

# Avis de Soutenance

## Monsieur Raphaël BOUCHARD

Spécialité : Mécanique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

### « Étude micromécanique du comportement des sols granulaires partiellement saturés et calcul de perméabilité »

dirigé par Monsieur Olivier MILLET

**Soutenance prévue le mercredi 11 décembre 2024 à 9h30**

Lieu : Bâtiment Marie Curie, Allée de l'Océan, 17000 La Rochelle

Salle : Barthelemy

#### **Composition du jury :**

M. Olivier MILLET	Université de La Rochelle	Directeur de thèse
M. Christian GEINDREAU	Université Grenoble Alpes	Rapporteur
M. Ioannis STEFANO	Ecole Centrale de Nantes	Examinateur
M. Saeid NEZAMABADI	Université de Montpellier	Rapporteur
Mme Laurence CHERFILS	Université de La Rochelle	Examinatrice
M. Dung LE	Université de Lorraine	Examinateur
M. Antoine WAUTIER	INRAE	Examinateur
Mme Nadia SAIYOURI	Université de Bordeaux	Examinatrice
M. Sakir AMIROUDINE	Université de Bordeaux	Invité
M. Mohamed Khaled BOURBATACHE	INSA Rennes	Invité

#### **Résumé :**

Cette thèse porte sur l'analyse numérique du comportement des milieux granulaires partiellement saturés, avec comme application visée la modélisation du comportement mécanique et la stabilité des digues maritimes. Pour cela, un code LBM a été développé en GPU, basé sur une méthode de phase-field à deux phases. Il permet de simuler la formation et la coalescence des ponts capillaires ainsi que de calculer les forces capillaires associées dans assemblages granulaires partiellement saturés soumis à des cycles de saturation/désaturation. Ce code a été ensuite couplé à un code DEM et permet de simuler le comportement mécanique d'un assemblage granulaire partiellement saturé composé de milliers de particules. Les deux codes ont été optimisés pour simuler, avec de très faibles temps de calcul, des essais triaxiaux sur des échantillons granulaires partiellement saturés à l'échelle d'un volume élémentaire représentatif (VER) contenant plusieurs milliers de particules en 3D. Le couplage à un code MPM pour effectuer des simulations à l'échelle de la structure est en cours. D'autre part, une loi de Darcy pour les milieux poreux partiellement saturés a été établie par homogénéisation périodique à partir des équations de Stokes, permettant de relier la vitesse moyenne des fluides aux gradients de pression à la frontière du VER. Nous avons obtenu des expressions générales des tenseurs de perméabilité macroscopique pour un écoulement diphasique de fluides à l'échelle du pore dans des conditions partiellement saturées. Deux cas ont été considérés : deux fluides incompressibles non miscibles et un fluide incompressible non miscible et un fluide compressible, se référant à un mélange air/eau en particulier. Dans les deux cas, l'ensemble des équations homogénéisées conduit à la même expression des tenseurs de perméabilité macroscopique. Des simulations numériques pour différentes viscosités de fluide et fractions volumiques de solide, ont permis de mieux comprendre l'influence des caractéristiques microstructurelles sur les perméabilités effectives.