



# Soutenance de thèse de Panteleimon RAPANAKIS

**Panteleimon RAPANAKIS soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés "Modélisation du comportement mécanique des intersections de galeries creusées dans une roche argileuse anisotrope", préparée au LTDS sous la direction d'Antonin FABBRI et de Benoît PARDOEN.**

## **/// Résumé de la thèse**

En travaux souterrains, la construction d'intersections de galeries est un problème tridimensionnel complexe qui dépend de nombreux facteurs tels que la géométrie de la structure, le comportement de la roche et du soutènement et l'état de contraintes initial. Dans ce travail de recherche, un modèle numérique tridimensionnel a été développé afin d'étudier le comportement mécanique d'intersections entre galeries excavées à grande profondeur dans l'argilite du Callovo-Oxfordien (COx), considérée en France comme une potentielle roche hôte pour le stockage géologique profond de déchets radioactifs. L'analyse concerne la

construction de galeries circulaires se croisant perpendiculairement. L'objectif est de proposer un modèle numérique robuste capable de reproduire la réponse mécanique à court terme de l'argilite du COx autour des intersections. Ce modèle vise à caractériser numériquement la zone plastique affectée par l'excavation de l'intersection et d'obtenir des informations sur son comportement. Dans ce but, l'anisotropie structurelle de l'argilite du COx et l'état de contrainte initial anisotrope, doivent être pris en compte dans le modèle numérique. Pour atteindre ces objectifs, une loi constitutive élastoplastique anisotrope mécanique est développée et implémentée dans le solveur par éléments finis Code Aster©. En particulier, un critère de Drucker-Prager avec écrouissage positif est utilisé pour définir la résistance du matériau. La méthode du tenseur de fabrique est utilisée pour prendre en compte l'anisotropie du matériau liée à sa structure sédimentaire en couches. Le modèle proposé est tout d'abord calibré sur la base de données expérimentales issues d'essais de compression triaxiale. Pour tenir compte des effets d'échelle entre les conditions de laboratoire et les conditions in situ, un calibrage des paramètres du modèle est ensuite effectué à l'échelle de la galerie. De ce fait, l'objectif a été de reproduire une zone plastique autour d'une galerie qui se rapproche de l'extension de la zone endommagée (EDZ) observée in situ autour des galeries du Laboratoire souterrain de recherche de Meuse/Haute-Marne (LSMHM) creusées dans l'argilite du COx. Les résultats numériques obtenus montrent une bonne capacité du modèle à reproduire une extension et une orientation préférentielles de la zone plastique dans la roche autour de la galerie. Sur la base de cette calibration à grande échelle, le modèle numérique est ensuite appliqué à l'analyse du comportement mécanique des intersections de galeries sous différentes hypothèses (état de contrainte initial, orientation des galeries principales et secondaires, etc.). Ceci permet d'obtenir des indications sur la distribution des contraintes et des déformations plastiques, ainsi que sur la forme et la taille de la zone plastique environnante dans la masse rocheuse. Les résultats indiquent que la zone plastique est principalement influencée par l'anisotropie du matériau et par la géométrie particulière de l'intersection. Par ailleurs, le modèle a permis d'étudier différentes configurations de soutènement de l'intersection afin d'évaluer l'influence de la rigidité du soutènement sur les paramètres susmentionnés. L'utilisation d'un support plus rigide conduit à une réduction de la taille et de l'étendue de la zone plastique. L'analyse comparative des différents résultats met en évidence la capacité du modèle à simuler de façon pertinente le comportement mécanique à court terme de l'argilite du COx. En reproduisant de façon relativement fidèle les réponses

mécaniques et les interactions observées expérimentalement au sein du LSMHM, ce travail fournit des informations sur la stabilité et la performance des intersections de galeries dans les formations rocheuses anisotropes, offrant un outil sophistiqué pour améliorer la prédiction et la gestion des processus d'excavation souterraine.

### **/// Composition du jury**

M. Antonin FABBRI, ENTPE : Directeur de thèse

M. Richard GIOT, Université de Poitiers : Rapporteur

M. Marco BARLA, Politecnico di Torino : Rapporteur

M. Jean SULEM, École Nationale des Ponts et Chaussées : Examineur

Mme Muriel GASC-BARBIER, Cerema : Examinatrice

M. Jan CORNET, Andra : Examineur

M. Benoît PARDOEN, ENTPE : Co-directeur de thèse

M. Denis BRANQUE, ENTPE : Co-encadrant de thèse

M. Gilles ARMAND, Andra : Invité

M. Nicolas BERTHOZ, CETU : Invité