

# Logiciel C-NewTun

## Automatisation pour la généralisation des calculs EF 3D

### des ouvrages souterrains

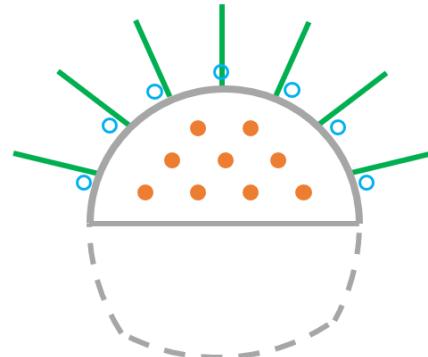


**David REMAUD** – Itech-Soft SAS

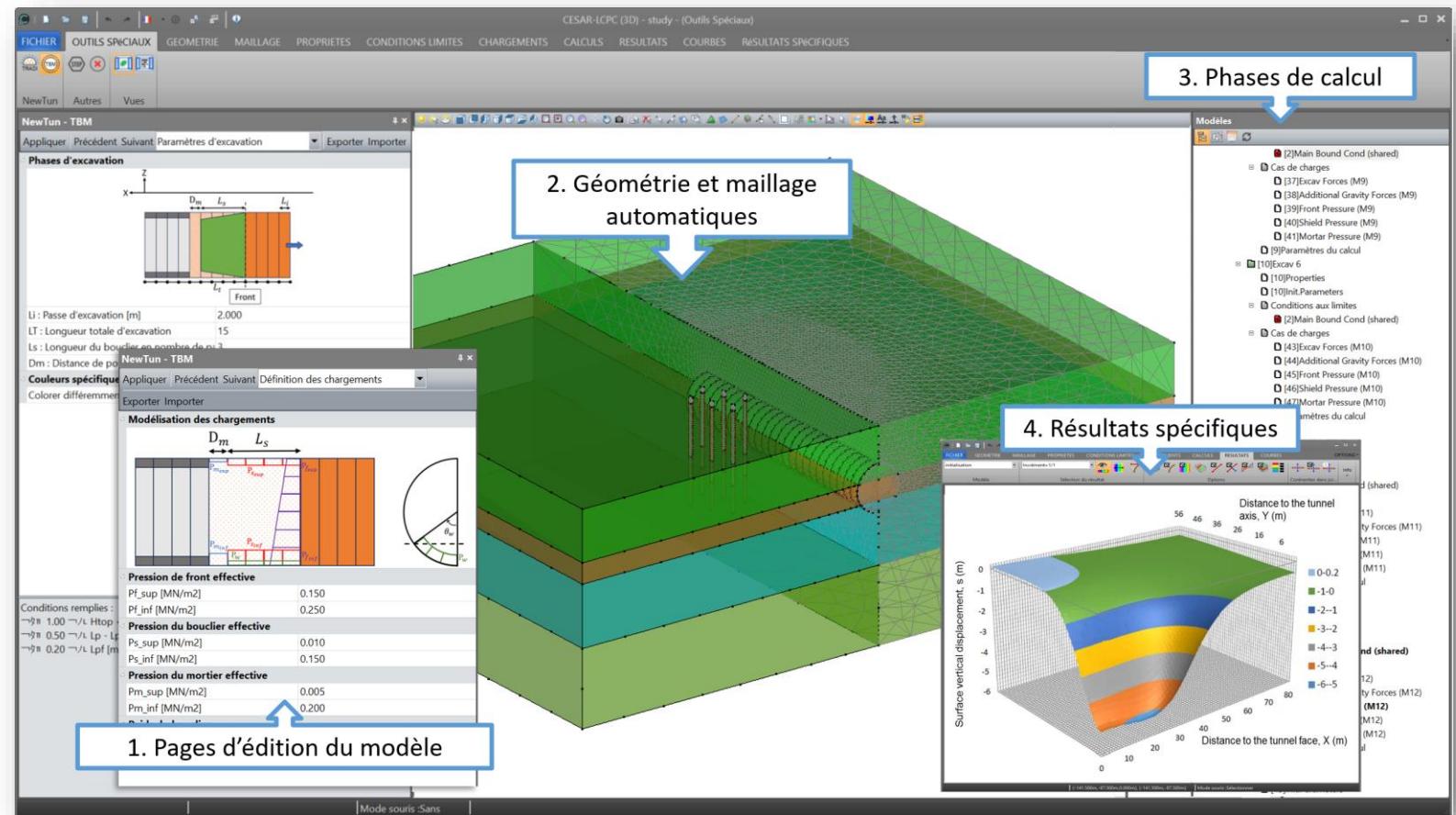
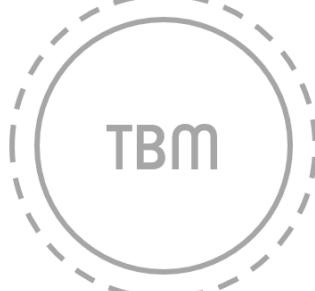
# Le logiciel C-NewTun

## (Option du logiciel CESAR-LCPC 3D)

Creusement en  
méthode traditionnelle



Creusement au tunnelier



# Contexte

---

1. Une méthode éprouvée en modélisation des ouvrages souterrains  
Du Tunnel sous la Manche au Métro de Toulouse

2. Une sous-utilisation des calculs 3D

- Manque de temps
- Facilité du 2D
- Dispersion des compétences et des méthodes

*Exercice de prévision TULIP (2021)*

3. Une expérience d'édition de logiciels métiers

itech-soft, société éditrice de logiciels de calcul de structures depuis 1986.  
Distribution et co-développement du logiciel CESAR-LCPC depuis 1996.

