

Bouchage par formation d'arches dans les écoulements confinés de suspensions : du silo au tuyau

Nathan Vani^{1,2}, Sacha Escudier¹, Deok-Hoon Jeong¹, Alban Sauret¹

¹ Department of Mechanical Engineering, University of California, Santa Barbara, California 93106, USA

² Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes (PMMH), CNRS UMR-7636, ESPCI, Paris 75005, France

nathan.vani@ens-paris-saclay.fr

Une rivière dans une gorge, les connectiques d'une puce microfluidique, les canalisations d'une salle de bain : les systèmes où un fluide transporte des particules ont une fâcheuse tendance à boucher. Une variété de mécanismes plus ou moins interconnectés peuvent causer un bouchon [1], mais un en particulier attire l'oeil du physicien des milieux granulaires. On observe ainsi dans les suspensions de particules des phénomènes de *bridging* où plusieurs particules entrent en contact et trouvent un équilibre statique en formant une arche obstruant une constriction comme illustré par la Figure 1. Les similarités à la situation classique du blocage d'un silo granulaire sont ainsi nombreuses, mais les suspensions complexifient le problème : conditions d'écoulement, lubrification, interactions colloïdales, nature du fluide...

Dans un premier temps, nous quantifions expérimentalement le rôle de la fraction volumique de particules sur la formation d'arches dans un système millifluidique modèle en deux dimensions [2]. Alors que les suspensions denses ont un comportement similaire à un milieu granulaire sec, celles diluées présentent des discontinuités dans la dépendance de la probabilité de bouchage par rapport aux dimensions de la constriction. Grâce à un modèle statistique statique, nous mettons en évidence que diluer la suspension ne peut que réduire, et non annuler, la probabilité d'obstruction, ne faisant que retarder l'inévitable.

Par la suite, nous nous intéressons à l'influence de l'angle de constriction. Augmenter cet angle augmente la probabilité d'obstruction jusqu'à un seuil au-delà duquel un plateau est observé de manière similaire au cas du silo granulaire, malgré l'influence de la dilution et de la dépendance à la section de la vitesse particulière dans le cas des suspensions. L'analyse des configurations d'arches stables montre ainsi les effets conjoints de la fraction volumique et de la géométrie de constriction. Dans une certaine mesure, la dilution et la réduction de l'angle de constriction auront surprenamment un effet similaire sur la dynamique de bouchage d'une suspension.

La prédiction statistique de la formation d'arches peut ainsi permettre un meilleur dimensionnement des systèmes fluidiques. On s'interrogera néanmoins : peut-on utiliser d'autres mécanismes pour enfin concevoir un système imbouchable ?

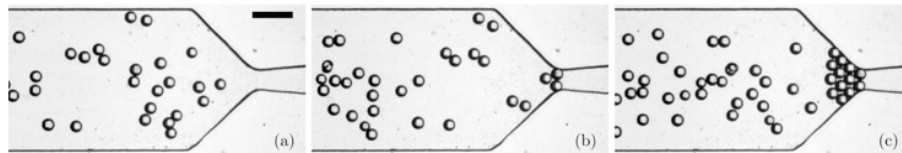


Figure 1. Images successives montrant un exemple de formation d'une arche pour une suspension diluée de fraction surfacique 9% et un rapport de taille de constriction sur le diamètre d'une particule de 1.8. La barre d'échelle est longue de 2 mm.

Références

1. E. DRESSAIRE & A. SAURET, Clogging of microfluidic systems, *Soft Matter*, **13**, 37-48, (2017).
2. N. VANI, S. ESCUDIER & A. SAURET, Influence of the solid fraction on the clogging by bridging of suspensions in constricted channels, *Soft Matter*, **18**, 69-87, (2022).