

Soutenance de Thèse



LABORATOIRE de MÉCANIQUE et GÉNIE CIVIL

Weiye WANG



Mercredi 18 décembre 24 à 14:00

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

**« Numerical and Experimental Investigation of Dense Granular Flow of Highly Concave Particles:
Non-Local Modelling for Inclined Plane and Rotating Drum Geometries »**

Le jury est composé de :

Daniel BONAMY, Directeur de recherche, CEA Saclay, Rapporteur
Olivier POULIQUEN, Directeur de recherche CNRS, Aix-Marseille Université, Rapporteur
Axelle AMON, Maîtresse de conférences, Université Rennes 1, Examinatrice
Patric MUELLER, Professeur Associé, FAU Erlangen-Nuremberg, Examineur
Thierry RUIZ, Professeur, Université de Montpellier, Examineur
Emilien AZÉMA, Professeur, Université de Montpellier – IUF, Directeur de thèse
Mathieu RENOUF, Chargé de Recherche CNRS, Université de Montpellier, Co-directeur de thèse
Jonathan BARÉS, Ingénieur de recherche CNRS, Université de Montpellier, Co-encadrant de thèse
Nicolas ESTRADA, Professeur Associé, Universidad de los Andes, Invité

Résumé

Cette thèse se concentre sur l'étude des écoulements granulaires denses avec des polypodes en forme d'étoile afin d'explorer les propriétés d'écoulement de cette nouvelle matière granulaire. Nous étudions l'impact des variations du nombre de branches et des degrés de concavité sur le comportement en écoulements de ces milieux granulaires, allant de formes sphériques à des formes hautement concaves. Dans nos simulations, nous utilisons la méthode des éléments discrets (DEM) pour étudier l'écoulement de polypodes 3D, dont le nombre de branches varie de 4 à 20, sur un plan incliné, ainsi que l'écoulement de particules 2D allant de disques à des formes en croix dans un tambour rotatif. Dans nos expériences, nous explorons les régimes d'écoulement et les angles de repos dans un tambour rotatif en variant les formes des particules, allant de sphériques à hautement concaves, en ajustant les propriétés de friction, le nombre de branches et la vitesse du tambour. Pour décrire quantitativement l'influence de la forme des particules sur l'écoulement en régime permanent, nous développons un nouveau cadre en étendant la loi de Bagnold, reliant la fraction volumique et la contraintes au taux de cisaillement pour les écoulements sur un plan incliné et dans un tambour rotatif. Dans l'écoulement en régime permanent d'un tambour rotatif, notre nouveau cadre capture la transition subtile de la vitesse entre le comportement solide et le comportement liquide pour différentes formes de particules. De plus, ce cadre reproduit également la zone de fluage dans le profil de vitesse pour l'écoulement sur un plan incliné. Cette thèse offre de nouvelles perspectives sur le rôle de la forme des particules dans les écoulements granulaires denses et explore des modèles non locaux intégrant l'effet de la concavité.

Abstract

This thesis focuses on the study of dense granular flow with star-shaped polypods to explore the flow properties of this new granular matter. We investigate how the concavity and branch number of these polypods affect flow behavior in dense granular systems through both numerical simulations and experiments. In our simulations, we use the Discrete Element Method (DEM) to study the flow of 3D polypods with branch numbers ranging from 4 to 20 down an inclined plane, as well as the flow of 2D particles varying from discs to crosses in a rotating drum. In our experiments, we explore flow regimes and repose angles in the rotating drum by varying particle shapes from spherical to highly concave, while adjusting frictional properties, branch numbers, and drum speed. To quantitatively describe the influence of particle shape on steady flow, we develop a new framework by extending the Bagnold scaling, linking the packing fraction and stress distribution to the shear rate for both flows on an inclined plane and in a rotating drum. In the steady flow of a rotating drum, our new framework successfully captures the nuanced velocity transition between jamming and flow for different particle shapes. Furthermore, this framework also reproduces the creeping zone in the velocity profile for the flow on the inclined plane. This thesis offers new insights into the role of particle shape in dense granular flow and explores the non-local models that incorporate the effect of concavity.