

Friction granulaire en présence de vibrations mécaniques

Henri Lastakowski, 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 sonder les propriétés rhéologiques de la matière granulaire. Pour un matériau granulaire sec, on observe à des vitesses de traction v modérées un mouvement dit de 'stick-slip' : le patin suit une alternance de phases d'arrêt ('stick') tant que la force de traction est plus petite qu'une force seuil F_s et de phases de glissement ('slip') dissipatives durant laquelle la force de frottement F_d est presque constante.

On définit l'amplitude du 'stick-slip' par $\Delta F = 2(F_s - F_d)$. Lorsqu'on augmente la vitesse v de traction, le 'stick-slip' devient irrégulier et ΔF décroît en amplitude jusqu'à atteindre un régime de glissement continu du patin pour lequel $F_s = F_d$ [1,2]. Des travaux théoriques et numériques ont montré que l'on pouvait retrouver cette transition en imposant des vibrations mécaniques au système. Dans ce cas, on observe non seulement une diminution de la force tangentielle avec l'augmentation de l'amplitude de vibration [3], mais aussi une transition ordre/désordre dans l'empilement de grains [4,5,6].

Nous présentons ici l'étude expérimentale de la dynamique d'un patin entraîné par l'intermédiaire d'une lame-ressort (elle-même entraînée à vitesse v) à la surface d'un milieu granulaire sec, en présence de vibrations mécaniques sinusoïdales orientées dans la direction horizontale perpendiculaire au glissement (amplitude A , pulsation ω). Nous avons constaté qu'en augmentant l'amplitude des vibrations, la friction moyenne décroît continûment et s'accompagne d'une diminution de ΔF jusqu'à une disparition complète du 'stick-slip' à des amplitudes de vibration bien plus basses que celles attendues. Une étude de ce comportement à diverses fréquences de vibration fait apparaître que le paramètre pertinent décrivant la transition 'stick-slip'/glissement continu est la vitesse des vibrations mécaniques $A\omega$: dès lors que $A\omega$ dépasse une valeur critique de l'ordre de $100 \mu\text{m/s}$, le 'stick-slip' disparaît, indépendamment de tous les paramètres expérimentaux explorés (vitesse de traction, fréquence de vibration, taille et nature des grains, etc.). Cette très faible valeur du seuil en vitesse de vibration n'est pas encore bien comprise. Nous l'interprétons comme une compétition entre le vieillissement du lit de grains et son rajeunissement imposé par des vibrations mécaniques.

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. R. CAPOZZA, A. VANOSSI, A. VEZZANI & S. ZAPPERI, Suppression of friction by mechanical vibrations, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 085502 (2009).
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. 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).
6. 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).