

Sujet de thèse

Vitesse de mélange et de ségrégation granulaire

Les milieux granulaires humides sont au cœur de multiples problématiques industrielles. Leur spectre d'application est très ouvert, allant de l'industrie alimentaire à l'industrie pharmaceutique en passant par les matériaux de construction. De fait, les propriétés des matériaux granulaires humides ont déjà reçu beaucoup d'attention. Les procédés concernés impliquent généralement l'obtention d'un matériau homogène. Cependant, lorsque des grains de nature différente sont présents, un phénomène de séparation peut apparaître : la ségrégation. Un des points à éclaircir est notamment l'interaction entre un obstacle, tel une pale ou une tige, et le phénomène de ségrégation lors d'un processus de mélange.

Les processus de mélange dans des fluides newtoniens homogènes sont bien compris. Nous avons récemment étudié la vitesse de mélange de gels pour comprendre l'effet de la contrainte seuil qu'il faut vaincre pour le déformer. Nous proposons de poursuivre dans cette voie en travaillant avec des milieux granulaires dont le comportement est encore plus singulier.

En plus de cette problématique, nous étudierons aussi le cas d'une population mixte de grains. Selon les tailles ou densités des grains, une séparation peut apparaître au cours du mélange en partant d'un milieu homogène. Comment les grains remontent à la surface en fonction de la vitesse de la pale est une question ouverte.

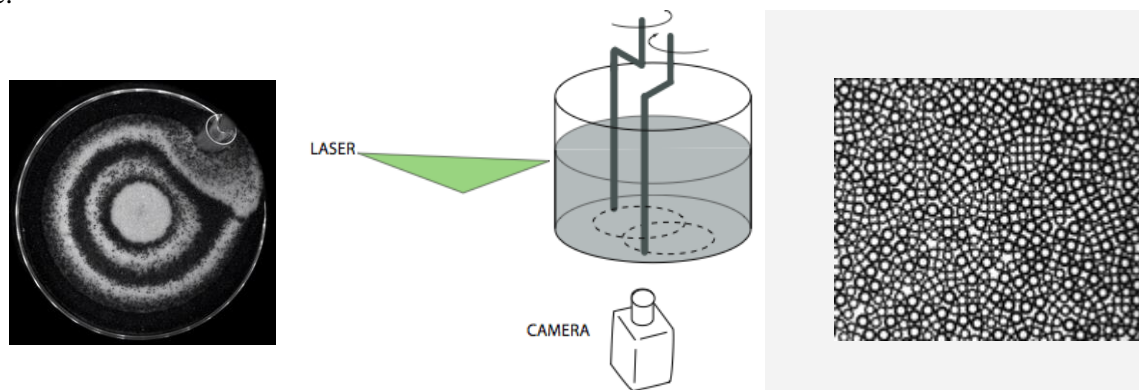


Figure 1 : (gauche) Ségrégation à la surface d'un milieu granulaire au cours de la rotation d'une tige de mélange.(centre) Exemple de système permettant de visualiser l'intérieur d'un milieu granulaire par une technique d'adaptation d'indice optique.(droite) Milieu 2D bidisperse horizontal.

Ce sujet émerge sur plusieurs domaines scientifiques. Tout d'abord il s'inscrit dans la suite de l'effort de compréhension de la vitesse de mélange des fluides non newtoniens. Cependant, les mécanismes à l'origine de la dispersion des grains et de l'homogénéisation du système sont particuliers par rapport à un fluide simple. Leur signature pourra se retrouver dans les motifs de mélange et la vitesse avec laquelle ils s'estompent. Il s'agira donc de quantifier la vitesse de mélange en fonction des paramètres du système. La rhéologie des milieux granulaires à vitesse modérée est bien comprise - $\mu(I)$. Cette rhéologie a été validée aussi pour des milieux bidisperses en définissant un diamètre moyen, il est possible maintenant d'étudier des configurations d'écoulement plus réalistes ainsi que de tester avec des granulométries plus étendues.

D'autre part, l'utilisation d'un milieu polydisperse générera un phénomène de ségrégation. De récentes avancées ont néanmoins quantifié l'amplitude de la force de ségrégation pour de gros objets. Il reste à trouver les lois complètes liant la vitesse de ségrégation à l'agitation du milieu. Un dispositif d'agitation homogène sur la hauteur (Fig. 1 centre) pourra permettre de quantifier ces vitesses de ségrégation en fonction du profil de vitesse et de la composition granulaire du milieu.

Des systèmes - cuve transparente – seront ainsi utilisés pour d'une part mesurer la vitesse de déplacement puis le mélange qui en résulte et enfin de coupler cela à la ségrégation verticale. Les résultats pourraient servir à alimenter des codes de milieu continu et apporter des recommandations précises sur des processus industriels. Les techniques utilisées seront diverses selon la nature de la mesure (caméra rapide, analyse des images, adaptation d'indice optique) et permettront de proposer une modélisation des phénomènes, tout en confrontant les résultats aux modèles les plus récents.

En parallèle, un montage expérimental purement 2D horizontal fait de disques (au laboratoire PMMH, Fig. 1 droite) permettra d'acquérir avec une meilleure résolution temporelle et spatiale le déplacement des grains en s'affranchissant complètement des effets liés au champ de pesanteur.

Ces travaux se feront en constante discussion avec les équipes de Saint-Gobain Recherche confrontés à des problématiques d'homogénéisation de milieux granulaires, par exemple sur les matières premières du verre ou les matériaux de construction.

Nous recherchons un étudiant ayant un goût prononcé pour les expériences, ayant de bonnes connaissances en mécanique des fluides ou granulaire.

Financement : CIFRE (SGR)

Laboratoires :

- SVI - Saint-Gobain Recherche

- PMMH - ESPCI

Encadrants : Pierre Jop (SVI)

Evelyne Kolb (PMMH)

Contacts :

Pierre Jop

+33 1 48 39 57 22

pierre.jop@saint-gobain.com

<http://svi.cnrs.fr/>

Evelyne Kolb

+33 1 40 79 58 04

Evelyne.Kolb@upmc.fr

<https://blog.espci.fr/evelyne/>