# Contexte

> Maîtrise des tassements creusés par les excavations en méthode conventionnelle

FUI Newton (2011-2017)



Thème 2 - Conception interactive

« Développement d'un outil de prédimensionnement du renforcement sur la base de **simulations tridimensionnelles** »

- Nicolas Gilleron, 2016. *Méthode de prévision des tassements provoqués par le creusement des tunnels urbains et influence des présoutènements.* Thèse de doctorat, Université Gustave Eiffel
- Klotoé, 2017. *Modélisation de l'influence des techniques de présoutènement sur les tassements provoqués lors du creusement des tunnels peu profonds.* Thèse de doctorat, Université Gustave Eiffel

# Contexte

---

> Impact du creusement au tunnelier sur des fondations profondes

ANR TULIP (2018-2022)

« Développer un procédé de **modélisation avancée** capable de reproduire fidèlement la phénoménologie observée (effets 3D, interfaces, etc.) »

➤ W. Mohamad, 2022, Effet de la construction des tunnels sur les fondations profondes : Cas du Grand Paris Express, Thèse de doctorat, Université Gustave Eiffel

ANR e-PILOT (2022-2026)

« Etude de l'impact sur les Pleux LOrs du passage d'un Tunnelier »

➤ WP4 : « L'objectif de ce travail est d'étudier les points clés des problèmes de **modélisation de l'interaction** entre le creusement de tunnels et les structures existantes. » [...] « Ce travail se concentrera sur des procédures de **modélisation tridimensionnelle**, plus complexes, mais plus représentatives des phénomènes constitutifs du creusement d'un tunnel. »

# C-NewTun : un assistant automatisé et optimisé

## Hypothèses fondatrices

- Méthode traditionnelle
  - Voûte parapluie horizontale (Klotoé, 2017)
  - Renouvellement des pré-soutènements (Klotoé, 2017)
- TBM
  - Simulation du creusement en chargements explicites (El Jirari, 2021)
  - Simulation du creusement par déformation imposée (Mohammad, 2022)
- Loi de comportement ANL (Gilleron, 2016)
- Arrêt des calculs si régime permanent atteint (Gilleron, 2016)
  - Chaque nouvelle excavation induit le même incrément de tassement longitudinal  $\Delta s(x)$  que l'excavation précédente mais déplacé de  $\Delta l$
- Reconstitution de la cuvette de tassement 3D

# C-NewTun : un assistant automatisé et optimisé

## Choix de la méthode

Traditionnelle (NewTun)  
ou tunnelier (TBM)

## Géométrie

Sections prédéfinies  
Symétrie ou non

## Maillage

Maillage 3D automatisé  
Régulier/Tétraédrique

## Propriétés des sols

Mohr-Coulomb / HSM / ANL

## Phasage

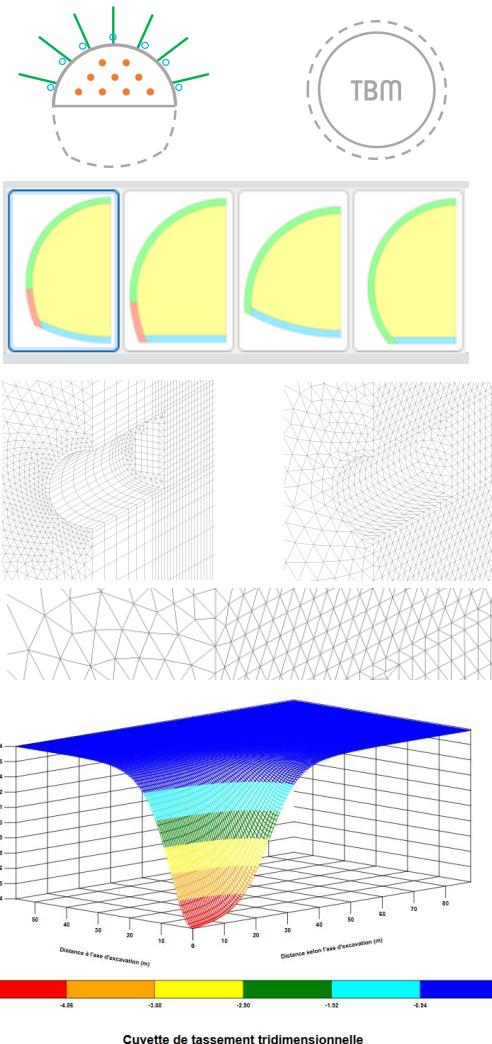
Séquence d'excavation  
Chargements

## Calculs

Arrêt si régime permanent  
détecté

## Résultats

Résultats essentiels  
Front / Volume-loss / Cuvette 3D



Large choix de configurations

Large choix de configurations

Gain de temps  
Qualité du résultat

Pertinence  
Sécurité

Sécurité

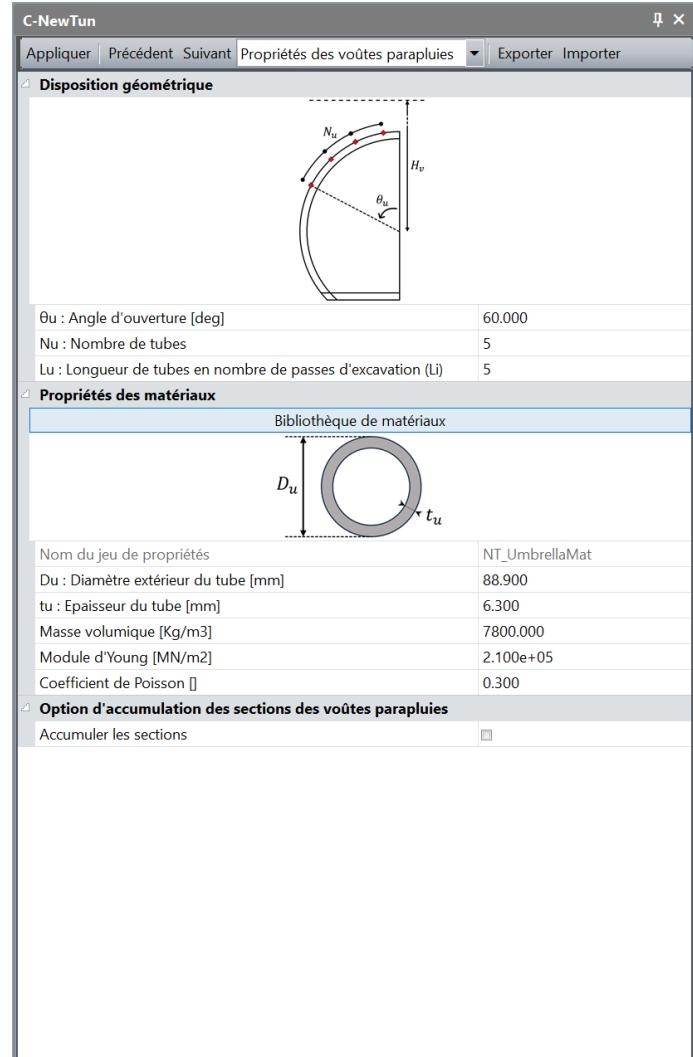
Optimisation  
Gain de temps

Analyse métier  
et pertinente

# Application : creusement en méthode traditionnelle

Les pages de définitions :

