



OFFRE DE THÈSE (2017-2020)

Modélisation multi-échelle du comportement mécanique des sols non saturés cohésifs *Application à la rupture des ouvrages hydrauliques*

CONTEXTE DES TRAVAUX

La France compte plusieurs milliers de grands barrages et des milliers de kilomètres de digues fluviales et maritimes. Les digues protègent environ 2 millions de personnes contre les crues et les inondations et plus encore sont concernées par le risque de rupture d'un barrage. La modélisation numérique de ces ouvrages joue un rôle central dans leur conception, leur dimensionnement ou la justification de leur stabilité vis-à-vis des divers aléas externes. La représentativité des résultats issus de ces modélisations repose très largement sur la pertinence des lois de comportement utilisées.

L'ingénierie des ouvrages hydrauliques doit aujourd'hui faire face à un double challenge : celui de concevoir des projets optimisés du point de vue économique mais aussi environnemental. D'une part, le principal besoin identifié en termes de modélisation à l'occasion des derniers projets internationaux (projets FloodProbe ou International Levee Handbook) réside dans la prise en compte de la saturation partielle des sols pendant les phases transitoires de crues. D'autre part, les exigences en termes de développement durable conduiront l'ingénierie à concevoir des projets utilisant moins de matériaux, à choisir des solutions minimisant l'impact environnemental et des méthodes de mise en oeuvre plus sobres en énergie. La réutilisation des sols du site deviendra certainement une des clés des projets à venir.

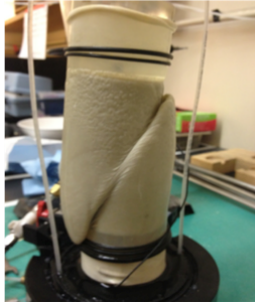
Il existe donc un fort besoin de disposer d'un outil numérique capable de modéliser, en condition saturée ou partiellement saturée, toute la palette de sols utilisés dans la construction des ouvrages hydrauliques ou rencontrés dans leur fondation : les sables (plus ou moins silteux), les argiles, les résidus miniers, les sols résiduels (latérites), les sols traités (à la chaux, au ciment ou bio-cémentés).

DESCRIPTION DU SUJET

Le rôle déterminant de la microstructure dans le déclenchement des instabilités mécaniques au sein des milieux granulaires est démontré expérimentalement depuis une vingtaine d'années. La prise en compte explicite de l'effet de la microstructure dans les lois de comportement a cependant longtemps constitué un verrou scientifique important. Les travaux scientifiques menés au cours de ces dix dernières années par de nombreuses équipes de recherche, y compris à Irstea, ont permis d'améliorer significativement notre compréhension du comportement des sols granulaires et ont permis de lever ce verrou pour des modélisations à l'échelle d'un Volume Élémentaire Représentatif¹ que ce soit en s'appuyant sur la méthode des éléments discrets ou au travers du développement de modèles multi-échelles prenant en compte la microstructure. Parmi ceux-ci, le modèle H-microdirectionnel, développé à Irstea, a démontré sa

¹Plus petit volume sur lequel on peut mesurer des grandeurs représentatives du comportement à l'échelle macroscopique.

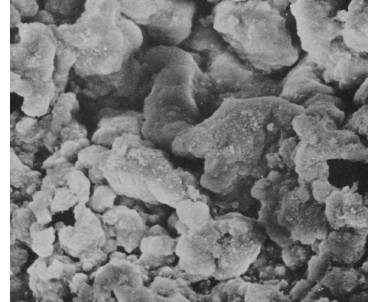
capacité à reproduire l'essentiel des propriétés mécaniques des sols granulaires non cohésifs. Sa récente implémentation dans le logiciel de calcul aux différences finies FLAC a ouvert la voie à l'utilisation d'un modèle multi-échelles pour des simulations numériques à l'échelle de l'ouvrage.



(a) Essai triaxial sur un sable bio-cémenté



(b) Effet de la succion sur la résistance du sable



(c) Vue d'un granite altéré au microscope électronique à balayage

Ce travail de thèse s'inscrit dans le contexte des travaux sur la fiabilité des ouvrages hydrauliques, dans le prolongement de travaux récents au cours desquels le modèle H-microdirectionnel et le critère d'instabilité matérielle ont été implémentés au sein d'un code de calcul numérique aux différences finies dans le cas bi-dimensionnel.

L'objectif de la thèse sera d'étendre le modèle H-microdirectionnel aux milieux granulaires cohésifs. Un torseur d'action sera introduit afin de modéliser i) les forces capillaires ou ii) les ponts solides dans la loi de contact inter-grains. Le passage du modèle microdirectionnel au cas tri-dimensionnel sera conduit en s'appuyant sur les résultats obtenus dans le cadre d'une thèse en cours.

CONTEXTE DE TRAVAIL

Le candidat sera rattaché à l'Ecole Doctorale 353 *Mécanique, Physique, Micro et Nanoélectronique* d'Aix Marseille Université. La direction de la thèse sera assurée par Pierre Philippe, directeur de recherche dans l'unité de recherche RECOVER d'Irstea Aix-en-Provence et François Nicot, directeur de recherche dans l'unité de recherche Erosion Torrentielle Neige et Avalanches d'Irstea Grenoble. L'encadrement sera assuré par Guillaume Veylon, ingénieur chercheur responsable de l'équipe Génie-Civil.

Le doctorant prendra également part aux réunions et colloques organisés par le GdR International *GeoMech* construit autour du couplage multi-physiques et multi-échelles en géomécanique, le réseau *ALERT*, qui regroupent la plupart des spécialistes de la modélisation géomécanique en Europe et le groupe international *Bifurcation and Degradation in Geomechanics*.

PROFIL DU CANDIDAT

Le candidat devra être titulaire d'un Master 2 en *Géomécanique, Génie Civil* ou *Mécanique des solides*. Il devra démontrer de fortes compétences dans les domaines de la mécanique des sols et de la modélisation numérique des géomatériaux. Il devra également posséder un bon niveau d'anglais et des qualités rédactionnelles avérées (une attention particulière sera portée sur ces points). Une expérience préalable du logiciel FLAC (au cours du stage de M2 par exemple) constituera un avantage.

INFORMATIONS PRATIQUES

Début de thèse : octobre 2017

Salaire mensuel : 1500 euros net

Localisation : Centre Irstea d'Aix-en-Provence

Envoi des candidatures : guillaume.veylon@irstea.fr (+33 4 42 66 79 36)