



Tutoriel 3g.03

Intersections de tunnels

| Ref: CESAR-TUT(3g-03)-v2020.0.1-FR

1. INTRODUCTION

Le processus de creusement du tunnel peut être analysé en 2D (cf. Didacticiel 3) mais, dans la plupart des cas, la configuration du projet est tridimensionnelle. CESAR-LCPC propose les fonctionnalités nécessaires pour générer de façon précise la géométrie et pour modéliser les phases de creusement.

Dans ce didacticiel, on analyse le percement d'une galerie principale, interceptant une galerie secondaire. On détaille notamment les outils de CAO ; l'utilisateur va ainsi apprendre comment générer les intersections (volume/volume, volume/plan...). Le processus de construction phasée est aussi présenté mais sera restreint à 2 phases d'excavation.

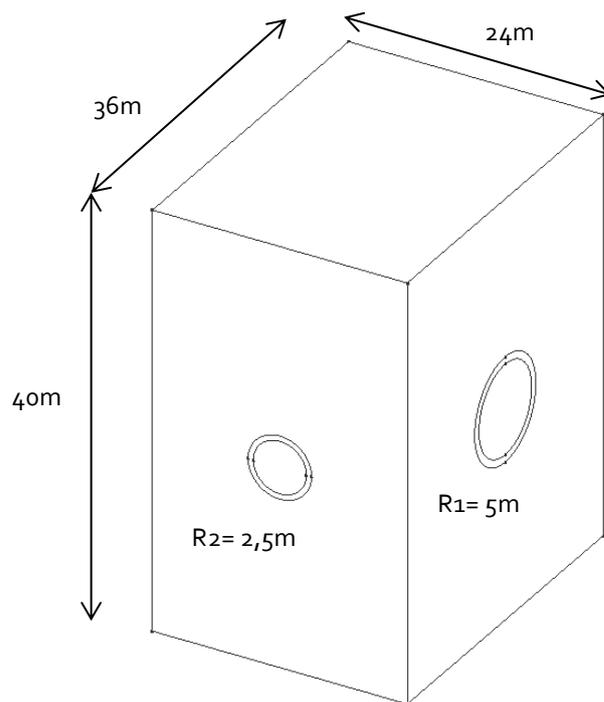
Le modèle est simplifié dans les aspects géométrie, données du terrain et matériaux afin de rester dans le cadre des objectifs du didacticiel.

1.1. Spécifications du problème

Hypothèses

- Analyse statique,
- Le revêtement est modélisé par des éléments volumiques.

Dimensions



Propriétés des matériaux

	Loi de comportement	γ_h (kN/m ³)	E (MPa)	ν	c (kPa)	φ (°)	ψ (°)
Marnes calcaires	Critère de Mohr-Coulomb	24	800	0.3	100	30	0
Béton	Elasticité linéaire	27.5	25000	.2	-	-	-

2. MAILLAGE 3D

2.1. Réglages initiaux

1. Lancer CESAR-LCPC 3D
2. Réglage des unités dans  **Unités** (sur le haut de la fenêtre).
3. Dans l'arborescence, sélectionner **Général/Longueur** et régler l'unité à **m**.
4. Dans l'arborescence, sélectionner **Mécanique/Force** et régler l'unité à **MN**.
5. Dans l'arborescence, sélectionner **Mécanique/Déplacement** et régler l'unité à **mm**.
6. Cliquer **Valider** pour fermer cette boîte à outils.
7. Régler la grille



Utiliser **Enregistrer par défaut** pour utiliser ce système d'unités comme votre environnement par défaut.

2.2. Géométrie

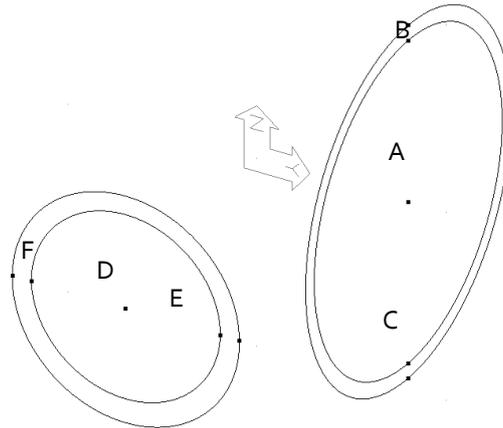
Tunnel principal

1. Utiliser  **Plan de travail**, et régler le plan de travail sur Oxz
2. Utiliser l'outil  **Arc de cercle**, tracer 2 cercles de rayons 4,3m et 5m avec un centre commun (0 ; 4 ; 0).
3. Processus détaillé pour la création du cercle de 4,3 m de rayon.
 - Cliquer  . La boîte de dialogue pour définition des points s'affiche.
 - Définir le point A (0 ; 4 ; 0). **Appliquer**.
 - Définir le point B (0 ; 4 ; 4,3). **Appliquer**.
 - Définir le point C (0 ; 4 ; -4,3). **Fermer**.
 - Cliquer  .
 - Cliquer successivement les points B, C et A. Répéter l'opération en passant par les points C, B puis finalement A.
4. Répéter les opérations précédentes pour le cercle de rayon 5,3 m.

Galerie adjacente

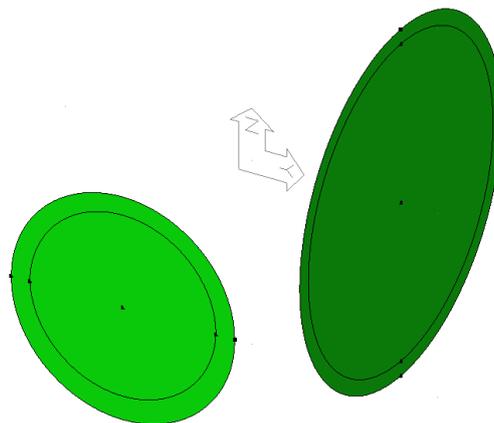
1. Utiliser  **Plan de travail**, et régler le plan de travail sur Oyz
2. Utiliser l'outil  **Arc de cercle** (), tracer 2 cercles de rayons 2,5m et 3m avec un centre commun (6 ; 0 ; -1).
3. Processus détaillé pour la création du cercle de 2,5 m de rayon.
 - Cliquer  . L'outil de définition des points est ouvert.
 - Définir le point D (6 ; 0 ; -1). **Appliquer**.
 - Définir le point E (6 ; 2,5 ; -1). **Appliquer**.
 - Définir le point F (6 ; -2,5 ; -1). **Fermer**.
 - Cliquer  .
 - Cliquer successivement les points E, F et D. Répéter l'opération en passant par les points F, E puis finalement D.

- Répéter les opérations précédentes pour le cercle de rayon 3 m.



Surfaces

- Sélectionner tous les segments précédemment générés.
- Utiliser  **Surface plane**. Active **Toutes régions**. Les régions surfaciques sont créées.



