

<p>SESSION I</p> <p>DISCUSSIONS</p>

1. Question de P. Guevel à S. Mordane et coll.

Je pense que la finalité des travaux que vous avez entrepris a trait au calcul des efforts hydrodynamiques sur une structure marine, fixe ou mobile, soumise à l'action de la houle (en particulier, les amortissements d'origine visqueuse qui, pour des formes de carènes réalistes, ne sont actuellement appréhendés que par application de la formule empirique de Tamaka). Avez-vous déjà des idées sur la manière de déterminer les échappements tourbillonnaires lorsque la localisation et l'intensité de ceux-ci ne sont pas connues a priori ?

Réponse

A notre connaissance, il existe deux approches qui permettent de prendre en compte l'influence de la viscosité sur l'obstacle et la dynamique de la vorticité.

1^{re} approche.- Cette approche est basée sur une méthode de couplage différences finies - particulaire. Au voisinage de l'obstacle on utilise, une méthode numérique qui permet de prendre en considération la condition d'adhérence et assez loin de l'obstacle on peut assurer l'évolution de l'écoulement tourbillonnaire par la méthode particulaire. Avec des conditions appropriées on peut assurer la transmission (référence 1.1).

2^{me} approche.- Au voisinage de l'obstacle l'effet du fort cisaillement à travers la couche limite est source de production de vorticité. Chorin (référence 1.2) propose de remplacer la condition sur la vitesse par une condition sur la vorticité. Pour cela, on annule la vitesse tangentielle en créant des segments tourbillonnaires parallèlement à la tangente à la paroi à une distance h de cette dernière, ce qui constitue une couche limite numérique d'épaisseur h .

3^{me} approche possible.- L'utilisation des fonctions de parois qui permet de traduire le cisaillement en terme de vorticité.

Référence 1.1 : Chen Z.W., « Calcul d'écoulements tourbillonnaires visqueux incompressibles par une méthode de couplage différences finies - particulaire », thèse université Paris XI, 1991.

Référence 1.2 : Chorin J.J., « Vortex sheet approximation of boundary layers », J.F.M., n  57, pp 428-442, 1978.

2. Questions de F. Marin   R. Absi et coll.

2.1.- A quel critère de Sleath sur la turbulence faites-vous référence pour votre étude concernant un fond lisse ?

2.2.- Avez-vous comparé vos résultats avec ceux du modèle de Loiseau ?

2.3.- Pensez-vous obtenir une résolution spatiale suffisante pour caractériser la couche limite en canal par la méthode ultrasonore que vous envisagez ?

Réponses

2.1.- Pour Sleath (Sea bed mechanics, Wiley-interscience, 1984) la couche limite en canal à houle présente un caractère turbulent pour certaines phases de celle-ci. Par exemple dans certains cas, la transition vers la turbulence a lieu lorsque l'écart-type des vitesses atteint 5% de l'amplitude de la vitesse.

2.2.- L'étude comparative avec les mesures par VDL a été présentée pour valider le modèle. La comparaison des résultats avec le modèle de Loiseau (Loiseau, Tcheukam-Toko et coll., Characterisation of the boundary layer generated by the interactions between waves and a turbulent current, 8th international biennial conference, The Hague, 1996) et (Loiseau, Tcheukam-Toko et coll., Simulation de la couche limite instationnaire générée par un écoulement de houle sur fond lisse, IV^{èmes} Journées nationales génie civil - génie côtier, Dinard, 1996) a été effectuée mais n'a pas été présentée dans l'article.

2.3.- Oui, nous pensons avoir une résolution équivalente à celle de la vélocimétrie laser. La taille du volume de mesure est directement liée à la position du point de mesure par rapport à la sonde, à cause de la divergence du faisceau. Déjà la résolution spatiale sur l'axe de la sonde du VDU signal processing utilisée en 1995 était de 0,3 mm (Michaux-Leblond et coll., Application de la vélocimétrie Doppler à ultrasons à l'étude du sillage d'un cylindre chauffé, 12^{ème} congrès français de mécanique, Strasbourg, 1995).

3. Questions de P. Guevel à S. Guignard et coll.

3.1.- J'admire la robustesse de vos simulations qui vous permettent de poursuivre les calculs au-delà de la ligne de déferlement. Mais est-il réaliste d'admettre, si j'ai bien compris, que les deux fluides en présence, l'air et l'eau, ne se mélangent pas après l'impact pour produire de l'écume ?

