

Onde de choc balistique dans les fibres optiques

Javier Nuno, Christophe Finot & Julien Fatome

Laboratoire Interdisciplinaire CARNOT de Bourgogne, UMR 6303 CNRS-Université de Bourgogne
Franche-Comté, Dijon, France
jfatome@u-bourgogne.fr

Les ondes de choc ont été le sujet ces dernières décennies d'études dans de nombreux domaines de la physique allant de l'hydrodynamique à l'optique en passant par les condensats ou les plasmas [1,2,3,4]. Ces ondes émergent dans les systèmes conservatifs ou faiblement dissipatifs tirent leur origine de l'interaction entre non-linéarité et dispersion. Plus spécifiquement, en optique non-linéaire, un régime de propagation défocalisant peut augmenter à l'infini le gradient du profil d'intensité d'une impulsion lumineuse et conduire à une catastrophe qui est ensuite régularisée via la dispersion. Cette régularisation entraîne l'émergence de structures oscillantes non-stationnaires en éventail : les ondes de choc dispersives. Dans cette contribution, nous proposons et générons expérimentalement une onde de choc dispersive balistique. Contrairement aux études traditionnelles, la catastrophe du gradient est ici induite sur une onde continue. Ceci est possible grâce à la modulation de phase croisée exploitée dans un système vectoriel.

Plus précisément, l'onde initiale continue de faible intensité se propage dans une fibre à dispersion normale conjointement avec une impulsion lumineuse picoseconde de forte intensité polarisée orthogonalement. Le régime de propagation défocalisant refaçonne non-linéairement l'impulsion en une impulsion parabolique puis rectangulaire jusqu'à ce que la brisure d'onde intervienne. Cette raideur accrue des ailes couplée à une expansion temporelle marquée déclenche une catastrophe sur le profil de phase de l'onde continue orthogonale via la modulation de phase croisée. Entraînée par cet effet piston, la catastrophe est ensuite régularisée par la dispersion, déplantant la région centrale et créant deux motifs symétriques de choc sur le fond initial. Ce comportement peut être parfaitement prédit par la résolution numérique d'un système de deux équations de Schrödinger non-linéaires couplées, correspondant au système simplifié de Manakov prenant en compte les fluctuations aléatoires de la biréfringence de la fibre.

Le montage expérimental développé repose sur les technologies de l'industrie des télécommunications optiques. Les impulsions d'une soixantaine de picosecondes sont générées par modulation d'une onde continue et amplifiées dans une fibre dopée erbium. L'onde continue de faible puissance est polarisée orthogonalement à ces impulsions et les deux signaux se propagent dans une fibre de 13 kilomètres de longueur avec une dispersion normale de -124 ps/km/nm à 1550 et une non-linéarité de 5.2 /W/km. A la sortie du système, les deux ondes sont isolées et analysées dans le domaine temporel grâce à une détection à grande bande passante. Les enregistrements expérimentaux reproduisent parfaitement les prédictions numériques avec l'observation claire d'une déplétion totale de la zone centrale et l'apparition de deux fronts contenant des oscillations marquées. Des mesures complémentaires nous ont permis de mettre en évidence l'impact d'une différence de vitesse entre les deux ondes mises en jeux. Ces nouvelles structures non-linéaires ont également pu être mises en évidence expérimentalement dans le cas d'une onde partiellement incohérente.

Références

1. G. B. WHITHAM, *Linear and Nonlinear Waves*, Wiley, (1974).
2. W. WAN, S. JIA, AND J. W. FLEISCHER, Dispersive superfluid-like shock waves in nonlinear optics,, *Nat. Phys.*, **3**, 46-51 (2006).
3. G. XU, A. MUSSOT, A. KUDLINSKI, S. TRILLO, F. COPIE, AND M. CONFORTI, Shock wave generation triggered by a weak background in optical fibers, *Opt. Lett.*, **41**, 2656-2659 (2016).
4. J. FATOME, C. FINOT, G. MILLOT, A. ARMAROLI, S. TRILLO, Observation of Optical Undular Bores in Multiple Four-Wave Mixing, *Phys. Rev. X*, **4**, 021022 (2014).