

# Conditions aux limites pour les écoulements granulaires confinés par des parois frottantes planes.

Tuesday, July 4, 2023 11:00 AM (50 minutes)

Dans l'étude numérique [1], nous avons fourni une condition aux limites pour les écoulements granulaires s'écoulant sur des bords lisses. Nous avons montré qu'il existe une loi universelle reliant le coefficient de frottement effectif local à un nombre de Froude local  $[\text{Fr}]_{\text{loc}} = V/\sqrt{P\rho}$  (où  $V$  et  $P$  sont respectivement la vitesse et la pression locales à la frontière, et  $\rho$  la masse volumique des particules). Des recherches plus approfondies nous ont permis de découvrir une condition aux limites supplémentaire qui relie la fraction volumique locale au nombre de Froude local [2].

Interestingly, the form of these two relations is preserved when expressed at a global scale to relate the effective friction  $\mu$  and the average packing fraction  $\phi$  at the base of the flow to the Froude number:  $[\text{Fr}]_{\text{B}} = V_{\text{B}}/\sqrt{gH\cos\theta}$  where  $V_{\text{B}}$  is the particle sliding velocity at the base,  $\theta$  is the inclination angle of the channel and  $H$  the particle holdup (defined as the depth-integrated particle volume fraction). Similar relations relating the effective friction  $\mu_{\text{W}}$  and the average packing fraction  $\phi_{\text{W}}$  at the lateral walls of the flow to the wall Froude number are also valid.

Il est intéressant de noter que la forme de ces deux relations est préservée lorsqu'elles sont exprimées à l'échelle globale pour relier le frottement effectif  $\mu$  et la fraction volumique moyenne  $\phi$  à la base de l'écoulement au nombre de Froude :  $[\text{Fr}]_{\text{B}} = V_{\text{B}}/\sqrt{gH\cos\theta}$  où  $V_{\text{B}}$  est la vitesse de glissement des particules à la base,  $\theta$  est l'angle d'inclinaison du canal et  $H$  le « particle holdup » (défini comme la fraction volumique des particules intégrée sur la profondeur). Des relations similaires reliant le frottement effectif  $\mu_{\text{W}}$  et la fraction volumique moyenne  $\phi_{\text{W}}$  aux parois latérales de l'écoulement au nombre de Froude de la paroi sont également valables.

Dans un travail expérimental récent [3], nous avons introduit une hauteur de frottement caractéristique de l'écoulement :  $Z = (2P_{\text{B}}/\int_0^\infty \mu(z) dz)$ , qui peut être interprétée comme la hauteur sur laquelle l'écoulement subit un frottement important de la part des parois latérales.

Les simulations numériques [2] révèlent que la hauteur de frottement  $Z$  normalisée par  $H$  est liée à la fraction volumique moyenne de l'écoulement par une relation universelle. Cette relation ainsi que les deux autres ( $\mu(\text{Fr})$  et  $\phi(\text{Fr})$ ), combinées à un simple bilan de force, nous donnent un modèle à l'échelle globale permettant de prédire la vitesse de glissement d'un écoulement granulaire dans un canal lisse d'angle d'inclinaison et de particule holdup donnés.

Ref.

[1] Zhu, Y., Delannay, R. & Valance, A. High-speed confined granular flows down smooth inclines: scaling and wall friction laws. *Granular Matter* 22, 82 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10035-020-01053-7>

[2] Zhu, Y., Delannay, R. & Valance, A. Boundary conditions for rapid granular flows bounded by flat, frictional surfaces, Submitted to PRF (2022).

[3] O. Roche, S. van den Wildenberg, A. Valance, R. Delannay, A. Mangeney, L. Corna, and T. Latchimy. Experimental assessment of the effective friction at the base of granular chute flows on a smooth incline. *Phys. Rev. E* 103, 042905 (2021)

**Primary author:** Mr DELANNAY, Renaud (Université de Rennes, Institut de Physique de Rennes)

**Co-author:** Mr VALANCE, Alexandre (Université de Rennes)

**Presenter:** Mr DELANNAY, Renaud (Université de Rennes, Institut de Physique de Rennes)

**Session Classification:** Mardi matin

**Track Classification:** Présentation orale