

**Titre en français : Mécanique granulaire par modélisation numérique discrète avec une description Level Set de la forme des grains**

**Titre en anglais : Discrete modeling of granular mechanics with a Level Set approach for realistic particle shapes**

**Nom du directeur de thèse : [Jérôme Duriez](#) (co-directeur; Stéphane Bonelli directeur)**

**Tel : 04 42 66 99 21**

**E-Mail : [jerome.duriez@inrae.fr](mailto:jerome.duriez@inrae.fr)**

**Laboratoire : RECOVER (INRAE, AMU)**

**Financement :** demandé, en exclusion de l'autre sujet RECOVER sur la Material Point Method (MPM). Seul l'un des deux sujets tel que choisi par le ou la candidat(e) participera à la procédure d'attribution des Contrats Doctoraux ED353 décrite [ici](#)

**Type de financement : [Contrat Doctoral ED353 d'Aix-Marseille Université](#)**

#### **Résumé en français :**

Un grand nombre de problèmes d'ingénierie sont relatifs à l'écoulement ou aux déformations d'un matériau granulaire, tel les éventuels tassements d'un barrage en enrochement du type de celui de Serre-Ponçon, ou l'écoulement de céréales ou de poudres hors d'un silo. De tels phénomènes sont contrôlés d'un point de vue mécanique par la microstructure discrète du matériau, fait de grains en interaction de contact, et la Méthode aux Eléments Discrets (DEM) est alors naturellement adaptée pour simuler numériquement ceux-ci. Elle nécessite cependant des implémentations spécifiques afin de décrire fidèlement les formes possiblement complexes des grains du matériau, par exemple selon une approche Level Set (Fig. 1). Au vu des coûts de calcul logiquement importants de l'approche, telle qu'implémentée dans le code YADE, le projet de thèse pourra dans un premier temps s'atteler à des optimisations algorithmiques, en fonction de l'aisance C++ du ou de la candidat(e). Une analyse du rôle mécanique de la forme des particules sera dans tous les cas menée, afin par exemple de relier la résistance macroscopique du matériau au cisaillement à la morphologie des grains telle que quantifiée par des indices 3D de forme.

#### **Résumé en anglais :**

Strain or flow of a granular material is of interest in countless engineering situations, e.g., the settlement of a rockfill dam or the discharge of cereals or powder out of a silo. Corresponding mechanical phenomena are then ruled by the discrete nature of the material, showing interacting grains of possibly complex shapes. While the Discrete Element Method (DEM) is an appropriate numerical method to capture such a discrete nature, it requires an advanced implementation for a faithful shape description, e.g., with a Level Set shape descriptor (Fig. 1). The latter, as implemented in the YADE code, logically comes with significant computational costs and the PhD project could first aim for algorithmic improvements in YADE depending on the C++ coding skills of the candidate. As an application, a mechanical analysis of the mechanical role of particle will be led, relating for instance the macroscopic shear strength with 3D shape indices.

### Profil du candidat recherché :

Le ou la candidat(e) idéal(e) serait:

- Titulaire d'un, ou sur le point d'obtenir un, Master 2 en mécanique avec des connaissances en géomécanique et/ou mécanique numérique
- Familier des langages Python et, si possible, C++
- Expérimenté en simulations DEM

Les candidatures (en langue française ou anglaise) sont à envoyer à [jerome.duriez@inrae.fr](mailto:jerome.duriez@inrae.fr) en un seul document .pdf intitulé au format Nom\_Prenom\_AMU.pdf, incluant CV académique avec relevé de notes et une lettre de motivation d'une page indiquant l'adéquation du profil du ou de la candidat(e) avec le projet.

### Publications sur le sujet :

R. Kawamoto, E. Andò, G. Viggiani, J. E. Andrade (2016) Level set discrete element method for three-dimensional computations with triaxial case study, *J. of the Mechanics and Physics of Solids* 91  
J. Duriez, S. Bonelli (2021) Precision and computational costs of Level Set-Discrete Element Method (LS-DEM) with respect to DEM, *Comp. and Geotechnics* 134  
J. Duriez, C. Galusinski (2021) A Level Set-Discrete Element Method in YADE for numerical, micro-scale, geomechanics with refined grain shapes, *Comp. & Geosciences* 157

**Insertions professionnelles possibles après thèse :** publique en tant que chercheur ou enseignant-chercheur en mécanique numérique ; privée en modélisation numérique mécanique ou en tant que data scientist

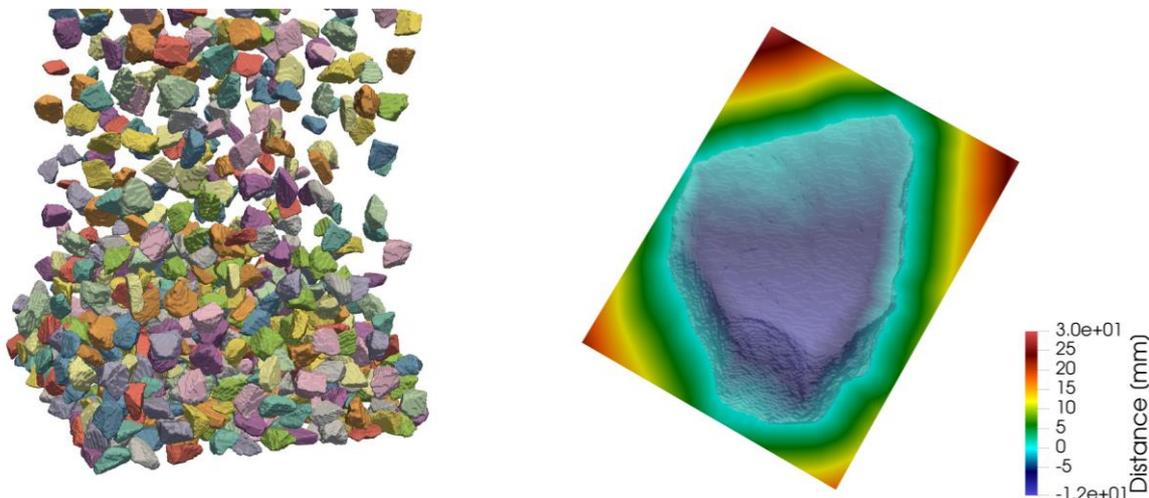


Figure 1: Simulations du déversement d'un matériau granulaire (à gauche) avec le code YADE et une description Level Set de la surface des grains (à droite)