Ondes non linéaires dans l'expérience de Faraday

N. Rojas[1], M. Argentina[1], E. Cerda[2] & E. Tirapegui[3]

[1] Université de Nice-Sophia-Antipolis, UFR Sciences, LJAD, Parc Valrose, 28, avenue Valrose, 06108 Nice Cedex 2, France
[2] Departamento de Física and Centro para Investigacion Interdisciplinaria Avanzada en Ciencias de los Materiales, Universidad de Santiago, Av. Ecuador 3493, Santiago, Chile.
[3] Facultad de Ciencias Físicas y Mat., Depto. Física, Univ. de Chile, casilla 487-3, Santiago, Chile
`Nicolas.ROJAS@unice.fr`

Dans un article publié en 1831, M Faraday décrivit la formation de structures obtenues en vibrant un plateau recouvert par un milieu granulaire [1]. En annexe, il étudie les patterns constitués d'ondes de surface d'un fluide vibré. Bien plus tard [2], avec l'hypothèse de fluide non visqueux, l'origine de l'instabilité fut proposée : une résonance paramétrique. En approximation shallow water, les ondes de surface se comportent comme des oscillateurs harmoniques de fréquence $\sqrt{gk}$, k étant le nombre d'onde. La vibration périodique du récipient contenant ce fluide induit donc une variation périodique de la fréquence des ondes. L'amplitude des ondes de surface obéit donc à une équation de Mathieu, dont les solutions se déstabilisent avec un forçage sous harmonique. Lorsque les effets visqueux sont pris en compte, la surface du fluide vibré se déforme en produisant de petites vagues avec des longueurs caractéristiques sans lien avec la taille du récipient. Les expériences menées sur les fluides visqueux ont montré une grande variété de patterns, comme des carrés, des hexagones, des rhomboides [3,4,5,6] mais aussi des quasi-patterns [7,5,6] ou encore des oscillons [8,9,6] . Du point de vue théorique, l'inclusion de la dissipation visqueuse dans la détermination du seuil d'instabilité permet d'obtenir de bonnes prédictions par rapports aux mesures expérimentales [10].

Dans ce travail, nous proposons une dérivation robuste des équations non linéaires qui décrivent la dynamique de l'épaisseur de la couche de fluide et la dynamique des flux de masse. Notre approche, générale, permet de décrire les couches de fluide mince avec de petits nombres de Reynolds.

Références

1. M. Faraday, On the forms and states of fluids on vibrating elastic surfaces, Phil. Trans. R. Soc. Lond. **52**, 319-340 (1831).
2. T. B. Benjamin y F. Ursell, The stability of the plane free surface of a liquid in vertical periodic motion, Proc. Roy. Soc. London **A, 225**, 505 (1954).
3. H. W. Muller, Periodic triangular patterns in the Faraday experiment, Phys. Rev. Lett. **71**, 3287 (1993).
4. H. Arbell, J. Fineberg, Two-mode rhomboidal states in driven surface waves, Phys. Rev. Lett. **84** (4), 654 (1999).
5. H. Arbell, J. Fineberg, Temporally harmonic oscillons in newtonian fluids, Phys. Rev. Lett. **85** (4), 756 (2000).
6. H. Arbell, J. Fineberg, Pattern formation in 2-frequency forced parametric waves, Phys. Rev. Lett. **E, 65**, 036224 (2002).
7. W. S. Edwards y S. Fauve, Parametrically excited quasicrystalline surface waves, Phys. Rev. Lett., **E, 47**, 788 (1993).
8. J. Wu, R. Keolian, I. Rudnick, Observation of a nonpropagating hydrodynamic soliton, Phys. Rev. Lett. **52**, 1421 (1984).
9. O. Lioubashevski, H. Arbell & J. Fineberg, Dissipative solitary states in driven surface waves, Phys. Rev. Lett. **76**, 3959 (1996).
10. E. A. Cerda, E. L. Tirapegui, Faraday's instability in viscous fluid, J. Fluid Mech. **368**, 195 (1998).