Role de la dissipation en turbulence d'ondes de flexion

Benjamin Miquel[1], Alexandros Alexakis[1] & Nicolas Mordant[2]

[1] Laboratoire de Physique Statistique, ENS, UPMC, CNRS, 24 rue Lhomond, 75005 Paris
[2] Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels, CNRS/UJF/G-INP, BP53, 38041 Grenoble
benjamin.miquel@lps.ens.fr

Dans la limite des faibles pentes et des faibles contraintes, les déformations des plaques élastiques minces sont régies par un système d'équations non-linéaires : les équations de Föppl-Von Karmán. Pour des amplitudes suffisament faibles, le terme non-linéaire induit des intéractions à 4 ondes qui engendrent des échanges d'énergie lents entre différents modes. De façon analogue aux écoulements turbulents, une cascade d'énergie se développe dans l'espace de Fourier lorsque le forçage et la dissipation d'énergie y sont clairement séparés.
La théorie de la turbulence faible fournit un cadre théorique général pour la description de systèmes d'ondes non-linéaires [1]. Appliqué aux équations de Föppl-Von Karmán par Düring *et al* [2], cette théorie prédit notamment le spectre (dit de "Kolmogorov-Zakharov") du champ de vitesse en régime stationnaire forcé : $E_v^{KZ}(k) \propto \phi^{1/3} k \log{(k^*/k)}^{1/2}$, où ϕ est le flux d'énergie. Les expériences réalisées [3] ont permis de mesurer un spectre différent : $E_v^{EXP}(k) \propto k^{-0.2}\phi^{1/2}$.

Des simulations numériques des équations de Föppl-Von Karmán ont été réalisées pour rechercher l'origine de ce désaccord. Différents types de dissipations ont été implémentés. Une dissipation réaliste, agissant à toutes échelles, permet de reproduire les résultats expérimentaux, validant ainsi la description de notre système par les équations de Föppl-Von Karman. Lorsqu'une dissipation localisée aux petites échelles uniquement est utilisée (comme supposé par la théorie de la turbulence faible), un spectre similaire au spectre de Kolmogorov Zakharov est retrouvé : $E_v^{NUM}(k) \propto \phi^{1/3} k \log(k^*/k)^{1/2}$.

Une interprétation possible est la suivante : du fait d'une dissipation présente à toute les échelles, le flux d'énergie n'est pas constant au cours de la cascade d'énergie (la cascade "fuit"). Il en résulte un raidissement du spectre par rapport à un système modèle pour lequel la dissipation est rigoureusement localisée aux petites échelles.

Références

1. V.E. Zakharov, V.S. L'vov, and G. Falkovich, *Kolmogorov Spectra of Turbulence I* (Springer, Berlin, 1992)
2. G. Düring, C. Josserand, S. Rica, *Weak turbulence for a vibrating plate : can one hear a Kolmogorov spectrum ?*, Phys. Rev. Lett. **97**, 025503 (2007)
3. N. Mordant, *Fourier analysis of wave turbulence in a thin elastic plate*, Eur. Phys. J. B **76**, 537-545 (2010)