

Mélange et démixtion induits par des particules actives de camphre.

C. Gouiller¹, L. Maquet¹ F. Raynal², M. Bourgoïn³, R.Volk³ C. Cottin-Bizonne¹ & C. Ybert¹

¹ Institut Lumière Matière / CNRS -10 Rue Ada Byron, 69100 Villeurbanne.

² Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique / CNRS - 6 Avenue Guy de Collongue, 69130 Écully.

³ Laboratoire de Physique - ENS de Lyon / CNRS - 46, allée d'Italie, 69007 Lyon.

clement.gouiller@univ-lyon1.fr

Le mélange et la dispersion de particules fines sont des processus fondamentaux intervenant dans d'innombrables systèmes depuis les nuages de poussières interstellaires jusqu'aux poudres dans les mélangeurs industriels, en passant par les polluants atmosphériques et océaniques. La plupart des études existantes ont abordé le problème sous l'angle du couplage dit d'advection/diffusion, où la mobilité microscopique des particules transportées se limite, pour le mélange, aux seuls effets de diffusivité moléculaire [1,2]. L'originalité du problème étudié ici provient de l'utilisation de sources chimiques mobiles, provoquant un écoulement (de l'advection) induisant le mélange des particules.

Les résultats présentés ici concernent l'étude d'une interface air/eau, sur laquelle sont déposés deux types d'objets : des nageurs interfaciaux ainsi que des bulles de verre. Les nageurs interfaciaux sont des disques d'agarose imprégnés de camphre, selon un protocole proche de celui décrit par Soh *et al.* [3]. Le camphre présent à l'intérieur du disque se dissout continûment. Cela engendre des hétérogénéités chimiques ainsi que des écoulements Marangoni en raison de la faible tension de surface du camphre conduisant à une auto-propulsion du nageur. Sur la même interface sont déposées des bulles de verre, particules micrométriques flottantes en raison de leur faible densité. C'est leur mélange par les nageurs interfaciaux que nous étudions.

Expérimentalement, la détermination du champ de concentration en bulles de verre nous permet d'étudier l'évolution temporelle du mélange. L'étude de l'écart-type du champ de concentration nous a permis de mettre en évidence l'existence d'un état stationnaire de mélange imparfait. Pour l'expliquer, nous avons calculé le champ de concentration moyen autour d'un nageur interfacial, ce qui fait apparaître une zone de déplétion en bulles de verre au voisinage du nageur, puis une zone d'accumulation à sa frontière. Cela met en évidence qu'un nageur interfacial démixtion dans son voisinage, d'où le fait que l'état stationnaire ne correspond pas à un état où le champ de concentration est homogène. Des expériences complémentaires ont permis de prouver que l'existence de ces zones de déplétion est due aux effets chimiques et non pas à des effets de Reynolds finis.

Enfin, le spectre moyen du champ de concentration en régime stationnaire fait apparaître une loi d'échelle d'exposant $-5/3$ sur une décade, motivant une analogie entre notre système et le mélange d'un scalaire dans un environnement turbulent, en dépit du Reynolds bien plus faible dans notre cas (environ 50).

Références

1. CELIA, M. A AND RUSSELL, T. F. AND HERRERA, I. AND EWING, R. E., Analogy between higher instabilities in fluids and lasers, *Advances in Water Resources*, **13**, 4, 187–206 (1990).
2. HUNSDORFER, W. AND VERWER, J. G., Numerical solution of time-dependent advection-diffusion-reaction equations, *Springer Science & Business Media*, **33** (2013).
3. SOH, S. AND BRANICKI, M. AND GRZYBOWSKI, B. A., Swarming in shallow waters, *The Journal of Physical Chemistry Letters*, **2**, 7, 770–774 (2011).