1. Type de section et stratigraphie
2. Géométrie de la section
3. Propriétés des couches de sols
4. Paramètres d'excavation
5. Propriétés du soutènement
6. Boulonnage de front
7. Voûte parapluie

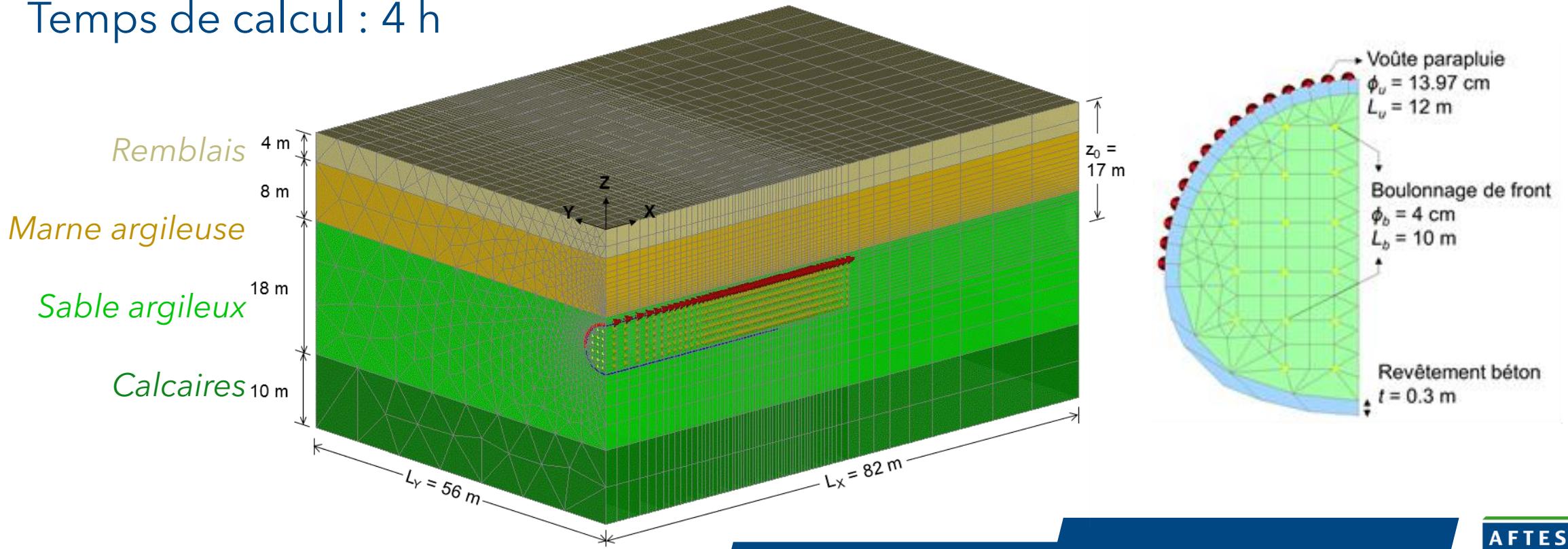


# Exemple 1 : creusement en méthode traditionnelle

Le projet: comparaison de 2 conceptions de renforcements  
(article Remaud et al., WTC 2017)

