

# Turbulence d'onde sur une plaque élastique mince : analyse du spectre d'énergie spatio-temporel

N. Mordant<sup>1</sup>, P. Cobelli<sup>2</sup>, P. Petitjeans<sup>2</sup>, A. Maurel<sup>3</sup>, & V. Pagneux<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique Statistique, Ecole Normale Supérieure, 24 rue Lhomond, 75005 Paris

<sup>2</sup> Laboratoire Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, ESPCI, 10 rue Vauquelin, 75005 Paris

<sup>3</sup> Laboratoire Ondes et Acoustique, ESPCI, 10 rue Vauquelin, 75005 Paris

<sup>4</sup> Laboratoire d'Acoustique, Université du Maine, Avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans

`nmordant@ens.fr`

La turbulence d'onde est constituée d'un spectre continu d'ondes non linéaires. Une théorie analytique –“turbulence faible” – a été développée dans le cas d'ondes faiblement non linéaires [1] et appliquée à un vaste nombre de système physiques (ondes de gravité, ondes capillaires, acoustique, optique non linéaire, condensats, turbulence superfluide, ondes d'Alfvén...). Elle a été récemment appliquée au cas d'ondes de flexion dans une plaque élastique mince [2]. Elle prédit en particulier le spectre d'énergie des ondes dans le cas d'un système forcé hors d'équilibre : l'énergie est transférée dans l'espace de Fourier via des résonances impliquant 4 ondes formant ainsi un spectre continu de longueurs d'onde. Ce système a été réalisé expérimentalement sur une plaque en acier inoxydable de 2 m par 1 m et d'épaisseur d'un demi millimètre. Il a été effectivement observé un régime de turbulence d'onde [3,4]. Ces mesures ponctuelles de la déformation se sont montrées en désaccord quantitatif avec les prédictions de la théorie aussi bien en ce qui concerne la répartition spectrale de l'énergie que le comportement en fonction de la puissance moyenne injectée. Il a alors été suggéré un certain nombre d'explications potentielles : (i) présence de structures fortement non linéaires (du type pli ou D-cones) (ii) effets de taille finie (iii) dissipation non localisée spectralement à haute fréquence (iv) rôle de la faible déformation statique.

Pour tenter de discriminer ces possibilités, nous avons utilisé la méthode de profilométrie par transformée de Fourier développée par P. Cobelli *et al.* [5]. Cette méthode couplée à une caméra rapide nous permet de mesurer le champ de déformation de façon résolue en temps et en espace sur une surface étendue de l'ordre du mètre carré. Il est alors possible de calculer le spectre spatio-temporel d'énergie de la déformation de la plaque [6] (tandis que les mesures ponctuelles ne fournissent qu'un spectre temporel). On observe alors que, comme attendu pour des ondes, l'énergie est localisée sur une surface dans l'espace à 3 dimensions ( $\mathbf{k}, \omega$ ) ce qui tend à éliminer la possibilité de structures fortement non linéaires. La relation de dispersion non linéaire observée est très proche de la relation de dispersion linéaire mais avec un faible écart systématique qui reproduit qualitativement les prédictions de la théorie de la turbulence faible. D'autres prédictions de la théorie peuvent être testées : distribution gaussienne des composantes de Fourier ou élargissement du spectre autour de la relation de dispersion. Les caractéristiques de la turbulence faible semble être observées qualitativement à défaut de l'être quantitativement.

## Références

1. A. C. Newell, S. Nazarenko et L. Biven, “Wave turbulence and intermittency” *Physica D* **152-153**, 520 (2001)
2. G. Düring, C. Josserand et S. Rica, “Weak turbulence for a vibrating plate : can one hear a Kolmogorov spectrum?”, *Phys. Rev. Lett.*, **97**, 025503 (2006)
3. N. Mordant, “Are there waves in elastic wave turbulence?”, *Phys. Rev. Lett.*, **100**, 234505 (2008)
4. A. Boudaoud, O. Cadot, B. Odille et C. Touzé, “Observation of wave turbulence in vibrating plates”, *Phys. Rev. Lett.* **100** 234504 (2008)
5. A. Maurel, P. Cobelli, V. Pagneux et P. Petitjeans, “Experimental and theoretical inspection of the phase-to-height relation in Fourier transform profilometry”, *Applied Optics*, **48**, 380 (2009)
6. P. Cobelli, P. Petitjeans, A. Maurel, V. Pagneux et N. Mordant, “Space-Time Resolved Wave Turbulence in a Vibrating Plate”, *Phys. Rev. Lett.*, **103**, 204301 (2009)