

ED SMAER

Sujet de thèses 2013

Laboratoire : **PMMH**

Etablissement de rattachement : **ESPCI**

Directeur de thèse et section CNU ou CNRS : **P. Petitjeans – section 10 du CNRS**

Codirection et section CNU et CNRS : **A. Maurel (Institut Langevin – ESPCI) – section 09 du CNRS . V. Pagneux (LAUM, Le Mans) – section 09 du CNRS**

Titre de la thèse : **Etude expérimentale des vagues d'amplitudes extrêmes**

Collaborations dans le cadre de la thèse :

Rattachement à un programme :

Résumé du sujet :

Etude expérimentale des vagues d'amplitudes extrêmes: L'objectif de cette thèse est l'étude des vagues extrêmes à l'échelle du laboratoire. Cette étude expérimentale s'appuiera sur la technique de mesure FTP mise en place récemment par notre groupe. Cette méthode de mesure résolue en temps et en espace est particulièrement adaptée puisqu'elle devrait nous permettre de caractériser totalement le mécanisme de formation et de disparition d'une onde extrême. On aura ainsi accès au champ complet spatial de la création à la mort de cet événement « that appears from nowhere and disappear without a trace ». Une telle mesure devrait permettre de discerner les mécanismes de ces ondes extrêmes parmi les différents modèles existants: focalisation par la dispersion, instabilité modulationnelle ou soliton. Nous étudierons également l'effet d'un écoulement ou d'une bathymétrie variable pouvant mener à la formation d'ondes extrêmes par des effets de réfraction, ainsi que la possibilité de générer des ondes de forte amplitude par retournement temporel.

Etude expérimentale des vagues d'amplitudes extrêmes

Contexte :

L'étude des ondes à la surface de l'eau a toujours un intérêt fort dans la communauté scientifique et cet intérêt a connu un accroissement notable ces dernières années. Ce sont des ondes pour lesquelles les effets non-linéaires sont particulièrement importants dans des conditions usuelles, et qui ont des manifestations spectaculaires : tsunamis et vagues scélérates en sont des exemples classiques. La compréhension des propriétés statistiques des vagues non linéaires telles qu'elles sont décrites en turbulence d'onde (possibilité que les ondes à la surface de l'eau ont de voir leur énergie "cascader" à travers les échelles spatiales) mais également des événements rares qui peuvent se produire est un enjeu important d'un point de vue fondamental mais également pour envisager des solutions pour lutter contre la dangerosité de tels phénomènes. Depuis quelques années, les vagues scélérates sont référencées de façon plus efficace [Nikolkina2011], et l'activité de recherche s'intensifie [Kharif2003, Dysthe2008, Olagnon2011, Kharif2009, Olagnon2008, EPJ2010]. Il apparaît que des mesures résolues en temps et espace pour les ondes à la surface de l'eau, dans un environnement contrôlé, seraient très bénéfique pour la communauté scientifique. Elles permettraient de disposer de données expérimentales complètes, comme la forme de la vague pendant son émergence ou le type de spectre spatial accompagnant la vague extrême.

Analyse des ondes extrêmes en eau profonde

Dans le cadre de la thèse, nous proposons une étude expérimentale des vagues extrêmes à l'échelle du laboratoire. Cette étude s'appuiera sur la technique de mesure FTP mise en place récemment par notre groupe [1-2]. Cette méthode de mesure résolue en temps et en espace donne la hauteur de la surface d'eau en tout point au cours du temps. Elle est particulièrement adaptée à cette étude puisqu'elle devrait nous permettre de caractériser totalement le mécanisme de formation et de disparition d'une onde extrême. On aura ainsi accès au champ complet spatial de la création à la mort de cet événement « that appears from nowhere and disappear without a trace ». Une telle mesure devrait permettre de discerner les mécanismes de ces ondes extrêmes parmi les différents modèles existants: focalisation par la dispersion, instabilité modulationnelle ou soliton [Kharif2003, EPJ2010].