Temps de génération : 400 000 nœuds

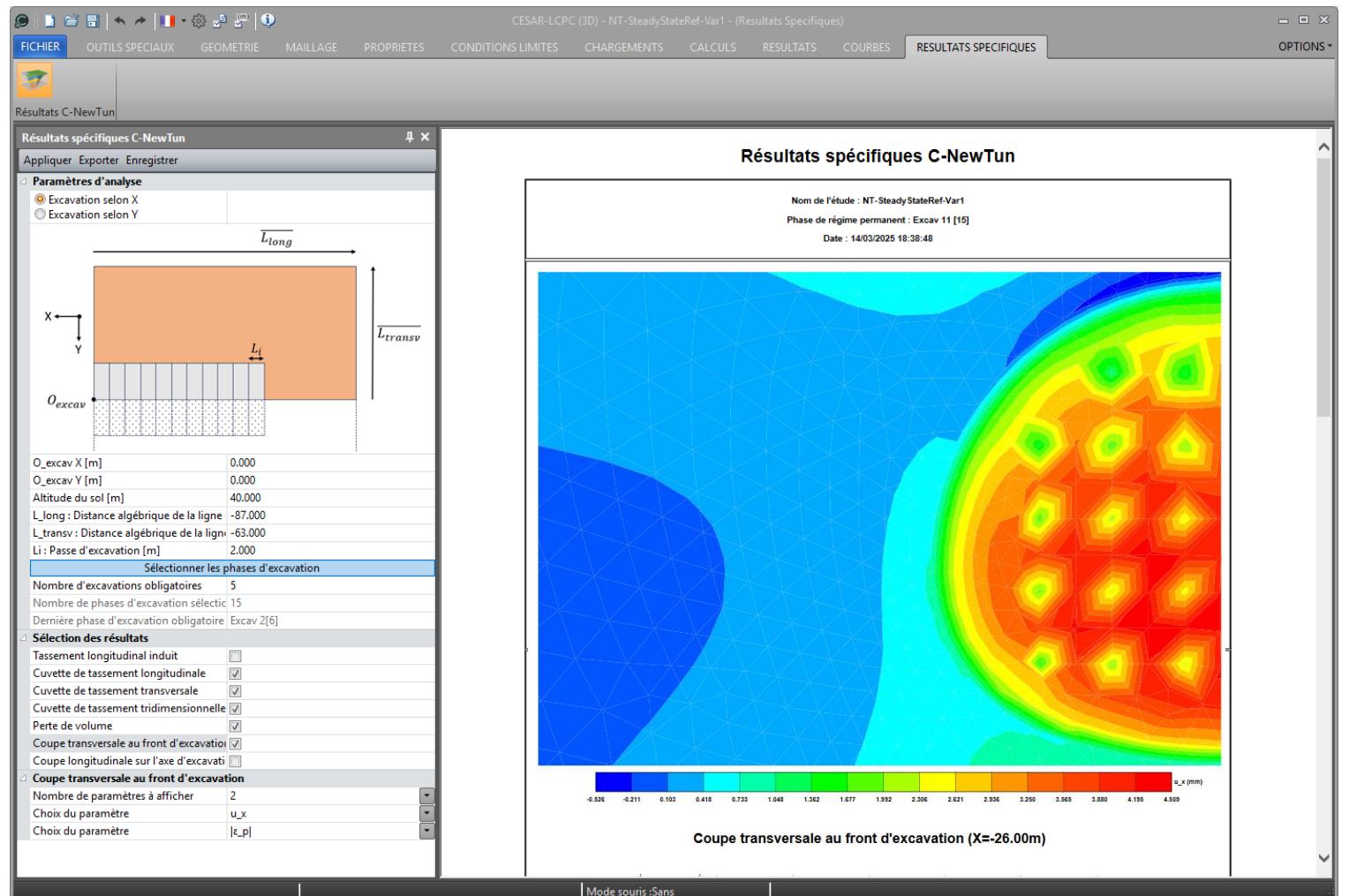
Temps de calcul : 4 h



# Exemple 1 : creusement en méthode traditionnelle

## Les principaux résultats

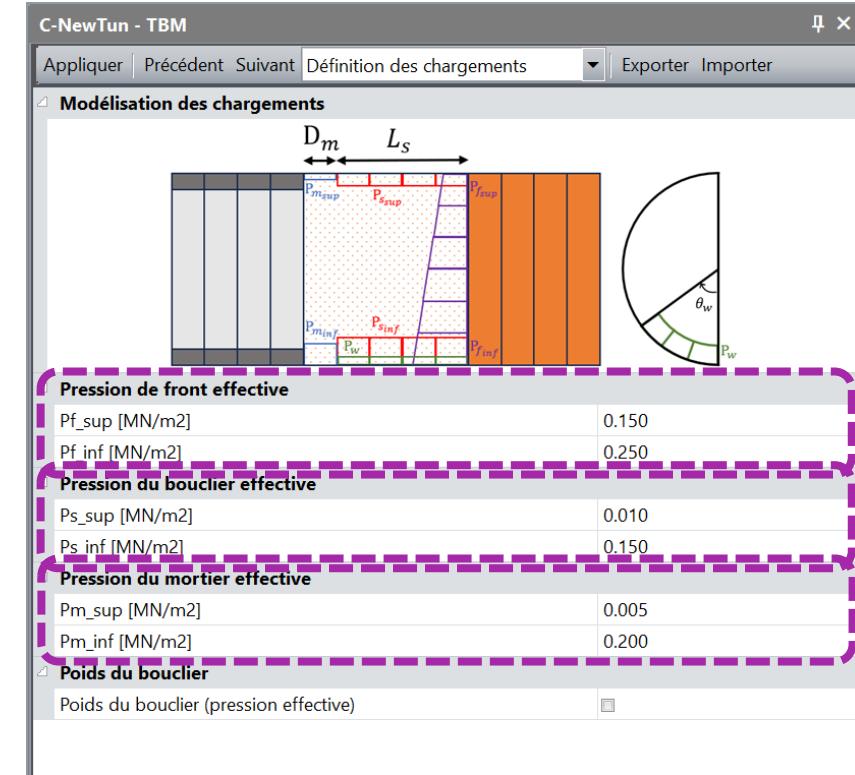
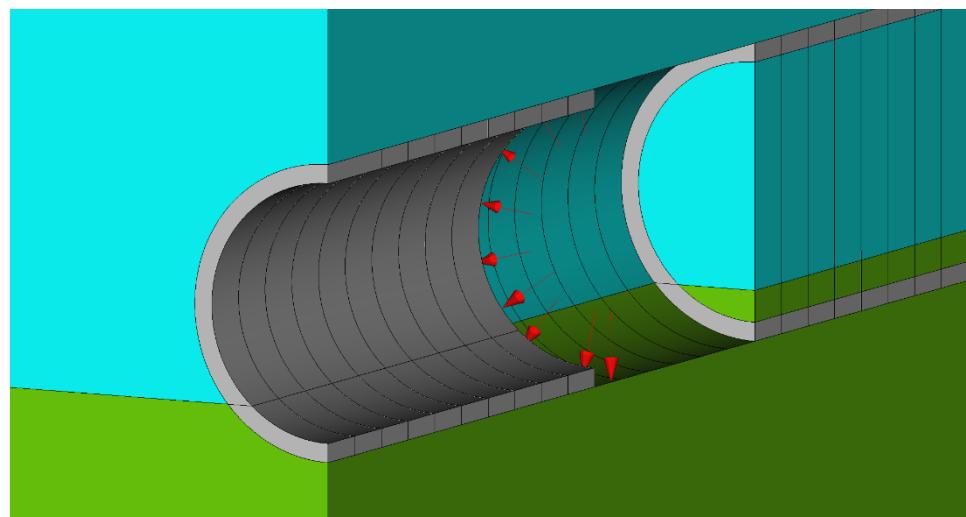
- Cuvette longitudinale
- Cuvette transversale
- Cuvette 3D
- Front de taille
- Volume-loss



# Application : TBM

## Méthode de simulation de l'excavation : décomposition explicite

- Forces d'excavation
- Pression de front
- Pression de jupe
- Pression d'injection bentonite



# Exemple 2a : creusement au tunnelier

Le projet : Lyon MB - PM667  
(d'après El Jirari, 2021)

Temps de génération : 5-10' (135 000 nœuds)

