

Soutenance de Thèse



LABORATOIRE de MÉCANIQUE et GÉNIE CIVIL

Kamilia AYED



vendredi 13 décembre à 14:00

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

«Compaction de matériaux granulaires déformables»

Le jury est composé de :

Olivier BONNEFOY, Professeur, SPIN - École des Mines Saint-Etienne - Rapporteur
Abdoulaye FALL, Chargé de Recherche-HDR, Laboratoire Navier - CNRS - Rapporteur
Stéphanie DEBOEUF, Chargée de Recherche, Institut Jean le Rond d'Alembert - CNRS - Examineur
Éric RONDET, Professeur, Qualisud - Université de Montpellier - Examineur
Vincent RICHEFEU, Maître de Conférences-HDR, 3SR - Université Grenoble Alpes - Examineur
Saeid NEZAMABADI, Maître de Conférences-HDR, LMGC - Université de Montpellier - Directeur de thèse
Jean-Yves DELENNE, Directeur de Recherche, IATE - INRAE Montpellier - Co-encadrant
Serge MORA, Professeur, LMGC - Université de Montpellier - Co-encadrant

Résumé

Cette thèse porte sur l'étude numérique du compactage de matériaux granulaires constitués de particules molles, capables de se déformer élastiquement ou plastiquement sans se rompre. Au cours d'une compaction, le changement de forme des particules, combiné à leur réarrangement, conduit à l'obtention de matériaux à haute compacité, proche de l'unité. Les domaines d'application sont vastes, allant des industries chimique, nucléaire, cosmétique, alimentaire ou pharmaceutique, au secteur de la construction. L'approche numérique employée dans ce travail est basée sur la méthode des points matériels pour traiter la déformabilité des particules, couplée à la méthode de la dynamique des contacts pour gérer les interactions entre particules. Cette approche s'avère particulièrement efficace pour une étude quantitative du compactage d'assemblages de sphères molles. L'effet des dimensions du système a été étudié en détail, permettant de préciser la taille minimale d'un système représentatif. Que la sollicitation soit quasi-statique ou rapides, les propriétés rhéologiques et texturales des assemblages en cours de compaction jouent un rôle crucial. Nous montrons également que l'évolution de la compressibilité du système en fonction de la compacité est fortement non linéaire au-delà de la transition de rigidité. Trois régimes sont identifiés : le premier correspond à une réorganisation du système sans changement significatif de la forme des particules ; le second à des réarrangements induits par des changements de forme ; et le dernier à des changements de forme sans réarrangements majeurs. Les limites en termes de compacité entre ces trois régimes dépendent de la vitesse de déformation. Enfin, des expériences de compaction d'assemblages de billes molles d'hydrogels, couplées à une microtomographie aux rayons X, ont été réalisées, enrichissant et validant notre approche numérique.

Abstract

This thesis is devoted to the numerical investigation of the compaction of soft particle materials. These materials consist of a disordered network of discrete particles, which can deform elastically or plastically without rupturing. Under compaction, these materials can achieve high packing fractions through particle shape changes (due to extensive deformation) as well as particle rearrangements. Such materials include chemical, nuclear, and construction materials, cosmetics, food, and pharmaceutical products. Our numerical approach is based on the Material Point Method for handling bulk deformation, coupled with the Contact Dynamics Method for dealing with contact interactions. Using this numerical framework, we investigate the compaction of soft particle systems. First, we study the size scaling effect on several packings of deformable particles and define a representative packing. We then systematically analyze the rheological and textural behaviors of this packing under compaction. Furthermore, the effects of strain rate on the compaction behavior of the deformable particle packing are also studied. We find that the compressibility is strongly nonlinear as the packing fraction increases beyond that of a random close packing of rigid particles. We identify three regimes of compaction: rearrangements without significant shape change, rearrangements induced by shape change, and shape change without significant rearrangements. The transition points between these regimes depend on the strain rate. In addition to the numerical studies, experiments based on X-ray tomography of microgel particle packings are conducted, validating our numerical approach.

