

# Quand le mélange chaotique se heurte à un mur

Emmanuelle Guillard<sup>1,3</sup>, Olivier Dauchot<sup>1</sup>, Bérengère Dubrulle<sup>1</sup>, Stéphane Roux<sup>2</sup> & Jean-Luc Thiffeault<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Service de Physique de l'Etat Condensé, DSM, CEA Saclay, CNRS URA 2464, 91191 Gif-sur-Yvette, France

<sup>2</sup> LMT-Cachan, ENS de Cachan, CNRS-UMR 8535, Université Paris 6, 61 avenue du Président Wilson, F-94235 Cachan Cedex, France

<sup>3</sup> Department of Mathematics, Imperial College London, SW7 2AZ, United Kingdom

[emmanuelle.guillard@normalesup.org](mailto:emmanuelle.guillard@normalesup.org)

La compréhension des mécanismes régissant le mélange de fluides visqueux est cruciale dans des domaines aussi variés que la géophysique, l'industrie agro-alimentaire ou encore le génie des procédés. Si les écoulements turbulents assurent un mélange très efficace, certains écoulements laminaires pour lesquels les trajectoires lagrangiennes sont chaotiques accélèrent également l'homogénéisation [1] – on parle alors d'*advection chaotique* ou de *mélange chaotique*. La cinématique de ces écoulements a donc été abondamment étudiée dans le cadre des systèmes dynamiques [2]. La prédiction quantitative de la dynamique de l'homogénéisation nécessite cependant de prendre en compte le couplage entre l'advection chaotique et la diffusion moléculaire : plusieurs études expérimentales [4,3] et numériques [5] ont obtenu une décroissance exponentielle pour la variance d'un champ scalaire dans un mélangeur chaotique.

Nous présentons les résultats d'expériences de mélange chaotique réalisées dans un réservoir fermé où une tige mélange un fluide visqueux [6]. Nous analysons de façon quantitative comment le champ de concentration d'un colorant peu diffusif relaxe vers l'homogénéité, et nous observons une décroissance algébrique "lente" de l'inhomogénéité, contrairement à la décroissance exponentielle prévue par la plupart des études antérieures. L'observation des phénomènes de transport dans notre mélangeur montre le rôle dominant du non-glissement aux parois dans ce comportement inattendu : les parois se comportent en effet comme un "réservoir" de fluide non mélangé et ralentissent le mélange chaotique. A la lumière de ces observations, nous introduisons un modèle 1-D simplifié dont la simulation numérique reproduit quantitativement nos résultats expérimentaux. L'analyse du motif spatial de mélange conduit à des lois d'échelle pour les distributions et la variance du champ de concentration en accord avec nos résultats expérimentaux et numériques.

## Références

1. H. Aref, "Stirring by chaotic advection," *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. M.-C. Jullien, P. Castiglione and P. Tabeling, "Experimental Observation of Batchelor Dispersion of Passive Tracers", *Phys. Rev. Lett.* **85**, 3636 (2000).
4. D. Rothstein, E. Henry and J. P. Gollub, "Persistent patterns in transient chaotic mixing", *Nature (London)* **401**, 770 (1999).
5. D. R. Fereday and P. H. Haynes, "Scalar decay in two-dimensional chaotic advection and Batchelor-regime turbulence," *Phys. Fluids* **16**, 4359 (2004).
6. E. Guillard, N. Kuncio, O. Dauchot, B. Dubrulle, S. Roux and J.-L. Thiffeault, "Walls, an intrinsic limit to chaotic mixing," [cond-mat/0612557](https://arxiv.org/abs/cond-mat/0612557).