

Soutenance de Thèse



LABORATOIRE de MÉCANIQUE et GÉNIE CIVIL

Mohamad Mahmoud



Mardi 16 décembre 2025 à 9:30

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

« Contribution à la validation expérimentale de la méthode des éléments discrets : effets de forme, fragmentation. »

« Contribution to the Experimental Validation of the Discrete Element Method: Shape Effects and Fragmentation. »

Le jury est composé de :

Mme Evelyne KOLB, Maître de conférences, PMMH, Sorbonne Université — Rapporteuse

M. Mohamed GUESSASMA, Professeur, LTI, UPJV — Rapporteur

Mme Pascale AUSSILLOUS, Professeure, IUSTI, Université d'Aix-Marseille — Examinatrice

Mme Anne-Charlotte ROBISSON, Ingénieure-chercheuse, CEA — Examinatrice

M. Vincent RICHEFEU, Maître de conférences, 3SR, Université Grenoble Alpes — Examineur

M. Serge MORA, Professeur, LMGC, Université de Montpellier — Directeur de thèse

M. Jean-Yves DELENNE, Directeur de recherche, IATE, INRAE — Co-directeur

M. Lhassan AMRSID, Ingénieur-chercheur, CEA — Co-encadrant

Résumé

La compréhension du comportement mécanique des matériaux granulaires est cruciale, tant pour les procédés industriels que pour la recherche fondamentale. Dans le contexte de la fabrication du combustible nucléaire, le procédé de métallurgie des poudres d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX) comporte plusieurs étapes, dont le mélange et le broyage.

L'objectif principal de cette thèse est de proposer une validation expérimentale de simulations basées sur la méthode des éléments discrets (DEM), afin de reproduire et analyser les mécanismes physiques mis en jeu, et d'acquérir une compréhension approfondie de la micromécanique des assemblages particulaires.

En raison des contraintes liées aux matériaux radioactifs, des systèmes modèles ont été développés pour reproduire de manière contrôlée le comportement mécanique réel. Les travaux combinent des essais expérimentaux et des simulations DEM sous divers chargements : écoulement granulaire en tambour tournant, compression triaxiale quasi-statique et compression uniaxiale, avec des particules pyramidales, lenticulaires et sphériques cohésives.

Les résultats montrent une bonne concordance expérience-simulation et soulignent l'influence majeure de la géométrie sur l'écoulement, la compaction et la fragmentation. Ce travail ouvre des perspectives pour la modélisation prédictive des poudres utilisées dans l'industrie du combustible et au-delà.

Abstract

Understanding the mechanical behavior of granular materials is essential for both industrial processes and fundamental science. In nuclear fuel fabrication, the powder metallurgy route of MOX involves stages such as powder mixing and grinding.

This PhD aims to provide an experimental validation of numerical simulations based on the Discrete Element Method (DEM), to reproduce and analyze the underlying physical mechanisms and to deepen the understanding of particle-scale micromechanics.

Since handling radioactive powders is constrained, model systems were developed to safely reproduce the mechanical behavior of real materials. The work combines experiments and DEM simulations under various loadings: granular flow in a rotating drum, quasi-static triaxial compression, and uniaxial compression, using spherical, pyramidal, and lenticular cohesive particles.

The results show good agreement between experiments and simulations and highlight the strong influence of particle geometry on flow, compaction, and fragmentation. This research opens new perspectives for the modeling of powders used in fuel fabrication and other industries.