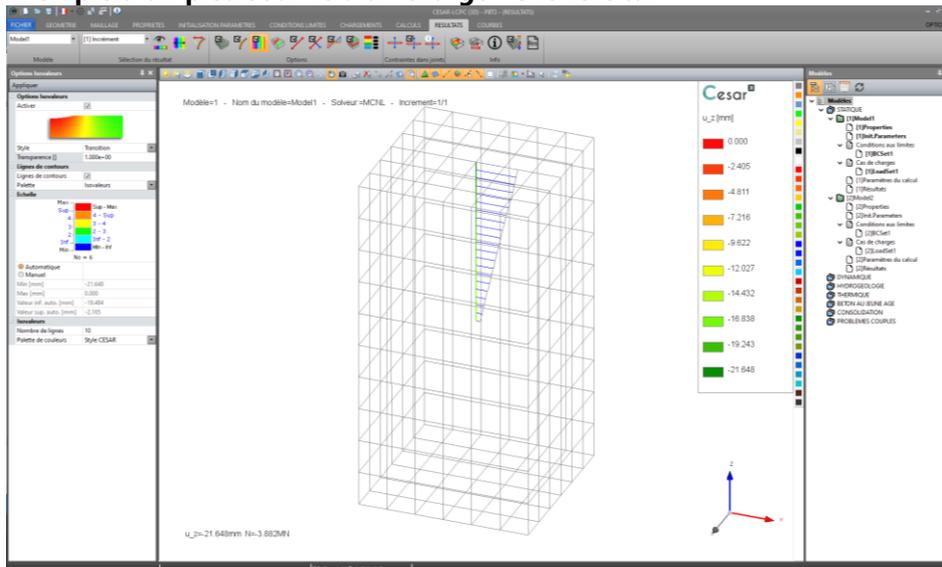
# 2. Nouvelles capacités d'analyse

## 2.1. Modéliser un pieu : poutre frottante et élément de pointe

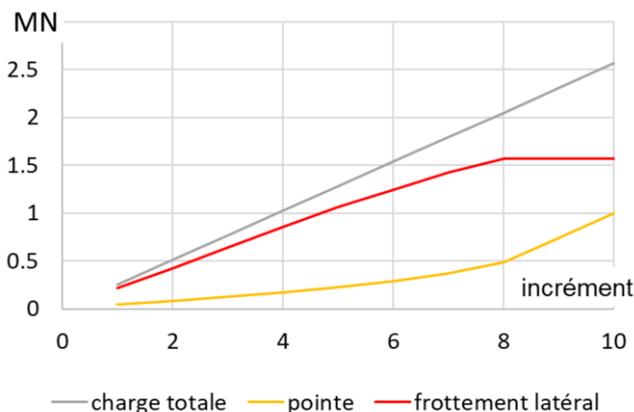
Comme pour les barres frottantes (introduites en version 2022), les blocs 1D poutres peuvent maintenant avoir un comportement d'interface, associé au coefficient de frottement latéral  $q_s$  (voir ci-dessous). La modélisation du pieu est complétée par l'introduction de l'élément « pointe de pieu » qui permet de modéliser le comportement de la pointe du pieu.

élastique linéaire + plasticité parfaite	$C_i, I_{max}$	$C_i = I_{max} / \text{longueur nécessaire pour mobiliser } q_s$ $I_{max} = q_s \times \pi \times D \text{ (pour un boulon)}$
élastique bilinéaire + plasticité parfaite	$C_{i1}, C_{i2}, I_1, I_2$	$I = \text{Min} [C_{i1} \delta, I_1 + C_{i2} \delta - I_1 C_{i2} / C_{i1}, I_{max}]$ <p>— modèle proposé par Abdelouhab et al (2010)          — ICINT=14 élastique bilinéaire - plastique</p>

### Exemple d'un pieu soumis à un chargement vertical



### Graphique du transfert de charges dans le pieu



## 2.2. Déformations imposées et gonflement

“Déformations imposées” et “Gonflement” sont proposés comme des composantes additionnelles des jeux de propriétés des blocs surfaciques (2D) et volumiques (3D). Le choix de l’une des deux permet à l’utilisateur de modéliser différents types de comportement du massif de sol.

