

Effet du vent sur les propriétés statistiques des vagues océaniques : une étude numérique

Y.-M. Ducimetière¹, D. Eeltink¹, A. Armaroli¹, M. Brunetti¹ & J. Kasparian¹

GAP-Nonlinearity & Climate, Institut de Sciences de l'Environnement Université de Genève, Bd. Carl-Vogt 66, 1205 Genève, Suisse

andrea.armaroli@unige.ch

Les vagues océaniques sont un système non-linéaire complexe. Même un modèle simple et conservatif comme l'équation de Schrödinger non-linéaire (ESNL) donne lieu à grande richesse d'états turbulents et d'événements extrêmes [1], à cause du mélange non-linéaire parmi les différentes composantes fréquentielles d'un spectre initiale aléatoire. Cette condition est proche de la condition typique de l'océan et joue un rôle primordial dans la prévision des états de la mer, requise pour la sécurité de la navigation.

Considérons une généralisation de l'ESNL qui inclut des corrections non-linéaires [2], auxquelles l'on ajoute les pertes dues à la viscosité cinématique et le forçage dû au vent [3] : ils ne peuvent pas être considérés homogènes sur une bande large. Si l'on se limite aux termes non-linéaires et de forçage jusqu'au 4^e ordre dans la cambrure de l'onde, $\varepsilon \equiv k_0 a_0 / \sqrt{2}$, et la viscosité et la dispersion linéaire jusqu'au 5^e, le modèle normalisé s'écrit alors comme

$$i \frac{\partial A}{\partial T} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial X^2} + |A|^2 A = i(r - d)A - \varepsilon(3r - 4d) \frac{\partial A}{\partial X} + \\ - i\varepsilon \left[6|A|^2 \frac{\partial A}{\partial X} + A^2 \frac{\partial A^*}{\partial X} - \frac{1}{4} \frac{\partial^3 A}{\partial X^3} + 2iA \frac{\partial \mathcal{H}|A|^2}{\partial X} \right] + \varepsilon^2 \left[\frac{5}{8} \frac{\partial^4 A}{\partial X^4} + 4id \frac{\partial^2 A}{\partial X^2} \right], \quad (1)$$

avec $A \sim \mathcal{O}(1)$ l'enveloppe complexe de l'onde, T et X sont le temps et la distance normalisés ; d et r représentent la dissipation et le forçage, respectivement.

Nous allons présenter l'évolution des spectres sous l'effet d'un vent de durée limitée sur des conditions initiales aléatoires. Nous nous focalisons sur l'indice de Benjamin-Feir (BFI), qui est utilisé pour classifier leur stabilité, la moyenne spectrale et la déviation au cours du temps de la distribution des amplitudes d'une gaussienne (notamment la kurtosis).

L'ESNL forcée [4] montre que la probabilité d'événements extrêmes augmente si la durée du vent est plus longue que le temps caractéristique des non-linéarités (pour une énergie transférée aux vagues donnée). Nous retrouvons ce comportement de la kurtosis dans notre modèle et montrons que, pour un incrément d'énergie donné, un niveau minimal de dissipation est nécessaire pour ce que le BFI soit un bon indicateur des propriétés statistiques des vagues. De plus, le décalage vers le haut de la moyenne spectrale induit par le vent contribue à la kurtosis. L'effet du vent est alors d'augmenter énormément la probabilité des vagues scélérates y compris après avoir cessé de souffler.

Nos résultats offrent un cadre physique plausible de l'évolution des vagues océanique hors-équilibre et permettront de mieux comprendre et prédire l'apparition des événements extrêmes.

Références

1. P. A. E. M. JANSSEN, Nonlinear Four-Wave Interactions and Freak Waves, *J. Phys. Oceanogr.*, **33**, 863–884 (2003).
2. 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).
3. D. EELTINK ET AL., Spectral up- and downshifting of Akhmediev breathers under wind forcing, *Phys. Fluids*, **29**, 107103 (2017).
4. A. SLUNYAEV ET AL., Wave amplification in the framework of forced nonlinear Schrödinger equation : The rogue wave context, *Phys. D*, **303**, 18–27 (2015).