

Turbulence intégrable et gaz de solitons : expériences en optique et en hydrodynamique

Stéphane Randoux¹, Pierre Suret¹, François Copie¹, Martin Dufour¹, Félicien Bonnefoy², Guillaume Ducrozet², Andrey Gelash³, Guillaume Michel⁵, Éric Falcon⁶, Giacomo Roberti⁷, Gennady El⁷

¹ Univ. Lille, CNRS, UMR 8523—PhLAM—Physique des Lasers Atomes et Molécules, F-59 000 Lille, France

² Ecole Centrale de Nantes, LHEEA, UMR 6598 CNRS, F-44 321 Nantes, France

³ CNRS-Université Bourgogne Franche-Comté, France

⁴ Sorbonne Université, CNRS, UMR 7190, Institut Jean Le Rond d'Alembert, F-75 005 Paris, France

⁵ Université de Paris, Université Paris Diderot, MSC, UMR 7057 CNRS, F-75 013 Paris, France

⁶ Department of Mathematics, Physics and Electrical Engineering, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, NE1 8ST, United Kingdom

stephane.randoux@univ-lille.fr

La turbulence intégrable désigne le champ de recherches où l'on s'intéresse aux propriétés statistiques d'ondes non linéaires aléatoires dont la dynamique spatio-temporelle est régie par des équations intégrables telles que l'équation de Korteweg-de Vries ou l'équation de Schrödinger non linéaire à une dimension (1D-NLSE) [1]. Dans ce cadre général, les gaz de solitons représentent des objets particuliers composés d'un grand nombre de solitons paramétrés par des valeurs propres discrètes apparaissant dans le problème spectral (décrit dans le cadre de la méthode appelée inverse scattering transform (IST)) associé à l'équation intégrable considérée.

Dans cet exposé, je présenterai des simulations numériques et des expériences d'optique et d'hydrodynamique portant sur certains développements récents de la turbulence intégrable et des gaz de solitons. En particulier, je présenterai une expérience d'hydrodynamique dans laquelle nous avons réalisé la première synthèse non linéaire d'un train d'ondes constitué de 128 solitons densément répartis dans l'espace. Cette expérience a été réalisée à l'Ecole Centrale de Nantes dans un canal long de 140 mètres, large de 5 mètres et profond de 3 mètres. L'ensemble de solitons complètement paramétré par 128 valeurs propres dans l'espace spectral IST est synthétisé dans le monde physique grâce à des méthodes numériques développées récemment [2]. Le champ non linéaire généré dans le canal à une dimension représente un gaz de solitons dont les propriétés peuvent être examinées dans le cadre de la théorie cinétique des gaz de solitons introduite par Zakharov en 1971 [3]. En particulier le nombre de solitons généré est suffisamment large pour que nous puissions effectuer la première mesure de la densité d'états du gaz de solitons (i.e. la distribution de probabilité des valeurs propres caractérisant le gaz de solitons dans l'espace IST) [4].

Je présenterai également des expériences récentes réalisées dans une boucle de fibre optique à recirculation [5] dans laquelle nous avons pu observer la dynamique spatio-temporelle résultant de l'interaction entre un soliton et un gaz de solitons.

Références

1. V. E. ZAKHAROV, Turbulence in Integrable Systems, *Stud. Appl. Math.*, **122**, 219 (2009).
2. A. GELASH & D. AGAFONTSEV, Strongly interacting soliton gas and formation of rogue waves, *Phys. Rev. E*, **98**, 042210 (2018).
3. V. E. ZAKHAROV, Kinetic equations for solitons, *Sov. Phys. JETP*, **33**, 538 (1971).
4. P. SURET, A. TIKAN, F. BONNEFOY, F. COPIE, G. DUCROZET, A. GELASH, G. PRABHUDESAI, G. MICHEL, A. CAZAUBIEL, E. FALCON, G. EL & S. RANDOUX, Nonlinear spectral synthesis of soliton gas in deep-water surface gravity waves, *Phys. Rev. Lett.*, **125**, 264101 (2020).
5. A. E. KRAYCH, P. SURET, G. EL & S. RANDOUX, Nonlinear evolution of the locally induced modulational instability in fiber optics, *Phys. Rev. Lett.*, **122**, 054101 (2019).