

Spectres d'énergie et de dissipation pour des vagues se propageant en zone de surf interne

Philippe Bonneton

UMR 5805 EPOC, CNRS – Université de Bordeaux, Allée Geoffroy Saint-Hilaire, F-33615, Pessac, France
philippe.bonneton@u-bordeaux.fr

Lorsque les vagues se propagent vers le rivage, la décroissance de la hauteur d'eau induit une augmentation de la hauteur des vagues et des non-linéarités qui conduit, le plus souvent, au phénomène de déferlement. Ce phénomène joue un rôle essentiel dans la circulation littorale induite par les vagues. Cependant, la compréhension et la modélisation des vagues en zone de surf restent un sujet ouvert. Par exemple, les paramétrisations du spectre de dissipation d'énergie des vagues dans les modèles spectraux stochastiques (ex. : SWAN ou WWIII) sont totalement empiriques. Dans le cadre de cette communication nous nous intéressons au comportement spectral des vagues en zone de surf.

Après une phase initiale de déferlement (de type plongeant ou déversant) les vagues se réorganisent rapidement sous la forme d'une succession de fronts d'onde similaires à des ressauts en translation. La zone où se propagent ces ressauts se nomme zone de surf interne (ZSI). Cette zone joue un rôle significatif lorsque les vagues se propagent sur des plages de faible pente et de forme régulière. La dynamique de ces vagues est très non-linéaire et très faiblement dispersive. Ceci se traduit par la formation d'ondes en dents de scie qui sont caractéristiques des systèmes d'onde non-linéaires et non-dispersifs, tels que la turbulence de Burgers ou l'acoustique non-linéaire. Dans cette étude nous analysons les transferts d'énergie pour ce régime de vagues aléatoires en dents de scie. En nous inspirant des travaux de Saffman (1968), pour la turbulence de Burgers, nous proposons une loi universelle pour le spectre d'énergie en ZSI s'écrivant sous la forme :

$$E(\omega) = \frac{8}{9} \frac{v_t^2 \omega_m}{g} \operatorname{csch}^2 \left(\frac{\omega}{\omega_v} \right), \quad (1)$$

où g est la gravité, $\omega_m = 2\pi/T_m$, T_m la période moyenne des vagues, v_t le coefficient de diffusion turbulente et ω_v l'échelle de diffusion. Le spectre d'énergie suit une loi de puissance en ω^{-2} pour $\omega \ll \omega_v$ et décroît exponentiellement aux fréquences élevées. Nous avons validé cette loi à partir de nombreuses données de laboratoire. Un exemple de validation est présenté sur la figure 1. Nous montrons qu'il y a un excellent accord entre le spectre théorique (1) et les spectres mesurés (à partir de l'élévation des vagues) en zone de surf. En particulier, nous reproduisons bien le comportement asymptotique en ω^{-2} pour les petits ω (domaine spectral inertiel), et une décroissance exponentielle pour les grands ω (domaine spectral diffusif). L'analyse de ce dernier régime permet d'obtenir des informations indirectes sur les processus turbulents de petites échelles, qui contrôlent la forme des fronts d'onde. En particulier, on peut déterminer la dissipation d'énergie des ondes qui correspond au taux d'injection d'énergie pour la turbulence hydrodynamique de petite échelle. Le spectre de dissipation des vagues théorique est donné par $D(\omega) = \frac{2v_t}{gh_0} \omega^2 E(\omega)$, où h_0 est la profondeur d'eau moyenne. On peut montrer que dans le régime inertiel le spectre de dissipation est constant, autrement dit qu'il y a équipartition de la dissipation d'énergie dans le régime inertiel. Ceci est confirmé par les mesures en laboratoire. Ce résultat ouvre des perspectives pour la modélisation de la dissipation d'énergie dans les modèles spectraux opérationnels.

