
Contrôle magnétique de l'Effet Janssen

Solenn Rodriguez^{*1}, Nicolas Taberlet¹, Stéphane Santucci¹, Mickaël Bourgoïn¹, Louison Thorens², and Knut Jørgen Måløy³

¹Laboratoire de Physique de l'ENS Lyon – Ecole Normale Supérieure de Lyon, Université de Lyon, CNRS – France

²Institute for Mechanobiology, Department of Bioengineering, College of Engineering, Northeastern University; Boston, MA – États-Unis

³PoreLab, University of Oslo (Porelab) – Norvège

Résumé

Lorsqu'un milieu granulaire est confiné, la pression à la base de l'empilement sature : les parois supportent alors une partie du poids du milieu. Ce phénomène, appelé *effet Janssen* (1), est dû aux interactions frictionnelles entre les grains et les parois.

Nous revisitons cet effet en utilisant des grains ferromagnétiques. En présence d'un champ magnétique, ces grains subissent des interactions magnétiques anisotropes. Nous développons différents dispositifs expérimentaux ainsi que des simulations DEM, en 2D et en 3D, afin d'étudier l'impact de ces interactions magnétiques sur l'effet Janssen, et de manière plus générale sur la mécanique de tels empilements granulaires.

Nous mettons en évidence que, lorsque le champ magnétique est aligné avec l'axe du tube, l'effet Janssen est renforcé par rapport au cas sans champ. De plus, au-delà d'un champ critique ou d'une masse critique de grains, la masse apparente de la colonne devient nulle, la rendant indétectable par la balance (2). Nous avons également étudié l'influence de la proportion de grains magnétiques dans le milieu : la pression à la base de l'empilement ne diminue que lorsque la fraction de grains magnétiques dépasse un seuil correspondant à la percolation de clusters magnétiques (3).

Ainsi, en modulant le champ magnétique et la proportion de grains magnétiques, nous disposons d'un moyen externe de contrôler la distribution des contraintes au sein d'un milieu granulaire, et donc d'en modifier le comportement mécanique en espace confiné.

(1) Janssen, H. A., Investigations of pressure of grain in silo, Vereins Eutscher Ingenieure Zeitschrift ,39,1045-1049 (1895)

(2) L. Thorens, K.J. Måløy, M. Bourgoïn, S. Santucci, Magnetic Janssen effect, Nature Comm., 12, 2486 (2021)

(3) L. Thorens, S. Rodriguez, N. Taberlet, M. Bourgoïn, K.J. Måløy, S. Santucci, Hybrid Magnetic Janssen Effect Arising from Percolating Ferromagnetic Grain Networks, soumis 2026

*Intervenant