Volume du tunnel principal

- Sélectionner les surfaces du tunnel principal. Pour cette sélection, désélectionner toutes les entités () dans la **Barre d'outil sélection** puis activer  **Sélection surfaces**.
- Cliquer , l'outil pour **Extrusion**.
 - **Type d'opération** : Translation
 - **Type d'extrusion** : Création de blocs volumiques.
 - **Vecteur** : $V_x = 0$; $V_y = -8$; $V_z = 0$
 - Cocher **Supprimer les blocs surfaciques** (ils ne servent ici que de support aux volumes).
- Appliquer**.

Volume de la galerie adjacente

- Sélectionner les surfaces de la galerie adjacente.
- Cliquer , l'outil pour **Extrusion**.
 - **Type d'opération** : Translation

- **Type d'extrusion :** Création de blocs volumiques.
- **Vecteur :** $V_x = -6 ; V_y = 0 ; V_z = 0$
- Cocher **Supprimer les blocs surfaciques** (ils servent ici de support aux volumes).

3. **Appliquer.**

Intersection des volumes

Au préalable, on groupe les blocs volumiques qui seront « objets » (la galerie principale) et ceux qui seront « coupeurs » (la galerie secondaire).

1. Sélectionner les 2 blocs volumiques de la galerie principale. Pour cette sélection, désactiver tout dans la **Barre d'outils sélection** puis activer  **Sélection volumes**.

2. Utiliser  **Grouper des blocs**

- Activer  **Blocs volumiques**
- Facultatif : donner un nom au groupement.
- **Appliquer.**

3. Sélectionner les 2 blocs volumiques de la galerie secondaire.

4. Utiliser  **Grouper des blocs**

- Activer  **Blocs volumiques**
- **Appliquer.**

1. Cliquer  **Intersections**

2. Cliquer  **Intersection volume/volume**.

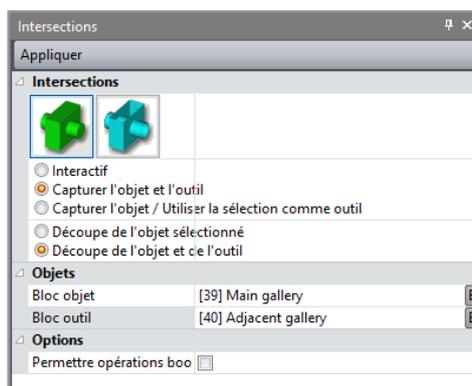
3. Activer **Capturer l'objet et l'outil**.

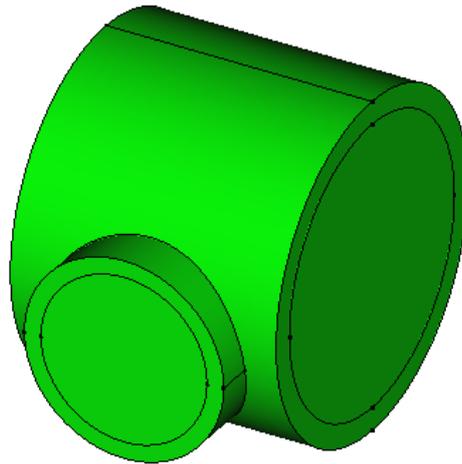
4. Activer **Découpe de l'objet et de l'outil**.

5. Sélectionner les 2 volumes du tunnel principal. Les définir comme "**Bloc objet**".

6. Sélectionner les 2 volumes de la galerie adjacente. Les définir comme "**Bloc coupeur**".

7. Cliquer **Appliquer**.





Etat du modèle après intersection des 2 galeries

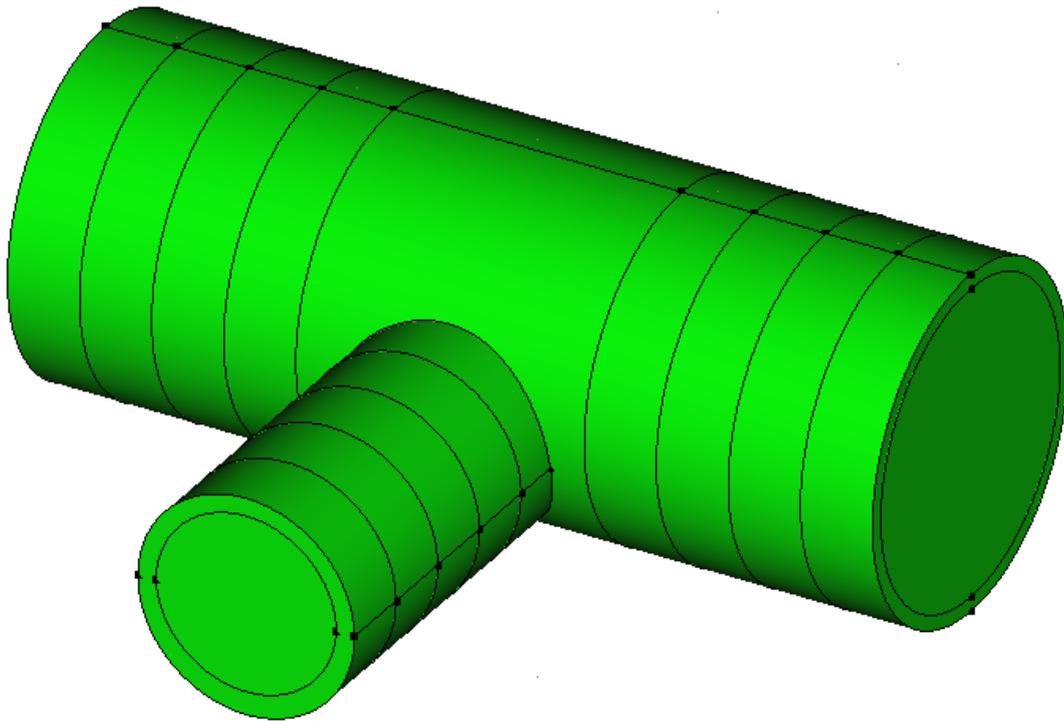
Sections excavées

On va maintenant procéder à la génération des volumes qui modéliseront les sections de tunnel. Pour le tunnel principal, on en considérera 8, chacune aura une profondeur de 2m. Pour la galerie adjacente, on en considérera 5, chacune aura une profondeur de 2m.

1. Sélectionner les 2 surfaces du tunnel principal à $y = -4$ m. Pour cette sélection, désélectionner toutes les entités () dans la **Barre d'outils sélection** puis activer  **Sélection surfaces**.
2. Cliquer , l'outil pour **Extrusion**.
 - **Type d'opération** : Translation
 - **Nombre d'opérations** : 3
 - **Type d'extrusion** : Création de blocs volumiques.
 - **Données** : $Vx = 0 ; Vy = -2 ; Vz = 0$
3. **Appliquer.**
4. Sélectionner les 2 surfaces du tunnel principal à $y = 4$.m
5. Cliquer , l'outil pour **Extrusion**.
 - **Type d'opération** : Translation
 - **Nombre d'opérations** : 3
 - **Type d'extrusion** : Création de blocs volumiques.
 - **Données** : $Vx = 0 ; Vy = 2 ; Vz = 0$
6. **Appliquer.**
7. Sélectionner les 2 surfaces de la galerie adjacente à $x = 6$ m.
8. Cliquer , l'outil pour **Extrusion**.
 - **Type d'opération** : Translation
 - **Nombre d'opérations** : 4
 - **Type d'extrusion** : Création de blocs volumiques.
 - **Données** : $Vx = 2 ; Vy = 0 ; Vz = 0$
9. **Appliquer.**

Notons qu'après ces opérations d'extrusion, les nouveaux blocs volumiques créés sont groupés.