Temps de calcul : 5 h

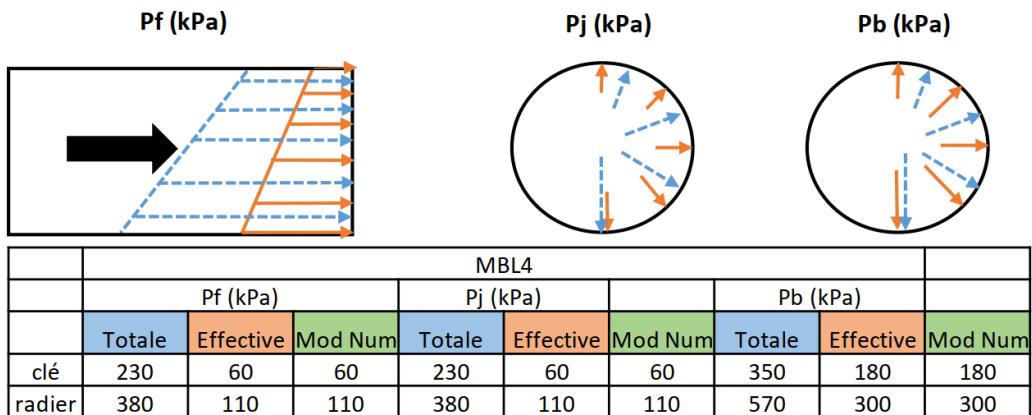
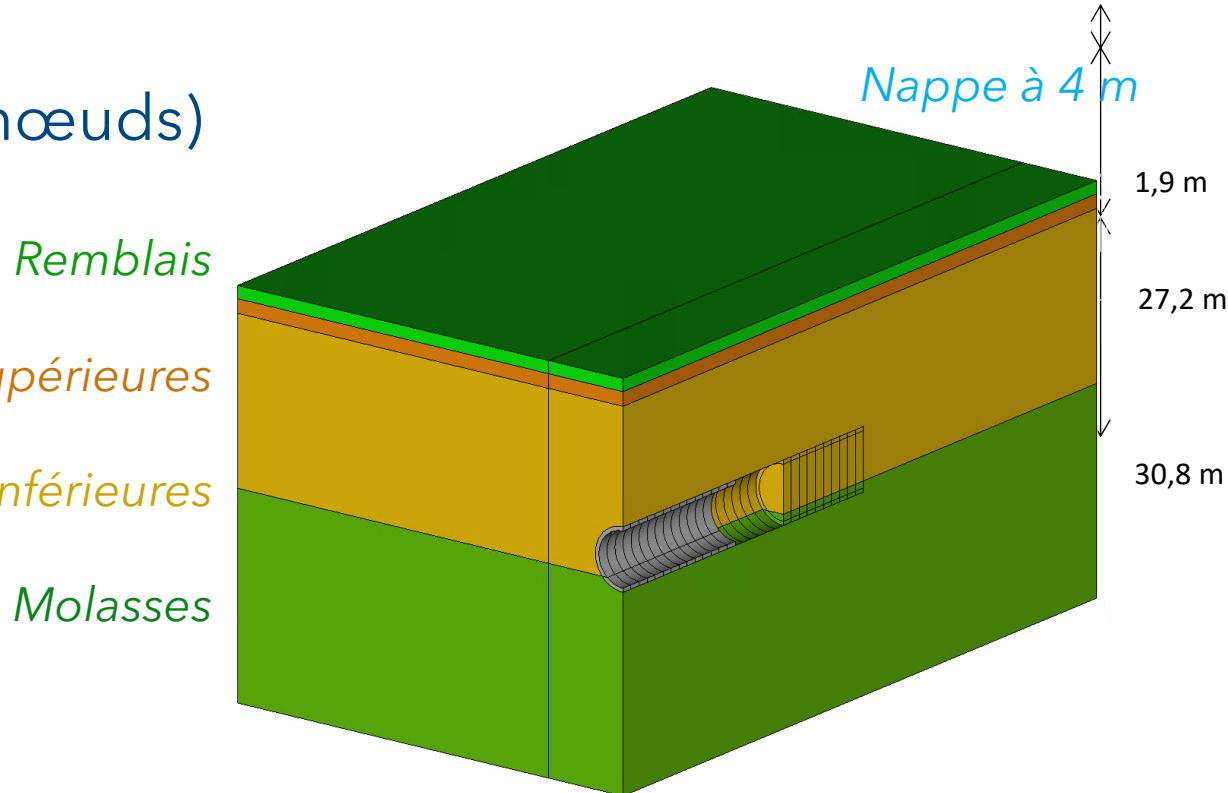


Figure 5-21: Pressions effectives appliquées dans les modèles numériques et pressions totales appliquées par le tunnelier pour la MBL4



# Exemple 2a : creusement au tunnelier

## Les principaux résultats

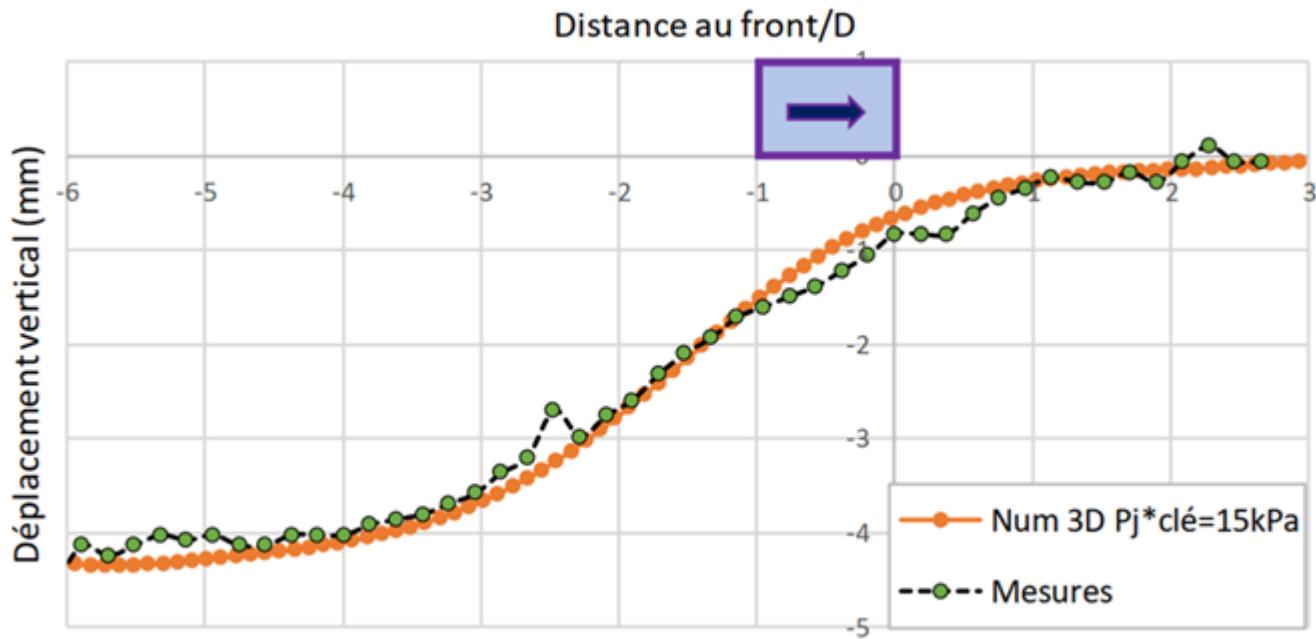
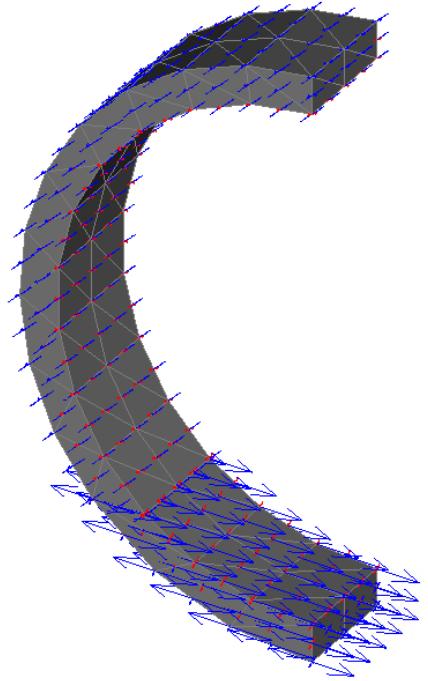


