



Cette journée thématique est organisée avec le soutien de l'Université Paris-Sud, de l'ESPCI, et du Labex PALM.

Comité d'organisation

Michael Benzaquen, Frédéric Moisy, Marc Rabaud, Elie Raphaël

PROGRAMME

9h00 Accueil

9h30 Hubert Branger (IRPHE, Aix-Marseille Université)

Sillage du vent sur les ondes de surface

L'action du vent sur la mer est principalement de transférer de la quantité de mouvement de l'air vers l'eau, en formant des vagues et du courant en surface. Mais une fois formées, les vagues produisent une rétroaction sur la couche limite atmosphérique marine. Nous allons décrire ce «sillage» dans l'air créé par des ondes de surface, elles-mêmes créées par le vent. Les albatros utilisent «naturellement» ce sillage pour planer dynamiquement au-dessus de l'eau. Nous détaillons les différentes couches d'air au-dessus des vagues, et montrons comment en laboratoire, on a pu mesurer ce couplage air-eau, jusque dans la couche limite aérienne visqueuse à quelques millimètres de la surface, y compris dans le creux des vagues.

9h55 Philippe Petitjeans (PMMH, ESPCI)

Ondes de surface sur une bathymétrie variable

Nous nous intéressons à l'effet de la topographie du fond de l'eau sur la propagation des ondes à la surface. Des expériences réalisées pour contrôler la direction de propagation du front d'onde ou pour rendre invisible un obstacle ou une irrégularité du canal (guide d'onde) seront présentées.

10h20 Thomas Steinmann (Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, Univ. Tours)

Towards an understanding of the water strider's propulsion mechanism

Water striders use the combined advantage of surface tension and long hydrophobic legs to stay above water. Biologists have long assumed that the semicircular waves they created by moving rapidly their middle legs at the surface were essential to their propulsion. Nevertheless, experiments reveal that a strider transfers also some momentum to the underlying fluid through hemispherical vortices. Using the impulsive and localized nature of the forcing produced during the propulsion, Bühler (2006) shows that both surface waves

and fluid vortices contribute to the mechanism of propulsion. We propose here to determine the quantity of energy transmitted to the water surface during propulsion by determining the topography of the air water interface above the insect. Our experimental surface topography measurements and their comparison to the solution for the surface of a wave created by a localized impulse in time, allows us to validate the impulsive and localized supposition. We however report that the proportion of energy transferred to the air-water interface seems to be a function of the depth of meniscus generated by driving legs.

10h35 Florence Haudin (MSC, Université Paris-Diderot)

Observation de la reformation d'une onde solitaire hydrodynamique après destruction par une marche immergée

Une onde solitaire en eau peu profonde résulte d'un équilibre entre dispersion et non-linéarité. Elle garde ainsi un profil auto-similaire lors de sa propagation en présence d'un fond constant. Nous étudions expérimentalement, au sein d'un canal, l'influence d'une marche immergée de longueur comparable à celle de l'onde solitaire, et caractérisons, par des mesures locales et spatiales, son évolution sur la marche et loin de celle-ci. Nous montrons, qu'après avoir émis des ondes radiatives et subi un fort raidissement dû à la bathymétrie, l'impulsion retrouve, bien en aval de la marche, sa forme auto-similaire d'onde solitaire en ajustant son amplitude.

10h50 Antonin Coutant (University of Nottingham)

Almost black holes in flowing water

When the velocity of flowing water surpasses the speed of surface waves, these propagate in exactly the same way as radiation near a black hole horizon. In particular, it is in theory possible to reproduce in such systems the (classical) analog of the Hawking effect. Unfortunately, it is in practice quite hard to obtain controllable flows that reach the wave velocity. It turns out that if the flow accelerates, even below the threshold velocity, there is still an imprint of the Hawking effect, which has been experimentally observed in Vancouver and in Poitiers. I will show that the production of these Hawking-like modes is governed by a new type of horizon, which is reached for complex values of the position. This "complex horizon" governs both the region of this mode production and its spectrum.

11h05 Pause

11h35 Eric Falcon (MSC, Université Paris-Diderot)

Interactions résonantes entre ondes de surface de gravité

Bien qu'étant le mécanisme élémentaire du transfert d'énergie en turbulence d'ondes, les interactions non-linéaires entre ondes ont été, de façon surprenante, peu étudiées expérimentalement par le passé. En faisant interagir deux ondes de gravité se croisant à la surface d'un grand bassin, nous observons la naissance d'une onde résonante dont les propriétés sont entièrement caractérisées, et bien décrites, sans paramètre ajustable, par la théorie des interactions à 4-ondes. Pour des vagues plus cambrées, nos expériences montrent alors des écarts à cette théorie faiblement non-linéaire, et constituent ainsi une première étape pour mieux comprendre la turbulence d'ondes en régime fortement non-linéaire.