1. Sélectionner les nouveaux blocs volumiques.
2. Utiliser  **Dissocier des blocs**.
3. **Appliquer.**

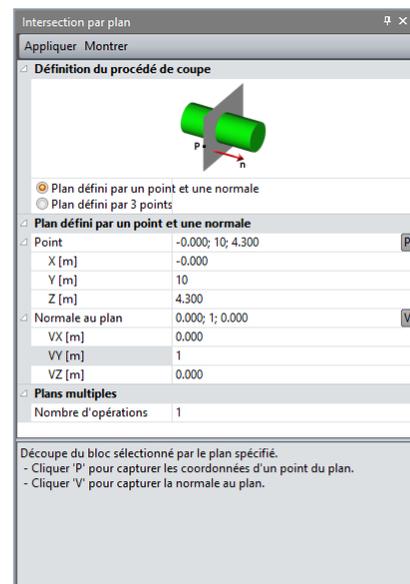
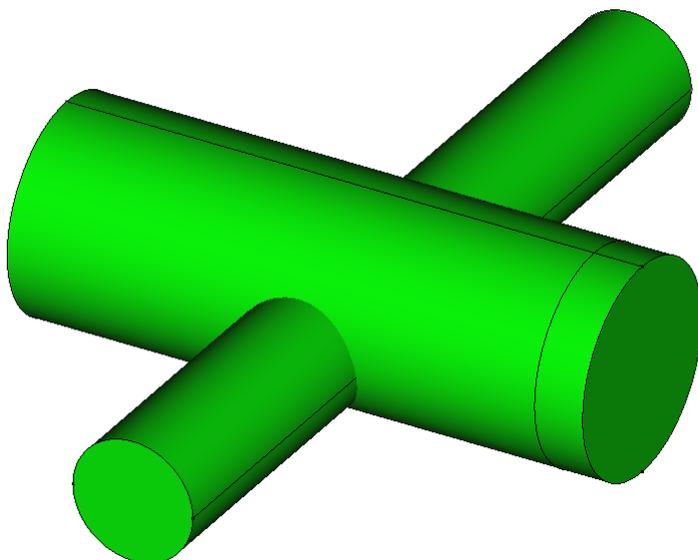


Etat du modèle après extrusions dans les directions Ox et Oy

💡 Autres procédés possibles pour l'intersection du tunnel par un plan.

Utiliser l'outil  **Intersection par plan.**

1. Indiquer les coordonnées d'un point du plan.
2. Indiquer un vecteur normal au plan.
3. Sélectionner les volumes.
4. Cliquer **Appliquer**.



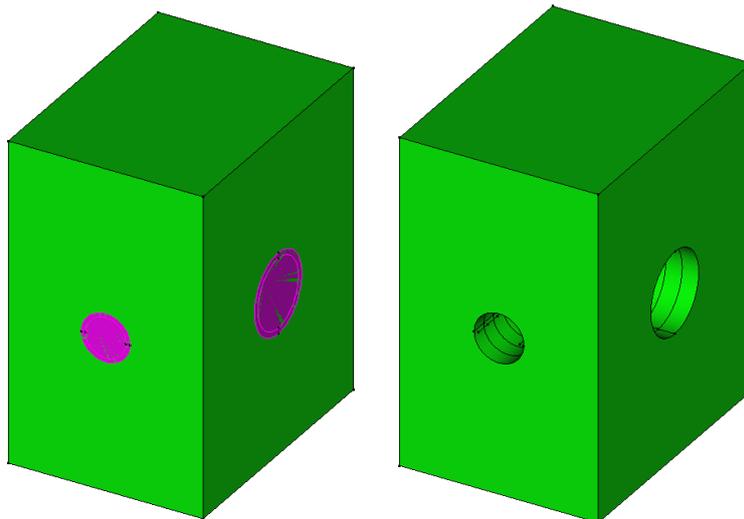
Volume de sol

On définit maintenant le volume de sol qui contient les 2 galeries. Dans ce but, on crée une boîte qui va être « interceptée » par les volumes existants.

1. Définir la plan de base à $z = -20m$.
 - Cliquer . La boîte de dialogue pour définition des points s'affiche.
 - Définir le point G (16 ; 12 ; -20). **Appliquer.**
 - Définir le point H (16 ; -12 ; -20). **Appliquer.**
 - Définir le point H (-16 ; -12 ; -20). **Appliquer.**
 - Définir le point H (-16 ; 12 ; -20). **Fermer.**
 - Lier ces points avec l'outil  **Lignes.**
 - Sélectionner ces segments et générer la surface en utilisant  **Surface plane.**
2. Extruder ce plan de base jusqu'à $z = 20m$.
 - Sélectionner la surface précédemment définie.
 - Cliquer , l'outil pour **Extrusion.**
 - o **Type d'opération** : Translation
 - o **Nombre d'opérations** : 3
 - o **Type d'extrusion** : Création de blocs volumiques.
 - o **Vecteur** : $V_x = 0 ; V_y = 0 ; V_z = 40$
 - Cliquer **Appliquer.**

Le cube de sol est généré.

3. Utiliser  **Intersections de blocs**
 - Sélectionner tous les blocs volumiques constituant les 2 galeries. Pour cette sélection, désactiver tout dans la **Barre d'outils sélection** puis activer  **Sélection volumes.**
 - Cliquer  Intersection volume/volume.
 - Activer **Capturer l'outil / utiliser la sélection comme outil.**
 - En utilisant "B", capturer le bloc volumique du sol défini comme "Bloc objet".
 - **Appliquer.**



Galleries sélectionnées comme outil et bloc volumique résultat (sans les galleries cachées)

Identification des blocs

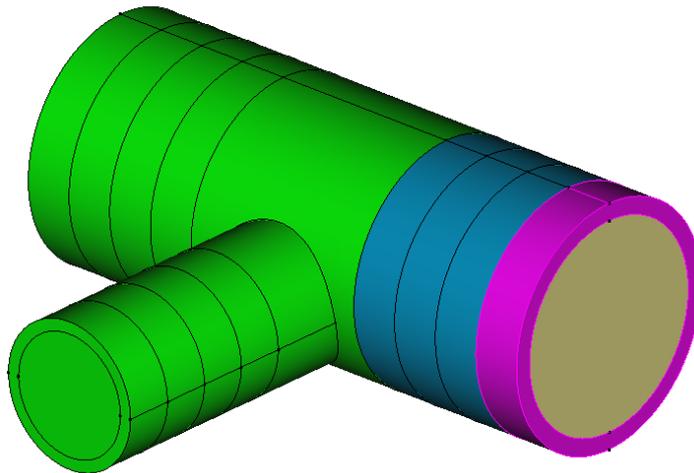
Afin de simplifier l'identification des divers volumes créés, on peut les renommer et modifier leur couleur.

