



ANALYSE PAR TRAITEMENTS TEMPS-ECHELLES ET METHODES ADAPTATTIVES
DES EVOLUTIONS NON-LINEAIRES D'ONDES DE SURFACE

A. RAMAMONJIARISOA*, B. CHAPRON**, H. BRANGER*

* Institut de Mécanique Statistique de la Turbulence – Campus Luminy – Case 903 – 13288 MARSEILLE

** Département d'Océanographie Spatiale – IFREMER – BREST – FRANCE

Résumé

Des résultats d'expériences menées en laboratoire simulant la modification des champs de fluctuations des ondes de surfaces océaniques sous l'action de courants superficiels sont présentés. L'examen détaillé des différents signaux de hauteur ou pentes de vagues amène à penser que les changements d'échelles observés sont le résultat de phénomènes physiques transitoires. Ainsi, l'utilisation des méthodes de traitements temps-échelles apparaît justifiée et permet de mieux analyser les échelles caractéristiques temporelles et spatiales, des phénomènes intermittents mis en jeu.

Abstract

Results from a laboratory experiment related to the modification of ocean surface waves under superficial under water currents are reported. A detailed analysis of the different recorded eight fluctuations history (1d) and slope signal (2d images) lead to interpret the observe scale transition as the result of intermittent physical processes. Thus, by means of time-scales decomposition, we are able to characterise the different scale, temporal and spatial, of these intermittent phenomena.

1 – INTRODUCTION

Les résultats d'observations en sites naturels rapportés par divers auteurs ont clairement mis en évidence l'influence des courants superficiels sur les champs d'ondes de surface océanique. Sous l'action de tels phénomènes, les échelles caractéristiques des oscillations peuvent être modifiées de manières drastiques. De tels phénomènes sont d'une importance fondamentale dans le domaine de la télédétection des vagues et des courants.

Des expériences de simulation ont été menées dans le grand bassin de la soufflerie de l'IMST [1], afin d'analyser les phénomènes physiques mis en jeu. L'examen détaillé de signaux ou d'images correspondantes aux hauteurs et pentes des ondes de surface, amène, clairement

à penser que les changements d'échelles en question sont le résultat de phénomènes physiques non linéaires transitoires parfaitement localisés. L'objet de cette communication est de présenter les premières analyses effectuées sur le problème particulier des transitions fréquentielles généralement observées.

Pour rappel, en présence d'un courant uniforme, la relation de dispersion des ondes de surface de gravité est modifiée et devient

$$(\omega_{\text{apparent}} - kv)^2 = gk$$



ω apparent pulsation, k nombre d'onde, v vitesse du courant. Le discriminant du polynôme en k s'annule pour une pulsation apparente de

$$\omega = -g/4v$$

Pour des pulsations supérieures il y a blocage. L'action du courant s'apparente à un filtrage des plus grandes fréquences au profit d'ondes plus longues qui ne sont pas bloquées [2, 3].

2 – PROCEDURE EXPERIMENTALE

Pour exemple, la figure 1 présente un cas expérimental typique. Les fluctuations des hauteurs d'eau sous l'action d'un vent de 8m/s sont mesurées en un point fixe en fonction du temps. Après 2 minutes de ce régime quasi stationnaire, un courant contraire de vitesse 11 cm/s est généré. Après un phénomène hydraulique de type ressaut, un nouveau régime quasi stationnaire s'établit avec un changement évident de la période moyenne des ondes. Ce phénomène apparaît alors encore plus nettement si l'on augmente la vitesse de courant jusqu'à 29 cm/s.

L'analyse spectrale classique à partir de la transformation de Fourier sur l'ensemble de l'enregistrement est également donnée. Cette analyse fait parfaitement apparaître la présence des trois régimes correspondants à trois fréquences différentes. L'agitation de surface de période moyenne 0.125 s sous l'action unique du vent est ainsi modifiée pour atteindre une période moyenne d'environ 0.66 s.

