

# Remontée de bulles dans une suspension dense

Valérie Vidal, Clément Picard & Sylvain Joubaud

Laboratoire de Physique, École Normale Supérieure de Lyon, CNRS, Université de Lyon, 46 Allée d'Italie,  
F-69342 Lyon, France  
valerie.vidal@ens-lyon.fr

Une suspension dense désigne des particules immergées dans un liquide dont la fraction volumique est typiquement supérieure à 10-20%. Au-delà de ces fractions volumiques, en effet, pour des particules rigides non-browniennes, des effets collectifs apparaissent et la viscosité de la suspension ne peut plus être décrite de manière simple par les équations d'Einstein et Batchelor [1]. Plusieurs lois empiriques ont été proposées pour décrire les suspensions denses [2,3], et des études récentes soulignent leur rhéologie complexe [4,5]. La remontée de bulles dans un tel milieu se rencontre dans de nombreux phénomènes naturels ou industriels, tels que l'émission de gaz ( $\text{CO}_2$  ou méthane) au fond des océans [6], les réacteurs catalytiques [7] ou les échangeurs thermiques [8]. Cependant, à notre connaissance, seuls deux régimes extrêmes ont été étudiés : le cas fondamental d'une bulle unique remontant dans une suspension de particules isodenses [9], ou le passage d'un gaz à travers un lit granulaire constitué de particules lourdes, entraînant une fluidisation partielle ou complète du milieu [8,10].

Nous présentons ici l'étude expérimentale de bulles remontant dans une suspension dense, en cellule de Hele-Shaw inclinable, dans le cas où les particules présentent une différence de densité faible mais non nulle avec le liquide environnant. La compétition entre l'entraînement des particules par les bulles et leur sédimentation conduit à un régime stationnaire dans la gamme de paramètres explorés. L'étude statistique des propriétés des bulles montre qu'au-delà d'un débit critique d'injection de gaz, la population de bulles se scinde en deux avec l'apparition de petites bulles dans la suspension. L'orientation de l'axe principal des bulles montre deux bifurcations, avec une zone de coexistence. De manière non-intuitive, l'extension horizontale de la région explorée par les bulles ne dépend pas du débit, mais uniquement de la gravité effective.

## Références

1. G. K. BATCHELOR, Effect of Brownian motion on bulk stress in a suspension of spherical particles, *J. Fluid Mech.*, **83**, 97–117 (1977).
2. I. M. KRIEGER & T. J. DOUGHERTY, A mechanism for non-Newtonian flow in suspensions of rigid spheres, *Trans. Soc. Rheol.*, **III**, 137–152 (1959).
3. I. E. ZARRAGA, D. A. HILL & D. T. LEIGHTON, The characterization of the total stress of concentrated suspensions of noncolloidal spheres in Newtonian fluids, *J. Rheol.*, **44**, 185–220 (2000).
4. F. BOYER, E. GUAZZELLI & O. POULIQUEN, Unifying suspension and granular rheology, *Phys. Rev. Lett.*, **107**, 188301 (2011).
5. E. LERNER, G. DÜRING & M. WYART, A unified framework for non-Brownian suspension flows and soft amorphous solids, *PNAS*, **109**, 4798–4803 (2012).
6. H. SVENSEN *et al.*, Release of methane from a volcanic basin as a mechanism for initial Eocene global warming, *Nature*, **429**, 542–545 (2004).
7. A.-K. LIEDTKE *et al.*, Liquid-solid mass transfer for microchannel suspension catalysis in gas-liquid and liquid-liquid segmented flow, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **54**, 4699–4708 (2015).
8. B. BOISSIERE *et al.*, Experimental hydrodynamic study of gas-particle dense suspension upward flow for application as new heat transfer and storage fluid, *Can. J. Chem. Eng.*, **9999**, 1–14 (2014).
9. N. HOOSHYAR *et al.*, Dynamics of single rising bubbles in neutrally buoyant liquid-solid suspensions, *Phys. Rev. Lett.*, **110**, 244501 (2013).
10. R. PORYLES, V. VIDAL & G. VARAS, Bubbles trapped in a fluidized bed : Trajectories and contact area, *Phys. Rev. E*, **93**, 032904 (2016).