1. Sélectionner un des blocs volumiques.
2. Activer l'outil  **Propriétés du bloc**. Par un clic droit sur le bloc, on actualise le tableau des propriétés. Dans ce tableau, on peut :
 - Renseigner un nom,
 - Spécifier une couleur quelconque.
3. Cliquer **Appliquer**. Pour enregistrer les modifications et les affecter au bloc volumique sélectionné.



Pour l'exemple en cours, on désignera par **Section #i** et **Revêtement #i** les groupes de la galerie principales.

Propriétés	
Appliquer Montrer	
Général	
Nom	Revêtement #1
Libellé	10
Type	VOLU
Palette de couleurs	0099CC ...
Géométrie	
Points	8
Contours	12
Faces	6
Volumes	1
Volume [m ³]	40,904
Ligne	
Label de la ligne	2
Type de courbe	1
&beginVertexLabel	2
&endVertexLabel	1
Ub	0,000000
Ue	3,141593
Face	
Label de la face	35
Type de surface	5

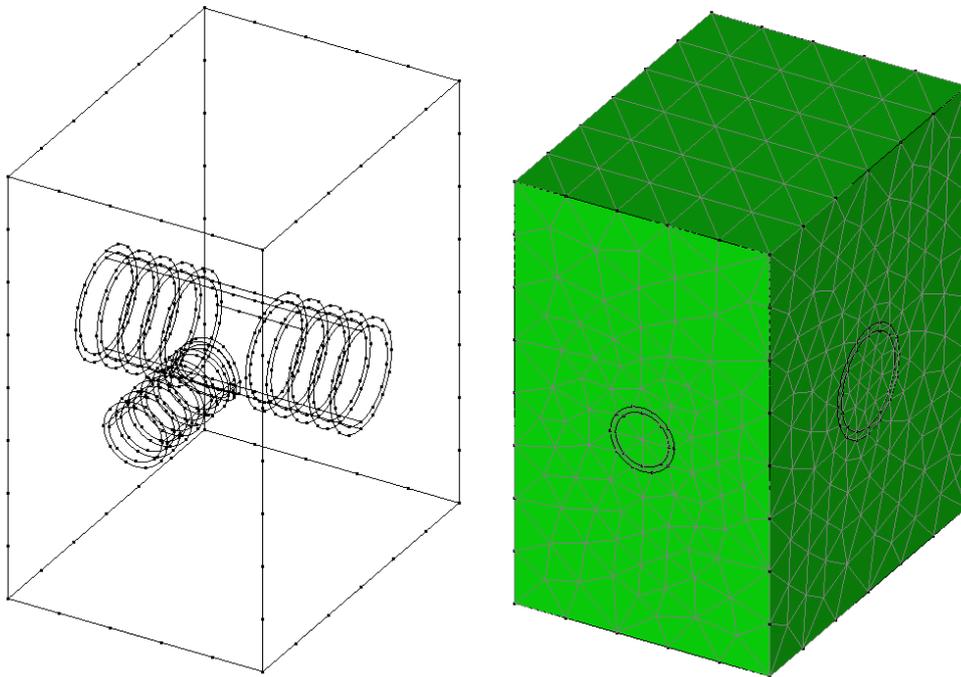


2.3. Maillage 3D

Densité de maillage

On définit ici les zones de forte densité de maillage à proximités des forts gradients de contraintes attendus c'est-à-dire à proximité des galeries excavées.

1. Activer l'étape MAILLAGE sur la barre de progression du projet pour définir les découpages.
2. Sélectionner tous les segments des galeries (principale et adjacente). Cliquer  **Découpage par distance** pour diviser ces segments par une longueur fixée à **1 m**. Cliquer **Valider**.
 Le logiciel va ajuster automatiquement la longueur à une valeur proche de celle voulue.
3. Sélectionner tous les segments du volume de sol. Cliquer  **Découpage par distance** pour diviser ces segments par une longueur fixée à **5 m**. Cliquer **Valider**.



Génération du maillage 3D

Dans le cadre de ce didacticiel, nous allons privilégier un maillage d'interpolation linéaire afin de réduire notablement les temps de calcul.

 En étude courante, il est toutefois fortement recommandé d'utiliser des maillages quadratiques pour ces types de calcul phasés non linéaires.

1. Sélectionner tous les volumes.
2. Ouvrir l'outil  **Maillage volumique**
 - Sélectionner "Interpolation linéaire" comme **Type d'interpolation**.
 - Sélectionner "Maillage par tétraèdres" comme **Type de maillage**.
 - Régler l'**Indice de densité** à 0.8
 - Cliquer **Valider**.

 CESAR-LCPC propose 3 niveaux d'algorithmes de remplissages des surfaces externes du volume. Cela permet de générer un maillage de qualité fine à lâche. The choix se règle dans Préférences > Options du programme (linéaire = lâche, cubique = dense).

Maintenant que le maillage est réalisé, on vérifie sa qualité.

1. Cliquer , **Information maillage**.
2. La boîte de dialogue indique le nombre et le type d'éléments.
3. Cliquer **Vérification des éléments**. La boîte de dialogue est mise à jour. Les éléments ayant un jacobien problématique sont affichés.

Définition des groupes

Cette étape est facultative mais elle aide par la suite à identifier les groupes d'éléments créés.

1. Cliquer  **Définition de groupes**.
2. Sélectionner le bloc correspondant au sol. Indiquer **Sol** comme nom. Cliquer **Appliquer**.
3. Sélectionner le volume correspondant à la 1^{ère} section excavée de la galerie principale. Indiquer **Section #1** comme nom. Cliquer **Appliquer**.
4. Sélectionner le volume correspondant au 1^{er} revêtement béton de la galerie principale. Indiquer **Revêtement #1** comme nom. Cliquer **Appliquer**.
5. Répéter les opérations précédentes pour l'ensemble des groupes.

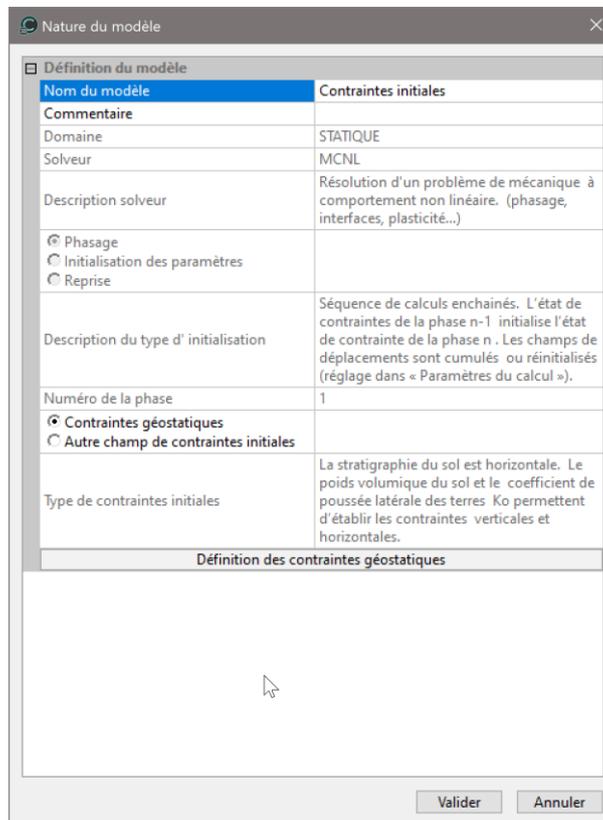
3. CRÉATION DES MODÈLES

3.1. Données pour l'état de contraintes initiales, Etape #0

Le processus de constructions par phases nécessite généralement la génération d'un état de contraintes initiales du sol avant d'appliquer les cas de charges. Dans le cadre de ce projet, on suit la procédure de définition par K_0 (coefficient de poussée latérale des terres au repos).

