

Settling of localised particle plumes in an initially quiescent fluid

Romain Monchaux¹, Till Zürner², David De Souza¹, Clément Toupoint¹, Dylan Mezouane¹

¹ ENSTA-Paris Unité de Mécanique, Inst. Polytechnique de Paris, 828 bd des Maréchaux, 91762 Palaiseau, France.

² Dep. of Transport Processes at Interfaces, Inst. Fluid Dynamics, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Bautzner Landstraße 400, 01328 Dresden, Germany.

romain.monchaux@ensta-paris.fr

Les écoulements chargés de particules inertielles sont pertinents pour de nombreuses applications industrielles et naturelles et soulèvent d'importantes questions fondamentales concernant la concentration, la coalescence et la sédimentation des particules ainsi que les interactions entre particules et fluide [1]. En l'absence d'écoulement porteur, les particules inertielles qui sédimentent sont susceptibles de produire l'écoulement avec lequel elles interagissent. Même si cela peut être considéré comme le cas le plus simple pour étudier l'influence des particules sur un écoulement, les interactions entre particules et entre particules et fluides sont encore loin d'être comprises [2]. Ce travail se concentre sur la sédimentation de particules inertielles dans un fluide initialement au repos.

Les particules sont injectées dans un large réservoir d'eau à partir d'un tamis vibrant. Elles tombent sous forme de panache localisé au centre du réservoir, entraînant le fluide avec elles et provoquant une importante recirculation dans le reste du réservoir. Les nombres de Reynolds des particules sont compris entre 0.2 et 14, le rapport entre la densité des particules et celle du fluide va de 4 à 14.45, les nombres d'Archimède des particules couvrent trois décades de 1 à 1000 et leur chargement massique couvre également trois décades entre 10^{-6} et 10^{-3} . Nous explorons une région de l'espace des paramètres qui est rarement étudiée, la plupart des travaux se concentrant soit sur des chargements beaucoup plus élevés, des nombres de Reynolds plus petits et/ou des rapports de densité très grands. L'autre originalité de notre travail est de proposer des mesures de vitesse dans les deux phases [3]. Dans un plan laser, nous avons accès au champ de vitesse eulérien du fluide ainsi qu'à la vitesse lagrangienne des particules. Grâce à cette mesure couplée, nous estimons la vitesse de glissement entre le fluide et les particules ainsi que l'énergie cinétique des deux phases qui sont des quantités clés pour comprendre de tels écoulements.

Nous présentons des résultats comparant la vitesse de sédimentation des particules au cas de référence d'une particule isolée soumise à la traînée de Schiller-Naumann et sédimentant dans un fluide au repos. Nous montrons qu'au premier ordre, le nombre d'Archimède conduit à une vitesse de sédimentation proche du cas de référence, tandis qu'au second ordre, un chargement plus élevé conduit à des vitesses de sédimentation plus importantes. Dans leur chute, les particules induisent un écoulement qui est quasiment homogène à l'intérieur du rideau de particules tout en présentant des fluctuations conduisant à un "taux de turbulence" de 10 à 30%. Un résultat intéressant est que la vitesse de glissement ne dépend pas du chargement et est remarquablement constante autour de 80% de la vitesse de référence de Schiller-Naumann. Ce mouvement 20% plus lent correspond à l'énergie cinétique transférée des particules au fluide pour le maintenir en mouvement. Une discussion de ces transferts est donnée.

Références

1. C. MARCHIOLI (ED), *Collective Dynamics of Particles : From Viscous to Turbulent Flows*, Springer, vol 576, (2017).
2. A. BORDOLI & AL, Turbulence statistics in a negatively buoyant 248 multiphase plume, *J. Fluid Mech.*, 896, A19 (2020).
3. D. DE SOUZA & AL, Simple distinction of similar-looking inertial particles and fluid tracers on camera images, *Exp. in Fluids.*, 62(5), 1-14 (2021).