

Étude expérimentale de la friction granulaire en présence de vibrations mécaniques

Henri Lastakowski, Victor Bertrand, Marc Moulin, Jean-Christophe Géminard & Valérie Vidal

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

L'étude du mouvement d'un patin entraîné à la surface d'une couche de grains par l'intermédiaire d'un ressort est un moyen expérimental de caractériser les propriétés d'écoulement de la matière granulaire. Pour un matériau granulaire sec on observe, pour des vitesses v modérées, un mouvement périodique dit de *stick-slip* : le patin reste immobile (*'stick'*) tant que la force tangentielle F reste inférieure à une force seuil F_s . Il présente ensuite une phase de glissement (*'slip'*) dissipative durant laquelle la force de friction dynamique F_d est pratiquement constante. La force nécessaire pour atteindre le seuil d'écoulement est supérieure à la force requise pour maintenir le mouvement, i.e. $F_s > F_d$. On définit l'amplitude du stick-slip par $\Delta F = 2(F_s - F_d)$. Lorsque v augmente, le stick-slip devient irrégulier et ΔF décroît, jusqu'à atteindre un régime de glissement continu du patin pour lequel $F_s = F_d$ [?,?]. Des travaux théoriques et numériques ont montré que l'on pouvait retrouver cette transition à partir d'un régime de stick-slip en imposant au système des vibrations mécaniques, que ce soit dans le cas du frottement entre deux surfaces solides [?] ou entre un solide et un matériau granulaire [?,?,?,?]. Dans ce dernier cas, on observe non seulement une diminution de la force tangentielle lorsque l'amplitude de vibration augmente [?], mais aussi une transition ordre/désordre dans l'empilement de grains [?,?,?].

Nous présentons ici l'étude expérimentale de la dynamique d'un patin tiré par une lame-ressort (elle-même entraînée à vitesse v) en surface d'un milieu granulaire sec, en présence de vibrations mécaniques. Ces dernières sont appliquées au lit de grains par l'intermédiaire d'un vibreur fixé sur le bâti de l'expérience, vibrant dans la direction horizontale perpendiculaire au mouvement du patin (amplitude A , pulsation ω). On réalise différentes séries d'expériences à (v, ω) fixées, en faisant varier l'amplitude de vibration A . On montre que la force de friction dynamique, F_d , décroît linéairement en fonction de l'accélération réduite, $\Gamma = A\omega^2/g$, où g est l'accélération de la gravité, sans discontinuité lors de la transition stick-slip/glissement continu. En revanche, l'amplitude du stick-slip ΔF décroît rapidement et s'annule pour une valeur finie de Γ , indépendante de la vitesse v et dépendant linéairement de la fréquence ω des vibrations, le patin glissant continûment à la surface des grains pour les grandes amplitudes de vibration.

Références

1. S. NASUNO, A. KUDROLLI & J. P. GOLLUB, Friction in granular layers : hysteresis and precursors, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 949-952 (1997).
2. S. NASUNO, A. KUDROLLI, A. BAK & J. P. GOLLUB, Time-resolved studies of stick-slip friction in sheared granular layers, *Phys. Rev. E* **58**, 2161-2171 (1998).
3. F. GIACCO, E. LIPPIELLO & M. PICA CIAMARRA, Solid-on-solid single-block dynamics under mechanical vibration, *Phys. Rev. E* **86**, 016110 (2012).
4. 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).
5. R. CAPOZZA, A. VANOSSI, A. VEZZANI & S. ZAPPERI, Suppression of friction by mechanical vibrations, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 085502 (2009).
6. 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).
7. M. MELHUS & I. S. ARANSON, Effect of vibration on solid-to-liquid transition in small granular systems under shear, *Gran. Matt.* **14**, 151-156 (2012).