3.1.1 Définition du modèle :

1. Cliquer droit sur l'onglet **STATIQUE** dans l'arborescence **Etude**.
2. Cliquer sur **Ajouter un modèle**.
3. Une boîte de dialogue s'ouvre permettant de renseigner la nature du modèle :
 - Entrer **Contraintes initiales** comme nom
 - Sélectionner **MCNL** comme module de calcul.
 - Sélectionner **Phasage** pour enchaîner les calculs.
 - Sélectionner **Contraintes géostatique** comme type d'initialisation.
 - **Valider** pour fermer la fenêtre de définition de l'étude.

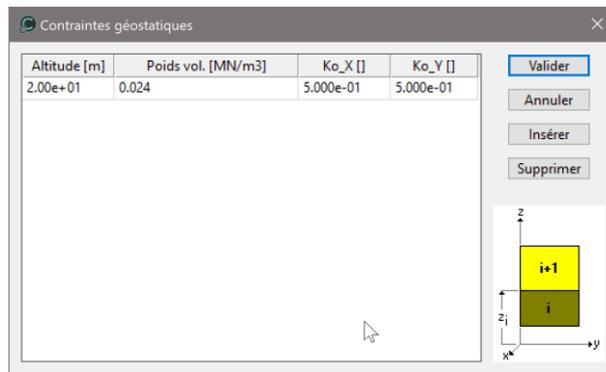


Champs des contraintes initiales

1. Cliquer **Définition des contraintes géostatiques**.
2. Cliquer **Insérer** pour définir une nouvelle couche.
3. Entrer les valeurs suivantes :

Hauteur (m)	Poids volumique (MN/m ³)	K_0_x	K_0_y
20	0.024	0.5	0.5

4. Cliquer **Valider**.



Base de données des matériaux utilisés :

On définit dans un premier temps la base de données des matériaux qui vont être utilisés dans l'analyse : matériaux du terrain et du béton de revêtement.

1. Aller à l'onglet **PROPRIÉTÉS**.
2. Cliquer  **Propriété des blocs volumiques**.
3. Modifier le nom du jeu de propriétés par défaut en "Béton".
 - Dans **Paramètres élastiques**, choisir "Elasticité linéaire isotrope" comme loi de comportement. Renseigner ρ , E et ν (valeurs du tableau ci-dessous).
4. Ajouter un jeu de propriétés avec l'outil . Donner un nom au nouveau groupe de propriétés "Terrain".
 - Dans **Paramètres élastiques**, choisir "Elasticité linéaire isotrope" comme loi de comportement. Renseigner ρ , E et ν (valeurs du tableau ci-dessous).
 - Dans **Paramètres plastiques**, choisir "Mohr-Coulomb sans écrouissage" dans la liste déroulante comme critère. Renseigner c , φ et ψ
5. Cliquer **Valider** puis **Fermer**.

	ρ (kg/m ³)	E (MPa)	ν	c (MPa)	φ (°)	ψ (°)
Béton	2750	25000	0.2	-	-	-
Terrain	2400	800	0.3	0.1	30	0

Affectation de propriétés des matériaux :

1. Activer l'outil  **Appliquer les propriétés**.
2. Sélectionner  **Propriétés des blocs volumiques**.
3. Sélectionner tous les blocs volumiques du modèle qui sont du "Terrain" initialement.
 - Dans la liste des propriétés sélectionner le groupe de propriétés "Terrain".
 - **Appliquer**.

Conditions aux limites :

De façon classique, on applique un blocage horizontal des déplacements sur les bords verticaux et un blocage total à la base du modèle.

Par défaut, un cas de conditions aux limites (BCSet1) défini lors de la création du modèle est activé.

1. Aller à l'onglet Conditions limites.
2. Cliquer  pour définir le blocage latéral et inférieur. Les blocages sont automatiquement affectés aux limites du modèle.



Affecter ces conditions aux limites sur l'ensemble du modèle actif permettra par la suite de ne plus avoir à les redéfinir.



Le nom de l'ensemble de conditions aux limites, par défaut BC1, peut être modifié en utilisant la touche [F2].

Cas de charges

Il n'y a pas de cas de charge à définir dans ce premier calcul où on initialise les contraintes géostatiques.

Paramètres du calcul :

1. Aller à l'onglet **Gestion des calculs**.
2. Cliquer  **Paramètres du calcul**.
3. Dans l'onglet **Paramètres généraux**, entrer les valeurs suivantes :
 - Processus itératif :
 - Nombre max d'incréments : 1
 - Nombre max d'itérations par incrément : 500
 - Tolérance : 0,01
 - Méthode de résolution : 1- Méthode des contraintes initiales
 - Type d'algorithme de résolution : Multi frontal
4. **Valider**.



Les paramètres de calcul sont également accessibles dans l'arborescence de l'étude par un clic droit sur le modèle.

3.2. Données pour la première phase d'excavation, Etape #1

On définit ici l'excavation pleine section de la galerie principale.

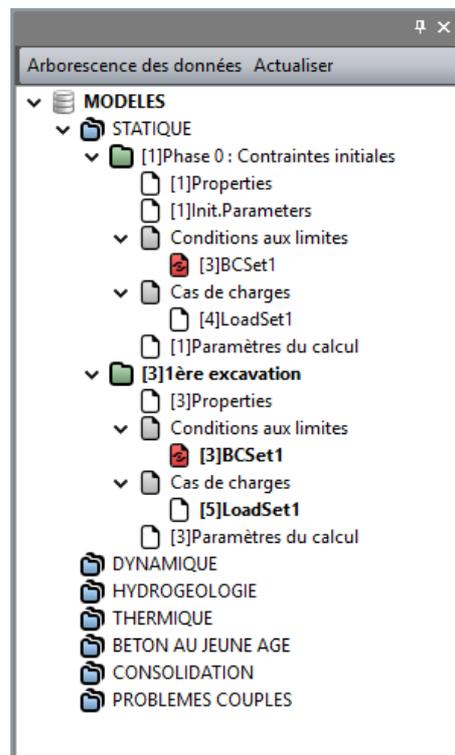
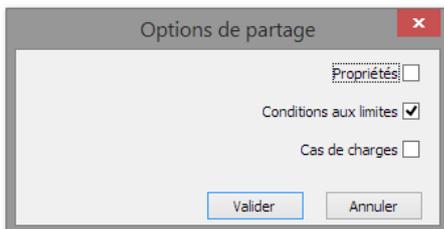
Quand on crée une nouvelle étude, il est pratique de faire une copie l'ensemble des données du modèle de base pour le nouveau modèle, charges comprises. On doit cependant noter que les charges appliquées dans le modèle de base sont automatiquement prises en compte dans le nouveau modèle dans le champ de contraintes initial. Aussi le(s) cas de charges copiés doivent être supprimés et remplacés par le(s) nouveau(x) cas de charges pour respecter le phasage qu'on souhaite modéliser.

