Effets du vent et de la viscosité sur les ondes océaniques : réduction à un dynamique 2D

A. Armaroli[1], D. Eeltink[1], M. Brunetti[1],[2] & J. Kasparian[1]

[1] Groupe de Physique Appliquée, Université de Genève, Chemin de Pinchat 22, 1227 Carouge, Suisse
[2] The Climatic Change and Climate Impacts Research group, Université de Genève, Boulevard Carl-Vogt 66, 1205 Genève, Suisse

andrea.armaroli@unige.ch

L'étude de la dynamique des ondes océaniques se concentre aujourd'hui surtout sur leurs propriétés statistiques ou sur la validation expérimentale des solutions de modèles universels classiques tels que l'équation de Schrödinger non-linéaire (NLS) et ses extensions (High-order NLS, HONLS) [1]. L'effet de la viscosité et du vent ont été considérés comme des termes de perte ou gain homogènes dans le modèle. Récemment [2,3], des analyses approfondies ont montré l'existence d'une correction du quatrième ordre dans la *steepness* ϵ de l'onde, due à l'effet du vent et de la viscosité. Le modèle normalisé s'écrit alors comme

$$\frac{\partial a}{\partial \xi} + i\frac{1}{2}\frac{\partial a}{\partial \tau^2} + i|a|^2 a = \delta a + \epsilon i \Gamma \frac{\partial a}{\partial \tau} + \frac{\epsilon}{\sqrt{2}}\left\{8|a|^2\frac{\partial a}{\partial \tau} + 2a^2\frac{\partial a^*}{\partial \tau} + 2ia\mathcal{H}\left[\frac{\partial |a|^2}{\partial \tau}\right]\right\} \tag{1}$$

avec a l'enveloppe complexe ($\mathcal{O}(1)$) de l'onde, τ et ξ sont le temps et la distance normalisés ; les termes entre accolades à droite représentent la correction donnant la HONLS. Les deux premières contributions à droite sont le résultat de la compétition entre vent et viscosité. Étonnement, on obtient que $\delta \geq \Gamma$ et chacun est la différence d'une contribution du vent et une de la viscosité, $\mathcal{O}(1)$, mais avec différents coefficients d'un ordre à l'autre.

Nous proposons un modèle tronqué à trois ondes [4], qui permet d'obtenir, pour un seul mode instable, l'évolution des amplitudes de l'onde de Stokes et de ses bandes latérales, la différence de ceux dernières et l'énergie du système. Pour des petites perturbations, nous pouvons représenter la dynamique dans le portrait de phase d'un système à un degré de liberté. Cela nous aide classifier les différents régimes : (i) $\delta > \Gamma > 0$, où l'énergie globale du système augmente et le centre du spectre est décalé de façon permanente vers le haut (*upshift*), (ii) $\delta \geq 0 > \Gamma$, où l'augmentation de l'énergie est accompagnée par un décalage du centre spectrale vers le bas (*downshift*) et (iii) $0 > \delta > \Gamma$ où le *downshift* est associé par une perte d'énergie. Comme cas particulier du (ii), si $\delta = 0$ le modèle prévoit aussi une croissance de l'énergie.

Nous concluons que la dissipation due à la viscosité peut à la fois représenter une diminution de l'énergie et donner lieu à la disparition de la structure homocline de l'NLS avec doublement de la période de récurrence [5], mais, à l'aide du vent, peut aussi correspondre à une augmentation de l'énergie (sur une bande limitée) et à l'attraction sur des orbites de période minimale internes à la séparatrice, celles-ci associées à un *downshift* permanent. La topologie de l'espace de phase de l'HONLS pourra permettre de caractériser l'importance relative du vent et de la viscosité dans les bassins océaniques les plus avancés.

Références

1. K. B. Dysthe, Note on a Modification to the Nonlinear Schrodinger Equation for Application to Deep Water Waves Frequency downshift in a viscous fluid, *Proc. R. Soc. A*, **369**, 105—114 (1979).
2. J. D. Carter et A. Govan, Frequency downshift in a viscous fluid, *Eur. J. Mech. B*, **59**, 177–185 (2016).
3. M. Brunetti et al., Nonlinear fast growth of water waves under wind forcing, *Phys. Lett. A*, **378**, 1025–1030 (2014).
4. S. Trillo et S. Wabnitz, Dynamics of the nonlinear modulational instability in optical fibers, *Opt. Lett.*, **16**, 986-–988 (1991).
5. O. Kimmoun et al., Modulation Instability and Phase-Shifted Fermi-Pasta-Ulam Recurrence, *Sci. Rep.*, **6**, 28516, (2016).