

Soutenance de Thèse



LABORATOIRE de MÉCANIQUE et GÉNIE CIVIL

Duc-Chung VU



Tuesday 28th November at 14h30

Amphithéâtre Jean-Jacques Moreau
860, rue de Saint Priest, Bat. 2
34090 Montpellier

« Quasi-static and dynamic granular flows: scaling behavior, microstructure, and particle shape effects »

The jury is composed of:

Catherine O'Sullivan, professor, Imperial College of London, rapporteur
Nicolas Vandewall, professor, Laboratoire de Physique, Université de Liège, rapporteur
Vincent Richefeu, Maitre de Conférence, Laboratoire 3SR, examiner
Jean-Noël Roux, professor, Laboratoire Navier, examiner
Rodrigue Largeton, Research Engineer, EDF, examiner
Farhang Radjai, Director of Research CNRS, Thesis Supervisor
Jean-Yves Delenne, Director of Research, IATE, INRAE, co-Supervisor
Lhassan Amarsid, Research Engineer, CEA-Cadarache, co-Supervisor

Résumé

Les processus granulaires naturels et industriels impliquent souvent des écoulements quasi-statiques ou dynamiques complexes de diverses formes de particules. Même si des modèles empiriques de tels écoulements existent, les simulations avancées de dynamique granulaire permettent aujourd'hui de réaliser des analyses de sensibilité détaillée de leur comportement en fonction des paramètres de l'écoulement ou relier leur comportement à la microstructure. Dans ce travail de thèse, des vastes campagnes de simulation ont été menées dans le but d'étudier les effets de la forme polyédrique des particules sur les écoulements granulaires quasi-statiques sous conditions tri-périodiques et sur les écoulements dynamiques dans le régime de cascade dans des tambours rotatifs. Les modules élastiques orthotropes sous compression triaxiale ont été exprimés en fonction de l'anisotropie du réseau de contacts et un nombre de contrainte prenant en compte différents types de contacts entre polyèdres. Dans les tambours rotatifs, le régime d'écoulement en cascade a été étudié pour un large spectre de valeurs des paramètres et il a été montré qu'il est régi par un paramètre d'échelle sans dimension qui combine tous les paramètres du système. Il a été également démontré que la mise à l'échelle proposée est cohérente avec une méthode de coarse-graining. Enfin, la rupture d'une seule particule sous l'effet d'impact avec un plan a été simulée par un nouveau modèle de fracture basé exclusivement sur l'énergie de rupture. Les simulations révèlent une distribution des masses des fragments en loi de puissance avec un exposant qui dépend de l'énergie de rupture.

Abstract

Granular processes in nature and industry often involve complex quasistatic or dynamic flows of various particle shapes and frictional properties. Although empirical approaches have been developed for such flows, advanced particle dynamics simulations can be used for detailed sensitivity analysis of their scaling behavior as a function of system parameters or to connect their behavior to the microstructure. In this work, extensive simulations are used in 3D to study the effects of polyhedral particle shape on quasi-static granular flows under fully periodic boundary conditions and dynamic cascading flows in rotating drums. Orthotropic elastic moduli under triaxial compression are expressed as a function of the contact network anisotropy and a constraint number accounting for different types of contacts between polyhedra. In rotating drums, the cascading flow regime is investigated for a broad range of parameter values and shown to be governed by a unique dimensionless scaling parameter that combines all system parameters. Finally, the impact-induced breakage of a single particle is modeled by means of a novel fracture model based exclusively on fracture energy. The fragment shapes and sizes are studied systematically and the distribution of fragment masses is found to be a power-law function with an exponent depending on the fracture energy.