

Solitons à quelques cycles dans la dynamique de génération de supercontinuum

Hervé Leblond¹, Philippe Grelu², Dumitru Mihalache³

¹LUNAM Université, Université d'Angers, Laboratoire de Photonique d'Angers, EA 4464, 2 Boulevard Lavoisier, 49000 Angers, France

²Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR CNRS 6303, Université de Bourgogne, 9 Avenue A. Savary, BP 47870, Dijon Cedex 21078, France

³Academy of Romanian Scientists, 54 Splaiul Independentei, 050094 Bucharest, Romania, and Horia Hulubei National Institute for Physics and Nuclear Engineering, 30 Reactorului, Magurele, 077125 Bucharest, Romania

La génération de supercontinuum à partir d'impulsions laser femtoseconde très intenses atteint à l'heure actuelle des spectres extrêmement larges qui peuvent aller de l'ultraviolet au proche infrarouge (350-2400 nm) [1,2]. Les modèles d'enveloppe ne sont pas adaptés à la modélisation de la propagation de ces spectres large bande. Or des modèles fonctionnant au-delà de l'approximation de l'enveloppe lentement variable ont été proposés, pour décrire la propagation nonlinéaire d'impulsions à quelques cycles dans des milieux transparents. Des modèles faisant intervenir l'équation de Korteweg-de Vries modifiée (mKdV), ou sine-Gordon (sG), ont été établis, initialement à partir d'un modèle quantique à deux niveaux, en supposant que la fréquence de résonance du milieu était soit bien au-dessus, soit bien en-dessous de la fréquence centrale de l'impulsion [3]. Cette justification a ensuite été généralisée à des situations plus complexes, montrant que le modèle mKdV-sG

$$\partial_z u + c_1 \sin \int^t u + c_2 \partial_t u^3 + c_3 \partial_t^3 u = 0 \quad (1)$$

permet de décrire la propagation de solitons optiques à quelques cycles dès que l'on peut supposer que la fenêtre de transparence du milieu est très large [4].

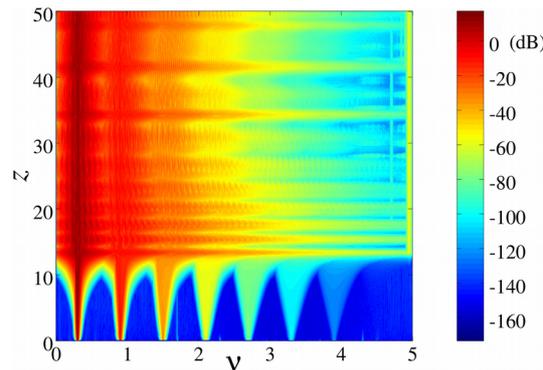


Fig. 1. Evolution du spectre d'une impulsion gaussienne initiale selon le modèle mKdV.

Nous étudions numériquement l'évolution d'une impulsion initiale de profil gaussien (qui peut représenter une impulsion de 100 fs de longueur d'onde $1\mu\text{m}$) selon l'équation (1), en particulier dans les deux cas limites de l'équation mKdV ($c_1=0$) et de sG ($c_2=c_3=0$). On observe la génération de supercontinuum dans les deux cas (voir Fig. 1), et plusieurs mécanismes sont identifiés [5]. Dans une première étape, l'élargissement est principalement dû à l'automodulation de phase, et à la génération d'harmoniques élevées. Par la suite, un ensemble de solitons à quelques cycles émerge de l'impulsion, et leur interaction nonlinéaire est responsable d'une augmentation considérable de la largeur spectrale. Les spectres obtenus présentent une dissymétrie importante ; en particulier, la génération de grandes longueurs d'onde dans les premiers stades de l'évolution est beaucoup plus forte pour le modèle sG, rappelant l'effet de l'élargissement Raman.

Références:

1. Dudley J. M., Taylor J. R., ed. (2010). Supercontinuum generation in optical fiber. Cambridge University Press.
2. Møller U., Sørensen S. T., Larsen C., Moselund P. M., Jakobsen C., Johansen J., Thomsen C. L., Bang O. (2012). Optical Fiber Technology, 18, 304.
3. Leblond H., Sanchez F. (2003). Physical Review A 67, 013804.
4. Leblond H., Mihalache D. (2013). Physics Reports. 523, 61.
5. Leblond H., Grelu P., Mihalache D. (2014). Physical Review A 90, 053816.