

Titre : Écoulement diphasique au sein des matériaux granulaires : modélisation aux échelles micro et macro

Mots clés : matériau poreux, saturation partielle, écoulement diphasique, méthode de Boltzmann sur réseau, méthode des éléments finis

Résumé : Les dunes sablonneuses situées sur les littoraux sont un rempart prévenant les risques de submersions. Les propriétés hydromécaniques du matériau constitutif des dunes dépendent de la saturation en eau : si cette saturation évolue, la tenue de la structure peut en être altérée. Nous abordons la modélisation des écoulements diphasiques au sein des matériaux granulaires par deux échelles distinctes : l'échelle de la structure dunaire dite macro, et l'échelle des pores, dite micro. À l'échelle macro, la structure dunaire est constituée d'un matériau poreux modélisé par la poromécanique. Nous décrivons ici le problème poro-élastique pour un matériau partiellement saturé à totalement saturé et vice-versa, avec l'air en phase gazeuse active, c'est-à-dire que l'air présente une pression non identique à la pression atmosphérique. La transition du modèle saturé au modèle partiellement saturé et vice-versa est dé-

crite dans le problème formulé d'une façon originale. Cette transition peut évoluer au sein du domaine et rentrer en contact avec un bord du domaine connecté à l'atmosphère. La résolution du problème est ensuite basée sur la méthode des éléments finis. À l'échelle micro, le matériau poreux est modélisé par un assemblage de grains de sable rigides générés par la méthode des éléments discrets. L'échantillon granulaire numérique sert d'obstacle pour la simulation d'écoulements diphasiques par la méthode de Boltzmann sur réseau. Cette méthode numérique nous permet de simuler des écoulements diphasiques à partir de la résolution de l'équation de Boltzmann. Nous identifions des courbes de rétentions d'échantillon de matériaux poreux numériques, par une procédure de mise à l'échelle appropriée, en simulant un processus de drainage.

Title: Two phase flow through granular materials: micro and macro-scale modelling.

Keywords: porous material, partial saturation, two-phase flow, LBM, FEM

Abstract: Coastal sand dune structures act as a barrier against flooding. The hydromechanical properties of the constitutive material of the dunes depend on water saturation: if this saturation changes, the stability of the structure can be altered. We model the two-phase flows within granular materials using two distinct scales: the macro-scale of the dune structure, and the micro-scale of the pores. At the macro-scale, the dune structure consists of a porous material modeled by poromechanics. Here, we describe the poroelastic problem for a material that is partially saturated to fully saturated and vice versa, with air described by an active gas phase model: the air has a pressure that is not identical to atmospheric pressure. The transition from the saturated model to the par-

tially saturated model and vice versa is described in the formulated problem in an original way. This transition can move within the domain and be in contact with an atmosphere connected boundary. The problem is then solved using the finite element based resolution procedure. At the micro-scale, the porous material is modeled as an assembly of rigid sand grains generated by the discrete element method. The numerical granular sample serves as an obstacle for the two-phase flow simulations using the lattice Boltzmann method. This numerical method allows the simulation of quasi-static two-phase flows based on the solution of the Boltzmann equation. We identify the retention curves of numerical porous material samples via a suitable upscaling procedure with drainage simulations.