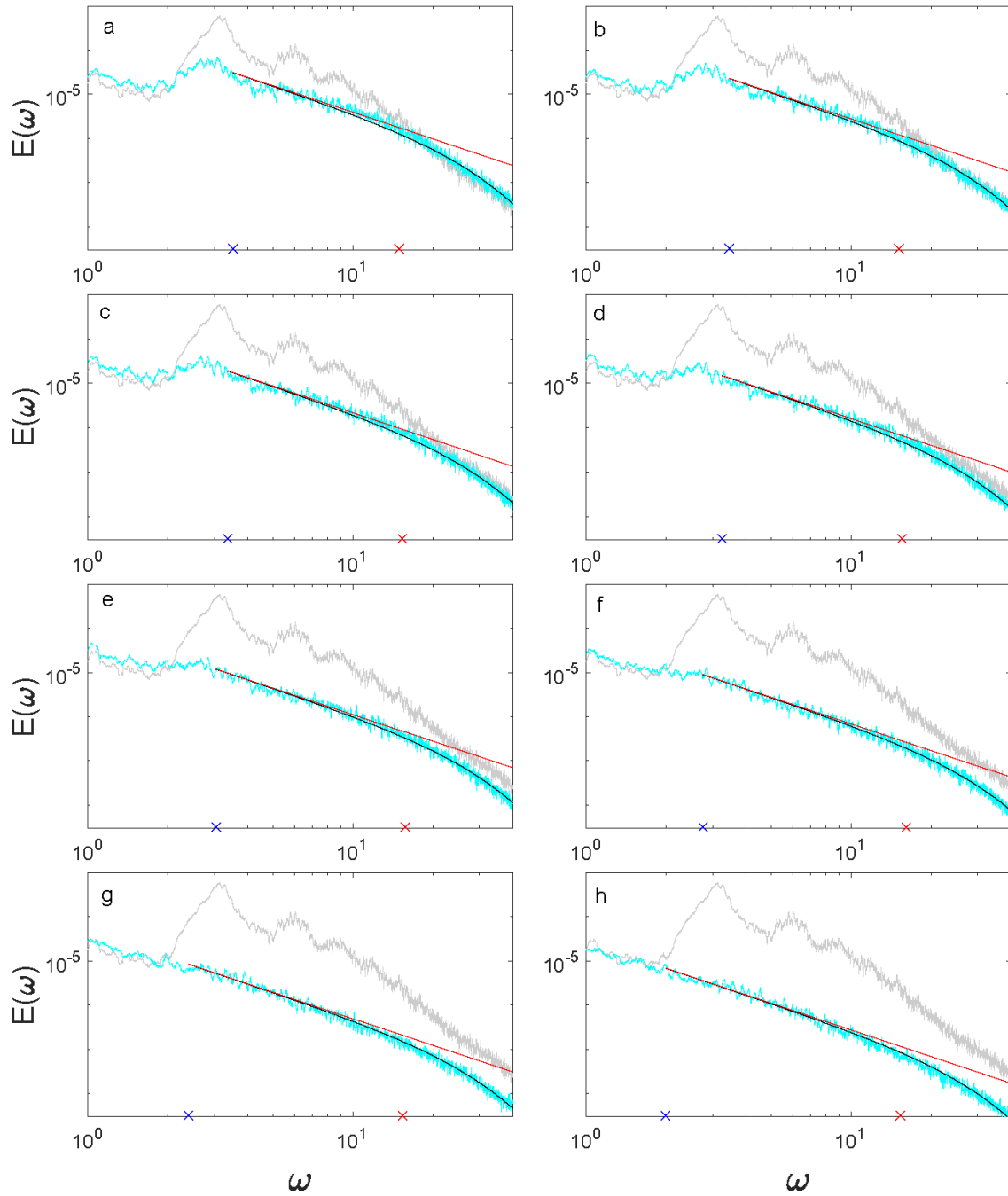


Figure 1 : Evolution du spectre d'énergie dans la zone de surf interne pour différentes profondeurs d'eau. Expériences en laboratoire de van Noorloos (2003) (cas C3) pour des vagues aléatoires se propageant sur une plage de pente 1/35. Ligne grise, spectre au début de la zone de déferlement ; ligne cyan, mesures en ZSI; ligne noire, modèle théorique (1) ; ligne rouge, loi de puissance en ω^{-2} . Croix bleue, ω_m ; croix rouge, ω_v .