

Titre en français : Dynamique de fronts réactifs dans un réseau de vortex : étude des régimes d'advection-réaction-diffusion et des effets d'instationnarité et de désordre

Titre en anglais : Dynamics of reactive fronts in a vortex network : study of advection-reaction-diffusion regimes and of instationarity and disorder effects

Nom du directeur de thèse : Alain Pocheau / Simona Bodea

Tel : 04 13 55 20 53 / 04 13 55 20 57

E-Mail : alain.pocheau@univ-amu.fr / simona.bodea@univ-amu.fr

Laboratoire : Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre, IRPHE, UMR7342, Marseille

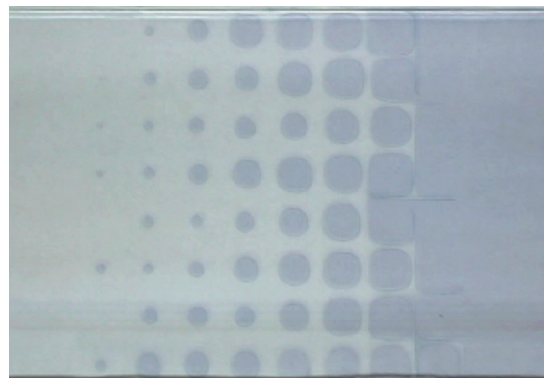
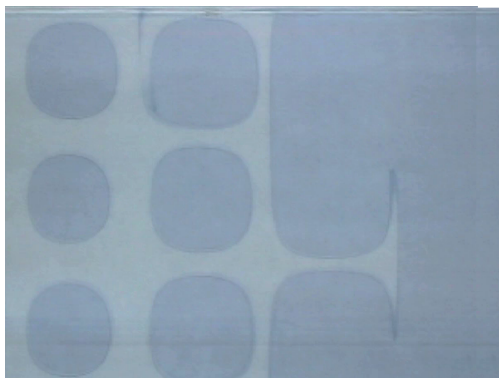
Financement : demandé

Type de financement : bourse du ministère

Résumé en français :

La propagation de fronts de réaction-diffusion dans des milieux agités par des écoulements se rencontre dans de nombreux domaines naturels (feux de forêt, épidémies, dynamique du plancton) ou industriels (génie chimique, moteurs). De manière générale, il apparaît que la vitesse moyenne du front se trouve rehaussée par des écoulements, ce qui peut être recherché dans l'industrie (réactivité accrue) ou craint dans les milieux naturels (incendies ou pandémies amplifiées). Dans les deux cas, il s'avère primordial de mieux prédire, modéliser et comprendre la propagation de fronts en fonction des caractéristiques des écoulements auxquels il est soumis.

L'objectif de la thèse sera d'étudier expérimentalement la vitesse moyenne et la forme du front en fonction de l'amplitude et de l'échelle des vortex qui le composent, du degré de désordre de leur répartition spatiale et de leur évolution temporelle. Pour cela, une expérience modèle permettant de créer divers écoulements contrôlés et d'observer la propagation du front in situ et en temps réel sera utilisée. Elle se fonde sur une réaction d'oxydo-réduction en solution et sur des écoulements produits par électroconvection en cellule de Hele-Shaw. L'interprétation des situations physiques ainsi produites pourra être enrichie par des modèles cinématiques ou dynamiques de champ d'advection-réaction-diffusion à diverses échelles.



Front se propageant dans un réseau de vortex larges (gauche) ou fins (droite). Le milieu frais (avant réaction) est bleu ; le milieu brûlé (après réaction) est blanc ; le ou les fronts se situent à leurs frontières. Le front se déplace en moyenne de gauche à droite et, dans les vortex, de leur périphérie vers leur centre.

Front propagating in a network of wide (left) or thin (right) vortices. The fresh medium (before reaction) is blue; the burnt medium (after reaction) is white; the front(s) are located at their boundaries. The front moves on average from left to right and, in the vortices, from their periphery to their center.

Résumé en anglais :

The propagation of reaction-diffusion fronts in media stirred by flows is encountered in many natural (forest fires, epidemics, plankton dynamics) or industrial (chemical engineering, engines) domains. In general, it appears that the average velocity of the front is increased by flows, which can be sought in industry (increased reactivity) or feared in natural environments (amplified fires or pandemics). In both cases, it is essential to better predict, model and understand the propagation of fronts according to the characteristics of the flows to which they are subjected.

The objective of the thesis will be to study experimentally the average velocity and shape of the front as a function of the amplitude and scale of the vortices that compose it, the degree of disorder of their spatial distribution and their temporal evolution. For this purpose, a model experiment allowing to create various controlled flows and to observe the front propagation in situ and in real time will be used. It is based on a redox reaction in solution and on flows produced by electroconvection in a Hele-Shaw cell. The interpretation of the physical situations thus produced could be enriched by kinematic or dynamic models of advection-reaction-diffusion fields at various scales.

Profil du candidat recherché :

Le candidat sera titulaire d'un Master ou équivalent en mécanique, mathématiques appliquées ou en physique. Une formation expérimentale n'est pas absolument requise mais un intérêt pour la démarche expérimentale et l'analyse d'expériences modèles est attendu.

Profile of the desired candidate:

The candidate will have a Master's degree or equivalent in mechanics, applied mathematics or physics. An experimental background is not absolutely required, but an interest in the experimental approach and the analysis of model experiments is expected.

Publications sur le sujet :

- Abraham, E. R., *Nature (London)* **391**, 1035–577 (1998).
The generation of plankton patchiness by turbulent stirring.
- Cencini, M., Torcini, A., Vergni, D. & Vulpiani, A., *Phys. Fluids* **15**, 679–688 (2003).
Thin front propagation in steady and unsteady cellular flows
- Vladimirova, N., Constantin, P., Kiselev, A., Ruchayskiy, O. & Ryzhik, L., *Combustion Theory Modelling* **7**, 487–508 (2003).
Flame enhancement and quenching in fluid flows.
- Pocheau A., Harambat F., *Phys.Rev.E* **77**, 036304 (2008).
Front propagation in a laminar cellular flow: shapes, velocities and least time criterion.

- Tzella, A. & Vanneste, J., *SIAM J. Appl. Math.* **75** (4), 1789–1816 (2015).
Fkpp fronts in cellular flows : the large-Péclet regime.
- E. Beauvier, Bodea S., Pocheau A., *Soft Matter* **12**, 8935-8941 (2016).
Front propagation in a vortex lattice: dependence on boundary conditions and vortex depth.
- E. Beauvier, Bodea S., Pocheau A., *Phys.Rev.E.* **96**, 053109 (2017).
Front propagation in a regular vortex lattice : dependence on the vortex structure.
- E. Beauvier, Bodea S., Pocheau A., *JFM*, **968**, A29, 2023
Front propagation in cellular flows : scale dependence versus scale invariance.

Insertion professionnelle après thèse : publique et/ou privée