

Flambage d'une tige dans un milieu granulaire

Antoine Seguin & Philippe Gondret

Laboratoire FAST, Univ. Paris-Sud, CNRS, Université Paris-Saclay, F-91405, Orsay, France
 antoine.seguin@u-psud.fr, philippe.gondret@u-psud.fr

Les milieux granulaires ont des comportements complexes provenant notamment des non-linéarités et de la dissipation au niveau des contacts entre les grains. Le mouvement d'objets à travers les milieux granulaires est important à comprendre dans plusieurs domaines : la géophysique s'intéresse par exemple aux cratères d'impacts sur les planètes et astéroïdes [1,2,3], tandis que la biophysique se préoccupe de la locomotion animale sur ou dans le sable ou encore du développement racinaire dans le sol [4,5]. Après avoir étudié le mouvement d'objets isotropes, tels des sphères ou des disques, à travers des empilements de grains [6,7,8,9,10], nous nous intéressons maintenant au mouvement d'une structure mince et de la possibilité de son flambement. Lorsqu'une tige pénètre verticalement dans un empilement granulaire, elle peut flamber à une certaine profondeur d'enfoncement à condition que l'étreinte ne soit pas suffisante pour empêcher ce phénomène [11]. La profondeur critique atteinte par la tige au moment du flambement évolue en fonction de la longueur L de la tige, avec deux régimes possible en $1/L$ ou $1/L^2$. Ces deux régimes résultent des deux termes de force qui interviennent sur la tige en pénétration : une force de pression en bout de tige qui augmente linéairement avec la profondeur, et une force frictionnelle sur son pourtour qui augmente quadratiquement avec la profondeur. Nous proposons une limite d'apparition du flambage dans un diagramme de deux paramètres sans dimensions, le rapport d'aspect de la tige et le rapport de rigidité de la tige par rapport à l'empilement granulaire.

Références

1. A. Seguin, Y. Bertho & P. Gondret, Influence of confinement on granular penetration by impact, *Phys. Rev. E* **78**, 010301 (2008)
2. A. Seguin, Y. Bertho, P. Gondret & J. Crassous, Sphere penetration by impact in a granular medium : A collisional process, *Europhys. Lett.* **88**, 44002 (2009)
3. S. Deboeuf, P. Gondret & M. Rabaud, Dynamics of grain ejection by sphere impact on a granular bed, *Phys. Rev. E* **79**, 041306 (2009)
4. E. Kolb, C. Hartmann & P. Genet, Radial force development during root growth measured by photoelasticity, *Plant Soil* **360**, 19 (2012).
5. N. Algarra, P.G. Karagiannopoulos, A. Lazarus, D. Vandembroucq & E. Kolb, Bending transition in the penetration of a flexible intruder in a two-dimensional dense granular medium, *Phys. Rev. E* **97**, 022901 (2018).
6. A. Seguin, Y. Bertho, P. Gondret & J. Crassous, Dense Granular Flow around a Penetrating Object : Experiment and Hydrodynamic Model, *Phys. Rev. Lett.* **107**, 048001 (2011)
7. A. Seguin, F. Martinez, Y. Bertho, J. Crassous & P. Gondret, Experimental velocity fields and forces for a cylinder penetrating into a granular medium, *Phys. Rev. E* **87**, 012201 (2013)
8. A. Seguin, C. Coulais, F. Martinez, Y. Bertho, & P. Gondret, Local rheological measurements in the granular flow around an intruder, *Phys. Rev. E* **93**, 012904 (2016)
9. A. Seguin, A. Lefebvre-Lepot, S. Faure & P. Gondret, Clustering and flow around a sphere moving into a grain cloud, *Eur. Phys. J. E* **39**, 63 (2016)
10. A. Seguin & P. Gondret, "Drag force in a cold or hot granular medium," *Phys. Rev. E* **96**, 032905 (2017)
11. A. Seguin & P. Gondret, Buckling of a rod penetrating into granular media, *Phys. Rev. E* **98**, 012906 (2018).