

Impact sur une suspension granulaire dense : rôle clé du couplage entre dilatance de Reynolds et pression de pore.

J. John Soundar Jerome¹ & Y. Forterre²

¹ Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Équilibre, CNRS UMR-7342, Aix-Marseille Université, Marseille

² Institut Universitaires des Systèmes Thermiques et Industriels, CNRS UMR-7343, Aix-Marseille Université, Marseille

joseph@irphe.univ-mrs.fr

L'impact d'un objet solide sur un milieu granulaire a fait l'objet de nombreuses études ces dix dernières années, motivées par la question de la rhéologie de ce matériau intermédiaire entre solide-liquide et par les applications en astrophysique et balistique[1]. Une phénoménologie très riche est observée selon les situations, de la formation d'une *couronne d'éjecta* et de *cratères permanents* dans les milieux granulaires secs à la génération d'un *jet granulaire* dans les poudres fines dans l'air. Bien que ces études aient mis en évidence l'importance de l'air ou de la fraction volumique, la question des paramètres et des mécanismes physiques responsables de cette grande variété de comportement n'est pas encore bien élucidée. Récemment, des études d'impact sur des suspensions rhéo-épaississantes (maïzena) ont montré un comportement encore différent, avec une *solidification* ou la *formation de fracture* lors de l'impact[2,3]. Une question importante est dans quelle mesure ces observations sont génériques ou liées au caractère rhéo-épaississant de la suspension.

Pour mieux comprendre l'origine physique de ces phénomènes et tenter d'unifier les observations, nous avons choisi d'étudier l'impact d'une sphère rigide dans une suspension granulaire modèle composée de billes macroscopiques plongées dans un fluide visqueux. Deux comportements très différents sont observés selon la fraction volumique initiale de l'empilement : (i) pour un empilement initialement lâche, la sphère coule dans la suspension comme dans un liquide, et l'on observe la formation d'un jet analogue à celui observé dans les poudres dans l'air, (ii) pour un empilement initialement dense, la sphère est stoppée dès qu'elle touche la suspension comme si elle heurtait un solide. En mesurant la pression du liquide interstitiel entre les grains lors de l'impact (*pression de pore*), nous montrons que cette transition entre un comportement "liquide" et "solide" provient du couplage entre la dilatance du milieu (dilatance de Reynolds) et la pression de pore, lors de l'impact. Un milieu dense se dilate quand il se déforme, ce qui génère une pression de pore négative qui rigidifie transitoirement le squelette granulaire. À l'inverse, un milieu lâche se contracte en se déformant, ce qui génère une pression de pore positive qui supprime les contacts entre grains et liquéfie le milieu. Un modèle diphasique couplant la dilatance de Reynolds et la loi de Darcy permet de modéliser ce mécanisme et prédit des lois d'échelle pour la pression de pore et la pénétration de l'objet dans le milieu en accord avec les mesures expérimentales. Ces résultats montrent que des effets de type rhéo-épaississant peuvent apparaître transitoirement dans les suspensions granulaires en raison de couplage solide/fluide, et non de la rhéologie intrinsèque du milieu[4].

Références

1. J. C. Ruiz-Suárez, "Penetration of projectiles into granular targets," *Reports on Progress in Physics*, vol. 76, no. 6, p. 066601, 2013 and references therein.
2. S. R. Waitukaitis and H. M. Jaeger, "Impact-activated solidification of dense suspensions via dynamic jamming fronts," *Nature*, vol. 487, p. 205–209, 2012.
3. M. Roché, E. Myftiu, M. C. Johnston, P. Kim, and H. A. Stone, "Dynamic fracture of nonglassy suspensions," *Physical Review Letters*, vol. 110, no. 14, p. 148304, 2013.
4. Y. Forterre, J. John Soundar Jerome, and N. Vandenberghe, "Impact in dense granular suspensions : crucial role of dilatancy and pore pressure feedback," *Bulletin of the American Physical Society*, vol. 58, 2013.