

Synthèse non linéaire d'un gaz de solitons en hydrodynamique

P. Suret¹, A. Tikan¹, F. Bonnefoy², F. Copie¹, G. Ducrozet², A. Gelash³, G. Prabhudesai⁴, G. Michel⁵, A. Cazaubiel⁶, E. Falcon⁶, G. El⁷ & S. Randoux¹

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 Novosibirsk State University, 630090, Novosibirsk, Russia

⁴ Laboratoire de Physique de l'Ecole normale supérieure, ENS, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, Université Paris-Diderot, Paris, France

⁵ Sorbonne Université, CNRS, UMR 7190, Institut Jean Le Rond d'Alembert, F-75 005 Paris, France

⁶ Université de Paris, Université Paris Diderot, MSC, UMR 7057 CNRS, F-75 013 Paris, France

⁷ Department of Mathematics, Physics and Electrical Engineering, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, NE1 8ST, United Kingdom

`stephane.randoux@univ-lille.fr`

Nous présentons une expérience d'hydrodynamique réalisée dans un canal long de 140 mètres, large de 5 mètres et profond de 3 mètres. Nous considérons des régimes dans lesquels la propagation d'ondes de surface unidimensionnelles est décrite par l'équation de Schrödinger non linéaire à une dimension (1D-NLS). Cette équation intégrable peut être résolue dans le formalisme de la méthode IST (Inverse Scattering Transform) dans laquelle un soliton est paramétré par une valeur propre complexe déterminant son amplitude et sa vitesse.

Nous réalisons la première synthèse non linéaire d'un train d'ondes constitué de 128 solitons densément répartis dans l'espace. Cet 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 [1]. 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 [2].

Grâce à 20 sondes réparties régulièrement le long du canal, nous observons l'évolution spatio-temporelle du gaz dense de solitons [3]. En employant des méthodes d'analyse spectrale non linéaire, nous mesurons par ailleurs l'évolution spatio-temporelle du spectre des valeurs propres IST du gaz généré. 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) [3].

Les résultats obtenus constituent l'une des premières observations expérimentales d'un gaz de solitons [4] et participent au développement du champ de la turbulence intégrable [5].

Références

1. "Strongly interacting soliton gas and formation of rogue waves," A. Gelash and D. Agafontsev, *Phys. rev. E* **98**, 042210 (2018).
2. "Kinetic equations for solitons," V. E. Zakharov, *Sov. Phys. JETP* **33**, 538 (1971).
3. "Nonlinear Spectral Synthesis of Soliton Gas in Deep-Water Surface Gravity Waves," P. Suret, A. Tikan, F. Bonnefoy, F. Copie, G. Ducrozet, A. Gelash, G. Prabhudesai, G. Michel, A. Cazaubiel, E. Falcon, G. El and S. Randoux *Phys. Rev. Lett.* **125**, 264101 (2020).
4. "Experimental Evidence of a Hydrodynamic Soliton Gas," Ivan Redor, Eric Barthélemy, Hervé Michallet, Miguel Onorato, and Nicolas Mordant, *Phys. Rev. Lett.* **122**, 214502 (2019).
5. "Turbulence in Integrable Systems," V. E. Zakharov, *Stud. Appl. Math.* **122**, 219 (2009).