Figure 5-23: Cuvette longitudinale de tassement en surface.

Results info	
Show Add Add to	
Type	Node
Label	121877
Results	
X [m]	-21.600
Y [m]	-4.066
Z [m]	-26.527
$\sigma_1$ [MN/m <sup>2</sup> ]	0.531
$\sigma_2$ [MN/m <sup>2</sup> ]	-0.015
$\sigma_3$ [MN/m <sup>2</sup> ]	-1.434
$\sigma_{xx}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	0.394
$\sigma_{yy}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	0.068
$\sigma_{zz}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	-1.379
$\sigma_{xy}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	-0.219
$\sigma_{yz}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	0.200
$\sigma_{zx}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	-0.148

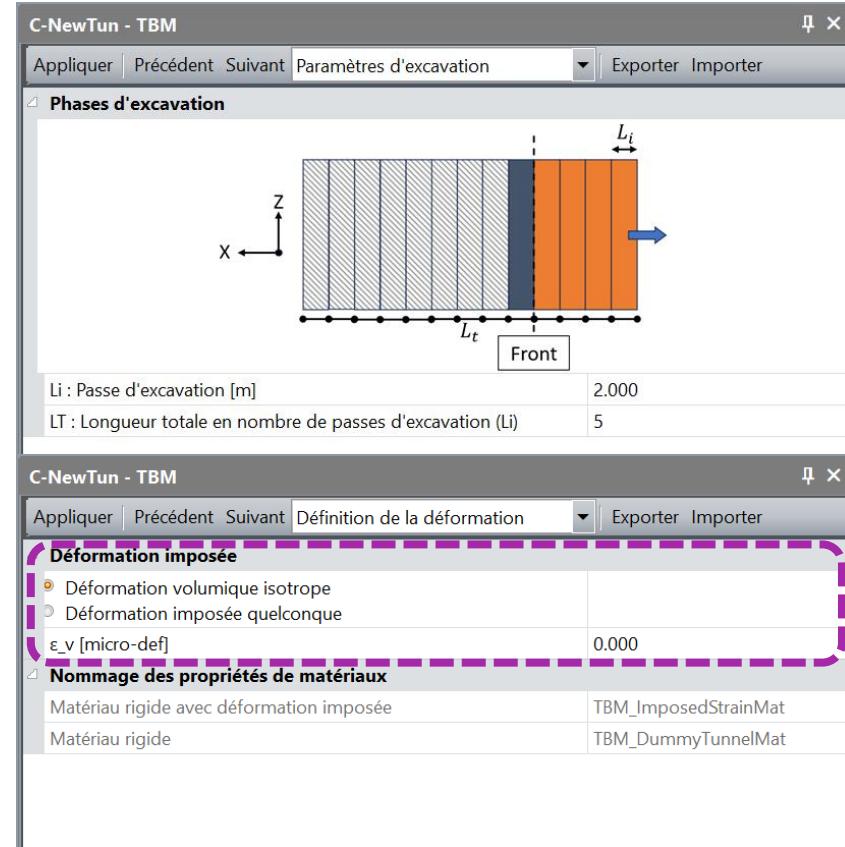


# TBM : creusement au tunnelier

Méthode de simulation de l'excavation : déformations imposées  
(d'après Mohammad, 2022)

- Déformation volumique isotrope  $\epsilon_v$
- Déformation imposée quelconque

$$\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}, \epsilon_{xy}, \epsilon_{zz}$$



# Exemple 2b : creusement au tunnelier

Le projet : site expérimental sur la ligne 16 du Grand Paris Express à Aulnay-sous-Bois (d'après Mohammad, 2022)

Temps de génération : 5-10' (256 000 nœuds)

Temps de calcul : 20 h (sans régime permanent)

