

Mélange Chaotique de Fluides à Seuil

J.Boujlel, E.Gouillart, & P.Jop

Laboratoire Surface du Verre et Interface, Unité mixte CNRS/SAINT-GOBAIN
39, Quai Lucien Lefranc 93300 Aubervilliers
Jalila.Boujlel@saint-gobain.com

De nombreuses applications industrielles impliquent le mélange de fluides très visqueux aux comportements rhéologiques non-newtoniens. L'utilisation des approches classiques de mélange telle que l'introduction de la turbulence ne sont pas faisables et/ ou efficaces pour ce type de fluide. Or un mauvais mélange coûte du temps et de l'argent et peut générer des produits de faibles qualités. L'advection chaotique est reconnue comme le processus le plus efficace pour mélanger des fluides newtoniens très visqueux. Nous avons en revanche peu d'information sur l'efficacité de ce processus dans le cas des fluides non-newtoniens.

Ici, nous étudions expérimentalement le mélange chaotique de fluides à seuil. De tels fluides sont très réponsifs autour de nous (mousses, émulsions, gels,...). Ils ont la propriété de s'écouler comme un liquide uniquement lorsqu'ils sont soumis à une contrainte supérieure à une certaine contrainte critique. Le mélange de ces fluides est particulièrement complexe. En effet, la forte localisation du cisaillement et/ou l'apparition des zones mortes (sous le seuil) dans le mélange peuvent affecter la vitesse du mélange en ralentissant le transport entre les différentes régions du mélange.

L'expérience à travers laquelle nous avons étudié ce problème consiste à mélanger un fluide transparent avec un blob de colorant dans un dispositif de mélangeur modèle (du type batteur-à-oeufs), avec rotation du réservoir. En analysant (par traitement d'images) l'évolution de la variance de la concentration du colorant au cours du mélange, nous avons cherché à comprendre les mécanismes physiques impliqués lors du mélange et à décrire la vitesse du mélange et sa dépendance vis-à-vis de la vitesse de rotation des tiges et celle du réservoir, des paramètres géométriques du système et des propriétés rhéologiques du matériau. Nous avons montré que la vitesse du mélange est proportionnelle au volume du fluide cisailé lors d'une période de rotation des tiges d'agitation et inversement proportionnelle au nombre de période de rotation des tiges par période de rotation du réservoir. Plus particulièrement, nous avons montré que cette vitesse augmente linéairement avec l'épaisseur de la couche limite viscoplastique autour des tiges. Cette dernière dépend du rayon des tiges d'agitation et du nombre de Bingham qui compare les effets de seuil aux effets visqueux. Le modèle obtenu permet une description quantitative de la vitesse du mélange, ce qui est relativement rare dans l'étude des mélanges chaotiques.