

Bourse de thèse: Ségrégation dans les écoulements granulaires



Financement : Bourse du Ministère de la Recherche

Durée: 3 ans à compter du 1^{er} Octobre 2022

Laboratoire d'accueil: Institut de Physique de Rennes, UMR CNRS 6251, Université de Rennes 1, 35042 Rennes cedex

Encadrement: Alexandre Valance et Renaud Delannay

Qualification requise : Master 2 (ou école d'ingénieur) en physique ou mécanique

Compétences requises : Aptitude pour l'expérimentation et connaissance de base en physique statistique et en physique des milieux désordonnés

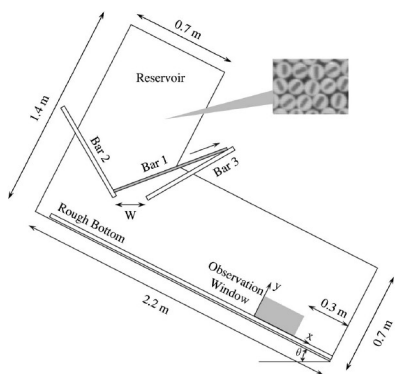
Date limite de candidature : 30 Avril 2022.

Dossier de candidature : CV+ lettre de motivation + Nom d'une ou deux personnes référentes

Contact : alexandre.valance@univ-rennes1.fr, renaud.delannay@univ-rennes1.fr

Problématique scientifique:

Les mélanges granulaires constitués de particules de taille ou de densité différentes ont tendance à se séparer pour former des figures de ségrégation spectaculaires lorsqu'ils sont mis en mouvement. Divers facteurs influencent ces processus de ségrégation dont la gravité, les gradients du taux de cisaillement, de concentration et de température granulaire. Parmi ceux-ci, la ségrégation par gravité a été la plus étudiée. Dans les écoulements gravitaires, les particules les plus grosses tendent à migrer à la surface de l'écoulement tandis que les plus petites « percolent » à travers l'écoulement pour s'accumuler à la base. Les mécanismes dominants dans ce processus de ségrégation ont été clairement identifiés comme étant la combinaison d'un tamisage cinétique et d'un processus d'expulsion par compression. En revanche, la ségrégation engendrée par des gradients de cisaillement ou de température a été beaucoup moins étudiée et reste peu documentée expérimentalement. L'objectif de la thèse est d'étudier expérimentalement les processus de ségrégation dans ce contexte.



A Gauche : Expérience de chute granulaire bi-dimensionnelle d'une longueur utile de 2m [1] ; **A droite :** Table soufflante [2]. Photo qui montre la partie supérieure de la table surmontée d'une cellule de Couette (50cmx50cm) qui cisaille le milieu granulaire constitué de particules cylindriques mises en lévitation grâce un flux d'air passant à travers un milieu poreux.

Description du projet de thèse :

Le projet proposé est essentiellement expérimental et reposera sur l'utilisation de 2 dispositifs complémentaires (illustrés ci-dessus): (i) une chute granulaire bi-dimensionnelle [1] qui devra être adaptée pour l'étude des mélanges et (ii) une table soufflante [2] permettant de produire des écoulements granulaires bidimensionnels en micro-gravité et de générer des processus de ségrégation indépendants de la gravité.

Les mélanges étudiés seront d'abord binaires puis éventuellement ternaires. Ils seront constitués de particules pouvant différer par leur taille ou leur forme et seront cisailés soit par la gravité (chute granulaire), soit par un cisaillement de type Couette (table soufflante). Grâce au caractère 2D de ces écoulements, les figures de ségrégation pourront être analysées par imagerie. Il s'agira de quantifier la cinétique et l'efficacité de la ségrégation en fonction du gradient de température et de la nature et des proportions du mélange. La comparaison des résultats obtenus dans les deux configurations expérimentales (avec et sans gravité) devrait permettre de dégager le rôle joué par la gravité dans les processus de ségrégation.

Par ailleurs, l'équipe dispose d'une forte compétence en simulation numérique des milieux discrets (Discrete Element Method : DEM). Celle-ci pourra être mise à profit pour reproduire numériquement les configurations d'écoulements expérimentales et ainsi s'affranchir des contraintes inhérentes à l'expérience (gamme de paramètres restreints, biais expérimentaux notamment dus au caractère 2D). Un code reproduisant la configuration de chute granulaire a été développé récemment par le post-doctorant Aurélien Neveu [3]. Celui-ci a permis, entre autres, de montrer que de forts gradients de température granulaire peuvent contrecarrer les processus de ségrégation contrôlés par la gravité.

Enfin, nous collaborons sur ce sujet avec Jim Jenkins (Cornell, USA) et Michele Larcher (Bolzano, Italie) qui sont tous les deux experts dans le développement de modèles continus sur les gaz granulaires. Ils ont notamment élaboré une approche basée sur la théorie cinétique qui permet de faire des prédictions sur la ségrégation dans les mélanges granulaires binaires [4,5]. La comparaison entre les résultats expérimentaux et les prédictions théoriques permettra d'évaluer leur pertinence et leur pouvoir de prédiction quantitative.

Bibliographie :

- [1] Weitao Bi, Renaud Delannay, Patrick Richard, and Alexandre Valance, Experimental study of two-dimensional, monodisperse, frictional-collisional granular flows down an inclined chute, 18, 123302 (2006).
- [2] Luc Oger, C. le Annic, D. Bideau, R. Dai, and Stuart B. Savage, Diffusion of Two-Dimensional Particles on an Air Table, Journal of Statistical Physics, Vol. 82. Nos. 3/4 (1996).
- [3] Aurélien Neveu, Michele Larcher, Renaud Delannay, James T. Jenkins and Alexandre Valance, Particle segregation in inclined high-speed granular flows, A paraître dans Journal of Fluid Mechanics (2022).
- [4] Larcher, M. & Jenkins, J. T. ,Segregation and mixture profiles in dense, inclined flows of two types of spheres. Physics of Fluids 25 (11), 113301 (2013).
- [5] Larcher, M. & Jenkins, J. T., The evolution of segregation in dense inclined flows of binary mixtures of spheres. Journal of Fluid Mechanics 782, 405–429 (2015).