

Force de masse ajoutée en milieu granulaire

Antoine Seguin^{*} et Philippe Gondret

Université Paris-Saclay, CNRS, Laboratoire FAST, 91405 Orsay, France

* email : antoine.seguin@universite-paris-saclay.fr

La force exercée par un écoulement granulaire sur un objet est au cœur de nombreuses problématiques industrielles et géophysique. Dans le cas d'un écoulement stationnaire correspondant à un mouvement de vitesse U constante, cette force de traînée a été montrée être indépendante de U à faible vitesse dans le régime dit quasi-statique et augmenter comme U^2 à forte vitesse régime dans le régime dit inertiel, avec parfois des comportements intermédiaires dans certains cas spécifiques [1,2,3,4]. Les écoulements pouvant être fortement instationnaires dans la pratique (impacts...), se pose la question de la force de traînée dans ces conditions.

Nous avons réalisé des simulations numériques bidimensionnelles discrètes par dynamique moléculaire, où un objet intrus est déplacé dans un milieu granulaire de compacité initiale $\phi_0 \approx 0,83$ à vitesse imposée U (figure 1a), avec une phase d'accélération $\Gamma = dU/dt$ constante entre deux phases de vitesse constante U_i et U_f . Lors de la phase d'accélération, la force de traînée est mesurée plus grande. Le supplément de force est trouvé proportionnel à l'accélération de l'intrus, et à la masse effective $\phi_0 \rho V$ de grains déplacés par l'objet intrus de volume V (figure 1b), à l'instar de la force de masse ajoutée F_{AM} connue depuis longtemps pour les fluides newtoniens [5]. La valeur d'environ 0,8 trouvée pour le coefficient de masse ajoutée $C_{AM} = F_{AM} / \phi_0 \rho V \Gamma$ du disque intrus en milieu granulaire est proche de la valeur théorique 1 correspondant à un fluide newtonien.

[1] T. Faug, Eur. Phys. J. E 38, 34 (2015)

[2] A. Seguin, A. Lefebvre-Lepot, S. Faure, P. Gondret, Eur. Phys. J. E 39, 63 (2016)

[3] A. Seguin, P. Gondret, Phys. Rev. E 96, 032905 (2017)

[4] A. Seguin, Eur. Phys. J. E 42, 13 (2019)

[5] G. G. Stokes, Trans. Cambridge Phil. Soc. 9, 8–106 (1851)

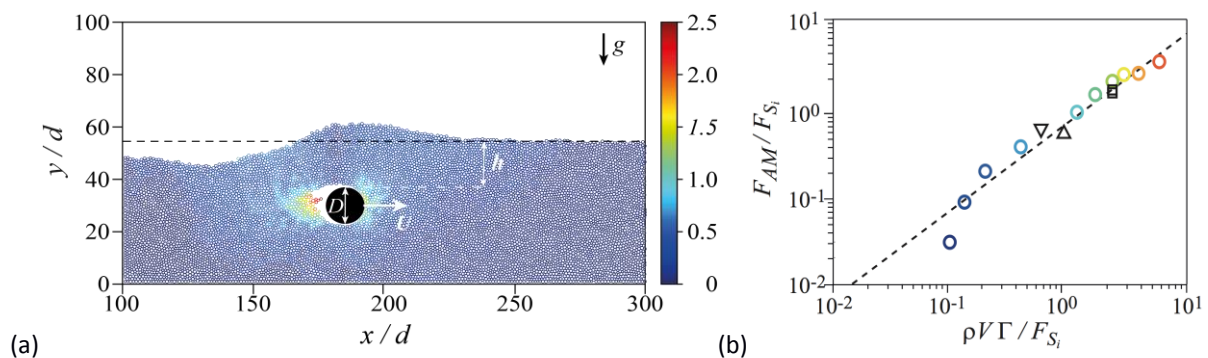


Figure 1 : (a) Image instantanée extraite de la simulation d'un disque intrus de diamètre D avec une vitesse horizontale $U = 0,5$ m/s ($Fr =$ au sein d'un empilement de plus petits grains (diamètre $d = D/15 = 1$ mm) dans le champ de gravité g . Le code couleur correspond aux vitesses des grains. (b) Supplément de force de traînée F_{AM} sur le disque intrus en fonction de $\rho V \Gamma$, chacun normalisée par la force stationnaire F_{S_i} préalable à l'accélération, pour différentes valeurs d'accélération Γ (o), volume V d'intrus (Δ) et masse volumique des grains ρ (\square). La droite en tirets correspond à $F_{AM} = 0,7 \rho V \Gamma$.