3 – ANALYSE TEMPS-ECHELLES

Pour analyser de tels phénomènes, les méthodes de décomposition temps-échelles paraissent convenir pour une analyse systématique plus fine. Les phénomènes transitoires de modulation des fréquences peuvent ainsi être mieux caractérisés. Dans la continuité de travaux précédents sur l'analyse des signaux temporels de hauteurs d'eau sous l'action du vent [4, 5], une transformation continue en ondelettes de type Morlet a été

effectuée. Sans rappeler le cadre général connu de la théorie de la transformation continue en ondelettes [6], on note toutefois la différence avec une analyse en temps-fréquence par une transformation de Fourier à court terme. Le support temporel des ondelettes d'analyse varie en fonction de l'échelle considérée. L'utilisation de l'ondelette de type Morlet permet cependant pour une échelle donnée de définir la fréquence analysée. En effet, au voisinage du pic en fréquence de l'ondelette associée, fréquence et paramètre d'échelle sont inversement proportionnels. Après filtrage passe-haut du signal original, un exemple d'analyse temps-échelle est donné figure 2.

La décomposition est présentée pour l'analyse de la transition se produisant au changement de vitesse de courant 11 cm/s à 26 cm/s. La décroissance fréquentielle est très nette. Le blocage des ondes de surface par les courants entraîne la coalescence entre certains trains engendrant les transitions fréquentielles observées. Sans pouvoir préciser plus en détail les processus physiques impliqués, on peut toutefois noter que l'action contraire des phénomènes de propagation le long du canal et du courant inverse entraîne une modulation d'amplitude importante. A un noeud de cette modulation, des sauts de phase peuvent être observés qui favorisent la transition vers les échelles plus grandes. La transition entre les deux états de stationnarité est approximativement de 10 secondes. Cette valeur est beaucoup plus faible que dans le cas de la première transition.

4 – ANALYSE SPECTRALE 2 – D

Afin de compléter l'analyse temporelle, on a utilisé au cours de cette expérience un système d'acquisition vidéo qui permet d'obtenir des images de la surface. Suivant une méthode du dégradé de gris [7], une caméra CCD placée au plafond de la soufflerie filme la surface de l'eau. Dans l'eau est placée une boîte à lumière avec un dégradé exponentiel d'intensité lumineuse. Ainsi pour la surface au repos l'intensité mesurée suit une distribution exponentielle en fonction de l'angle d'incidence. Au premier ordre d'approximation, suivant le principe de réflexion géométrique les pentes de la surface en mouvement moduleront de façon

proportionnelle l'intensité reçue. Les images ont une définition de 512 x 256 pixels. On enregistre 25 images par seconde. La figure 3 présente deux exemples d'images avant et après la première transition. Sur ces exemples les longueurs d'onde dominantes sont indiquées. En absence de courant, on observe une distance crête à crête moyenne d'environ 6 cm. Après mise en place du courant, cette longueur augmente jusqu'à 16 cm.

A partir des séries temporelles d'images, une analyse spectrale a été réalisée. On obtient ainsi des spectres directionnels. L'analyse chronologique de la transition sous harmonique est présentée figure 4. On observe plus particulièrement la possibilité d'apparition de vagues non parallèles au sens de propagation (e05, e12) avant de converger finalement vers un spectre à la directionnalité parfaitement définie. Les modes transverses apparus peuvent être expliqués par l'écriture de la condition de propagation en projection sur l'axe radial (direction du courant inverse).

5 – CONCLUSION

Les premiers résultats obtenus au cours d'une expérience de simulation menée en laboratoire sur la modification des fréquences d'un champ d'ondes de surface sous l'action d'un courant superficiel ont confirmé les prévisions théoriques. Après blocage de certaines composantes fréquentielles, un régime quasi stationnaire s'établit à une fréquence plus faible ($< 3,55$ Hz pour $V_{\text{courant}} = -11$ cm/s et $< 1,50$ Hz pour $V_{\text{courant}} = -26$ cm/s). Au cours de cette transition harmonique, des paquets d'ondes apparaissent. Ils sont alors associés à des phénomènes locaux de dissipation. Ces transitions se succèdent jusqu'à émergence d'une fréquence apparente des trains d'ondes suffisamment faible pour ne plus être bloqués. La mise en oeuvre des décompositions temps-échelles est très prometteuse pour l'analyse de tels processus de dilatation et, devrait à l'avenir permettre de mieux définir les échelles caractéristiques des différents phénomènes intermittents observés.