3.2.- Par ailleurs, envisagez-vous de généraliser votre programme au cas du problème tridimensionnel ?

Réponses

3.1.- Il faudra en effet dans l'avenir prendre en compte la génération de l'écume, dont la modélisation mathématique est très complexe et peu connue. La quantité d'eau transformée en écume est cependant très faible.

3.2.- Oui, le passage au 3D est envisagé dans l'année qui vient pour des configurations plus simples demandant un nombre de mailles plus faible.

4. Question et remarque de M. Naciri à S. Guignard et coll.

Dans le domaine de l'offshore pétrolier, le calcul des efforts dus aux paquets de mer sur la coque ou le pont est important pour le dimensionnement. Dans quelle mesure la méthode VOF-MAC peut-elle répondre à ce besoin ?

Biesel en 1951 a effectué des calculs de suivi de surface libre jusqu'au déferlement (plongeant) en utilisant les équations de Navier-Stokes exprimées en coordonnées de Lagrange. Cette référence pourrait être utile pour la comparaison avec vos résultats

Réponse

Des simulations ont été effectuées pour des ondes solitaires impactant une structure rectangulaire. Ces études doivent être affinées et comparées à des données expérimentales.

5. Question de M. Sanchez à S. Guignard et coll.

Le type de déferlement, plongeant, glissant ou autre, dépend de la cambrure et de la pente du fond. Avez-vous fait varier la pente afin de simuler ces types de déferlement ?

Réponse

L'étude de l'influence de la pente sur la nature du déferlement a déjà été traitée par d'autres auteurs (Grilli, 1997). Ces études sont en cours.

6. Questions de O. Briand à S. Guignard et coll.

6.1.- Quelles sont les conditions limites appliquées au fond sableux ?

6.2.- Comptez-vous prendre en compte la porosité des matériaux sableux par exemple ?

Réponses

6.1.- Les conditions limites au fond sont des conditions de glissement. Des conditions d'adhérence décrivant la couche limite peuvent être appliquées.

6.2.- Il semble difficile de prendre en compte les effets d'un mélange eau-sable qu'on doit traiter comme un fluide non newtonien. Il serait cependant intéressant de se pencher sur la question.

7. Question de C. Colmard à S. Guignard et coll.

Dans le cas du déferlement les inclusions d'air donnent un mélange gaz-eau ayant des propriétés différentes des deux fluides. Avez-vous songé à ajouter dans votre code, un troisième fluide modélisant ce mélange ?

Réponse

Non, mais rien ne s'y oppose théoriquement.

8. Question de D. Caminade à S. Guignard et coll.

Vous pouvez calculer les pressions sur le fond au moment du déferlement. Avez-vous pu corréler vos résultats avec des mesures physiques en nature ou en modèle réduit ?

Réponse

Non

9. Question de M. Naciri à F. Marin et coll.

Quel est le ratio de la longueur d'onde de la houle à celle des rides sur les fonds ? A-t-on le ratio de Bragg ?

Réponse

Le rapport entre la longueur d'onde de la houle et celle des rides est proche de 80. Il est très différent du ratio de Bragg qui concerne des ondulations à plus grande échelle : les barres.

10. Question de P. Forget à F. Marin et coll.

Vos résultats semblent indiquer que les rides de fond n'induisent de frottement très supérieur au frottement provoqué par des grains. La propagation des vagues n'est donc pas très modifiée au point de vue énergétique, par ces petites structures de fond.

Réponse

Les résultats obtenus montrent que le frottement induit par les rides est proche du frottement induit par un fond plat rugueux si l'on considère que la rugosité équivalente k_s des rides est donnée par la formule de Smart (1976).

11. Question de M. Belzons à F. Marin et coll.

Avez-vous effectué une étude dans le cas où la hauteur de la houle est sensiblement supérieure à la période des rides artificielles ?

Réponse

Nous avons effectué un seul test (test n° 2) dans le cas où la hauteur de la houle est sensiblement supérieure à la période des rides artificielles. Les résultats de ce test ne mettent pas en évidence une influence significative de cette perte de similitude sur le coefficient de frottement. Cependant, il serait nécessaire d'effectuer d'autres tests dans ce cas pour confirmer ou infirmer ce résultat.

12. Questions de A. Grovel à F. Marin et coll.

12.1.- A quelle houle réelle, quel diamètre sédimentologique D_* de grains, correspondent vos rides artificielles ? Vos houles présentées sont-elles d'énergies supérieures ou inférieures à ces houles de formation de rides ?