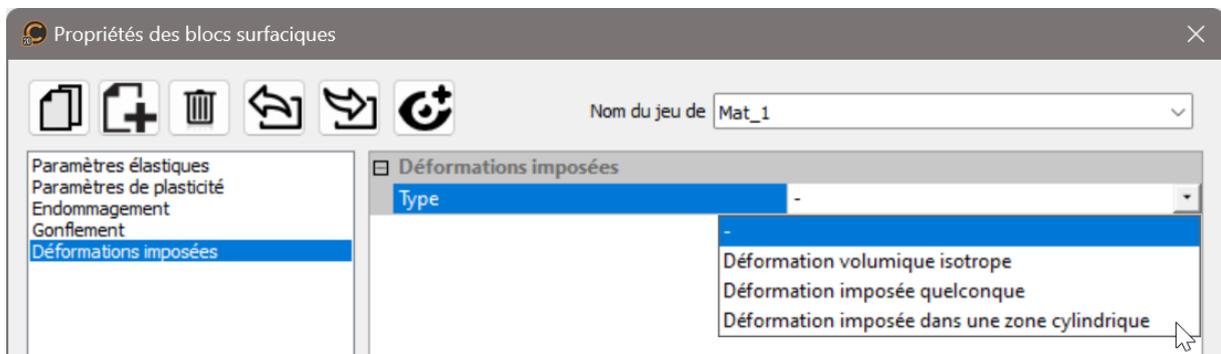
Par exemple :

- Gonflement durant le gel,
- Contraction pendant une excavation, comme lors du process de construction au tunnelier,
- Expansion lors d’injections.

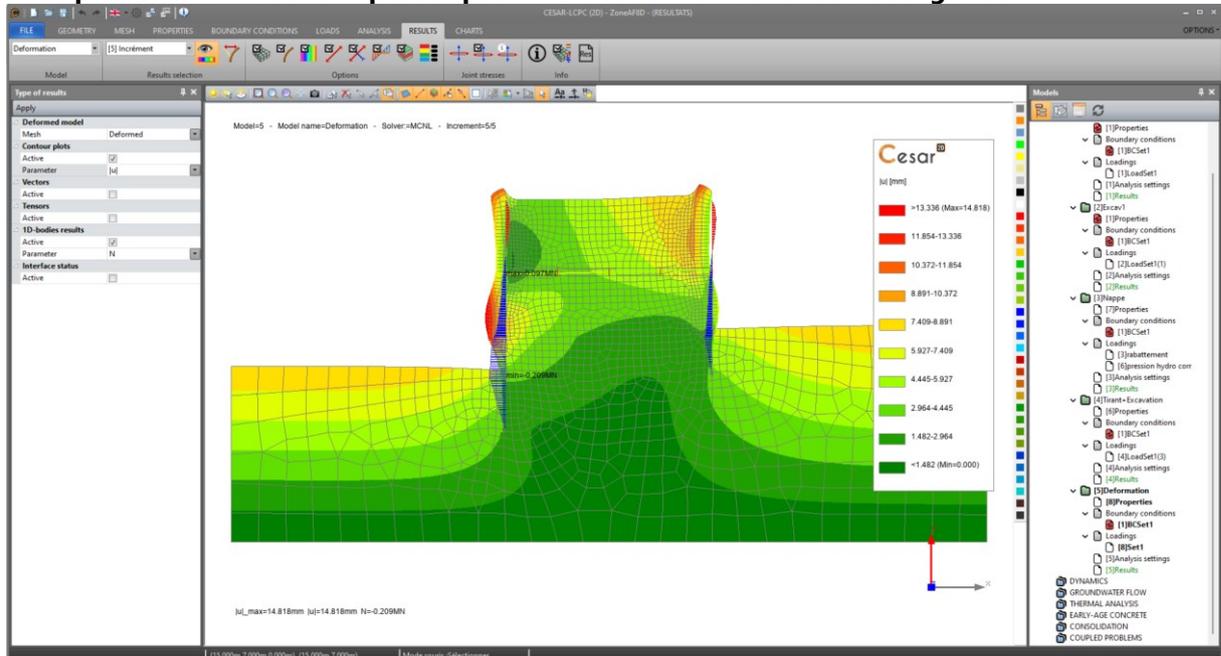
### 2.2.1. Déformations imposées

3 types sont proposés aussi bien en 2D qu’en 3D :

- Déformation imposée isotrope :  $\varepsilon_v$  en 2D et 3D
- Déformation imposée anisotrope :  $\varepsilon_{xx}$ ,  $\varepsilon_{yy}$ ,  $\varepsilon_{xy}$ ,  $\varepsilon_{zz}$  en 2D et 6 composantes en 3D
- Déformation imposée dans une zone définie géométriquement (circulaire en 2D, cylindrique en 3D).