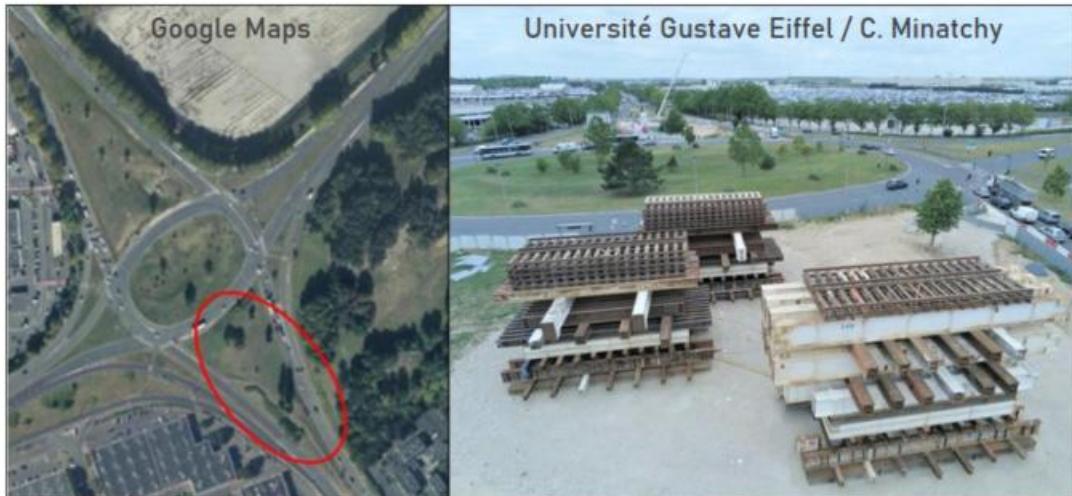


Figure 2.2 Vue aérienne du site expérimental

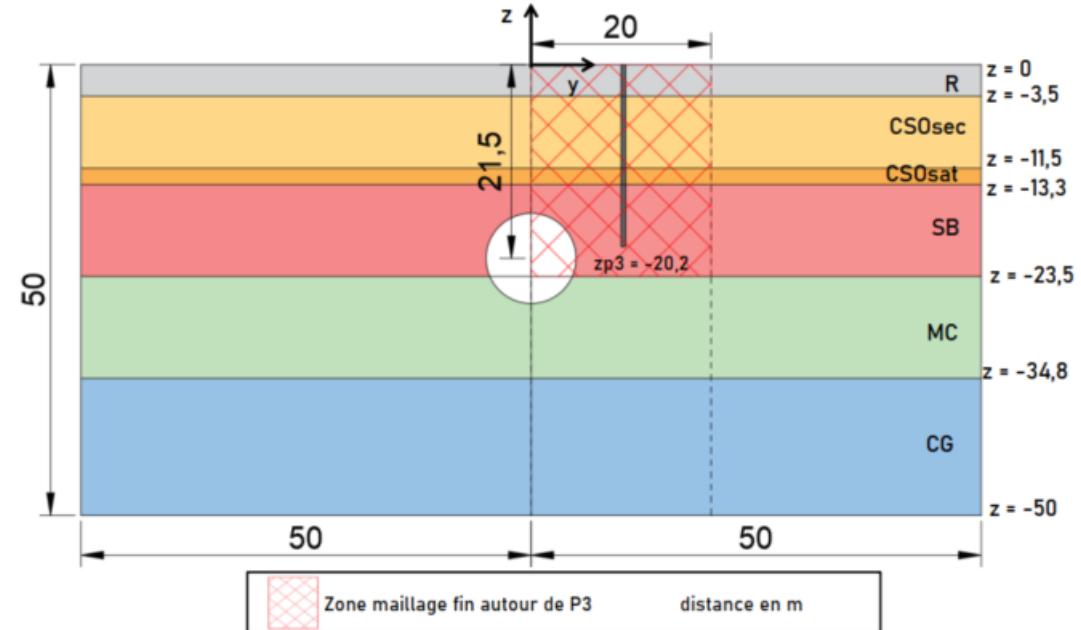


Figure 5.1 Coupe transversale du modèle élaboré pour P3

# Exemple 2b : creusement au tunnelier

## Les principaux résultats

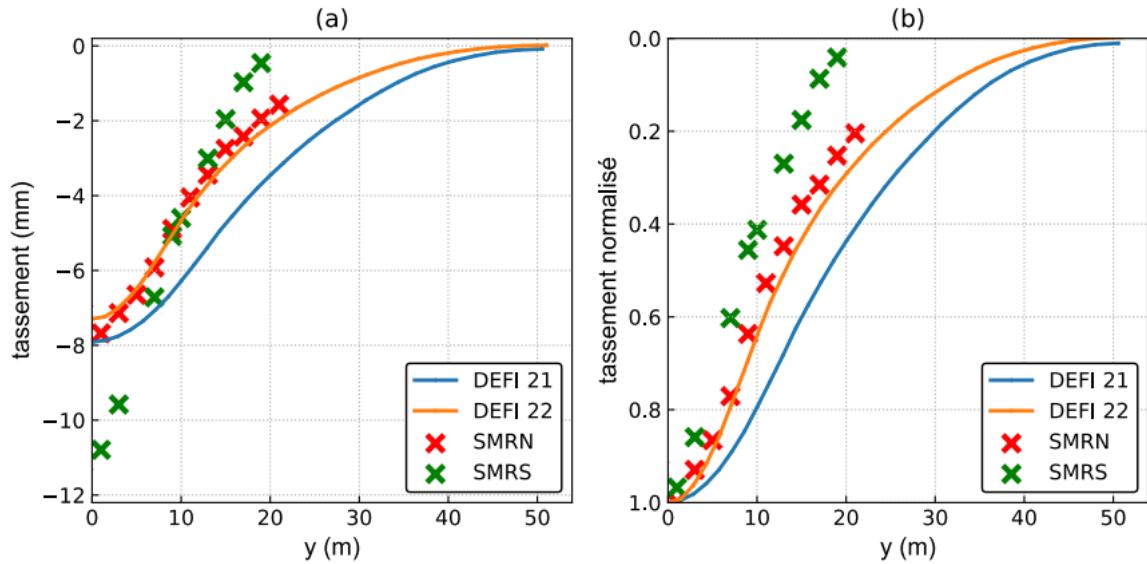
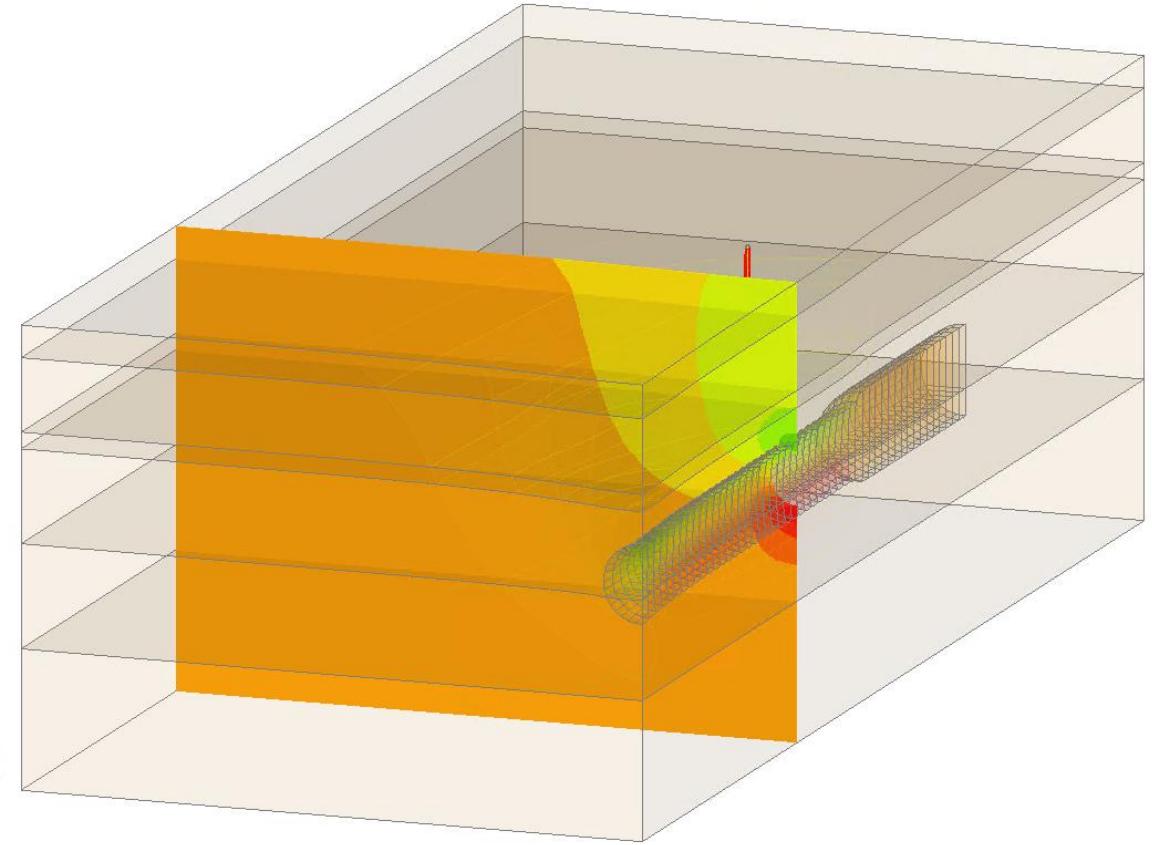


