

Érosion d'un lit granulaire par une plaque oscillante : comment les poissons plats s'enfouissent dans le sable ?

C. Morize¹, A. Sauret^{1,2}, G. Quibeuft¹ & P. Gondret¹

¹ Laboratoire FAST, Univ. Paris-Sud, CNRS, Univ. Paris Saclay, F-91405 Orsay, France

² Surface du Verre et Interfaces, UMR 125, CNRS/Saint-Gobain, 93303 Aubervilliers, France

morize@fast.u-psud.fr

L'érosion et la resuspension de grains par un écoulement fluide est un phénomène qui intervient dans diverses situations naturelles et industrielles [1]. Dans certains cas, l'érosion est un phénomène passif, comme par exemple dans le cas du transport naturel de sable ou de sédiments par le vent dans l'air ou par l'eau dans le lit des rivières [2]. A l'inverse, certains processus d'érosion et de resuspension peuvent être recherchés et directement induits en générant un écoulement contrôlé. Ceci se produit, par exemple, pour certains poissons plats, comme les soles et les raies, qui sont capables de se recouvrir de sable en une fraction de seconde afin de se cacher et d'éviter les prédateurs. Plus précisément, en battant des nageoires au voisinage du lit granulaire, ces poissons génèrent des tourbillons qui érodent et soulèvent les particules de sable qui les recouvrent ensuite lorsque cesse le mouvement oscillant.

Afin de caractériser cette situation, nous avons développé une expérience modèle constituée d'un disque de diamètre D , situé à une distance moyenne H d'un lit granulaire. Ce disque oscille à une amplitude A , une fréquence f et génère périodiquement des tourbillons [3]. L'apparition de l'érosion est connue pour être gouvernée par le nombre de Shields, $Sh = \tau_f / (\Delta \rho g d)$, qui est construit comme le rapport de la contrainte hydrodynamique déstabilisante, τ_f , à la force stabilisante liée au poids apparent des grains, $\Delta \rho g d$ [4]. Dans notre situation tourbillonnaire, la contrainte hydrodynamique est d'origine inertielle : $\tau_f \sim \rho_f U^2$, où ρ_f est la densité du fluide et U la vitesse au niveau du lit granulaire. L'objectif de cette étude est de caractériser expérimentalement l'interaction complexe, entre le mouvement de la plaque, l'écoulement qui en résulte et son impact sur l'érosion du lit granulaire.

Des champs de vitesse obtenus par Vélocimétrie par Images de Particules (PIV) ont permis de déterminer la taille et la vitesse caractéristiques des vortex générés par l'oscillation de la plaque. Le rayon du tourbillon est proportionnel à l'amplitude des oscillations et ne dépend ni du rayon de la plaque ni de la fréquence de battement tandis que la vitesse du vortex est directement proportionnelle à la vitesse maximale $2\pi A f$ et au rayon R de la plaque. Des mesures systématiques par visualisations directes montrent une dépendance du seuil d'érosion avec la distance H de la plaque au lit de grains. Plus H est grand, plus l'oscillation de la plaque doit être importante pour éroder le lit granulaire. Par ailleurs, les mesures de la vitesse critique d'érosion ont mis en évidence une décroissance de la vitesse comme l'inverse de la distance à la plaque. Ces résultats permettent de caractériser l'évolution du nombre Shields critique Sh_c en fonction d'une distance adimensionnée $(H - A)/R$ et de déterminer le mouvement nécessaire pour éroder le lit granulaire.

Références

1. S. BADR, G. GAUTHIER & P. GONDRET, Erosion threshold of a liquid immersed granular bed by an impinging plane liquid jet, *Phys. Fluids*, **26**, 023302 (2014).
2. M. OURIEMI, P. AUSSILLOUS, M. MEDALE, Y. PEYSSON & E. GUZZELLI, Determination of the critical Shields number for particle erosion in laminar flow, *Phys. Fluids*, **19**, 61706–63100 (2007).
3. M. J. SHELLEY & J. ZHANG, Flapping and bending bodies interacting with fluid flows, *Annu. Rev. Fluid Mech.*, **43**, 449–465 (2011).
4. J. M. BUFFINGTON, The legend of A. F. Shields, *J. Hydraul. Eng.*, **125**, 376–387 (1999).