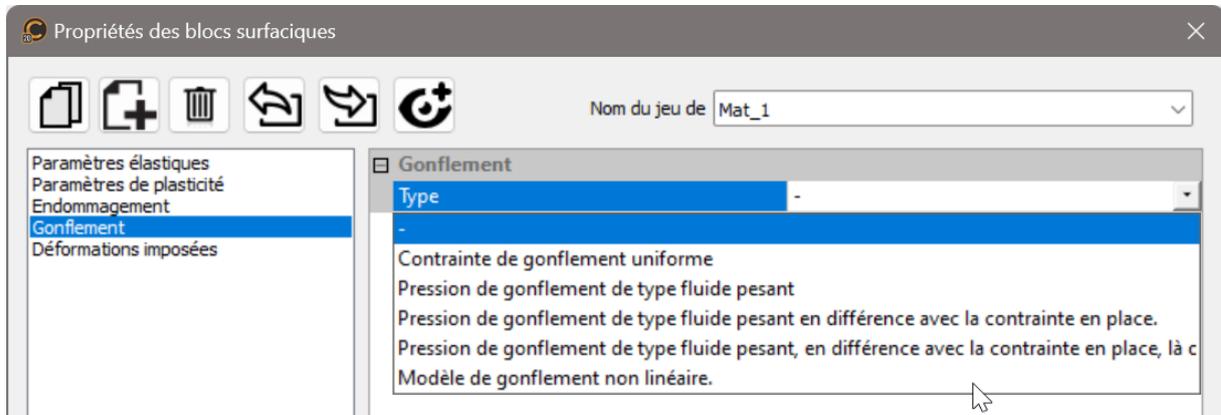
### Exemple de déformations imposées pour la modélisation de zones de sol gelées



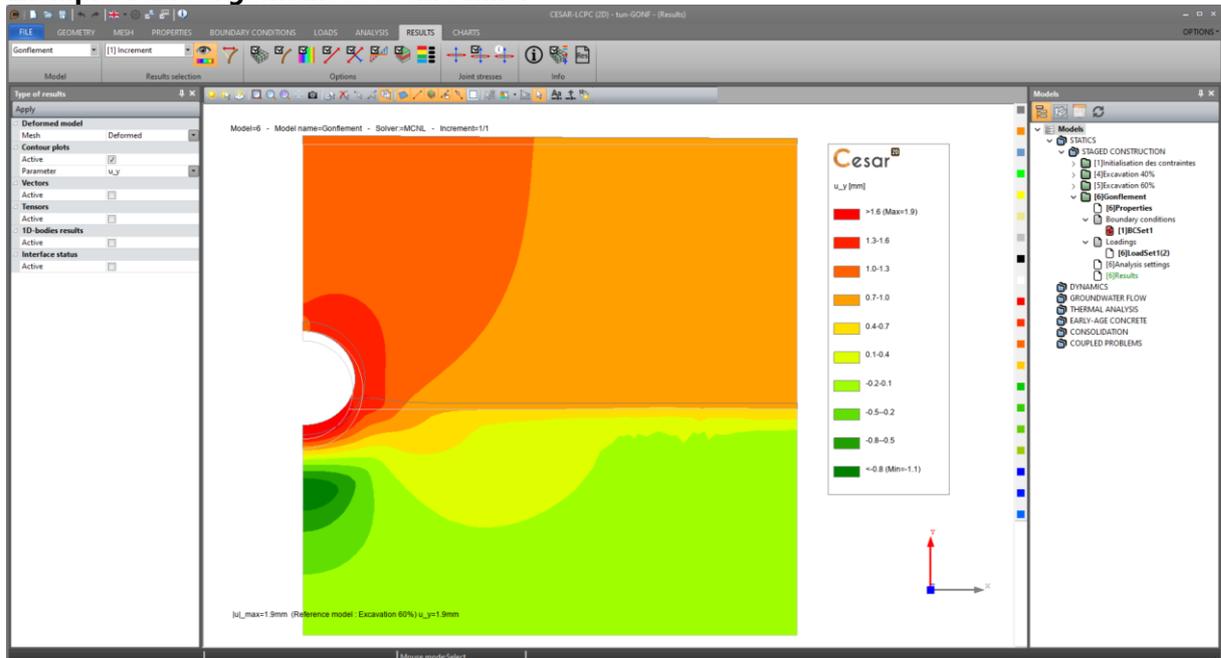
## 2.2.2. Gonflement

Plusieurs types de gonflement sont proposés :

- Contrainte de gonflement uniforme
- Pression de gonflement de type fluide pesant
- Pression de gonflement de type fluide pesant en différence avec la contrainte en place



