

Mécanismes du mélange chaotique en système ouvert : selle chaotique et modes propres

Emmanuelle Guillard^{1,2}, Olivier Dauchot², Jean-Luc Thiffeault³, & Stéphane Roux⁴

¹ Unité mixte Saint-Gobain/CNRS "Surface du Verre et Interfaces", 39 quai Lucien Lefranc, 93303 Aubervilliers cedex, France

² Service de Physique de l'Etat Condensé, DSM, CEA Saclay, URA2464, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

³ Department of Mathematics, University of Wisconsin, Madison, WI 53706, USA

⁴ LMT-Cachan, UMR CNRS 8535/ ENS de Cachan/ Univ. Paris VI/UniverSud Paris, 61 avenue du Président Wilson, 94 235 Cachan Cedex, France

emmanuelle.guillard@saint.gobain.com

Nous avons réalisé une étude expérimentale du mélange de fluides visqueux dans des écoulements 2-D ouverts, où les particules fluides traversent une région de mélange avant d'être emportées par l'écoulement global. Dans la région de mélange, des agitateurs créent de l'advection chaotique, i.e. des trajectoires lagrangiennes complexes [1]. Si les mécanismes de mélange ont été très étudiés dans les systèmes fermés [2], les études portant sur les écoulements ouverts sont plus rares [3], et se sont principalement intéressées à une description cinématique du mélange.

Nous décrivons ici l'évolution au cours du temps d'une tache de colorant injectée en amont de la région de mélange. Nos expériences nous permettent d'accéder directement au champ de concentration du colorant dans la région de mélange, et en aval. Nous nous intéressons tout d'abord aux particules fluides avec des courts temps de séjour, qui forment l'essentiel des éléments mal mélangés : leur description est donc cruciale pour évaluer la qualité du mélange. Une description basée sur les variétés stables et instables des orbites périodiques de la région de mélange – la selle chaotique [3] – nous permet de caractériser l'origine de ces particules. Nous montrons également qu'aux temps longs, le champ de concentration converge vers un motif permanent, qui est un mode propre de l'opérateur d'advection-diffusion – un phénomène bien connu pour les écoulements fermés [4], mais encore jamais observé en ouvert. Nous discutons également le rôle des bords du domaine de mélange pour la vitesse du mélange. Par ailleurs, une modélisation basée sur une transformation du boulanger modifiée permet de rendre compte de l'essentiel des mécanismes observés.

Références

1. H. Aref, *J. Fluid Mech.* **143**, 1 (1984).
2. J. M. Ottino, *The Kinematics of Mixing : Stretching, Chaos, and Transport* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1989).
3. T. Tél, G. Károlyi, A. Péntek, I. Scheuring, Z. Toroczkai, C. Grebogi, et J. Kadtke, *Chaos* **10**, 89 (2000).
4. R. Pierrehumbert, *Chaos Solitons Fractals* **4**, 1091 (1994).