En conséquence, on n'opérera qu'aux changements nécessaires :

- dans les **Propriétés** car des groupes sont désactivés,
- dans les **Cas de charges**.

Définition du modèle :

1. Cliquer droit sur le modèle **Initialisation des contraintes** dans l'arborescence **Etude**.
2. Cliquer sur **Copie du modèle**.
3. Une boîte de dialogue s'ouvre permettant de renseigner la nature du modèle :
 - Entrer **1ère excavation** comme nom
 - **Valider** pour fermer la fenêtre de définition de l'étude.
4. Une boîte de dialogue s'ouvre permettant de spécifier les options de partage des entités « Propriétés », « Conditions aux limites » et « Cas de charges » du modèle. Par défaut, ces entités sont copiées et partagées.
 - Désactiver les entités « Propriétés » et « Cas de charges ».



Vue de l'arborescence de l'étude

Activation/désactivation de groupes

L'excavation pleine section nécessite de désactiver les groupes de la galerie principale sur une profondeur d'1m.

1. Aller à l'onglet **PROPRIÉTÉS**.

2. Activer l'outil  Activer/Désactiver les blocs.
3. Sélectionner les blocs volumiques **Section #1** et **Revêtement #1**.
4. Dans la grille activer *Inactif*.
5. Appliquer.

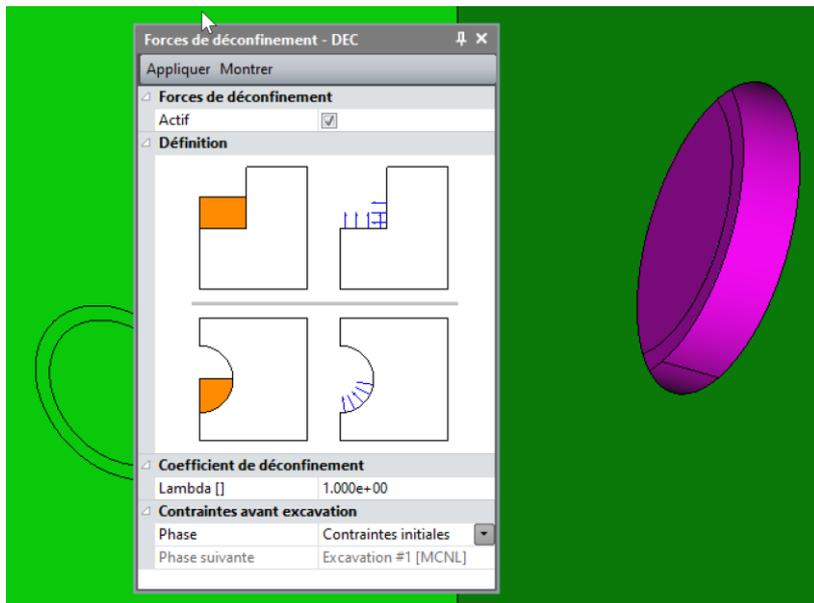
Conditions aux limites

Aucun changement.

Cas de charges

Le cas de charge de la phase précédente a été copié dans ce modèle. Il est vide. On peut donc le conserver pour le modifier.

1. Renommer ce cas de charge avec la touche [F2] en **Forces d'excavation #1**.
2. Aller à l'onglet **CHARGEMENTS**.
3. Activer l'outil  **Forces de déconfinement**.
 - Mettre la valeur de lambda à 1,
 - Sélectionner **Contraintes initiales** comme référence du champ de contraintes (utilisé pour calculer les forces d'excavations)
 - Le bouton **Sélection automatique** étant actif, le cliquer. On sélectionne ainsi automatiquement les facettes libérées par l'excavation (groupes inactivés).
 - **Appliquer**.



Vue des forces d'excavation

Paramètres du calcul:

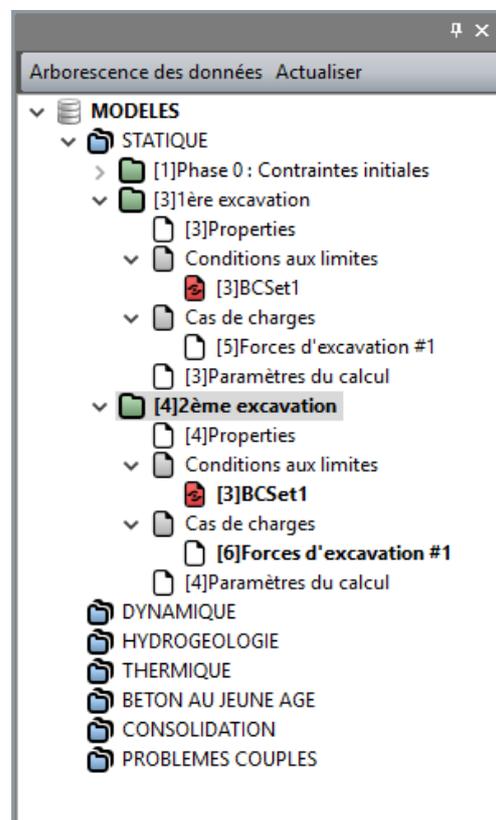
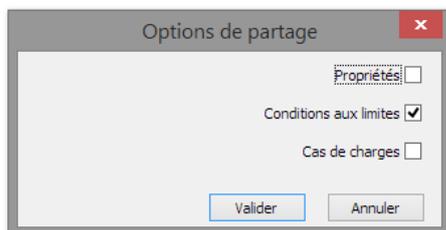
Pas de changement.

3.3. Données pour la deuxième phase d'excavation

A cette étape, on excave la seconde section de la galerie principale et on installe le support béton de la section précédemment excavée.

Définition du modèle :

1. Cliquer droit sur le modèle **1ère excavation** dans l'arborescence **Etude**.
2. Cliquer sur **Copie du modèle**.
3. Une boîte de dialogue s'ouvre permettant de renseigner la nature du modèle :
 - Entrer **2ème excavation** comme nom
 - **Valider** pour fermer la fenêtre de définition de l'étude.
4. Une boîte de dialogue s'ouvre permettant de spécifier les options de partage des entités « Propriétés », « Conditions aux limites » et « Cas de charges » du modèle. Par défaut, ces entités sont copiées et partagées.
 - Désactiver les entités « Propriétés » et « Cas de charges ».