12.2.- Les travaux de Blondeaux et Vittori de 1991 que vous citez ont-ils rapport à des rides naturelles ou artificielles ? Y-a-t-il des références plus récentes ?

Réponses

12.1.- La taille des rides artificielles que nous avons utilisées a été choisie de façon à reproduire les rides qu'on aurait observées avec un fond de sable fin pour les conditions de houle du test n° 1 ; la houle réelle correspondante a une période de 8 s et une hauteur de 4,6 m pour une profondeur moyenne d'eau de 13,5 m. Le diamètre sédimentologique D_* correspondant à ce sable fin est approximativement égal à 5 ; une valeur supérieure induirait un profil se rapprochant d'une sinusoïde. Les houles présentées sont d'une énergie supérieure aux houles de formation de rides.

12.2.- Les travaux de Blondeaux et Vittori (1991) que nous citons ont rapport à des rides artificielles ayant la même géométrie que celles utilisées dans cette étude. Les références plus récentes que nous connaissons ne permettent pas une comparaison significative avec nos résultats sur l'estimation des coefficients de dissipation d'énergie de par la différence des conditions de test.

13. Questions de M. Belzons à V. Leroy et coll.

13.1.- Existe-t-il une relation fondamentale entre la résolution en direction et la résolution en fréquence ?

13.2.- Peut-on tenter une approche du type déconvolution de la fonction d'appareil ?

Réponses

13.1.- Les deux résolutions sont a priori indépendantes. La résolution en fréquence $df=1/T$ dépend de la durée T de l'enregistrement alors que la résolution en direction dépend des lobes du réseau de sondes. C'est donc un paramètre géométrique, mais qui peut néanmoins dépendre de la fréquence.

13.2.- En supposant que la fonction d'appareil est ce que l'on appelle aussi « beam pattern », il devrait être possible de mettre en oeuvre une telle approche. Cependant, les méthodes MMLM (maximisation sans contrainte) semblent être plus performantes que les méthodes purement spectrales

14. Question de M. Sanchez à V. Leroy et coll.

Afin de déterminer le spectre directionnel de la houle, la méthode que vous avez présentée utilise les phases mesurées par un réseau de sondes. Or, dans les noeuds d'oscillation la phase est indéfinie. Qu'est-ce que vous proposez afin de pallier à une mesure réalisée avec une sonde localisée au niveau d'un noeud d'oscillation ?

Réponse

Un noeud d'oscillation avec amplitude nulle ne se produit que devant un quai vertical dont le coefficient de réflexion est très exactement égal à l'unité. Cette situation ne se produit jamais en pratique.

D'un point de vue théorique, la définition de $C_{ij}(\omega)$ utilisée dans la communication fait effectivement intervenir les phases $f_i(\omega)/|f_i(\omega)|$ d'où un problème quand $f_i(\omega)=0$. Cette approche est conseillée dans la littérature. Cependant, il est possible de procéder à la normalisation plus tard et calculer $C_{ij}(\omega) = f_i(\omega) f_j^*(\omega)$; dans ce cas le problème de phase ne se pose plus.

Par ailleurs, M. Sanchez pourra vérifier que la méthode de Goda marche parfaitement dans le cas d'une sonde située à un noeud exact d'oscillation.

15. Questions de M. Benoit à V. Leroy et coll.

15.1.- Ayant travaillé de façon assez marquée sur la domaine considéré, je me permets d'être un peu critique. Je ne vois pas bien le caractère novateur ou original de votre travail par rapport à la bibliographie citée et encore moins par rapport aux publications récentes sur le sujet. Les limitations de la méthode MLM sont maintenant bien connues et documentées. Ma question porte sur le choix de la méthode MLM pour la mesure en océan ouvert, qui est assez nettement supplantée par des méthodes comme la méthode de maximum d'entropie ou la méthode Bayésienne. Avez-vous consulté les études

comparatives effectuées ces dernières années, en particulier les actes du symposium sur la houle directionnelle, organisé par l'AIRH en août 1997 ?

15.2.- Par rapport aux conclusions données, outre l'hypothèse d'une réflexion supposée géométrique par rapport à une ligne de réflexion dont la direction est supposée connue, les distances des capteurs à la ligne de réflexion sont aussi des paramètres importants. Ces distances doivent être spécifiées au programme d'analyse. Or elles ne sont pas faciles à estimer dans le cas d'une digue à talus poreuse par exemple. Avez-vous testé la sensibilité de la méthode MMLM à ce paramètre ?

