

Simulation numérique des ondes de Faraday

Périnet Nicolas¹, Damir Juric² & Laurette Tuckerman¹

¹ PMMH ESPCI, UMR 7636, 10 rue Vauquelin - 75231 PARIS CEDEX 5 - FRANCE

² LIMSI-CNRS, BP 133, Bât 508 - F-91403 ORSAY CEDEX - FRANCE

perinet@pmmh.espci.fr

Quand deux fluides superposés sont soumis à une oscillation verticale, leur interface, initialement plane, peut former des motifs qui perdurent dans le temps si l'oscillation appliquée est d'intensité suffisante. Ce phénomène, l'instabilité de Faraday [1], constitue un modèle macroscopique d'une richesse extraordinaire permettant d'expliquer la formation de motifs. En effet, des motifs beaucoup plus singuliers que les réseaux cristallins classiquement rencontrés ont été observés : quasi-cristaux [2,3], oscillons [4] et super-réseaux [5].

Nous avons réalisé un code tridimensionnel non linéaire pour explorer les possibilités de motifs offertes par l'instabilité de Faraday. Une méthode de 'Front-Tracking' a été mise au point pour la recherche des forces de tension superficielle et l'advection de l'interface ; la résolution des équations de Navier–Stokes est faite à l'aide d'une méthode de projection [6,7] appliquée à un schéma aux différences finies.

Dans le régime linéaire, les calculs de seuils d'instabilité [8] et les modes propres temporels décrivant la position d'un point de l'interface ont permis une validation préliminaire du code. Celle-ci a été appuyée par une comparaison quantitative avec un article expérimental [9] des motifs carrés et hexagonaux apparaissant à saturation, pour différentes accélérations supérieures à l'accélération critique. L'évolution des spectre spatiaux et les spectres spatio-temporels sont en accord avec les résultats expérimentaux [9], aux incertitudes près.

Cependant, l'expérience [10] et les premières simulations numériques sembleraient mettre en évidence que les motifs hexagonaux sont transitoires. Leurs apparitions et disparitions successives au profit de motifs ayant d'autres symétries montreraient que le régime hexagonal serait un point fixe d'une orbite hétérocline.

Références

1. M. Faraday, "On a peculiar class of acoustical figures ; and on certain forms assumed by groups of particles upon vibrating elastic surfaces," *Philos. Trans. R. Soc. London* **121**, 299–340 (1831).
2. B. Christiansen, P. Alstrøm and M. T. Levinsen, "Ordered Capillary-Wave States : Quasicrystals, Hexagons, and Radial Waves," *Phys. Rev. Lett.* **68**, 2157–2161 (1992).
3. W. S. Edwards and S. Fauve, "Patterns and quasi-patterns in the Faraday experiment", *J. Fluid Mech.* **278**, 123–148 (1994).
4. O. Lioubashevski, H. Arbell and J. Fineberg, "Dissipative solitary states in driven surface waves," *Phys. Rev. Lett.* **76**, 3959–3962 (1996).
5. A. Kudrolli, B. Pier and J. P. Gollub, "Superlattice patterns in surface waves," *Physica D* **123**, 99–111 (1998).
6. A. J. Chorin, "Numerical simulation of the Navier-Stokes equations," *Math. Comput.* **22**, 745-762 (1968).
7. R. Temam, "Navier-Stokes Equations, Theory and Numerical Analysis," North-Holland, Amsterdam, 1984.
8. K. Kumar and L. S. Tuckerman, "Parametric instability of the interface between two fluids," *J. Fluid. Mech.* **279**, 49–68 (1994).
9. A. V. Kityk, J. Embs, V.V. Menkhonoshin, C. Wagner, "Spatiotemporal characterization of interfacial Faraday waves by means of a light absorption technique,"
10. A. Kityk, C. Wagner (personal communication, 2008).