

Transition pointe-jet à l'interface huile/solution de polymères dans des systèmes microfluidiques

Duboin¹, Malloggi², Monti¹, & Tabeling¹

¹ MMN, UMR Gulliver CNRS-ESPCI 7083, 10 rue Vauquelin 75005 Paris, FRANCE

² LIONS, CEA Saclay, 91191 Gif sur Yvette Cedex, FRANCE

aurelien.duboin@espci.fr

L'introduction de fluides complexes dans des systèmes microfluidiques a permis, depuis quelques années, d'étudier la rhéologie de solutions de polymères [1], et de micelles géantes [2], et ainsi de mettre en évidence des propriétés impossibles à observer avec les techniques traditionnelles. Nous analysons ici la dynamique de l'interface entre deux fluides en mouvement, dans une géométrie de flux convergents, où la phase externe est un fluide complexe et la phase interne de l'huile minérale. Nous avons pu observer pour la première fois, que l'interface entre ces deux phases présente une forme de pointe. La formation de pointe dans des flux bi-phasiques n'est pas un phénomène nouveau, de nombreuses études ayant été menées pour comprendre leur comportement [3] [4]; ici, on analyse ce phénomène dans un système microfluidique et une géométrie rectangulaire, dans des conditions particulièrement bien contrôlées.

Les expériences sont réalisées dans des systèmes microfluidiques présentant une géométrie de flux convergents, dont les canaux rectangulaires mesurent 50 μm de hauteur et typiquement 200 μm de largeur; et les écoulements sont observés au moyen d'un microscope inversé Leica. Le microsystème est fabriqué en polydiméthylsiloxane. Les microcanaux sont rendus hydrophiles par un traitement au plasma à oxygène, avant fermeture du système par une lamelle de verre. Le système est piloté par une source de pression (Fluigent) permettant de contrôler les flux avec une précision de 1 mbar.

Dans nos expériences, on injecte l'huile par le canal central, tandis que la solution de polymère (PolyOxyEthylène, POE) est injectée par les canaux latéraux. À basses pressions d'huile et de POE, on observe une interface huile/POE de forme circulaire, dans la partie centrale de la zone de convergence. Lorsqu'on augmente la pression externe, l'interface est déformée progressivement pour adopter la forme d'une pointe stationnaire; après une plus forte augmentation, l'interface subit une transition : le fluide interne se trouve entraîné, et émet un jet circulaire à partir de la pointe.

Nous avons suivi l'évolution de l'interface pour différentes pressions interne et externe. Dans le régime de pointe stationnaire, on met en évidence des lois de puissance au voisinage d'un point critique. Nous avons ensuite étudié la transition pointe-jet, et le jet formé. Nous observons une transition sous-critique, au delà de laquelle le diamètre du jet adopte une valeur fixée. En réduisant la hauteur du microsystème et la largeur de la zone de convergence, on peut produire des jets aussi fins que 10 μm , stables sur plus de 10^4 fois leur taille, sans contact avec les parois.

Pour conclure, dans cette contribution, nous montrons l'existence de pointes, leur caractère singulier, et décrivons la formation du microjet, notamment la nature sous critique de la transition qui n'avait jamais été montrée. Le phénomène présenté ici peut avoir des conséquences intéressantes dans l'industrie pétrolière, en particulier dans le domaine de la récupération assistée du pétrole.

Références

1. Degre, G. and Joseph, P. and Tabeling, P. and Lerouge, S. and Cloitre, M. and Ajdari, A. Rheology of complex fluids by particle image velocimetry in microchannels, *Applied Physics Letters*, 89, 2, 2009, 024104
2. Nghe, P. and Degré, G. and Tabeling, P. and Ajdari, A. High shear rheology of shear banding fluids in microchannels *Applied Physics Letters*, 93, 2008, 204102
3. Eggers, J. Air entrainment through free-surface cusps, *Physical Review Letters*, 86, 19, 2001, 4290-4293
4. Cohen, I. and Nagel, S. R. Scaling at the Selective Withdrawal Transition through a Tube Suspended above the Fluid Surface, *Physical Review Letters*, 88, 7, 2002, 074501