



HAL
open science

Expérimentations et simulations numériques pour quantifier l'influence d'une pâle lors de l'opération de malaxage de milieux granulaires

Julien Lehuen, Jean-Yves Delenne, Abdelkrim Sadoudi, Denis Cassan, Agnès Duri, Thierry Ruiz

► **To cite this version:**

Julien Lehuen, Jean-Yves Delenne, Abdelkrim Sadoudi, Denis Cassan, Agnès Duri, et al.. Expérimentations et simulations numériques pour quantifier l'influence d'une pâle lors de l'opération de malaxage de milieux granulaires. 17ème Congrès de la Société Française de Génie des Procédés, Oct 2019, Nantes, France. hal-02929099

HAL Id: hal-02929099

<https://hal.inrae.fr/hal-02929099v1>

Submitted on 3 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Expérimentations et simulations numériques pour quantifier l'influence d'une pôle lors de l'opération de malaxage de milieux granulaires

Julien LEHUEN^{1,2}, Jean-Yves DELENNE¹, Abdelkrim SADOUDI¹, Denis CASSAN, Agnès DUR¹ et Thierry RUIZ²

¹ UMR IATE, CIRAD/INRA/Montpellier SupAgro/Université de Montpellier, France

² UMR QualiSud, CIRAD/Université de Montpellier, France

³ Département, Institution, Pays

1 UMR IATE 1208 CIRAD/INRA/

julien.lehuen@supagro.fr

RESUME

1. Introduction

L'étude de la transmission des contraintes et des typologies de mouvements dans un lit de poudre dans des conditions de faible cisaillement constitue un défi pour contrôler les procédés impliquant la mobilité des particules, tels que le malaxage ou encore l'agglomération (Fig. 1 a) [1]. Ce travail porte sur la quantification de la capacité d'un intrudeur à transmettre la mobilité des particules dans un lit granulaire [2]. L'approche suivie repose sur l'analyse conjointe d'une expérimentation spécifique et le développement de codes de calcul DEM (Discrete Element Method) [3]. L'expérience développée permet (i) de visualiser la mobilité des particules au voisinage d'un intrudeur et (ii) de mesurer la force de traînée perçue lors de son mouvement dans le milieu granulaire ensilé. Afin d'identifier la propagation des efforts dans le lit de particules, expérimentations et simulations numériques sont comparées pour différentes vitesses de l'intrudeur.

2. Méthodes

Dispositif expérimental. Le montage expérimental (Fig. 1 b) comprend une cellule semi-ouverte constituée de parois transparentes permettant l'emploi d'une caméra à images rapides puis dont les analyses par analyse PIV (Particle Image Velocimetry) fournissent le champ de déplacement des particules (billes de verre de 1-2 mm de diamètre) au voisinage de l'intrudeur (Fig. 1 c). L'intrudeur en acier est relié à un capteur de force. Il est inséré dans la cellule puis le lit de particules est mis en place. L'intrudeur est ensuite retiré du milieu granulaire par un mouvement vertical ascendant. La force de traînée et le champ de vitesses induits sont alors mesurés.

Simulation numérique. Un code en c++ a été spécifiquement développé pour calculer les déplacements et l'évolution du réseau de forces intergranulaires (forces normales, tangentielles et moments) au sein du milieu ensilé (Fig. 1d). L'utilisation d'un « coarse graining » permet d'accéder au champ de contraintes. Une méthode originale de « double grille » est développée afin d'augmenter la précision des calculs et de calculer le champ de compacité. Ces trois codes, autorisent l'exploration de tous les contacts entre les particules à chaque instant fournissant une visualisation de l'influence de l'intrudeur sur la microstructure.

3. Résultats et discussion

Les mesures de force et des champs de déplacement des particules permettent d'identifier différentes typologies de mobilités (compactage, chargement/rupture des chaînes de forces, effondrements latéraux, avalanches, etc.). Les résultats expérimentaux sont comparés aux simulations de DEM qui renseignent sur l'évolution microstructurale du milieu (compacité, durée de vie des contacts, shear-banding (Fig. 1 e)...). Les fluctuations de la contrainte sur l'intrudeur sont cycliques et correspondent aux chargements et ruptures des chaînes de forces dans la zone de particules influencées. Leur dépendance en fonction des conditions opératoires est explicitée. L'analyse des corrélations spatio-temporelles du champs de vitesse permet de définir la portée de l'intrudeur comme une longueur caractéristique liée au développement de gradients de mobilités.

4. Conclusion

Les observations expérimentales couplées aux simulations de DEM permettent d'accéder au comportement du milieu granulaire à l'échelle du réacteur et à l'échelle de sa microstructure. L'analyse de l'évolution du réseau de forces intergranulaires permet de définir des longueurs et temps caractéristiques à partir de nombres dimensionnels. Ces paramètres peuvent ensuite être utilisés pour optimiser la conduite d'un procédé impliquant la mobilité des particules induite par un apport d'énergie mécanique externe telle qu'un intrudeur.

MOTS-CLES DU THEME

Malaxage, poudre, simulation numérique.

MOTS CLES DU THEME CHOISI

Procédés et milieux complexes, Modélisation et simulation, Optimisation et contrôle des procédés

MOTS-CLES LIBRES

Milieux granulaires, shear-banding, pâle, DEM, rhéophysique

FIGURES

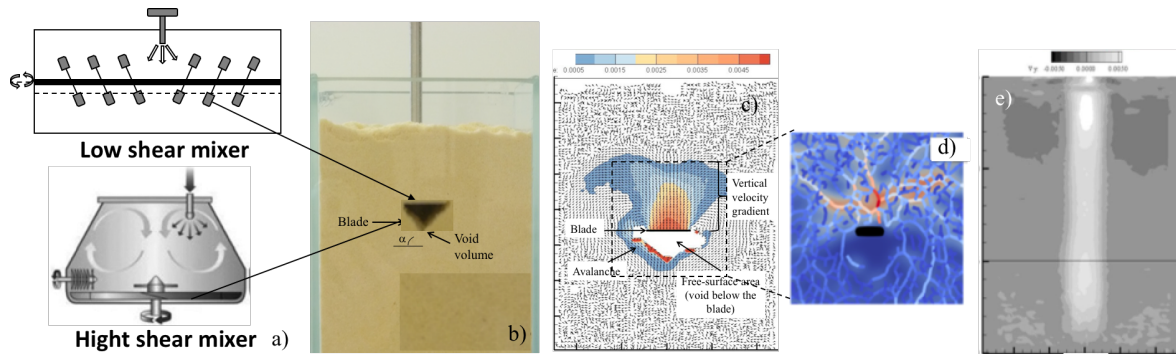


Fig. 1. (a) Des réacteurs (b) au dispositif expérimental pour identifier (c) les mobilités des particules par PIV et (d) le réseau de force par simulation DEM autour de l'intrudeur avec (e) visualisation du shear-banding.

RÉFÉRENCES

- [1] Conway, S.L., Lekhal, A. and Glasser, B.J. (2005) Granular flow and segregation in a four-bladed mixer, *Chemical Engineering Science*, *Chemical Engineering Science* 60:7091-7107.
- [2] Ding, Y., Gravish, D.I., Goldman, D.I. (2011) Drag Induced Lift in Granular Media, *Physical Review Letters* 106:028001.
- [3] Chandratilleke, G.R., Dong, K.J. and Shen, Y.S. (2018) DEM study of the effect of blade-support spokes on mixing performance in a ribbon mixer, *Powder Technology* 326:123-136.