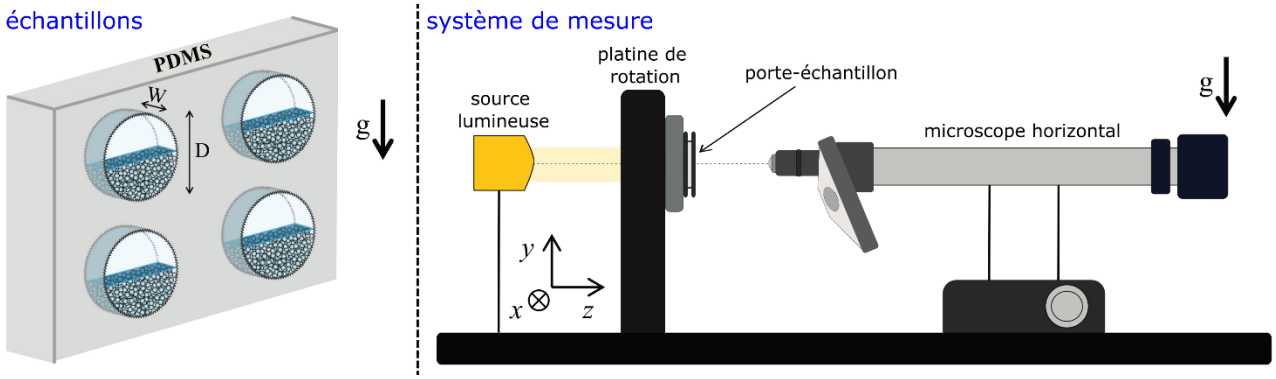
Stage M1/M2 : Statistiques d'événements aléatoires et localisés lors de l'écoulement d'un tas de micro-grains soumis à l'agitation thermique

Stage au laboratoire : iLM (Institut Lumière Matière), équipe Liquides et Interfaces
Encadré par : Antoine Bérut (antoine.berut@univ-lyon1.fr / 04 72 43 29 87)
Durée de stage : 3 à 6 mois
Début possible : à partir de janvier 2027

Projet : Les milieux granulaires se caractérisent notamment par l'existence d'un angle de talus : une inclinaison en dessous de laquelle aucun écoulement n'est observé, et qui définit la pente que formera naturellement un tas par rapport à l'horizontale. Cependant, lorsqu'un tas de grains est soumis à l'agitation thermique, il peut s'écouler même en dessous de son angle de talus. Ce phénomène est particulièrement visible lorsqu'on étudie des suspensions de particules Browniennes [1], mais il est également visible (bien que très lent) sur des systèmes macroscopiques [2]. Se pose alors la question de la nature microscopique de ce fluage thermiquement activé : si l'écoulement semble continu à l'échelle globale du tas (on peut le modéliser par une loi logarithmique), il devrait résulter en réalité d'une succession de réarrangements localisés qui sont provoqués aléatoirement par l'agitation thermique.

Nous avons développé à l'ILM un montage pour visualiser des écoulements de suspensions colloïdales denses (composées de particules de silice suffisamment denses pour sédimenter sous leur propre poids, mais suffisamment petites pour être soumises à l'agitation thermique) dans des cellules microfluidiques (voir figure). Dans ce stage nous proposons d'utiliser ce dispositif expérimental et de mettre au point un protocole de rétroaction pour conserver l'angle du tas constant, afin d'étudier le fluage en régime stationnaire. L'objectif sera ainsi de mettre en évidence l'existence d'événements de fluage localisés dans le tas qui s'écoule et d'étudier leurs propriétés statistiques : à quelle fréquence (temporelle et spatiale) apparaissent-ils ? Leur intensité est-elle distribuée selon une loi de probabilité ? Observe-t-on des effets d'avalanche (l'apparition d'un événement a-t-elle tendance à déclencher des événements successifs) ?



Gauche : schéma des cellules microfluidiques (dimensions typiques $D \approx 100$ µm, $W \approx 50$ µm), remplies avec une solution de particules colloïdales (diamètre typique $d \approx 2{,}5$ µm) en suspension dans de l'eau distillée.
Droite : Schéma du montage expérimental pour la visualisation des échantillons soumis à la gravité.

Compétences développées lors du stage : Microfabrication (soft photolithography), vidéomicroscopie, analyse d'image et de données statistiques en langage Python.

Poursuite en thèse : possible (candidature aux bourses de l'école doctorale PHAST).

[1] Bérut *et al.* "Brownian Granular Flows Down Heaps" *Phys. Rev. Lett.* **123**, 248005, 2019.
[2] Deshpande *et al.* "The perpetual fragility of creeping hillslopes" *Nat Commun* **12**, 3909, 2021.