## Exemple d'un sol gonflant sous un tunnel

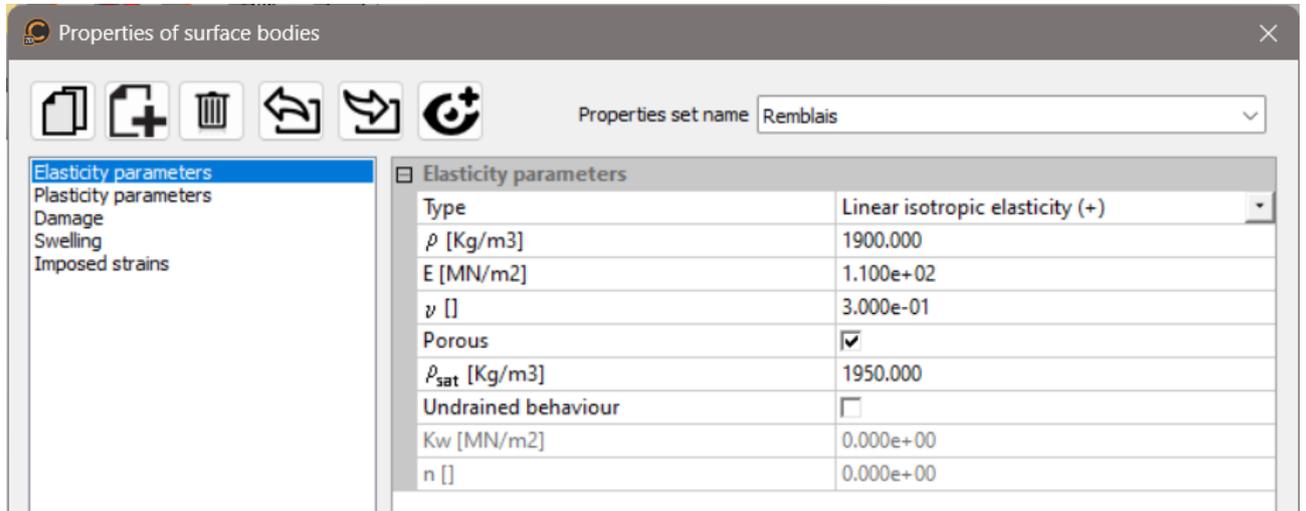


## 2.3. Fenêtre de propriétés

Cette nouvelle disposition préfigure l'évolution plus profonde de cet outil en version 2025, où les matériaux seront définis par type.

Dans cette version, l'utilisateur définit si le matériau est poreux ou non. Alors, l'utilisateur peut éditer les paramètres suivants :

- $\rho_{sat}$ , utilisé pour la définition de la nappe,
- Comportement drainé ou non.



Lors de la définition de l'initialisation et des variations de la nappe, les densités sèches,  $\rho$ , et saturées,  $\rho_{sat}$ , seront utilisés pour affectés les poids volumiques associés aux blocs sélectionnés.