Figure 5.14 Comparaison des cuvettes transversales avec les résultats expérimentaux



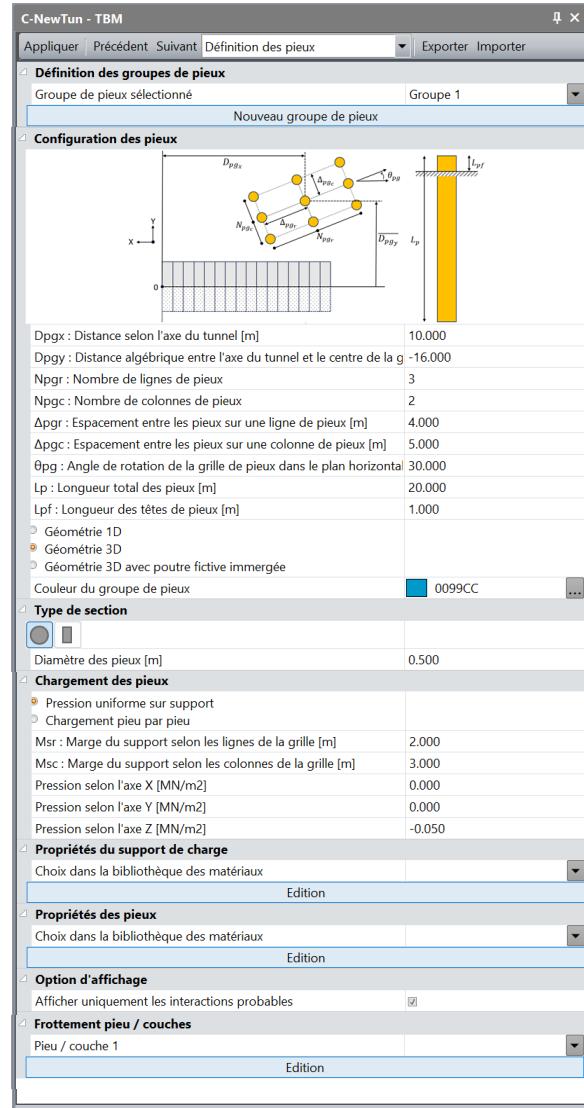
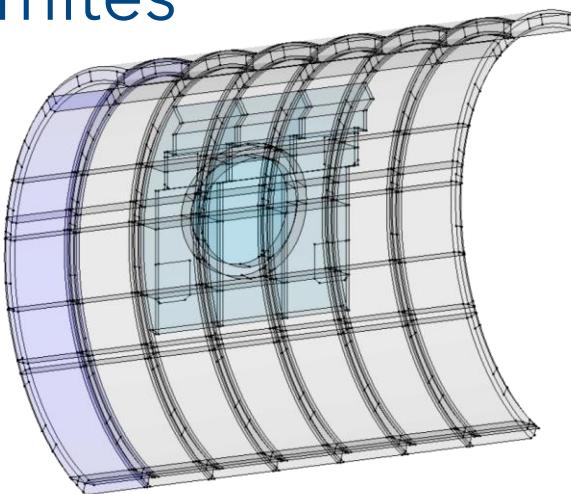
Coupe des déplacements verticaux sur le modèle 3D

# Les options

## Introduire une fondation sur pieux

Editer librement l'étude CESAR 3D :

- Créer un rameau, un puit
- Modifier les paramètres de matériau
- Modifier les conditions limites



# Conclusion

---

C-NewTun offre un environnement de travail robuste, validé et performant pour l'ingénieur

C-NewTun permet des études paramétriques sur:

- le cycle d'excavation
- les renforcements du terrain
- la loi de comportement du sol
- la forme de la section

C-NewTun est un outil permettant d'optimiser les temps d'études 3D.

# Remerciements

---

Partenaires du FUI Newtun

Partenaires du projet e-PILOT

Agence Nationale de la Recherche (ANR)

Ministère de la Transition écologique