

# Couplages non linéaires en turbulence d'ondes à la surface d'un fluide

Nicolas Mordant & Quentin Aubourg

Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels, Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble-INP,  
F-38000 Grenoble, France  
`nicolas.mordant@univ-grenoble-alpes.fr`

Décrire le spectre des vagues à la surface de l'océan a été l'une des motivations principales du développement de la théorie de la turbulence faible [1,2,3]. Il s'agit d'une théorie statistique qui prédit l'évolution temporelle de quantités statistiques telles que le spectre des ondes dans une hypothèse de système de taille très grande et d'ondes faiblement non linéaire. Dans ce cadre un régime turbulent se développe et dans la situation de forçage constant, la théorie prédit l'existence d'une cascade d'énergie des grandes échelles vers les petites auxquelles l'énergie est dissipée. Dans le régime stationnaire on peut ainsi prédire le spectre de Fourier des vagues. Cependant les résultats des expériences de laboratoire sont souvent incompatibles avec les prédictions théoriques [4,5]. Les mesures dans l'océan sont parfois en accord avec la théorie mais pas systématiquement. Pour tenter de comprendre l'origine de ses désaccords, nous avons mis en place deux séries d'expériences. La première se focalise sur des ondes gravito-capillaires dans une cuve de petite taille et la seconde a été mise en place dans la plateforme Coriolis (13m de diamètre) pour étudier des ondes de gravité. Dans les deux cas nos observations remettent en cause les scénarios proposés dans les développements théoriques. Pour les deux expériences nous avons mis en place des techniques de mesure de la déformation de la surface permettant une reconstruction résolue à la fois en temps et en espace. Nous pouvons ainsi développer des analyses spatiotemporelles complexes. Notamment nous avons étudié les bicohérences et tricohérences des modes de Fourier des ondes pour mettre en évidence les couplages non-linéaires à 3 et 4 ondes présents dans nos expériences. Pour les ondes gravito-capillaires nous avons mis en évidence la domination d'un mécanisme de couplage à trois ondes extrêmement directionnel et l'importance des résonances approchées dans la dynamique [6,7]. Pour les ondes de gravité, nous avons observé de fortes corrélations à 3 ondes tandis que la théorie est basée sur des corrélations à 4 ondes. Ces couplages triadiques impliquent la première harmonique des ondes de gravité. Ces observations soulignent également le rôle des résonances approchées. Les couplages à quatre ondes semblent beaucoup plus faibles. Ces observations sont confirmées par l'analyse de données enregistrées dans la Mer Noire par Leckler *et al.* [8] auxquelles Fabrice Ardhuin nous a donné accès.

## Références

1. S. Nazarenko, *Wave Turbulence*, Springer, 2011.
2. A.C. Newell and B. Rumpf, *Ann. Rev. Fluid Mech.*, **43**, 2011.
3. K. Hasselmann, *J. Fluid Mech.*, **12**, 1962.
4. E. Falcon, *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series B*, **13**, 2010.
5. S. Nazarenko, S. Lukaschuk, S. McLelland, and P. Denissenko, *J. Fluid Mech.*, **642**, 2009.
6. Q. Aubourg and N. Mordant, *Phys. Rev. Lett.*, **114**, 2015.
7. Q. Aubourg and N. Mordant, *Phys. Rev. Fluids*, **1**, 2016.
8. F. Leckler, F. Ardhuin, C. Peureux, A. Benetazzo, F. Bergamasco, and V. Dulov, *J. Phys. Ocean.*, **45**, 2015.