

# Instabilité modulationnelle d'une onde plane en présence de perturbations bruyantes et localisées : Experience dans les fibres optiques.

Adrien Kraych<sup>1</sup>, Dmitry Agafontsev<sup>2</sup>, Pierre Suret<sup>1</sup>, Gennady El<sup>3</sup> & Stéphane Randoux<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lille, CNRS, UMR 8523 - Physique des Lasers Atomes et Molécules (PhLAM), Lille, France

<sup>2</sup> P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Department of Mathematics, Physics and Electrical Engineering, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, NE1 8ST, United Kingdom

adrien.kraych@univ-lille.fr

L'instabilité modulationnelle (aussi appelée instabilité de Benjamin-Feir en hydrodynamique) découverte en 1967, est un phénomène bien connu en physique non linéaire. L'instabilité modulationnelle (modulation instability, MI) est un processus d'amplification de faibles perturbations de fréquences  $\Omega \pm \omega$  en interaction avec une onde plane de fréquence  $\Omega$  [1]. En régime d'amplification dit linéaire, les perturbations croissent de façon exponentielle. Ce n'est plus le cas lorsque l'amplitude des perturbations devient comparable à celle de l'onde plane, on parle alors du stade non linéaire de l'instabilité modulationnelle.

Dans le régime non linéaire, on observe des dynamiques spatio-temporelles riches qui ont été, jusqu'à récemment, la source de vifs intérêts dans plusieurs domaines de la physique expérimentale et théorique [2,3]. Nous rapportons ici, la première observation expérimentale de la dynamique spatio-temporelle d'une onde plane perturbée localement [4]. Nous utilisons une boucle fibrée dans laquelle, l'onde plane perturbée se propage sur quelques centaines de kilomètres avec des pertes très faibles car compensées par amplification Raman. On observe notamment l'expansion de structures non linéaires oscillantes, conjointement à l'amplification du bruit optique de l'onde plane présent à l'état initial. Les comportements expérimentaux observés sont en accord avec les simulations numériques de l'équation de Schrödinger non linéaire (1D-NLSE) avec un terme d'amortissement. Ils démontrent la robustesse au bruit et à la dissipation du scénario théorique considéré dans la référence [3].

Par ailleurs nous reportons également la première observation expérimentale de la dynamique spatio-temporelle d'une onde plane bruitée sujette au processus d'instabilité modulationnelle dans les fibres optiques. Notre dispositif permet de mesurer le moment d'ordre deux des fluctuations d'intensité. Nous observons que celui-ci est caractérisé par une évolution quasi-périodique amortie en fonction de la longueur de propagation. Ces résultats sont en accord avec les simulations numériques décrites dans la référence [5].

## Références

1. V.E. ZAKHAROV AND L.A. OSTROVSKY, Modulation instability : The beginning, *Physica D : Nonlinear Phenomena*, **238**, 540 (2009).
2. M. ERKINTALO, K. HAMMANI, B. KIBLER, C. FINOT, N. AKHMEDIEV, J. M. DUDLEY AND G. GENTY, Higher-Order Modulation Instability in Nonlinear Fiber Optics, *Phys. Rev. Lett.* **107**, 253901 (2011).
3. G. BIONDINI AND D. MANTZAVINOS, Universal nature of the nonlinear stage of modulational instability, *Phys. Rev. Lett.*, **116**, 043902 (2016).
4. A. E. KRAYCH, P. SURET, G. EL, AND S. RANDOUX, Nonlinear evolution of the locally induced modulational instability in fiber optics, *Phys. Rev. Lett.*, **122.5**, 054101 (2019).
5. D. S. AGAFONTSEV, AND V. E. ZAKHAROV, Integrable turbulence and formation of rogue waves, *Nonlinearity*, **28.8**, 2791 (2015).