

Cascade d'énergie dans les attracteurs d'ondes internes

Christophe Brouzet¹, Evgeny Ermanyuk^{1,2}, Sylvain Joubaud¹ & Thierry Dauxois¹

¹ Laboratoire de Physique de l'ÉNS de Lyon, 46, allée d'Italie, 69007 Lyon.

² Lavrentyev Institute of Hydrodynamics, Novosibirsk, Russie.

christophe.brouzet@ens-lyon.fr

Nous étudions expérimentalement le comportement à long terme d'attracteurs d'ondes internes. Ces attracteurs ont été décrits théoriquement dans [1] et observés expérimentalement pour la première fois dans [2]. Nos expériences reproduisent des caractéristiques essentielles des cascades d'énergie présentes dans les océans, à savoir un forçage périodique qui produit des mouvements multi-échelles d'ondes internes et du mélange. Ces expériences sont conduites dans une cuve de forme trapézoïdale, remplie avec un fluide stratifié linéairement en densité. L'énergie est injectée dans ce système grâce au mouvement oscillatoire horizontal d'un mur vertical décrit dans [3]. Nous mesurons le champ de vitesses dans la cuve en utilisant la technique de PIV standard. Des transformées de Hilbert [4] et des bispectres [5] sont ensuite utilisés pour analyser les composantes du champ de vitesses.

Un article précédent [6] a montré qu'une instabilité paramétrique subharmonique (PSI en anglais) apparaissait sur la branche la plus énergétique de l'attracteur, avec un fort taux de croissance. Cette instabilité est dite triadique car il y a interaction non-linéaire entre trois ondes : l'attracteur (onde primaire) et les deux ondes formées par l'instabilité (ondes secondaires). Cela produit donc un transfert d'énergie de l'attracteur vers les deux ondes secondaires. Les effets du confinement des ondes secondaires générées par cette instabilité n'ont pas été explorés dans cet article. En effet, l'instabilité croît depuis une région de l'espace très localisée et la durée de l'expérience est courte devant le temps typique de propagation des ondes secondaires.

Dans cette nouvelle étude, nous montrons que le confinement du domaine dans lequel se trouve le fluide et l'amplitude de forçage ont un impact significatif sur le scénario de l'instabilité PSI. En particulier, nous montrons que, sous certaines conditions expérimentales, des expériences longues sont nécessaires pour observer et quantifier l'instabilité. Les ondes secondaires produites par PSI ont tendance à former des ondes stationnaires dans la cuve, avec au moins l'une d'entre elles correspondant à une résonance géométrique globale de la cuve. Quand l'amplitude de forçage augmente, une cascade d'interactions triadiques apparaît et produit des ondes internes ayant un spectre de fréquences très riche mais discret, complété par un spectre continu de plus faible amplitude. L'existence de plusieurs ondes dans la cuve produit un mélange significatif et mesurable.

Références

1. L. R. M. Maas, F. P. A. Lam, *Geometric focusing of internal waves*, J. Fluid Mech. **300**, 1-41 (1995).
2. L. R. M. Maas, D. Benielli, J. Sommeria F. P. A. Lam, *Observations of an internal wave attractor in a confined stably stratified fluid*, Nature **388**, 557-561 (1997).
3. M. J. Mercier, D. Martinand, M. Mathur, L. Gostiaux, T. Peacock, T. Dauxois, *New wave generation*, J. Fluid Mech. **657**, 308-334 (2010).
4. M. J. Mercier, N. B. Garnier, T. Dauxois, *Reflection and diffraction of internal waves analyzed with the Hilbert transform*, Phys. Fluids **20**, 086601 (2008).
5. J. Jamsek, A. Stefanovska, P. V. E. McClintock, I. A. Khovanov, *Time-phase bispectral analysis*, Phys. Rev. E. **68**, 016201 (2003).
6. H. Scolan, E. Ermanyuk, T. Dauxois, *Nonlinear fate of internal wave attractors*, Phys. Rev. Lett. **110**, 234501 (2013).