

# Instabilités de surface générées par le passage d'un patin sur un lit granulaire

Antoine Dop<sup>1</sup>, Valérie Vidal<sup>1</sup>, Nicolas Taberlet<sup>1,2</sup>

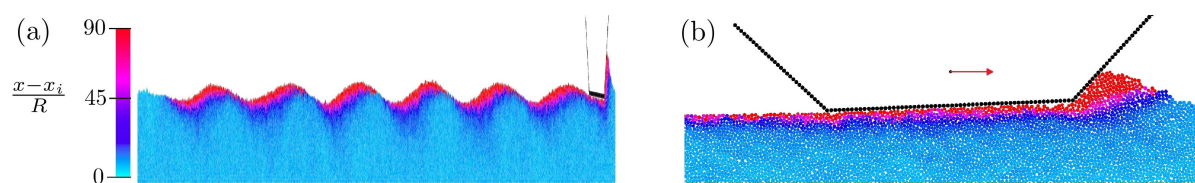
<sup>1</sup> Université de Lyon, ENS de Lyon, Laboratoire de Physique, 46 allée d'Italie, F-69007 Lyon, France

<sup>2</sup> Université Claude Bernard Lyon 1, Université de Lyon, 43 boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne cedex

dop.antoine@ens-lyon.fr

L'étude des matériaux granulaires sous cisaillement permet de comprendre le comportement de systèmes variés dans les domaines de la matière molle, de la géophysique ou encore de certains procédés industriels. Cependant, malgré plusieurs décennies d'études sur le sujet, le lien entre les propriétés microscopiques du système et la formation de motifs macroscopiques [1] n'est pas entièrement compris. D'une part, la traction d'un système masse-ressort à la surface d'un lit granulaire sec conduit à l'apparition de trois régimes différents [2]. D'autre part, la formation d'ondulations de surface a été observée lorsqu'un objet est déplacé à vitesse constante et de manière répétée sur la surface d'un empilement granulaire ; cet effet est appelé instabilité de tôle ondulée ou *washboard instability* [3].

Cette étude vise à unifier ces deux points de vue à différentes échelles caractéristiques et comprendre la formation d'ondulations de surface lors du passage unique d'un patin sur un lit granulaire en faisant le lien avec le comportement de l'empilement à l'échelle du grain et du contact entre grains. On cherche à caractériser cette instabilité de surface en fonction des différents paramètres du problème, par des méthodes numériques et expérimentales. L'approche numérique par la méthode des éléments discrets permet de mettre clairement en évidence cette instabilité de surface dans une géométrie 2D (Figure 1) et de la caractériser. En complément des simulations, un dispositif expérimental permet de tractier un patin à la surface d'un lit granulaire dans une géométrie 3D. Une cuve rectangulaire ( $50 \times 15 \times 4$  cm) est remplie de billes de verre ou de céramique. Après avoir lissé la surface des grains, un patin est déposé et tracté par un chariot se déplaçant à vitesse constante  $V$  et relié au patin par l'intermédiaire d'une lame métallique agissant comme un ressort (raideur  $k$ ). La force exercée sur le patin, la topographie dans son sillage ainsi que la position du patin sont enregistrées au cours du mouvement.



**Figure 1.** (a) Formation d'ondulations de surface après avoir tracté un patin à la surface d'un lit granulaire (simulations numériques 2D). Les grains sont colorés en fonction de leur déplacement horizontal total normalisé  $\frac{x-x_i}{R}$  avec  $R$  le rayon moyen d'un grain. L'image est compressée 20 fois dans la direction horizontale. (b) Zoom sur le patin au cours du mouvement. La force de traction est représentée en rouge.

## Références

1. ARANSON, IGOR S. & TSMIRING, LEV S., Patterns and collective behavior in granular media : Theoretical concepts, *Rev. Mod. Phys.*, **78**, 2, 641–692 (2006).
2. S. NASUNO, A. KUDROLLI, A. BAK & J. P. GOLLUB, Time-resolved studies of stick-slip friction in sheared granular layers, *Physical Review E.*, **58**, 2, 2161–2171 (1998).
3. TABERLET, N., MORRIS, S. W. & MCELWAIN, JIM N., Washboard Road : The Dynamics of Granular Ripples Formed by Rolling Wheels, *Phys. Rev. Lett.*, **99**, 6, 068003 (2007).