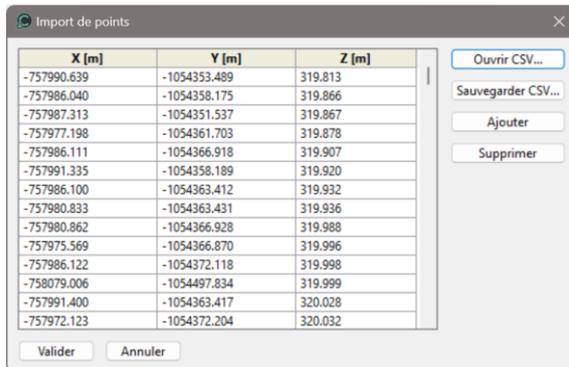
# 3. Général

## 3.1. Edition de la géométrie

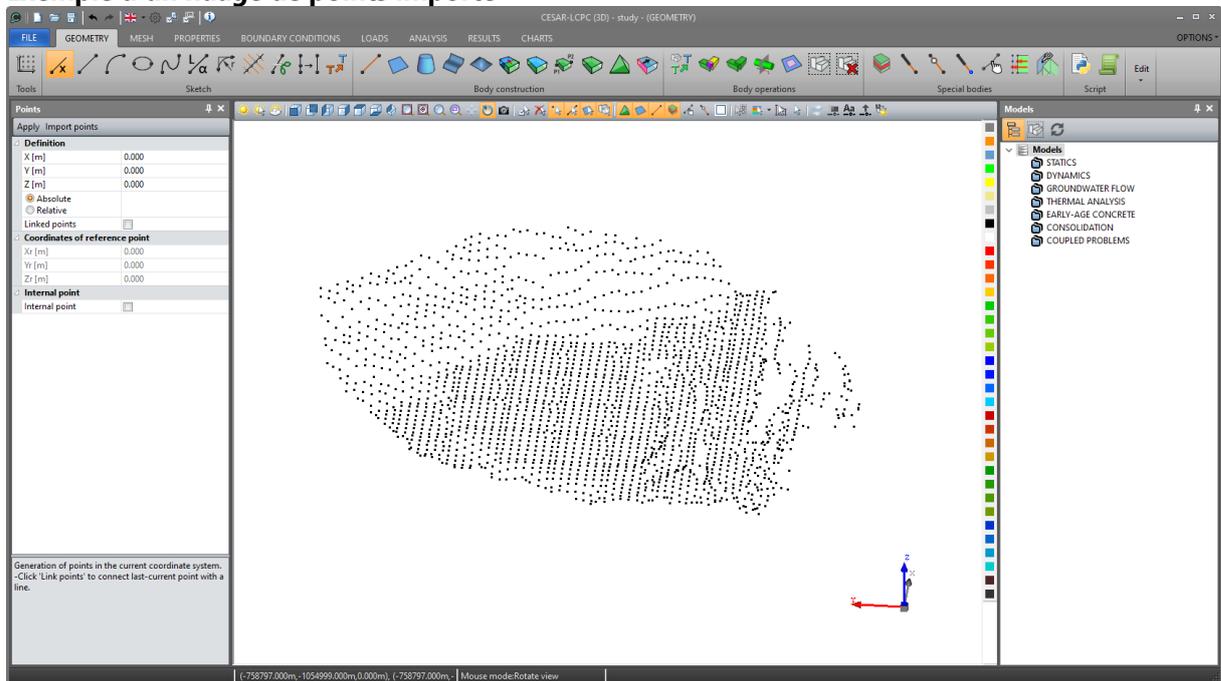
### 3.1.1. Import de points

L'import de fichiers txt ou csv est proposé pour l'édition de géométries en 2D et 3D.

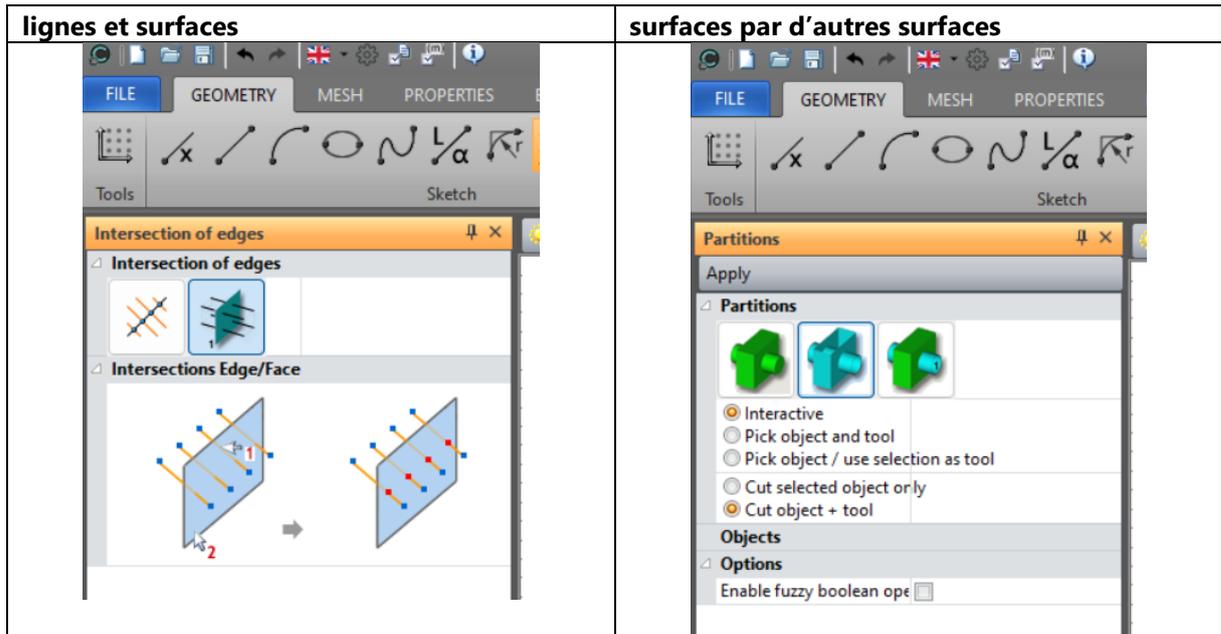
Accéder à l'outil  **Points**, puis cliquer sur "Import points".



### Exemple d'un nuage de points importé



### 3.1.2. Fonctions d'intersection supplémentaires



### 3.1.3. Boîte à outil pour import de modèles CESAR 2D dans CESAR 3D

Sous le menu FICHIERS, l'utilisateur accède à l'outil « Import ». Ici, l'outil propose plusieurs types de formats de fichiers. En sélectionnant "\*.cleo26", une fenêtre spécifique est affichée pour faciliter l'import.

L'usage commun est de définir le plan Oyz ou Oxz comme plan de destination finale.



### 3.1.4. Boîte à outil pour import de fichiers IFC dans CESAR 3D

Avec l'émergence du BIM, le format IFC est reconnu comme un standard universel.

