

Mesure de corrélations dans une boucle de recirculation fibrée

Elias Charnay¹, Adrien Escoubet¹, Alvisé Bastianello^{2,3}, François Copie¹, Stéphane Randoux¹, Thibault Bonnemain¹, Benjamin Doyon⁴, Pierre Suret¹.

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

² Department of Physics, Technical University of Munich, 85748 Garching, Germany

³ Munich Center for Quantum Science and Technology (MCQST), Schellingstraße 4, 80799 München, Germany

⁴ Department of Mathematics, King's College London, Strand, London WC2R 2LS, UK

elias.charnay@univ-lille.fr

L'Hydrodynamique Généralisée a apporté avec succès une nouvelle description de la dynamique macroscopique des systèmes intégrables [1]. Ceux-ci sont contraints par une infinité de constantes du mouvement, empêchant la thermalisation conventionnelle en Ensemble de Gibbs. En hydrodynamique généralisée, cette infinité de constantes du mouvement est prise en compte en construisant en premier lieu un Ensemble de Gibbs Généralisé. Dans ce cadre théorique, il est possible d'exprimer les corrélations spatio-temporelles à grande échelle pour les densités associées aux quantités conservées [2].

Dans le cas de l'équation de Schrödinger non-linéaire, la masse $\int |\psi(x, t)|^2 dx$ est conservée et les propriétés statistiques du champ peuvent être décrites par celles des solitons. La densité d'état, comptant le nombre de solitons ayant une certaine amplitude et vitesse dans une tranche spatiale donnée, est l'objet contenant toute l'information. La corrélation connectée dans l'état stationnaire statistique est alors donnée par :

$$t \langle |\psi(x, t)|^2 |\psi(0, 0)|^2 \rangle_c = t C(x/t) = \int ds d\lambda \delta(x/t - v^{\text{eff}}) \rho_s(\lambda) (s^{\text{dr}})^2 \quad (1)$$

où $\rho_s(\lambda)$ est la densité d'état dépendant des statistiques de la condition initiale, s est lié à l'amplitude des solitons et λ à leur vitesse libre [3]. Cette forme balistique provient du fait que les solitons se comportent comme des quasi-particules et se propagent avec une vitesse effective v^{eff} , modifiée par les interactions (opération de dressing dr).

Nous avons réalisé des expériences dans une boucle de recirculation fibrée [4] permettant la mesure de ces corrélations d'intensité et de la densité d'état. Notre système permet de générer une condition initiale arbitraire, consistant en un champ optique rapide dont nous contrôlons l'intensité et la phase. La boucle de recirculation permet d'étudier la propagation de ce signal sur de très longues distances. Durant chaque tour, le signal parcourt 5 kilomètres de fibre optique standard puis nous extrayons 10% de ce signal pour reconstruire le diagramme spatio-temporel de l'intensité et de la phase par mesure hétérodyne. Les pertes globales sont compensées par amplification Raman lors de la propagation. L'enregistrement de la dynamique spatio-temporelle du signal permet de calculer les corrélations et d'extraire la densité d'état. Les expériences réalisées sont en accord avec les prédictions théoriques, et confirment la propagation balistique des solitons se traduisant par une autosimilarité de la corrélation.

Références

1. O. A. CASTRO-ALVAREDO, B. DOYON, T. YOSHIMURA, *Phys. Rev. X*, **6**, 041065 (2016).
2. T. BONNEMAIN, B. DOYON, G. EL, *J. Phys. A : Math. Theor.*, **55**, 374004 (2022).
3. R. KOCH, J-S. CAUX, A. BASTIANELLO, *J. Phys. A : Math. Theor.*, **55**, 134001 (2022).
4. A. E. KRAYCH, D. AGAFONTSEV, S. RANDOUX, P. SURET, *Phys. Rev. Lett.*, **123**, 093902 (2019).