

Effondrement d'une coque cylindrique remplie de grains

E. Clément¹, G. Gutierrez^{1,2}, C. Colonnello², J.R. Darias², P. Boltenhagen^{1,3}, R. Peralta-Fabi^{1,4} & F. Brau⁵

¹ PMMH, ESPCI, UMR CNRS 7636 and Université Paris 6 & Paris 7, 75005 Paris, France

² Departamento de Física, Universidad Simón Bolívar, Apdo. 89000, Caracas 1080-A, Venezuela

³ Université Rennes 1, Institut de Physique de Rennes (UMR UR1-CNRS 6251), Bat. 11A, Campus de Beaulieu, F-35042 Rennes, France

⁴ Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México D.F., México

⁵ Nonlinear Physical Chemistry Unit, Université Libre de Bruxelles (ULB), CP231, 1050 Brussels, Belgium
eric.clement@upmc.fr

Les silos, comme moyens de stockage des matériaux pulvérulents, sont omniprésents dans les campagnes (stockage des céréales) et aussi dans le monde industriel. Pour ces constructions mécaniques les deux phénomènes les plus dangereux et à l'origine de graves accidents, sont l'incendie et l'explosion. Mais de surcroît, un nombre plus faible mais conséquent d'accidents sont d'origine structurelle (effondrement lors de la décharge). Du fait des forces de friction, les parois supportent une partie non négligeable du poids des grains. Au repos, on a essentiellement une structure cylindrique rigide, stabilisée par les efforts perpendiculaires. En revanche, lors de la décharge, la structure est soumise à un effort cisailant intense et à des fluctuations de pressions latérales dues à la taille finie des grains. Le matériau granulaire en écoulement perd de la rigidité et les contraintes de cisaillement peuvent provoquer le flambement de la structure conduisant ainsi à un effondrement.

Nous avons mis en place un travail expérimental permettant d'identifier les conditions d'effondrement d'un coque cylindriques de rayon R et l'épaisseur t induit par la décharge d'un volume de grains. Nous avons mesuré la hauteur de remplissage critique pour laquelle la structure s'effondre. Nous observons que les silos supportent des hauteurs de remplissage significativement au delà d'une estimation simple obtenue par des théories standards reliant la mécanique des coques minces et celle des milieux granulaires. Deux effets contribuent à stabiliser la structure : (i) au-dessous de la hauteur de remplissage critique, une stabilisation dynamique en raison de la friction aux parois empêche les modes locaux d'instabilité de coque de grandir irréversiblement ; (ii) au-dessus de la hauteur de remplissage critique, l'apparition d'une déformation fatale menant à la rupture, arrive avant qu'apparaisse le mouvement vers le bas de l'ensemble de la colonne granulaire[1]. Nous remarquons aussi que la hauteur de remplissage critique est réduite quand la taille de grain, d augmente. L'influence de la taille finie des grains est contrôlée par le rapport d/\sqrt{Rt} . Nous rationalisons ces effets d'antagonistes avec une nouvelle théorie d'interaction fluide/structure dont les résultats sont comparés avec les mesures expérimentales[2].

Références

1. C. Colonnello, L. I. Reyes, E. Clément and G. Gutiérrez, *Physica A* **398**, 35 (2014).
2. G. Gutierrez, C. Colonnello, P. Boltenhagen, J. R. Darias, R. Peralta-Fabi, F. Brau, E. Clément, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 018001 (2015).