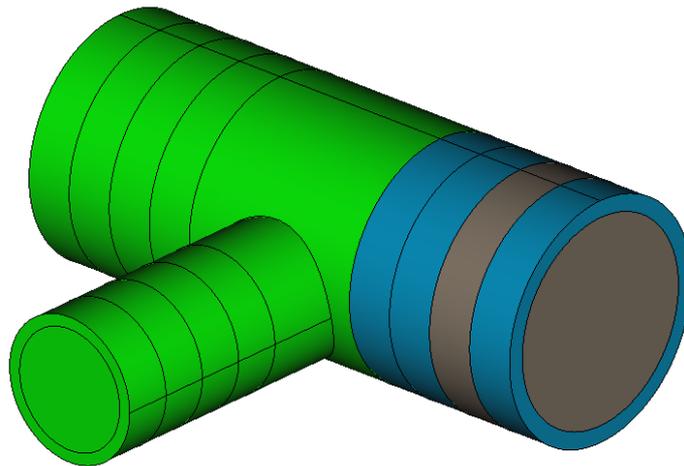


Vue de l'arborescence de l'étude

Activation/désactivation de groupes

L'excavation pleine section nécessite de désactiver les groupes de la galerie principale sur une profondeur d'1m.

1. Aller à l'onglet **PROPRIÉTÉS**.
2. Activer l'outil  **Activer/Désactiver les blocs**.
3. Sélectionner les blocs volumiques **Section #2** et **Revêtement #2**.
4. Dans la grille activer *Inactif*.
5. **Appliquer**.



Vue du modèle (avec bloc terrain caché)

Conditions aux limites

Aucun changement.

Cas de charges

On définit maintenant le nouveau cas de charge et on supprime celui copié de la phase précédente.

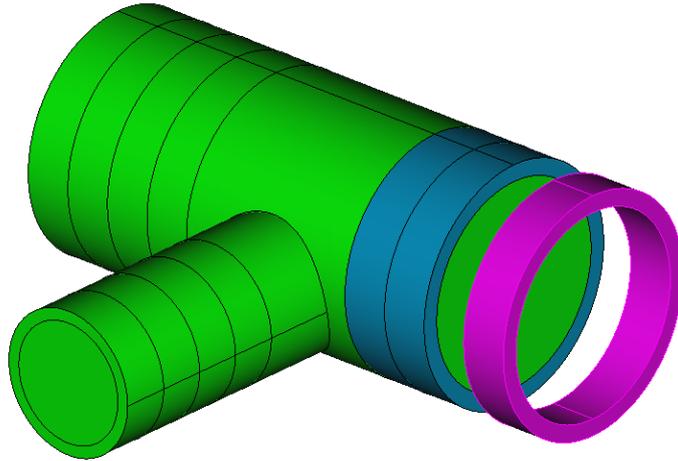
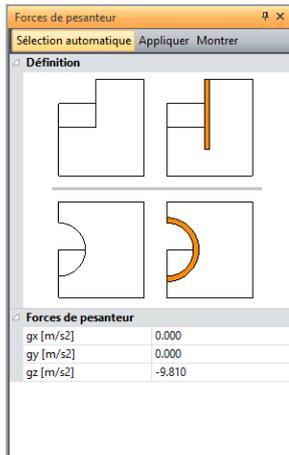
Forces d'excavations dans la section #2.

1. Dans l'arborescence des calculs, clic droit sur « Cas de Charges » donne accès à **Ajouter un cas de charge**. Une fenêtre de dialogue s'ouvre.
 - Donner **Forces d'excavation #2** comme nom à ce cas de charge.
 - **Valider**.
2. Clic droit sur le cas de charge **Forces d'excavation #1** copié de la phase précédente donne accès à **Supprimer un cas de charge**. **Supprimer**.
3. Aller à l'onglet **CHARGEMENTS**.
4. Activer l'outil  **Forces de déconfinement**.
 - Mettre la valeur de lambda à 1,
 - Sélectionner **1ère excavation** comme référence du champ de contraintes (utilisé pour calculer les forces d'excavations)
 - Le bouton **Sélection automatique** étant actif, le cliquer. On sélectionne ainsi automatiquement les facettes libérées par l'excavation (groupes inactivés).
 - **Appliquer**.

Activation du revêtement #1. On peut créer un nouveau cas de charge ; indépendant du précédent il permettrait de piloter séparément les 2 cas de charges.

1. Aller à l'onglet **PROPRIÉTÉS**.
2. Activer l'outil  **Activer/Désactiver les blocs**.
3. Sélectionner les blocs volumiques **Revêtement #1**.
4. Dans la grille activer **Actif**.
5. **Appliquer**.
6. Dans l'arborescence des calculs, clic droit sur « Cas de Charges » donne accès à **Ajouter un cas de charge**. Une fenêtre de dialogue s'ouvre.
 - Donner **Poids propre du revêtement #1** comme nom à ce cas de charge.
 - **Valider**.

7. Cliquer  **Forces de pesanteur**.
- Cliquer **Sélection automatique**. Cet outil détecte automatiquement les groupes activés dans la phase de calcul actuelle (i.e. **Revêtement #1**)
 - Cliquer **Valider**.



Vue du bloc Revêtement #1 pour affectation de son poids propre (avec bloc terrain caché)

Paramètres du calcul:

Pas de changement.

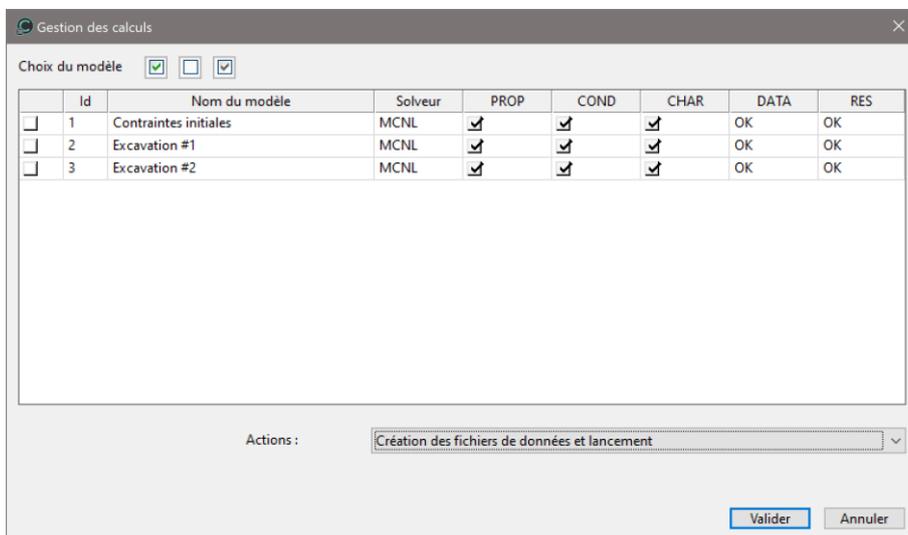
4. CALCULS

Dans le cadre du didacticiel, on arrête ici le phasage d'excavation de la galerie principale. L'utilisateur peut bien sûr répéter les étapes précédentes pour les sections excavées #3, #4... comme il peut aussi générer ces phases de calcul sur la galerie secondaire.

