

Transition entre régime de Turbulence faible d'onde et régime de gaz de solitons

Hassaini Roumaïssa & Mordant Nicolas

Université Grenoble Alpes, LEGI, CNRS F-38000 Grenoble, France
roumaïssa.hassaini@univ-grenoble-alpes.fr

La théorie de la turbulence faible (TTF) est une théorie statistique décrivant l'interaction d'un grand nombre d'ondes. Cette théorie a été appliquée dans un grand nombre de domaines tel que les ondes à la surface d'un fluide [1] ainsi que les ondes de flexion [2]. Pour les ondes dispersives, la TTF prédit l'évolution du spectre d'énergie dans le cadre de deux hypothèses primordiales : un espace infiniment grand et une non-linéarité infinitésimale du système. Pour une dispersion et une non-linéarité faibles, des solitons sont prédits et ils se propagent en conservant leur forme. Ils ont été découverts par Russel et ont été étudiés expérimentalement dans de nombreux secteurs tel que les fibres optiques [3], les plasmas [4] et les ondes à la surface des fluides[5]. Le type de solitons auxquels nous nous intéressons peuvent être modélisés par l'équation Korteweg-de Vries. La question à laquelle notre étude essaye de répondre est : quel régime entre la turbulence faible ou le gaz de soliton notre système choisit-il ?

Nous présentons des travaux expérimentaux sur la turbulence faible d'ondes à la surface de l'eau dans le régime gravito-capillaire. Durant nos expériences la dispersion et la non-linéarité sont ajustées en modifiant respectivement la profondeur d'eau et l'amplitude du forçage. Nous présentons un changement drastique sur les propriétés statistiques de la turbulence en augmentant le forçage. Des mesures résolues en temps et en espace ont été effectuées dans une cuve en plexiglas de 57 cm de long et 37 cm de large remplie d'eau, en utilisant la Profilométrie par Transformée de Fourier [6] (voir la référence [1] pour plus de détails du banc expérimental). Cette méthode consiste à projeter un motif à la surface de l'eau. Lorsque les vagues se propagent, le motif vu par une caméra rapide est déformé. Cette déformation peut être inversée afin d'obtenir le champ d'élévation des vagues en utilisant une approche géométrique. En procédant à une reconstruction de surface et une analyse du spectre de Fourier spatio-temporel, nous observons une transition entre un régime d'ondes aléatoires où le spectre est en accord avec les prédictions de la TTF et un régime de structures cohérentes localisées où le spectre nombre d'onde-fréquence suit une distribution en "ligne droite". Cette droite est identifiée comme étant la signature spectrale d'un soliton. Par ailleurs la transmission d'énergie angulaire a été étudiée. Malgré l'aspect unidirectionnel du forçage, nous observons un état isotrope pour les plus faibles forçages. Lorsque le forçage s'amplifie, le transfert angulaire d'énergie devient de moins en moins efficace et évolue éventuellement vers un état quasi-unidirectionnel propre aux ondes solitaires unidirectionnelles.

Références

1. Quentin Aubourg and Nicolas Mordant. Nonlocal resonances in weak turbulence of gravity-capillary waves. *Physical review letters*, 114(14) :144501, 2015.
2. Benjamin Miquel and Nicolas Mordant. Nonlinear dynamics of flexural wave turbulence. *Physical Review E*, 84(6) :066607, 2011.
3. Hermann A Haus. Optical fiber solitons, their properties and uses. *Proceedings of the IEEE*, 81(7) :970-983, 1993.
4. MQ Tran. Ion acoustic solitons in a plasma : A review of their experimental properties and related theories. *Physica Scripta*, 20(3-4) :317, 1979.
5. Éric Falcon, Claude Laroche, and Stéphane Fauve. Observation of Depression Solitary Surface Waves on a Thin Fluid Layer. *Physical Review Letters*, 89(20), October 2002.
6. Pablo Javier Cobelli, Agnès Maurel, Vincent Pagneux, and Philippe Petitjeans. Global measurement of water waves by Fourier transform profilometry. *Experiments in fluids*, 46(6) :1037-1047, June 2009.