Réponses

15.1.- Les travaux présentés datent du printemps 1996 et traduisent le travail de V. Leroy pendant 2 mois en tant que stagiaire à OCEANIDE. L'objectif de ce stage était purement industriel et peut-être assimilé à un récit d'expérience basé sur les connaissances et la littérature disponible à l'époque et sans aucune prétention d'originalité. Les auteurs remercient M. Benoît d'avoir porté à leur connaissance les travaux de l'AIRH d'août 1997.

15.2.- Ayant pris le parti de travailler avec des signaux synthétiques, nous n'avons pas à nous préoccuper de la distance des sondes à l'obstacle. En pratique, il est clair que cette distance est importante et qu'elle reste difficile à évaluer pour une digue à talus.

16. Question de M.C. Garcia-Govea à M. Sanchez

Dans la pratique, une partie de l'onde réfléchiée par la structure arrive jusqu'au batteur et cause une augmentation de l'onde incidente générée. Qu'est-ce que vous faites pour générer une onde incidente propre ?

Réponse

La méthode présentée permet de séparer analytiquement les ondes incidente et réfléchiée coexistant dans un canal à houle, mais cette étude ne porte pas sur les problèmes pratiques liés à la génération de houles en laboratoire. Si vous voulez obtenir une houle incidente assez propre dans un canal à houle vous devez équiper celui-ci avec un batteur-absorbeur asservi. Cependant, lorsque l'on étudie la réflexion on doit toujours séparer les ondes progressives se propageant dans des sens opposés.

17. Question de M. Naciri à M. Sanchez

Cette méthode s'applique-t-elle (2 sondes) à la houle irrégulière ?

Réponse

La méthode présentée est tout à fait adaptée à l'étude de la réflexion d'une houle irrégulière en canal. La précision des résultats dépend des erreurs de mesure liées aux sondes. Par exemple, pour une mesure des niveaux avec une erreur relative de 2% (par rapport au niveau réel), la réflexion est restituée avec une erreur relative absolue à 0,05 pour une bande de longueurs d'onde telle que $0,03 \leq \Delta x/L \leq 0,17$ (où Δx est la distance séparant les deux sondes), soit plus précisément pour $\Delta x/0,17 \leq L \leq \Delta x/0,03$. Ainsi, si l'on fixe $\Delta x = 0,4$ m, la réflexion est très précisément restituée pour des longueurs d'onde comprises entre 2,35 m et 13,33 m. La distance Δx règle donc la largeur de la bande passante. Pour élargir celle-ci on peut utiliser trois sondes ou plus. Finalement si les sondes sont plus précises que le 2% ici utilisé comme exemple, la bande passante est plus large, mais si elles sont moins précises c'est le contraire qui se produit.

18. Question de A. Grovel à M. Sanchez

Avez-vous déjà exécuté des mesures in situ de vérification de votre modèle grâce au dispositif tridimensionnel de mesures d'agitation dont vous êtes l'initiateur ?

Réponse

Une seule série de mesures in situ a été réalisée en 1997 (référence 4 de la communication) en utilisant un réseau de trois sondes à proximité d'une jetée. Cependant la qualité des résultats semble être moyenne car la disposition des sondes lors de ces mesures n'était pas optimale. Une étude de l'influence de la géométrie du réseau des sondes sur la méthode présentée est en cours de réalisation dans notre laboratoire (J. Desrois, Approches sur un spectre directionnel de la houle, mémoire de DEA de l'université de Nantes, présenté le 2 juillet 1998). Cette étude nous permettra dans l'avenir d'optimiser cette géométrie.

19. Question de J.P. Barusseau à F. Becq et coll.

De quel type de brisant (déferlement ?) s'agit-il dans les expériences que vous avez réalisées ?

Réponse

Il s'agit de déferlement plongeant et glissant.

20. Questions de V. Rey à F. Becq et coll.

20.1.- Vous n'avez pas parlé des modes liés et libres. Qu'en est-il dans votre analyse spectrale ?

20.2.- La plage est-elle parfaitement absorbante dans vos expériences ? N'avez-vous pas observé de phénomène de battement entre fondamental et harmoniques ?