 CESAR-LCPC détecte si les modèles sont prêts pour être calculés. Toutes les étapes doivent être cochées dans la fenêtré *Gestion de calculs*, comme l'illustre la vue ci-dessous.

Maintenant que toutes les données sont entrées, on peut lancer les calculs.

1. Cliquer  **Gestion des calculs**.
 - Sélectionner tous les modèles en utilisant la fonction .
 - Sélectionner **Création des fichiers de données et lancement**. Cliquer **Valider**.
2. Le processus de calcul est affiché, il se finit par le message « Fin du calcul en mode EXEC ».
3. La fenêtré de gestion des calculs s'actualise et affiche l'état OK.



 Il est important de prêter attention à tous les messages affichés, notamment ceux alertant sur des erreurs. Les résultats sont sauvegardés sous un fichier binaire (*.RSV4) dans le répertoire temporaire (.../TMP/), défini pendant l'installation du logiciel. Le détail du calcul y est aussi sauvegardé dans un fichier texte (*.LIST).

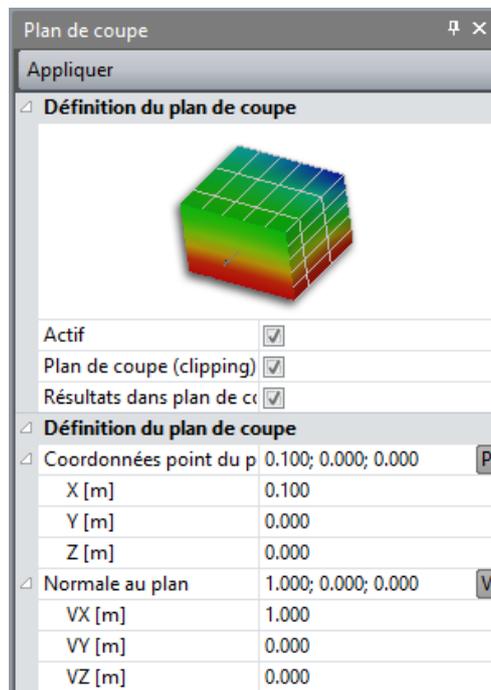
 Les calculs peuvent être plus ou moins longs en fonction de la machine utilisée.

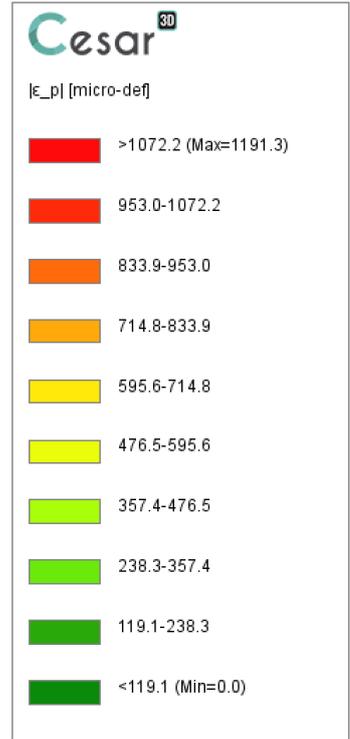
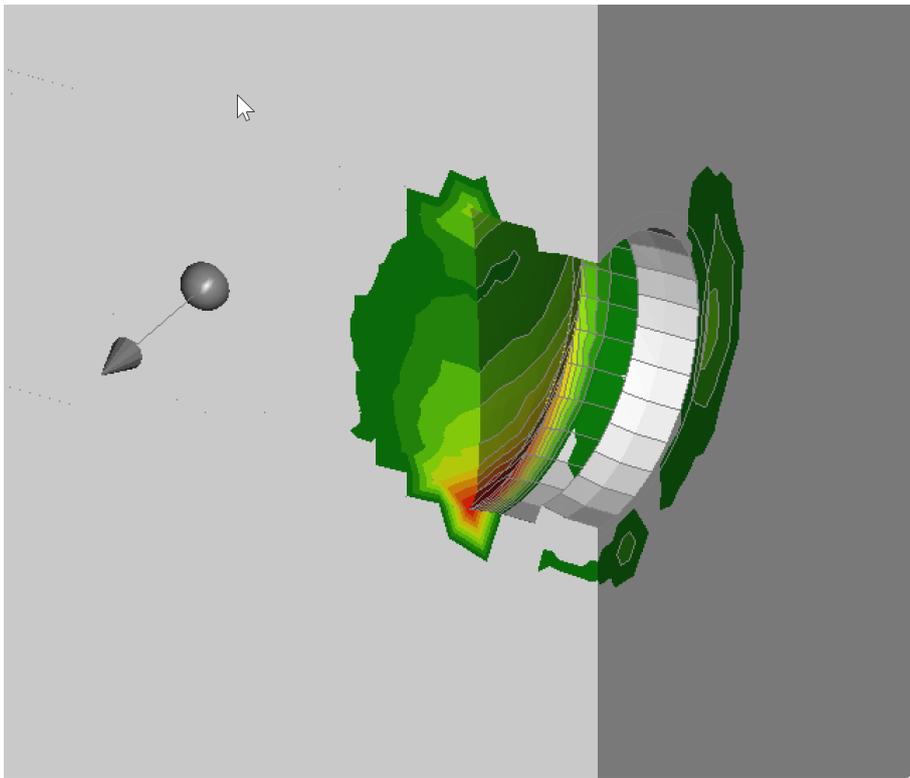
5. RÉSULTATS

De nombreux résultats sont accessibles (déplacements, contraintes et déformations).

On affiche les déformations plastiques au front du tunnel après calcul de l'**Etape #2**.

1. Aller à l'onglet **RÉSULTATS**. Dans la liste des modèles, sélectionner **Excavation #2**.
2. Activer  **Type de résultats à afficher**.
 - Sélectionner **Déformé** comme état du maillage
 - Sélectionner **Norme de déformations plastiques** dans la liste des options *Isovaleurs*,
 - **Appliquer**.
3. Activer  **Options isovaleurs**.
 - Sélectionner **Zones** comme *Style des isovaleurs*,
 - **Appliquer**.
4. Activer  **Options déplacements**.
 - Sélectionner **Manuel** comme type de déformée,
 - Etablir que **10 mm** de déplacement sont représentés par **10**,
 - **Appliquer**.
5. Activer  **Légende**.
 - Sélectionner **Isovaleurs** comme *Type de légende*,
 - Activer *Bordures de légende*,
 - **Appliquer**.
6. Cliquer  **Plan de coupe**.
 - Cocher **Voir flèche**, **Plan de coupe (clipping)** et **Résultats dans plan de coupe**,
 - Renseigner la position du point (0; 0; 0),
 - Indiquer la direction du plan de coupe suivant le vecteur normal (1; 0; 0).





Edité par :



8 quai Bir Hakeim

F-94410 SAINT-MAURICE

Tel.: +33 1 49 76 12 59

cesar-lcpc@itech-soft.com

www.cesar-lcpc.com

© itech - 2020