La boîte à outils sera régulièrement mise à jour pour s'adapter aux différents types de géométries et de formats proposés par les éditeurs.

Dans la version actuelle, nous avons développé l'import d'IFC depuis les programmes GEO5. La géométrie résultante est composée de blocs surfaciques qui peuvent être édités pour compléter un modèle volumique.

## 3.2. Maillage

### 3.2.1. Mailleur surfacique GMSH

La librairie GMSH est maintenant introduite comme alternative au maillage de surfaces.

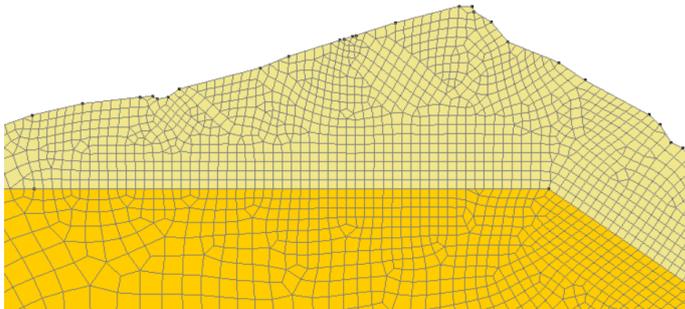
Pour des maillages quadrangulaires, ce sera dorénavant le mailleur par défaut. Il remplit les surfaces tant que faire se peut en éléments quadrangles. Il est de fait très pertinent de l'utiliser pour mailler des surfaces dédiées à la modélisation de structures élancées (telles que les murs, les revêtements de tunnels...).

Le mailleur GMSH est proposé avec plusieurs algorithmes :

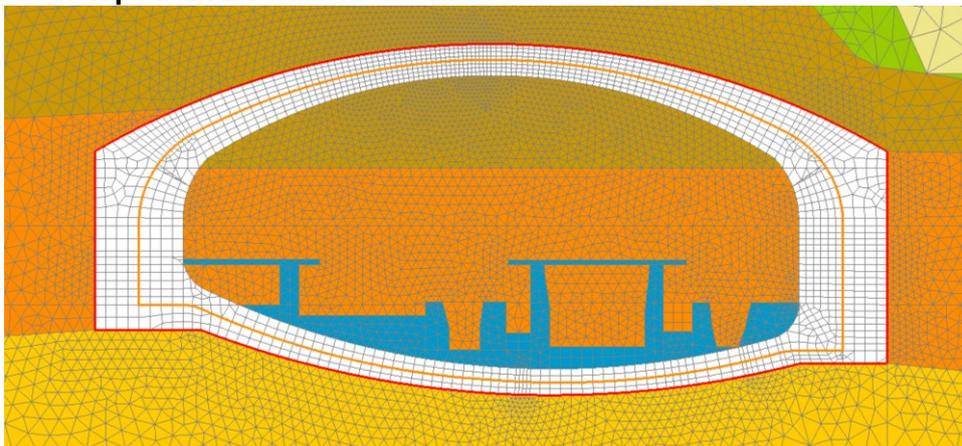
- MeshAdapt : robuste pour des surfaces complexes, courbées (3D),
- Frontal-Delaunay : quand la qualité des éléments est importante,
- Delaunay : le plus rapide (adapté pour des gros maillages)
- Automatic : Delaunay for des plans / MeshAdapt pour les autres types de surfaces
- DelQuad : le plus adapté pour des maillages quadrilatères.

L'option DelQuad est proposée en option par défaut.

