

Turbulence d'ondes en optique : propagation non linéaire de rayonnements partiellement cohérents dans les fibres monomodes

Stéphane Randoux ¹, Antonio Picozzi ² & Pierre Suret¹

¹ Laboratoire PHLAM - bât. P5- Université des Sciences et Technologies de Lille - 59655 Villeneuve d'Ascq

² Institut Carnot de Bourgogne, UMR-CNRS 5209, Université de Bourgogne, Dijon, France

stephane.randoux@univ-lille1.fr

La propagation d'une onde incohérente en milieu dispersif et non linéaire est un sujet d'études recouvrant des domaines très différents comme l'hydrodynamique et l'optique[1]. Ce type de propagation a été étudié initialement dans les années 70 dans le contexte de la turbulence d'ondes ; Zakharov a ainsi développé une théorie cinétique des ondes rendant compte des spectres d'équilibre observables quand les effets non linéaires sont perturbatifs [2]. Cette théorie prévoit entre autres une évolution vers un équilibre au sens thermodynamique quand le système d'ondes est non-intégrable ; ce comportement est actuellement étudié en optique dans des systèmes faiblement non linéaires [1,3].

De nombreux systèmes d'ondes sont décrits par l'équation de Schrodinger non linéaire unidimensionnelle :

$$\frac{\partial \psi(z, t)}{\partial z} = -i \psi \frac{\partial^2 \psi(z, t)}{\partial t^2} + i |\psi(z, t)|^2 \psi(z, t). \quad (1)$$

Cette équation est intégrable et la théorie cinétique des ondes prédit dans ce cas que le spectre de l'onde incohérente ne devrait pas évoluer au cours de la propagation [4]. Néanmoins, ce résultat n'est ni confirmé par les simulations numériques de l'équation (1) ni validé par des expériences d'optique [5].

Dans ce travail, nous revoyons certaines hypothèses habituellement utilisées dans la dérivation de la théorie cinétique des ondes. Nous montrons que celle-ci permet de décrire certaines évolutions spectrales dans les systèmes d'ondes décrits par l'Eq. (1), et ceci en dépit de leur caractère intégrable [6]. Pour cela, nous reconsidérons l'hypothèse usuelle selon laquelle le moment d'ordre quatre de l'onde est supposé stationnaire (i.e. indépendant de z). Pour des ondes incohérentes ayant des spectres de forme initiale gaussienne, nous dérivons une équation cinétique pour le moment d'ordre deux du champ (i.e. son spectre moyen). Contrairement au traitement usuel, le terme de collision n'est pas nul mais oscille de manière amortie. Ceci entraîne une croissance brutale des ailes du spectre de l'onde incohérente ainsi que leurs oscillations amorties avant l'arrivée du régime stationnaire. Les résultats théoriques obtenus sont confrontés à des expériences de propagation de rayonnements partiellement cohérents dans des fibres optiques monomodes.

Références

1. Antonio Picozzi "Nonequibrated Oscillations of Coherence in Coupled Nonlinear Wave Systems" Phys. Rev. Lett. **96**, 013905 (2006)
2. V.E. Zakharov and V.S. L'Vovo "Kolmogorov Spectra of Turbulence I" (Springer-Verlag, 1992).
3. Stéphane Pitois, Silère Lagrange, Hans R. Jauslin, and Antonio Picozzi "Velocity Locking of Incoherent Nonlinear Wave Packets" Phys. Rev. Lett. **97**, 033902 (2006)
4. V. E. Zakharov "Turbulence in Integrable Systems," Studies in Applied Mathematics **122**, 219–234 (2009).
5. B. Barviau, S.Randoux and P. Suret "Spectral broadening of a multimode continuous-wave optical field propagating in the normal dispersion regime of a fiber " Opt. Lett. **31**, 1696 (2006)
6. Pierre Suret, Antonio Picozzi, and Stéphane Randoux Wave turbulence in integrable systems : nonlinear propagation of incoherent optical waves in single-mode fibers Opt. Express. **19**, 17852 (2011)