

# Vers une turbulence d'ondes optiques en présence d'interactions à longue portée

Gang Xu<sup>1</sup>, Josselin Garnier<sup>2</sup>, Stefano Trillo<sup>3</sup>, Antonio Picozzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 - Université de Bourgogne, Dijon

<sup>2</sup> Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires, Université Paris Diderot, Paris

<sup>3</sup> Université de Ferrara, Via Saragat 1, Italie

gang.xu@u-bourgogne.fr

La théorie de turbulence d'ondes fournit une description cinétique hors-équilibre de la turbulence développée dans différents domaines de la physique [1]. Dans un système conservatif (Hamiltonien), l'équation cinétique de turbulence d'ondes décrit en particulier un processus irréversible de thermalisation vers l'état d'équilibre thermodynamique (spectre de Rayleigh-Jeans). Cette équation joue un rôle important pour la description de différentes expériences d'optique non linéaire (e.g., [2,3]). En considérant des modèles de type *Schrödinger non linéaire*, nous avons récemment étudié la dynamique d'ondes turbulentes dans un milieu non linéaire caractérisé par une interaction à 'longue portée', i.e., une réponse non linéaire fortement non locale dans le domaine spatial [4], ou fortement non-instantanée dans le domaine temporel [5]. Contrairement au processus de thermalisation prédit par l'équation de turbulence d'ondes, nous avons pu identifier différents comportements hors-équilibre inattendus.

Dans le domaine *spatial*, le système d'ondes turbulentes s'auto-organise en structures incohérentes hors-équilibre qui sont localisées dans l'espace ('turbulence de solitons incohérents'), cela même en partant d'une condition initiale cohérente [4]. L'interaction à longue portée inhibe donc le processus de thermalisation de l'onde. La dynamique hors-équilibre est décrite par une équation cinétique dont la structure est analogue à l'équation de Vlasov qui décrit par exemple la dynamique de galaxies.

Dans le domaine *temporel*, la propriété de causalité de la fonction de réponse non linéaire empêche le processus de thermalisation de l'onde [6]. Dans ce cas la dynamique hors-équilibre est décrite par une équation cinétique analogue à celle utilisée dans les plasmas pour décrire la turbulence faible de Langmuir [7]. Nous avons ainsi montré que le système turbulent s'organise en solitons *spectraux* incohérents, i.e., des structures incohérentes qui ne peuvent pas être identifiés dans le domaine spatio-temporel, mais uniquement dans le domaine spectral [6]. Dans ce contexte, nous avons récemment étudié le régime longue-portée en considérant une réponse lente du milieu de propagation [5]. Dans ce régime le système exhibe, comme règle générale, la formation d'ondes de choc dispersives, i.e., des singularités régularisées par des effets de dispersion (en l'absence de dissipation). Contrairement aux ondes de choc dispersives conventionnelles qui se développent dans l'évolution d'une onde cohérente, ici la singularité se manifeste dans la dynamique spectrale de l'onde incohérente. Ces ondes de chocs constituent un comportement hors-équilibre singulier du champ turbulent et possèdent des propriétés différentes des ondes de choc cohérentes (e.g., elles se développent dans un régime faiblement non linéaire). L'approche cinétique révèle que ces objets incohérents sont décrits par une famille d'équations cinétiques intégro-différentielles singulières, e.g., l'équation de Benjamin-Ono qui décrit ici l'évolution du spectre (moyenné) de l'onde turbulente.

## Références

1. S. Nazarenko, *Wave turbulence* (Springer, Lectures Notes in Physics, 2011).
2. J. Laurie, U. Bortolozzo, S. Nazarenko, and S. Residori, *Phys. Reports* **514**, 121 (2012).
3. P. Suret, S. Randoux, H. Jauslin, and A. Picozzi, *Phys. Rev. Lett* **107**, 233901 (2010).
4. A. Picozzi and J. Garnier, *Phys. Rev. Lett* **107**, 233901 (2011).
5. J. Garnier, G. Xu, S. Trillo, and A. Picozzi, *Phys. Rev. Lett* **111**, 191132 (2013).
6. A. Picozzi, S. Pitois, G. Millot, *Phys. Rev. Lett* **101**, 093901 (2008).
7. S. Musher, A. Rubenchik, and V. Zakharov, *Phys. Reports* **252**, 177 (1995).