

Evènements extrêmes spatio-temporels dans un laser spatialement étendu

Cristina Rimoldi¹, Stephane Barland¹, Franco Prati² & Giovanna Tissoni¹

¹ Université de Nice Sophia Antipolis, Institut Non Linéaire de Nice, CNRS UMR 7335, 1361 Route des Lucioles, F-06560 Valbonne, France

² CNISM, Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia, Università dell’Insubria, Via Valleggio 11, I-22100 Como, Italy

giovanna.tissoni@inln.cnrs.fr

Les phénomènes extrêmes sont définis par les conditions inhabituelles dans lesquelles ils se manifestent ou par leur ampleur. Cela va des événements géophysiques ”catastrophiques” (tremblements de terre, tsunamis, glissements de terrain), jusqu’au phénomène des ”vagues scélérates” qui se manifeste rarement mais qui peut occasionner des dommages sur les navires. Des analogues de vagues scélérates peuvent être observés autrement qu’à la surface de la mer, par exemple dans des dispositifs optiques où les ondes sont produites par des lasers, ce qui permet de les observer en laboratoire et donc de les étudier avec une grande précision. Le mécanisme par lequel ces ondes très particulières se forment est encore très mal compris. L’analogie entre les modèles des systèmes optiques non linéaires et les systèmes hydrodynamiques est connue depuis les années 80, mais ce n’est que très récemment qu’elle a été appliquée à l’étude des vagues scélérates [1,2].

Les microcavités à semiconducteur comme les VCSELs (Vertical Cavity Surface Emitting Lasers) sont des candidats idéals pour explorer les mécanismes dynamiques qui sont à l’origine de phénomènes extrêmes du type vagues scélérates (rogue waves). Nous pensons que ces systèmes, qui sont intrinsèquement bidimensionnels, puissent être utiles pour individuer les mécanismes de la formation de vagues scélérates dans l’océan, mécanismes qui peuvent être absents dans les systèmes unidimensionnels. Ces cavités sont caractérisées par une longueur de l’ordre de la longueur d’onde optique et un diamètre transverse (par rapport à la propagation de la lumière) de plus de 200 microns. En outre, la rapidité extrême de ces systèmes peut permettre de recueillir et traiter la statistique d’un nombre très élevé de données (expérimentales ou numériques).

Nous étudions numériquement la formation des événements extrêmes dans un laser à semiconducteur à grande section transversale, avec un absorbant saturable intégré dans la cavité [3,4]. A différence de la littérature existante sur les vagues scélérates optiques dans les systèmes optiques transverses, nous avons développé une méthode numérique pour individuer les maxima spatio-temporels de l’intensité lumineuse dans le plan transverse : tous les maxima locaux sont suivis pendant leur évolution temporelle, et un ”événement” n’est compté que quand il atteint sa valeur maximale aussi dans le temps [5]. Cette méthode permet une définition de ”significant wave height”, correspondant à la valeur moyenne de la hauteur (du minimum à la crête) du tiers le plus haut des ”vagues” : la comparaison avec cette valeur permet de définir les événements extrêmes comme on fait en hydrodynamique.

Références

1. D. R. Solli, C. Ropers, P. Koonath, and B. Jalali, Optical rogue waves, *Nature Lett.* **450**, 1054–1057 (2007) ; doi :10.1038/nature06402
2. John M. Dudley, Frédéric Dias, Miro Erkintalo and Goëry Genty, *Nature Phot.* **8**, 755–764 (2014).
3. F. Prati, G. Tissoni, L.A. Lugiato, K. Mahmoud Aghdami, and M. Brambilla, *Eur. Phys. J. D* **59**, 73 (2010)
4. H. Vahed, F. Prati, M. Turconi, S. Barland, and G. Tissoni, *Phil. Trans. R. Soc. A*, **372** : 20140016 (2014). <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0016>
5. C. Rimoldi, S. Barland, F. Prati, G. Tissoni, in *Spatiotemporal Complexity in Nonlinear Optics (SCNO)*, 2015 , pp.1-3, Aug. 31 2015-Sept. 4 2015 doi : 10.1109/SCNO.2015.7323997