12h00 Basile Gallet (SPEC, CEA Saclay)

Réfraction des ondes de surface par des tourbillons

L'interaction entre un champ d'ondes et un écoulement tourbillonnaire se rencontre à diverses échelles, depuis les vortex de l'hélium superfluide, jusqu'à la réfraction de la houle par les tourbillons océaniques méso-échelles, qui dévient les vagues de leur propagation le long des grands cercles terrestres.

Du point de vue expérimental, cette interaction a été étudiée à l'ordre linéaire : des ondes de faible amplitude sont réfractées par un écoulement tourbillonnaire. Notre étude porte sur le régime non-linéaire de cette interaction : comment des vagues de forte amplitude rétroagissent-elles sur l'écoulement qui les réfracte ? Combien les vagues et l'écoulement moyen échangent-ils d'énergie ?

12h25 Roumaïssa Hassaini (LEGI, Université Joseph Fourier, Grenoble)

Effets de taille finie sur la turbulence d'onde gravito-capillaires

Nous présenterons des résultats expérimentaux sur l'effet du confinement sur les propriétés statistiques de la turbulence d'ondes gravito-capillaires. Une telle turbulence d'onde est générée dans une cuve étroite et la déformation de la surface est enregistrée par la méthode de profilométrie à transformée de Fourier. Nous montrerons l'impact de ce confinement sur les spectres d'énergie et les couplages non linéaires entre ondes.

12h40 Herreman Wietze (LIMSI, Université Paris-Sud)

Écoulements redressés à l'apéro

Lors de la dégustation d'un verre de vin, nous arrivons à mettre en rotation le vin grâce à quelques tours de poignet effectués à la bonne fréquence. Le phénomène de résonance qui explique l'apparition de l'onde de gravité est bien compris, mais l'écoulement de rotation qui accompagne l'onde l'est beaucoup moins. Dans cette présentation, nous expliquons les mécanismes de mise en rotation du fluide. L'écoulement moyen observé dans l'expérience est composé de deux parties d'amplitude comparable. Un écoulement redressé (steady streaming) résulte d'interactions non-linéaires assez subtiles dans la couche limite visqueuse. La dérive de Stokes est un écoulement purement Lagrangien, souvent négligeable devant le steady streaming, mais pas dans cet exemple. Nous comparons les profils de l'écoulement moyen issus de calculs asymptotiques avec des mesures obtenues par PIV.

12h55 Déjeuner

14h00 Julien Dambrine (LMA, Université de Poitiers)

Optimisation de carènes de navires élancés

Nous nous intéressons à la détermination d'une carène de navire minimisant la résistance de vagues, pour une vitesse donnée. Nous nous plaçons dans l'hypothèse de carène élancée, qui nous permet de réduire la représentation de la carène au graphe d'une fonction. De plus, dans cette limite, la résistance de vagues est donnée par la formule intégrale de Michell, qui peut être vue comme une forme quadratique de la fonction représentant la carène. Nous prouvons l'existence d'une carène optimale unique, symétrique, lisse et dépendant continument de la vitesse. Des simulations numériques montreront de cette approche, et compléteront les résultats théoriques.

14h25 Yves Pomeau

Reflets sur la mer

Depuis toujours le reflet du soleil sur une mer plus ou moins agitée est une source d'inspiration et d'émerveillement pour les artistes. Ainsi Claude Monet a peint avec un réalisme étonnant le lever du soleil sur le port du Havre dans le célèbre "Impression, soleil levant", tableau qui s'ordonne autour d'une bande rougeâtre, reflet du soleil sur la surface légèrement ondulée de l'eau. J'expliquerai pourquoi, dans certaines situations, on observe ce type de bande plutôt qu'une simple image en miroir.

14h50 Charles Peureux (IFREMER)

Mesure du spectre des vagues courtes in situ par reconstruction stéréo-vidéo

La méthode stéréo-vidéo permet la mesure du spectre 3D (fréquence/nombre d'onde/direction) des vagues in situ [Leckler et al. 2015]. L'analyse d'un ensemble de données prises en Mer Noire montre en particulier que l'énergie des vagues se répartit de part et d'autre de la direction du vent en suivant une relation de dispersion modifiée par la présence de courants [Kirby et Chen 1989]. Ces observations permettent notamment de comprendre les mesures du bruit acoustique fond de mer ainsi que d'évaluer la structure verticale des courants très proches de la surface. Les informations ainsi extraites servent de bases à l'amélioration d'un modèle d'états de mer.

15h05 Sébastien Boyaval (Laboratoire d'hydraulique Saint-Venant, Ecole des Ponts ParisTech)

Ondes de surface avec vorticité et amortissement visqueux

On considère comme modèle les équations de Navier-Stokes incompressibles et homogènes dans un domaine à surface libre. Supposer l'irrotationalité de l'écoulement et négliger sa viscosité, comme il est souvent fait pour approcher numériquement des solutions en régime de vague non-linéaire, est une hypothèse très forte quand on s'intéresse au temps long (retour de la surface à l'équilibre au repos). Pour des temps de simulation longs, on discutera dans l'exposé l'approximation de solutions numériques avec un modèle visqueux en se restreignant au régime linéaire, comme il est proposé dans [1] pour valider un code. La modélisation de la vorticité en est un élément crucial.