Réfraction des ondes avec écoulement et bathymétrie variables

Un mécanisme linéaire qui peut participer à l'explication des ondes extrêmes est souvent évoqué: il s'agit de l'effet de réfraction dû à une bathymétrie ou à un écoulement variable. Ainsi l'effet du courant des Aiguilles s'écoulant le long de côte sud-africaine est souvent évoqué pour expliquer l'apparition élevée de vagues de forte amplitude. C'est un mécanisme linéaire qui explique les amplitudes élevées par l'apparition de caustiques quand les ondes traversent des éléments réfractants (effet de lentille). Très récemment, une expérience en électromagnétisme a montré qu'une distribution aléatoire de diffuseurs corrélés augmente la probabilité des ondes d'amplitudes élevées [Hömann2010]. Dans un premier temps nous testerons ce phénomène pour des ondes de surface de faible amplitude en régime linéaire. Nous comparerons ensuite les résultats du régime linéaire à ceux d'un régime d'ondes désordonnées en interaction non linéaire. En effet, l'importance des effets de réfraction pour des ondes désordonnées reste une question ouverte.

Retournement temporel à travers la turbulence d'onde

Dans une expérience récente, nous avons réalisé une expérience de retournement temporel dans un environnement au repos (voir Figure). C'est une façon de créer une onde d'amplitude extrême en utilisant la cohérence de l'onde. Nous proposons de tester la robustesse du retournement temporel quand l'onde retournée temporellement traverse un état de turbulence d'ondes. La qualité du retournement temporel est liée à la cohérence de phase de l'onde retournée temporellement. L'interaction avec les ondes de fortes amplitudes de la turbulence peut détruire cette cohérence.

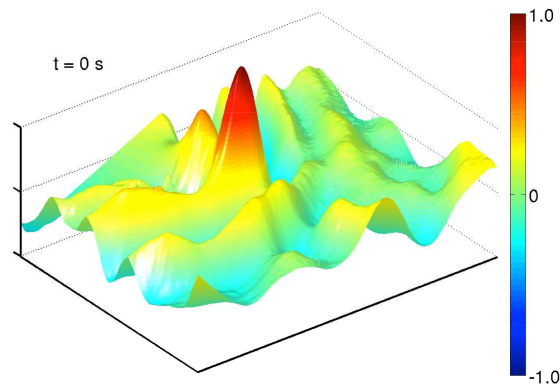


Figure : Mesure expérimentale de la hauteur d'eau lors de la refocalisation par retournement temporel

Références :

1. A. Maurel, P. Cobelli, V. Pagneux & P. Petitjeans, Experimental and theoretical inspection of the phase-to-height relation in Fourier Transform Profilometry, *J. App. Optics* 48(2), 380-392 (2009).
2. P. Cobelli, A. Maurel, V. Pagneux & P. Petitjeans, Global measurement of water waves by Fourier Transform Profilometry, *Experiments in Fluids* 46 1037-1047 (2009).

Bibliographie :

- [Dysthe2008] Dysthe K, Krogstad HE, Muller P, Oceanic rogue waves, *Annu Rev Fluid Mech* 40:287–310 (2008)
- [EPJ2010] Rogue waves—Towards a unifying concept?, *Eur. Phys. J. Special Topics*, vol. 185, 1-266 (2010)
- [Höhmman2010] Höhmman R, Kuhl U, Stöckmann HJ, Kaplan L, Heller EJ, Waves in the Linear Regime: A Microwave Study, *Phys. Rev. Lett.* 104, 093901 (2010)
- [Kharif2003] Kharif C, Pelinovsky E, Physical mechanisms of the rogue wave phenomenon, *Eur J Fluid Mech B / Fluids* 22 : 603–634 (2003)
- [Kharif2009] Kharif C, Pelinovsky E, Slyunyaev A, *Rogue waves in the ocean*, Springer, Berlin (2009)
- [Nikolkina2011] Nikolkina I, Didenkulova I, « Rogue waves in 2006–2010 », *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 2913–2924, (2011)
- [Olagnon2008] Olagnon M, Prevosto M (eds.), *Rogue Waves 2008*, Brest, France (2008)
- [Olagnon2011] Olagnon M, « Vagues scélérates: quelles préoccupations pour l'ingénieur? », 2601, *ATMA2011* (2011)