

Propagation non linéaire d'un rayonnement incohérent dans une fibre optique en régime de dispersion normale : comportement asymptotique du spectre

Pierre Suret, Benoît Barviau & Stéphane Randoux

Laboratoire PHLAM - bât. P5- Université des Sciences et Technologies de Lille - 59655 Villeneuve d'Ascq
pierre.suret@univ-lille1.fr

La propagation d'une onde incohérente en milieu dispersif et non linéaire est un sujet d'étude se retrouvant dans des domaines très différents comme l'hydrodynamique et l'optique. L'étude expérimentale et théorique présentée ici concerne l'évolution du spectre optique d'un laser continu fortement multimode au cours de la propagation dans une fibre *en régime de dispersion normale*[1].

Nous avons mesuré les largeurs à mi-hauteur des spectres optiques à l'entrée et à la sortie d'une fibre optique pour des puissances allant de 0 à 2 Watt et pour des longueurs de fibres allant de 0 à 2.5 km. La largeur à mi-hauteur du spectre optique évolue de façon surprenante en fonction de la longueur de propagation : elle augmente jusqu'à quelques centaines de mètres où elle présente un maximum puis décroît vers une valeur voisine de la largeur du spectre d'entrée.

Nous avons obtenu un comportement identique en intégrant numériquement l'équation la plus simple possible décrivant la propagation d'un rayonnement électromagnétique dans une fibre optique : l'équation de Schrödinger non linéaire à *une dimension*. Dans nos simulations, le spectre de Fourier du champ électrique est gaussien en amplitude tandis que les phases des différentes composantes spectrales sont distribuées de manière aléatoire (onde incohérente). Le spectre final est obtenu après moyennage des spectres correspondant à plusieurs centaines de tirages aléatoires.

Tant dans nos simulations que dans nos expériences, le résultat le plus suprenant à nos yeux est que le spectre optique (moyenne statistique) semble tendre vers une forme asymptotique à grande distance de propagation. L'évolution asymptotique d'un système hamiltonien (et en particulier l'équation de Schrödinger non linéaire à plusieurs dimensions) a déjà été étudiée dans divers contextes[2]. Par exemple, la théorie cinétique des ondes (initialement développée pour l'étude de la turbulence[3]), prévoit l'évolution vers un équilibre au sens thermodynamique dans certains cas : en particulier les effets non linéaires doivent être d'ordre perturbatif et le système doit être non intégrable (ce qui n'est pas le cas de l'équation de Schrödinger non linéaire à une dimension). Cette évolution vers un équilibre est actuellement étudiée en optique dans des systèmes faiblement non linéaires [4]. Nos résultats numériques et expérimentaux s'inscrivent dans un cadre différent car la non linéarité n'est pas d'ordre perturbatif d'une part et l'équation de Schrödinger non linéaire à une dimension est intégrable d'autre part. Est-il envisageable que les résultats numériques soient liés à la non intégrabilité de l'équation de Schrödinger non linéaire *discrétisée* ? ; la faible biréfringence de la fibre peut rendre quant à elle le dispositif expérimental non intégrable.

Dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne comprenons pas la convergence vers ce qui semble un état d'équilibre du spectre optique. Le lien éventuel entre nos observations et les travaux théoriques antérieurs (voir par exemple [2]) est un problème ouvert.

Références

1. 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)
2. Y. Pomeau *Asymptotic time behaviour of nonlinear classical field equations* Nonlinearity, **5** p. 707 (1992)
3. V.E. Zakharov and V.S. L'Vovo *Kolmogorov Spectra of Turbulence I* (Springer-Verlag, 1992)
4. S. Pitois, S. Lagrange, H. R. Jauslin, and A. Picozzi *Velocity Locking of Incoherent Nonlinear Wave Packets* Phys. Rev. Lett. **97** 033902 (2006)