

Forces experienced by the walls of a granular lid-driven cavity

F. Kneib^a, T. Faug^b, F. Dufour^c, M. Naaim^d

a. Irstea UR ETGR, Univ. Grenoble Alpes (UGA), francois.kneib@irstea.fr

b. Irstea UR ETGR, Univ. Grenoble Alpes (UGA), The University of Sydney, thierry.faug@irstea.fr

c. 3SR/CNRS, Univ. Grenoble Alpes (UGA), frederic.dufour@3sr-grenoble.fr

d. Irstea UR ETGR, Univ. Grenoble Alpes (UGA), mohamed.naaim@irstea.fr

Résumé :

Les écoulements granulaires sur plan incliné et impactant un mur ont été étudiés en détail les années passées (voir [1]). Les écoulements stationnaire et transitoire ont été analysés à travers des simulations aux éléments discrets et des expérimentations de laboratoire, et comparés à des solutions analytiques. Le rôle crucial de la co-existence entre une zone morte quasistatique, composée de grains bloqués en amont du mur, et une zone plus inertielle, composée de grains qui s'écoulent par-dessus la zone morte, a été mis en évidence.

Jusqu'à présent l'effort de recherche a été principalement axé sur la force exercée sur le mur moyennée dans le temps, laissant en suspens la question de la force instantanée qui présente systématiquement de fortes fluctuations temporelles. La coexistence d'une zone inertielle qui surplombe une zone morte est probablement à l'origine de ces fortes fluctuations. Comme l'obstacle n'est en contact qu'avec la zone morte, c'est cette dernière qui assure la transmission de force –et ses fluctuations– sous diverses conditions qui dépendent de l'écoulement granulaire inertiel.

Nous avons réalisé des simulations par la méthode des éléments discrets d'une cavité granulaire entraînée dont le but est d'imiter l'interaction entre un écoulement à surface libre et un mur afin de mieux comprendre les mécanismes de transmission de force et les fluctuations temporelles. Un échantillon de grains à échelle réduite est enfermé entre un mur inférieur rugueux, un mur supérieur rugueux de longueur infinie et deux murs latéraux orthogonaux au cisaillement. Le mur supérieur cisaille l'échantillon à vitesse constante horizontale tout en appliquant une pression verticale constante. On mesure la force exercée sur le mur latéral qui fait face au cisaillement. Lorsque l'état stationnaire est atteint, la force moyenne est étudiée en fonction des paramètres suivants : la vitesse de cisaillement du mur supérieur, la pression de confinement exercée par le mur supérieur et la longueur de la cavité.

Différents régimes ont été mis en évidence en fonction du facteur de forme de la cavité et du nombre inertiel macroscopique. Compte-tenu des travaux précédents dans le domaine des milieux granulaires appliqués à d'autres systèmes (voir [1] et [2]), la transmission de force moyennée dans le temps a été analysée et une étude préliminaire sur les fluctuations temporelles a été réalisée. Nous présentons tout d'abord le contrôle de la transmission de force moyennée dans le temps par le nombre inertiel macroscopique qui reflète le régime d'écoulement. Puis nous montrons que les distributions de la force instantanée sont également gouvernées par le nombre inertiel macroscopique.

Abstract :

Dense granular flows down an incline and impacting a wall-like obstacle have been studied in detail in the past recent years (see [1]). Steady and transient flow conditions were investigated with the help of discrete simulations and laboratory tests coupled with some analytical solutions. In particular, the crucial role of the co-existence between a quasi-static dead zone (roughly triangular), made of grains trapped upstream of the wall, and a more inertial zone made of grains flowing above the dead zone was evidenced.

Until now, the research effort has been mainly focused on the time-averaged force experienced by the wall with only little attention paid to the instantaneous time signals that systematically shows large fluctuations. The co-existence between the inertial surrounding granular flow and the trapped dead zone might be at the origin of those large fluctuations. As the unique contact force on the wall comes from the dead-zone, the latter ensures the force transmission –including its fluctuations– under varying conditions depending on the inertial surrounding granular flow.

We have designed discrete numerical simulations of a two dimensional granular lid-driven cavity system mimicking the interaction between the free-surface flow and the wall in order to better understand the force transmission mechanism and the temporal fluctuations. A small-scale gravity-free sample of grains is trapped between one bottom rough wall, one infinite rough upper wall and two sidewalls normal to the shear velocity. The top wall shears the sample at constant horizontal speed under a given vertical confinement pressure, while we measure the force on the sidewall facing the shear displacement. Once the steady state is reached, the mean force is systematically studied by varying the following parameters : the velocity of the upper wall, the confinement pressure exerted by the upper wall and the length of the sample.

Different regimes were evidenced depending on the length of the sample relative to its height and the macroscopic inertial number. In light of previous works in granular materials in other systems (see [1] and [2]), the time-averaged force transmission was analysed and a preliminary study on the temporal force fluctuations has been done. Firstly, we discuss how the time-averaged force transmission is controlled by the macroscopic inertial number, which drives the granular flow regime. Secondly, we analyse how the force distributions are also governed by the macroscopic inertial number.

Mots clefs : Granular flow, lid-driven cavity, wall, force, fluctuations.

Remerciements :

This work has been partially supported by the LabEx Tec21 (*Investissements d’Avenir* : grant agreement No. ANR-11-LABX-0030). Thierry Faug and Mohamed Naaïm are grateful to the financial support by the People Programme (Marie Curie Actions) of the EU 7th FP under REA grant agreement No. 622899 (FP7-PEOPLE-2013-IOF, GRAINPACT).

Références

- [1] T. Faug, P. Caccamo, and B. Chanut. *Equation for the force experienced by a wall overflowed by a granular avalanche : Experimental verification*. Phys. Rev E, 84, 051301 (2011).
- [2] J. Geng, and R.P. Behringer. *Slow drag in two-dimensional granular media*. Phys. Rev. E, 71, 011302 (2005).