Une nouvelle famille d'ondes scélérates dans les fibres optiques

S. Wabnitz[1], C. Finot[2], J. Fatome[2] & G. Millot[2]

[1] Dipartimento di Ingegneria dell Informazione, Università degli Studi di Brescia, 25123, Brescia, Italy
[2] Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, CNRS-Université de Bourgogne, 21078 Dijon, France
stefano.wabnitz@ing.unibs.it

La dynamique des ondes extrêmes, également connues sous le terme d'ondes scélérates, suscite actuellement de nombreuses recherches dans des branches très variées de la physique [1]. En océanographie, les vagues scélérates se manifestent principalement en eaux profondes sous la forme d'un événement soudain d'une puissance capable d'anéantir un navire. Elles peuvent alors être modélisées par l'équation non-linéaire unidimensionnelle de Schrödinger (NLSE). La propagation de la lumière dans une fibre optique étant régie par une équation identique, l'optique non-linéaire constitue une plateforme d'étude idéale. Ainsi, en exploitant l'instabilité modulationnelle existant dans une fibre à dispersion anormale, l'émission de solitons géants dans un supercontinuum ou bien la toute première génération de solitons de Peregrine ont pu être menées à bien expérimentalement.

Des ondes scélérates peuvent également se manifester en eaux peu profondes. Bien que moins étudiées, leurs conséquences sont potentiellement tout aussi destructices : le croisement de courants se propageant dans des directions opposées peut conduire à une élévation considérable et brutale du niveau de l'eau et mener à des dégats sévères sur les côtes. Nous montrons ici que de telles vagues scélérates, dénommées aussi ondes sneaker, peuvent également être générées dans des fibres optiques, dans le régime de dispersion normal exempt d'instabilité modulationnelle [2]. En effet, la remise en forme des trains d'ondes induite par la combinaison de la non-linéarité et de la dispersion normale est alors décrite par l'approximation semi-classique de l'ESNL, apparentée à l'équation non-linéaire en eaux peu profondes, également connue en hydrodynamique sous le nom d'équation de Saint-Venant.

Pour illustrer ce lien entre la génération des ondes sneaker et leur équivalent en optique fibrée, nous étudions numériquement et analytiquement l'évolution d'une onde optique continue affectée par un saut de fréquence. Cette condition initiale revient à considérer la collision entre deux courants opposés au voisinage d'une plage. Nous démontrons ici que cette modulation de fréquence se transforme progressivement en une impulsion intense avec une phase constante. Ces nouvelles structures non-linéaires présentent un profil très applati, et, pour cette raison, nous les avons baptisées *flaticons*. Assez remarquablement et comme prédit par [3], les flaticons sont soumis à une évolution auto-similaire avec une augmentation continue de leur durée temporelle alors que leur puissance crête demeure constante.

Une autre spécificité des flaticons est leur capacité à fusionner : plusieurs flaticons entrant en collision peuvent former une impulsion scélérate dont la puissance augmente avec la racine carrée du nombre de flaticons impliqués. Nous discuterons également la génération de telles structures à partir d'une modulation de phase sinusoidale, facile à mettre expérimentalement en oeuvre ainsi que l'émergence de telles impulsions dans les communications optiques multiplexées en longueur d'onde. Nous montrerons enfin comment la génération de trains d'impulsions brèves, intenses et périodiques peut bénéficier de ce concept.

Références

1. N. Akhmediev and E. Pelinovsky, Editorial - Introductory remarks on Discussion and Debate : Rogue Waves - Towards a Unifying Concept ?, *Eur. Phys. J. Special Topics*, **185**, 1-4 (2010).
2. S. Wabnitz, C. Finot, J. Fatome and G. Millot, Shallow water rogue wavetrains in nonlinear optical fibers, *arXiv* 1301.0888.
3. G. Biondini and Y. Kodama, On the Whitham equations for the defocusing nonlinear Schrödinger equation with step initial data, *J. Nonlinear Sci.*, **16**, 435-481 (2006).