#### Résultat pour une surface quelconque

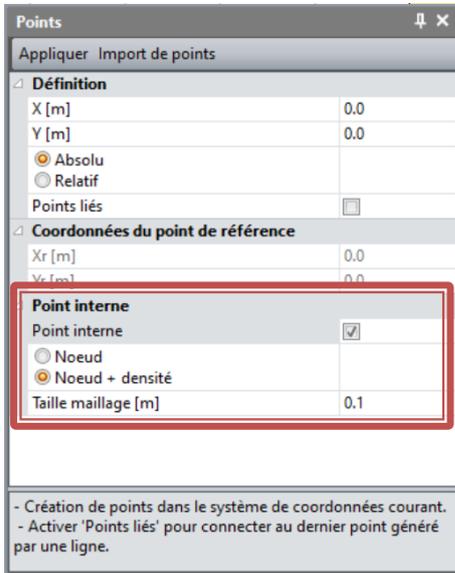


#### Résultat pour un revêtement de tunnel



### 3.2.2. Points de densité

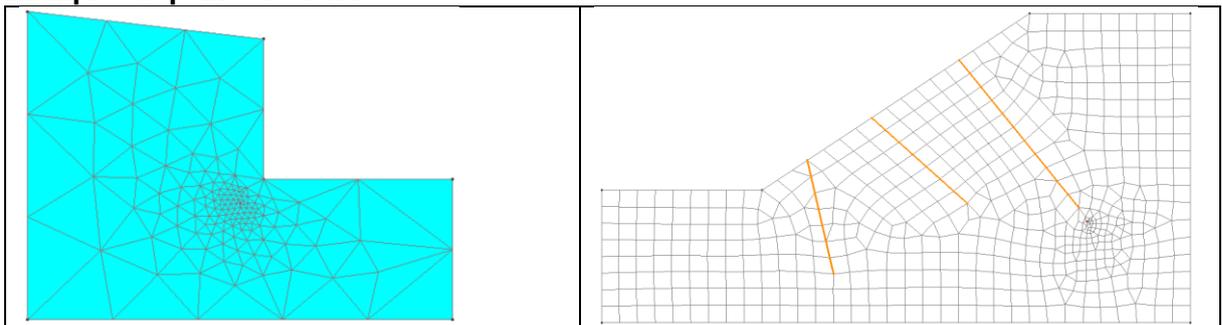
Cette fonctionnalité est proposée sous GEOMETRIE comme une option de l'édition de points. Il peut s'agir d'un simple point interne obligeant le maillage à y passer ou d'un point de densité avec une densité de maillage définie comme consigne autour.



#### Exemples de points internes sur le maillage surfacique

	Triangle	Quadrangle
Without inner point		
With inner point		

#### Exemples de points de densité



## 3.3. Résultats

### 3.3.1. Statut des résultats affichés dans l'arborescence du modèle

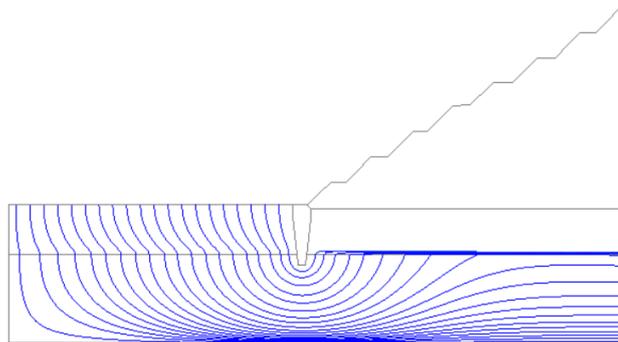
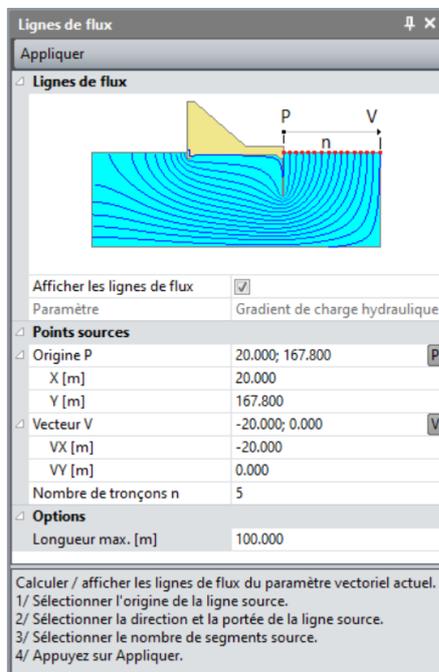
Le statut du calcul est dorénavant affiché dans l'arborescence, suivant le schéma de couleurs suivant :

- Vert : le calcul est arrivé à son terme.
- Rouge : le calcul n'est pas complété à cause d'une non-convergence du processus itératif de résolution ou à cause d'une erreur.
- Orange : le calcul était précédemment ok (vert) mais une modification du modèle a rendu les résultats incompatibles. Il faut généralement recalculer le modèle.

### 3.3.2. Lignes d'écoulement

Pour les analyses hydrogéologiques, l'affichage de lignes d'écoulement est dorénavant proposé.

Activer l'outil  **Ligne de flux.**

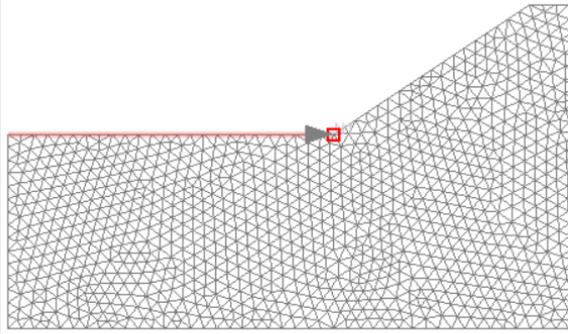
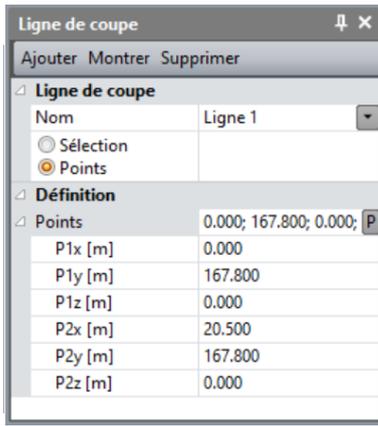