REFERENCES :

- [1] – COANTIC M. and A. FAVRE, 1974, Activities in and preliminary results of air-sea interactions research at IMST, *Advan Geophy.*, 18A, 391–405.
- [2] – BASOVITCH A. and V. TALANOV, 1971, Transformation of short surface waves on inhomogeneous currents, *Izvestiya, Atmos. and Ocean Physics*, 13, 514–519.
- [3] – JOWSSON L., 1990, Wave current interactions, *The sea*, Vol. 9, A, 65–120.
- [4] – CHAPRON B. et A. RAMONJIARISOA, 1989, Analyse temps-fréquences de la propagation d'ondes de surface non-linéaires, *GRETSI* 1989, 949–152.
- [5] – CHAPRON B. et F. L. BLIVEN, 1992, Interpretation d'une réponse diffusiométrique par analyse en transformation en ondelettes, *Traitement du signal*, Vol 9, A, 27–31.
- [6] – GROSSMAN A. and J. MORLET, 1984, Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelet of constant shape, *SIAM J. math. Anal.*, Vol 15, 4, 123–736.
- [7] – JAHNE B. and K. RIE, 1990, two dimensional wave number spectra and small water surface waves, *JGR.*, 95, c7, 11531–11546.

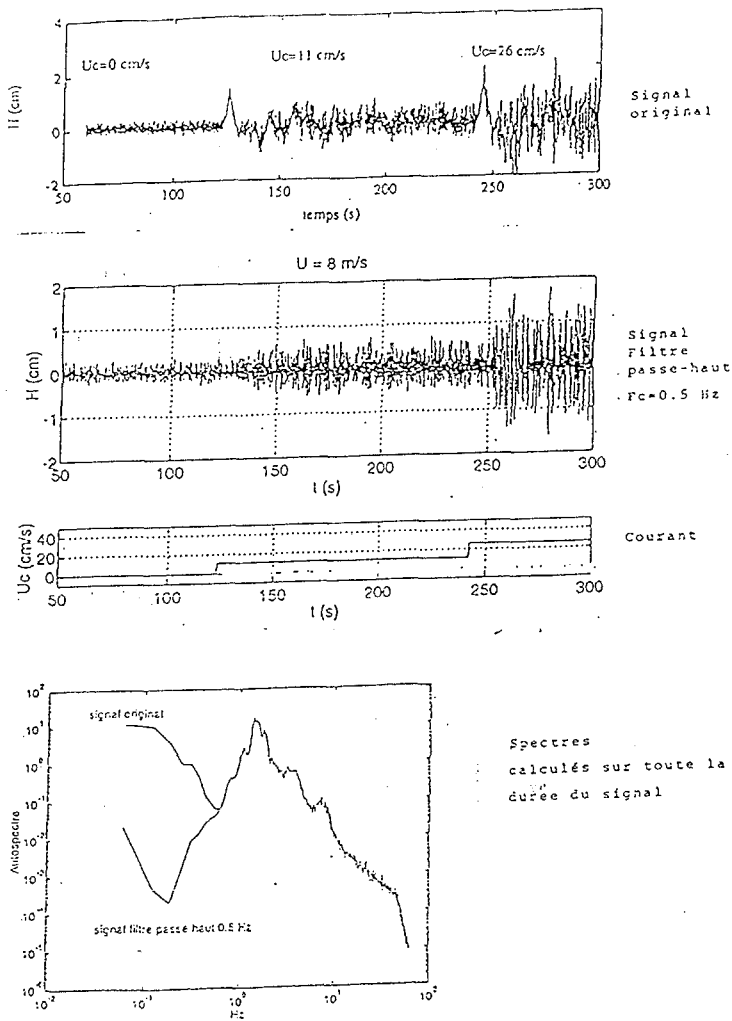


FIGURE 1

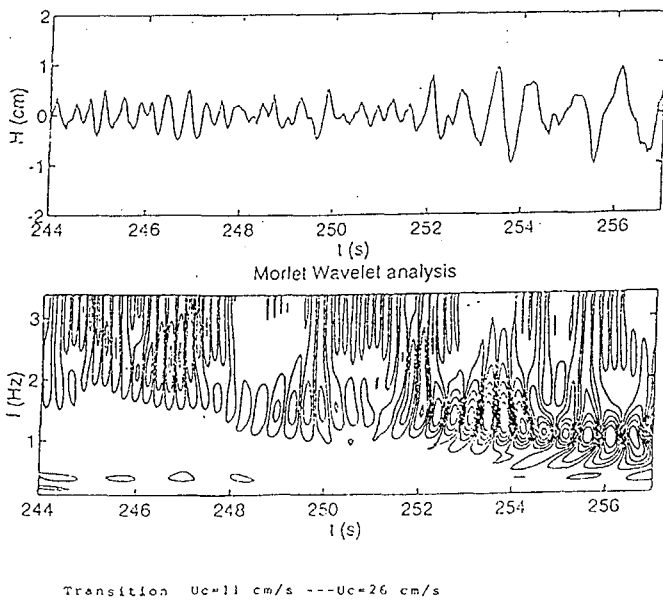
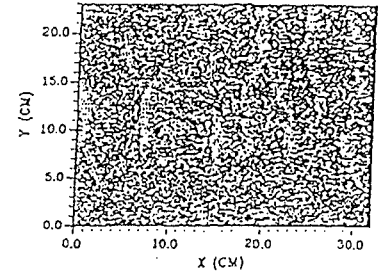


FIGURE 2

Longueur d onde dominante
1: $U_c = 0$ cm/s avant la transition



Longueur d onde dominante

2: $U_c = 11$ cm/s après la transition

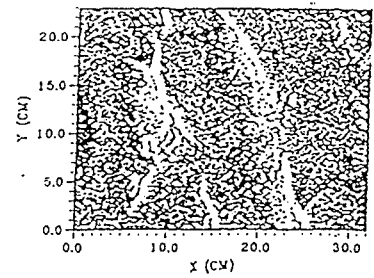


FIGURE 3

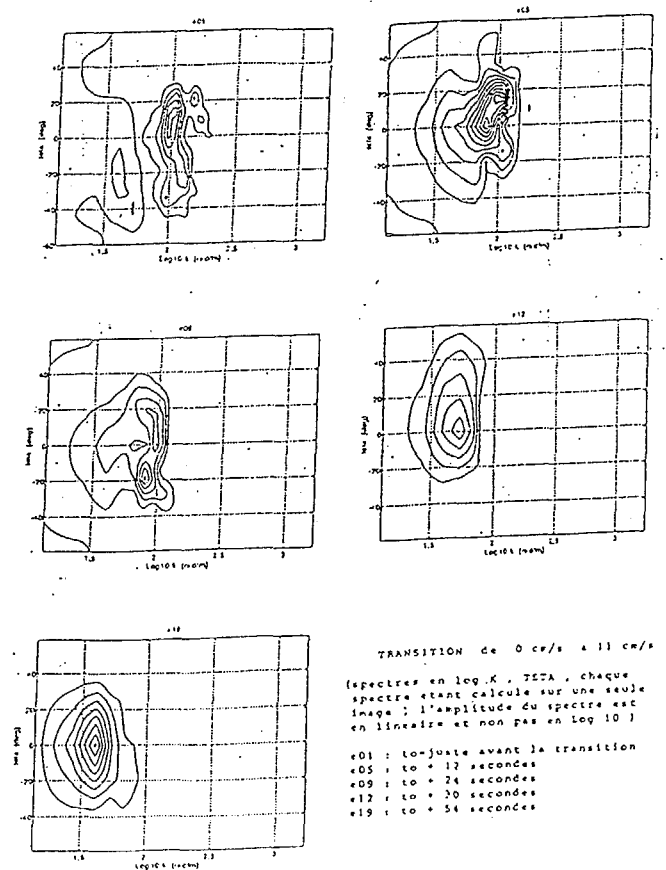


FIGURE 4