

Influence de vibrations mécaniques sur la friction granulaire

Valérie Vidal, Henri Lastakowski & Jean-Christophe Géminard

Laboratoire de Physique, École Normale Supérieure de Lyon, Université de Lyon – CNRS,
46 Allée d'Italie, 69364 Lyon cedex 07, France
valerie.vidal@ens-lyon.fr

Le déclenchement d'évènements à grande échelle par des vibrations est un phénomène qui se rencontre dans de nombreuses situations, de l'utilisation d'une saïère au déblocage des silos, en passant par le déclenchement dynamique des tremblements de terre [1,2,3]. Un système modèle pour étudier les caractéristiques de la friction granulaire consiste en un patin attaché à un ressort, ce dernier étant tiré à vitesse constante sur un lit de grains. À basse vitesse de traction ($V < V_c$), le patin a un mouvement dit de *stick-slip*, présentant une alternance de phases de repos (*stick*) et de mouvement (*slip*). À haute vitesse de traction ($V > V_c$), le patin glisse continûment sur le lit granulaire. Des travaux précédents ont montré qu'à basse vitesse, l'application de perturbations mécaniques au système pouvait provoquer la transition entre stick-slip et glissement continu. Ces études, essentiellement basées sur des modèles numériques, ont proposé l'accélération des vibrations imposées comme paramètre gouvernant la transition, avec une accélération critique de l'ordre de l'accélération gravitationnelle [4,5].

Nous avons étudié expérimentalement l'influence de vibrations mécaniques sur la friction granulaire. Le système est composé d'un patin et d'une lame-ressort, cette dernière étant tractée à vitesse V sur une couche de grains dont les propriétés (taille moyenne, polydispersité, forme, matériau) ont été variées. La vitesse est choisie telle que, sans vibration, le patin ait un mouvement de stick-slip ($V < V_c$). On applique ensuite des vibrations mécaniques horizontales, transverses au mouvement du patin, au lit granulaire. L'amplitude A et la fréquence ω des vibrations est mesurée in-situ, à la base de la couche de grains, par des accéléromètres placés sous la trajectoire du patin. Lorsque l'amplitude A ou la fréquence ω des vibrations augmente, l'amplitude du stick-slip diminue, jusqu'à ce que le système transite vers un mouvement de glissement continu. Il est intéressant de noter que les coefficients de friction statique et dynamique diminuent tous les deux. Contrairement aux résultats de travaux précédents, nous montrons que ce n'est pas l'accélération $A\omega^2$ des vibrations imposées qui gouverne les propriétés frictionnelles, mais la vitesse $A\omega$ [6]. La vitesse critique pour laquelle le système transite vers un glissement continu est très faible, de l'ordre de 100 $\mu\text{m/s}$, et semble indépendante des propriétés des grains utilisés. Lorsque le système est statiquement chargé, l'accélération typique des vibrations qui déclenchent le glissement est bien plus faible que l'accélération gravitationnelle. Ces résultats pourraient permettre de comprendre le déclenchement dynamique de tremblements de terre par de très faibles vibrations du sol [3].

Références

1. A. JANDA, D. MAZA, A. GARCIMARTÍN, E. KOLB, J. LANUZA & E. CLÉMENT, Unjamming a granular hopper by vibration, *Europhysics Lett.* **87**, 24002 (2009).
2. P. A. JOHNSON & X. JIA, Nonlinear dynamics, granular media and dynamic earthquake triggering, *Nature* **437**, 871–874 (2005).
3. J. GOMBERG, P. REASENBERG, P. BODIN & R. HARRIS, Earthquake triggering by seismic waves following the Landers and Hector Mine earthquakes, *Nature* **411**, 462–466 (2001).
4. A. L. SELLERIO, D. MARI, G. GREMAUD & G. D'ANNA, Glass transition associated with the jamming of vibrated granular matter, *Phys. Rev. E* **83**, 021301 (2011).
5. M. PICA CIAMARRA, A. CONIGLIO, D. DE MARTINO & M. NICODEMI, Shear-and vibration-induced order-disorder transitions in granular media, *Eur. Phys. J. E* **24**, 411–415 (2007).
6. H. LASTAKOWSKI, J.-C. GÉMINARD & V. VIDAL, Granular friction : Triggering large events with small vibrations, *Sci. Rep.* **5**, 13455 (2015).