

Sensibilité d'un front propagatif aux transitions hydrodynamiques.

Simona Bodea¹ & Alain Pocheau¹

IRPHE, CNRS & Universités Aix-Marseille I & II, 49 rue Joliot-Curie, B.P. 146, Technopôle de Château-Gombert, F-13384 Marseille, Cedex 13, France
bodea@irphe.univ-mrs.fr

Cette étude s'intéresse à l'effet de phénomènes advectifs sur la propagation de fronts de réaction-diffusion. Ces fronts, qui se rencontrent dans divers systèmes physiques, chimiques ou biologiques (progression de régions de corrosion, feux de forêt, colonies de bactéries ou infections [1]) sont cependant souvent soumis à un transport advectif cellulaire, très efficace devant le transport par réaction-diffusion, mais restreint aux domaines de chaque cellule. Son effet net sur la propagation du front, fruit de cette ambivalence, s'avère donc souvent délicat à établir. Il dépend notamment de la structure interne de l'écoulement dans les cellules, d'une manière que nous avons voulu étudier ici au travers d'une transition à la tridimensionalité des écoulements.

Nous étudions est de nature expérimentale. Le dispositif se compose d'un canal rectangulaire, de faible épaisseur, dans lequel un écoulement est produit par électroconvection sous forme d'une rangée de vortex contrarotatifs à lignes de courant fermées. Les vortex sont ainsi séparés par des zones qui ne participent pas à l'advection dans la direction du canal. Le front de réaction-diffusion utilisé est créé spontanément à un bout du canal par initiation de la réaction autocatalytique Chlorite-Iodure [2], puis se propage au travers de la structure convective.

Pour des vitesses d'écoulement modérées, l'écoulement reste bi-dimensionnel (régime de Hele-Shaw). La vitesse moyenne d'avancement du front, résultat de la compétition entre les échelles de temps d'advection, de réaction, de diffusion, présente alors une évolution non-linéaire avec l'intensité des vortex. Après une analyse détaillée, il apparaît que le front de réaction suit, lors de sa propagation dans cette structure, une trajectoire minimisant son temps de parcours [3].

Pour des vitesses d'écoulement plus élevées, nous avons constaté un brusque saut de vitesse moyenne du front, à compter d'un seuil dépendant de la géométrie du canal. Ce saut s'explique par un changement fondamental de la trajectoire empruntée par le front, lui-même corrélé à une transition à un écoulement tri-dimensionnel, suite à l'apparition d'écoulements secondaires en épaisseur. Le seuil d'apparition de ces écoulements peut être déterminé en considérant la séparation des couches limites en épaisseur, signe de la fin du régime de Hele-Shaw. Ceci conduit à une loi d'échelle reliant l'intensité critique des vortex aux facteurs géométriques tels la largeur et l'épaisseur du canal considéré. Nos expériences ont permis de la vérifier en variant les dimensions des canaux.

Cette étude révèle la sensibilité des fronts de réaction à la structure des écoulements dans lesquels il se propage, en faisant ainsi des révélateurs très fins de transitions hydrodynamiques. Ceci suggère qu'un front de réaction pourrait être utilisé pour dévoiler les structures fines d'un écoulement complexe, propriété potentiellement intéressante par exemple en microfluidique. Par ailleurs, l'accroissement important de vitesse du front par de faibles courants tridimensionnels révèle toute l'importance de la géométrie des écoulements envers l'efficacité du transport propagatif.

Références

1. F. Sagues and I.R. Epstein, *Dalton Trans.*, 1201-1217 (2003).
2. D.M. Weitz and I.R. Epstein, *J.Phys.Chem.* **88**, 5300-5304 (1984).
3. A. Pocheau and F. Harambat, *Phys.Rev.E* **73**, 065304 (2006) ;
A. Pocheau, F.Harambat, *Phys.Rev.E* **77**, 036304 (2008).