## 3.4. Graphes

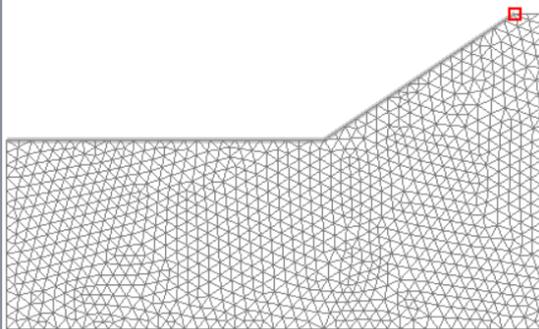
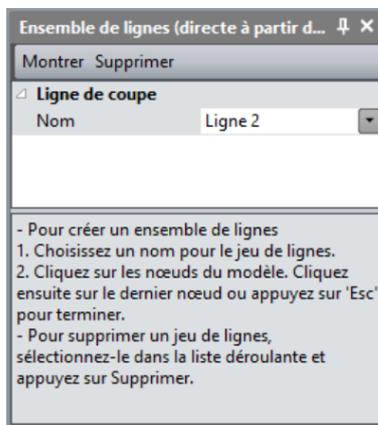
### 3.4.1. Nouveaux outils pour l'édition de lignes

La définition d'une ligne de coupe se fait maintenant de façon interactive par définition successive de 2 (ou plusieurs) points sur le modèle.

Outil  : définition interactive de 2 points (départ et fin).



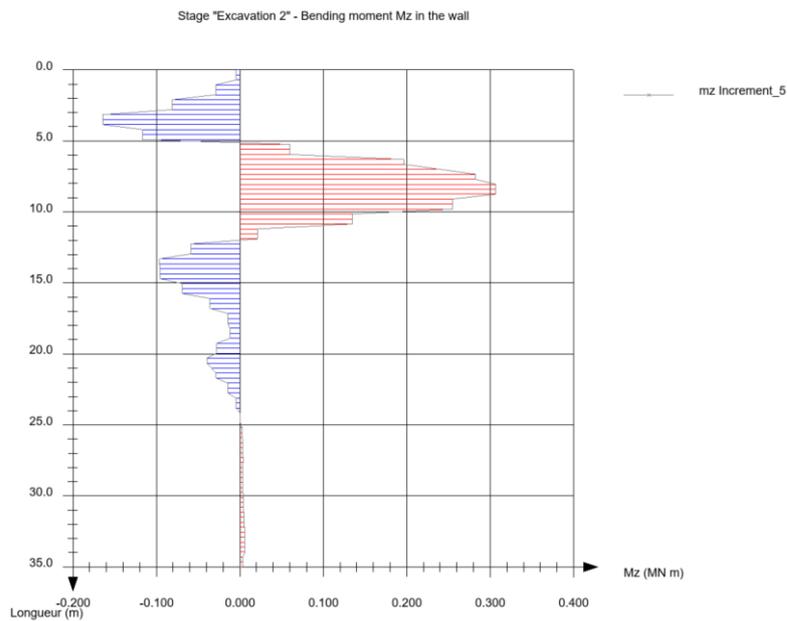
Outil  : définition interactive de plusieurs segments.



### 3.4.2. Réorientation des axes

Des fonctions complémentaires sont proposées pour une meilleure édition des graphes :

- Intervertir les axes des abscisses et des ordonnées ,
- Inverser l'orientation de l'axe vertical .



## 3.5. Scripts Python

### 3.5.1. Documentation mise à jour

### 3.5.2. Nouveau bouton d'accès sous GEOMETRIE



### 3.5.3. Ajout de fonctionnalités de modélisation

L'intégration des fonctionnalités de CESAR pour un interfaçage avec le langage de programmation de scripts Python est continu et s'améliore donc au gré des versions.

Dans la version actuelle, plusieurs fonctionnalités de modélisation ont par exemple été ajoutées. On liste parmi elles :

- Créer un segment à partir d'un arc de cercle (au lieu de se baser sur une ellipse en précédente version),
- Générer une surface de révolution à parti d'une sélection de segments,
- Générer une surface de revolution à partir d'un segment,
- Trouver les faces communes à 2 blocs volumiques.