Réponses

20.1.- Au cours de la présentation du phénomène d'interactions non linéaires entre triplets de fréquence, nous avons introduit la notion d'écart à la résonance. L'écart à la résonance est directement associé à l'existence des modes libres ou liés. Lorsque l'onde forcée par les deux composantes primaires libres ne peut pas obéir exactement à la relation de dispersion (du fait de la courbure négative de la relation de dispersion), on dit que c'est une onde liée. Tant que l'écart à la dispersion reste faible, des échanges d'énergie peuvent survenir entre les trois composantes. L'interaction est dite « presque résonante ».

L'analyse spectrale standard ne permet pas de séparer dans un train d'ondes les composantes libres et liées. Dans notre travail, les non linéarités du champ de vagues et l'existence des modes liés sont mis en évidence au travers de l'analyse bispectrale. L'évolution de la bicohérence (valeur normalisée du bispectre) a été présentée au cours de la conférence, sur deux cas-tests. Elle montre le couplage entre les différentes composantes du spectre et l'importance des transferts d'énergie qui en résulte.

20.2.- La partie supérieure de la plage expérimentale possédait une pente faible (1/20) et était de plus recouverte d'une épaisseur de matériau spongieux (latex-crin) favorisant la dissipation d'énergie des vagues. Nous avons donc supposé que la réflexion dans le canal était négligeable. Cependant, nous n'avons pas cherché à la quantifier précisément. Dans tous nos essais, le champ de vagues évolue sur une bathymétrie non constante. Le phénomène de battement auquel il est fait référence s'observe plus facilement sur des fonds plats (références 20.1 et 20.2).

Référence 20.1 : Chapalain G., Cointe R., Temperville A., « Observed and modelled resonantly interactive progressive water waves », Coastal Engineering, n° 16, pp 267-301, 1992.

Référence 20.2 : Madsen P.A., Sorensen O.R., « Bound waves and triad interactions in shallow water », Ocean Engineering, n° 20, pp 259-388, 1993.

21. Remarques de D. Caminade à V. Cohen et coll.

La conclusion de l'exposé qui propose de ne pas tenir compte des corrélations entre les niveaux d'eau et la houle est surprenante.

En effet, pour la construction du port du Havre Antifer, une variation du niveau d'eau de 10 cm représentait une variation du volume de dragage de 500000 m³, d'où l'intérêt de l'étude qui a été conduite à l'époque (étude statistique - 3 ans de mesures complètes, 20 ans de mesures partielles).

Mais les variables importantes telles que la direction de la houle (régime d'Ouest ou d'Est), la pression atmosphérique ont été prises en compte. Les conclusions ont été alors qu'il fallait prendre en compte les corrélations entre les houles (direction et force) et la pression atmosphérique (et ses variations), pour évaluer les niveaux d'eau.

Par ailleurs, des études conduites par le LNH notamment, ont montré que les variations de pression peuvent générer des ondes de forte amplitude (cf. surcote de 3 m aux Pays Bas) accompagnées de fortes houles.

Voir aussi le barrage antitempêtes sur la Tamise pour protéger les bas quartiers de Londres.

En Manche (cas de Dieppe) l'état de la mer est lié à la vitesse des vents et à leur direction (fetch local), donc au champ des pressions atmosphériques, alors dans ce cas, comme dans celui du Havre, la corrélation champ des pressions-surcotes est forte ce qui se traduit localement par une corrélation hauteurs d'eau-houles.

22. Question de P. Forget à V. Cohen et coll.

Pourquoi ne pas utiliser des données altimétriques qui fourniraient en un point donné H, D (surcote) et W (le vent) et pour lesquelles on dispose de plus de 10 ans de données. L'altimétrie ne pourrait-elle pas fournir les éléments statistiques que réclame votre étude ?

Sans réponse de la part des auteurs

23. Question de J.P. Barusseau à V. Cohen et coll.

Il me semble que certaines critiques à votre travail tomberaient dès lors qu'au lieu de parler de corrélations, vous parleriez de covariations. En effet, la relation entre vitesse du vent et surcote est avérée ; de même celle entre vitesse du vent et hauteur de la houle (en 1^{ère} ligne de causalité). Qu'il y ait une covariation de la surcote et de la hauteur de houle n'est donc pas totalement inattendu.

N'aurait-il pas fallu plutôt rechercher une corrélation entre vitesse du vent et surcote (de même que -voir remarque de D. Caminade- une corrélation entre données bathymétriques et surcote ; vitesse du vent et régime bathymétrique n'étant pas, par ailleurs, des variables totalement indépendantes)

Sans réponse de la part des auteurs