Collaborateurs: Michel Benoit, Jeffrey Harris, Pierre Marchand, Cécile Raoult, Marissa Yates.

[1] M. Antuono and A. Colagrossi, The damping of viscous gravity waves, *Wave Motion* **50** (2013), no. 2, 197 – 209.

15h20 Léo-Paul Euvé (Institut P', Université de Poitiers)

Mesure de bruit corrélé par l'effet Hawking dans un canal hydraulique

Nous mesurons les corrélations des fluctuations de surface libre en aval d'un écoulement passant au-dessus d'un obstacle avec un nombre de Froude  lev . Celles-ci indiquent clairement une conversion en continu des modes incidents à grandes longueurs d'onde en paires de modes d'énergies opposées. Ce phénomène est analogue à celui responsable du rayonnement d'un trou noir (l'effet Hawking). Nous utilisons ensuite un batteur à houle pour mesurer les coefficients de diffusion responsable de cet effet [1].

[1] L.-P. Euvé, F. Michel, R. Parentani, T.G. Philbin, G. Rousseaux, "Observation of noise correlated by the Hawking effect in a water tank", <http://arxiv.org/pdf/1511.08145v2.pdf>

15h35 Pause

16h05 Thibault Congy (LPTMS, Univ. Paris Sud)

Instabilité modulationnelle et interactions résonantes dans les condensats de Bose-Einstein à deux composantes

Nous considérons un condensat de Bose-Einstein à deux composantes en interaction à une dimension. Un couplage Raman extérieur peut convertir un boson de l'une des composantes à l'autre et induire un terme de spin-orbite. La relation de dispersion des excitations linéaires du système se sépare alors en deux branches. En prenant en compte les effets non-linéaires par une analyse multi-échelle, nous montrons que la dynamique de ces excitations peut être décrite par des équations intégrables. Nous discutons la stabilité des trains d'ondes associés à chacune des deux branches et montrons que l'interaction résonante entre celles-ci peut induire une instabilit  de Benjamin-Feir, une résonance onde courte-onde longue et la génération de seconds harmoniques.

16h20 Lucie Domino (PMMH, ESPCI)

Faraday wave lattice as an elastic metamaterial

Metamaterials enable the emergence of novel physical properties due to the existence of an underlying sub-wavelength structure. Here, we use the Faraday instability to shape the fluid-air interface with a regular pattern. This pattern undergoes an oscillating secondary instability and exhibits spontaneous vibrations that are analogous to transverse elastic waves. By locally forcing these waves, we fully characterize their dispersion relation and show that a Faraday pattern presents an effective shear elasticity. We propose a physical mechanism combining surface tension with the Faraday structured interface that quantitatively predicts the elastic wave phase speed, revealing that the liquid interface behaves as an elastic metamaterial.

16h35 Emmanuel Fort (Institut Langevin, ESPCI)

Ondes de surface et miroir temporel

Wave control is usually performed by spatially engineering the properties of a medium. Because time and space play similar roles in wave propagation, manipulating time boundaries provides a complementary approach. I will introduce the concept of instantaneous time mirrors and show that a sudden change of the effective gravity generates time-reversed water waves that refocus at the source. This concept can be generalized for all kinds of waves introducing a universal framework which explains the effect of any time disruption on wave propagation. The time-reversed waves originate from these “Cauchy sources” which are the counterpart of Huygens virtual sources on a time boundary. I will revisit the Faraday instability and show experimentally that it can be interpreted as a phase conjugated mirror.

17h00 Stefan Enoch (Institut Fresnel, Aix-Marseille Université)

Optique de transformation appliquée à la protection contre les vagues

Des matériaux composites nouveaux, désignés par métamatériaux, permettent d'accéder à des effets quelque fois spectaculaires et contre intuitifs et souvent inaccessible par d'autres moyens. Les propositions les plus médiatisés ont été la cape d'invisibilité et la lentille parfaites toutes deux proposées par le physicien anglais John Pendry [1,2].

En premier lieu, nous décrirons ce que recouvrent les métamatériaux ainsi que l'optique de transformation qui sont les deux éléments de base qui permettent aujourd'hui d'envisager des solutions originales à certains problèmes. Ensuite, nous montrerons que ces idées développées pour contrôler la lumière deviennent au gré d'un changement d'onde des protections contre la houle [3].

[1] J. B. Pendry, Phys. Rev. Lett. 86, 3966–3969 (2000).

[2] J. B. Pendry, D. Shurig, and D. R. Smith, Science 312, 1780 (2006).

[3] M. Farhat, S. Guenneau, and S. Enoch, Physical Review Letters 103, 024301 (2009)

17h30 Fin