



Vous êtes cordialement invité(e) à la soutenance de thèse de

Hafssa TOUNSI

intitulée

**Modélisation THMC de la congélation artificielle des terrains :
Application à la mine de Cigar Lake**

Soutenance prévue **mercredi 6 novembre 2019 à 14h30**
MINES ParisTech, 60 boulevard Saint-Michel 75006 PARIS
Salle L109

Composition du jury proposé :

Amade POUYA	Professeur	Ecole des Ponts ParisTech	Rapporteur
Philippe COSENZA	Professeur	Université de Poitiers	Rapporteur
Muriel GASC-BARBIER	Directeur de recherche	CEREMA	Examineur
Jean-François THIMUS	Professeur Emérite	Université Catholique de Louvain	Examineur
Frédéric GUERIN	Ingénieur	ORANO	Examineur
Michel TIJANI	Directeur de recherche	MINES ParisTech	Examineur
Ahmed ROUABHI	Chargé de recherche	MINES ParisTech	Examineur

Résumé :

La congélation artificielle des terrains est utilisée depuis des décennies comme technique de stabilisation et d'imperméabilisation temporaires des terrains pour résoudre des problèmes de génie civil ou minier à moindres coûts. Réussir sa mise en oeuvre nécessite l'utilisation d'outils numériques permettant de prédire l'évolution des parties congelées et la stabilité des terrains. Cette thèse propose une approche de modélisation, élaborée suivant une démarche thermodynamiquement cohérente couplant la thermique, l'hydraulique, la mécanique et la salinité, permettant de simuler la congélation des terrains. Elle inclue un modèle de comportement élasto-viscoplastique, basé sur des essais de laboratoire, capable de prédire la réponse d'un sol congelé. Un nouveau dispositif pour la réalisation d'essais triaxiaux à température et à vitesse de déformation contrôlées a été mis en place à cet effet. Le modèle thermo-hydro-mécanique et chimique a été validé par des essais de gel sur des éprouvettes initialement saturées avec de l'eau pure ou avec une solution de chlorure de sodium à diverses concentrations. A l'échelle de la structure, il a été appliqué au cas de la mine de Cigar Lake (Canada), à travers des simulations thermo-hydro-mécaniques couplées, qui ont permis de prédire l'évolution de la congélation dans le terrain et d'évaluer son impact sur les déplacements autour des tunnels de production excavés en dessous du massif congelé.

Mots-clés : Technique de la congélation artificielle; Changement de phase; Salinité; Couplage THMC; Modélisation numérique; Essais de gonflement libre; Essais triaxiaux à température contrôlée; Élasto-viscoplasticité

Vous êtes cordialement invité(e) au pot amical qui suivra la soutenance salle des colonnes

THMC modeling of artificial ground freezing : Application to the Cigar Lake mine

Abstract:

Artificial ground freezing (AGF) has been used for decades as a temporary soil stabilisation and waterproofing technique in order to solve civil or mining engineering problems at lower costs. A successful implementation of this technique requires the use of numerical tools to predict the freezing evolution and the site stability. Through a thermodynamically consistent framework, a fully coupled thermo-hydro-mechanical formalism, considering the salinity effect and capturing the most relevant phenomena of ground freezing, is derived. The formalism includes an elasto-viscoplastic constitutive model, able to correctly reproduce the mechanical behavior of frozen soil, and fitted against temperature and strain rate-controlled triaxial tests carried out using a newly-developed experimental facility. The proposed approach is validated by means of freezing laboratory tests, carried out on specimens initially fully saturated with pure water or with sodium chloride solutions at various concentrations. At the field scale, the formalism is applied to the case of the Cigar Lake mine. Fully coupled thermo-hydro-mechanical simulations of the ground freezing and excavation activities taking place in the mine are performed, in order to predict the freezing evolution in the ground and its influence on the ground movements in the vicinity of production tunnels excavated below the frozen ground.

Keywords: Artificial ground freezing; Phase change; Salinity; THMC coupling; Numerical modeling; Stress-free laboratory freezing tests; Temperature-controlled triaxial compression tests; Elasto-viscoplasticity