

SESSION I

DISCUSSIONS

Question de R. Marcer à S. Abadie.

Vous mentionnez un critère de stabilité de type CFL pour votre méthode VOF-CIAM ne devant pas dépasser la valeur de 0,5. Quelle en est la raison ?

• **Réponse :**

C'est un critère inhérent à la méthodologie employée. Un dépassement de ce critère entraîne une erreur topologique.

Commentaires et question de H. Oumeraci à S. Abadie.

Le grand avantage de la méthode VOF est la simulation de l'évolution de la surface libre de l'onde après déferlement qui est très complexe. Est-ce qu'il serait possible d'inclure dans le papier final la procédure développée pour décrire de manière plus précise des segments d'interface dans chaque maille ?

Pour les applications du modèle VOF :

-aux forces d'impact sur les digues verticales, je suggère tout d'abord d'employer un modèle « pseudo - compressible » avant de s'engager directement sur un modèle biphasique (voir WU et al, 1994 ICCE 94, Kobe) ;

-à la mise en suspension des sédiments par la houle déferlante en zone surf des précautions doivent être prises quant au choix du modèle pour la concentration distribuée sur toute la hauteur d'eau. Je suggère à ce sujet une nouvelle formule qui vient d'être développée par un de mes thésards, K.Peters où la concentration $C(z)$ est une fonction de 3 paramètres adimensionnels : H/H_0 , h/H_0 et $H_0/\omega_s T$ exprimant respectivement le shoaling, la morphologie normée par H_0 et l'interaction entre la houle et les sédiments (ω_s vitesse de chute).

• **Réponse :**

La méthode VOF-CIAM est déjà détaillée dans ma thèse intitulée « Modélisation numérique du déferlement plongeant par méthode VOF ». Thèse de mécanique de l'université de Bordeaux I, janvier 1998.

Remarque de A. Temperville à R. Marcer et à S. Abadie.

M.Heinrich a présenté une thèse sur un sujet semblable à l'Ecole Centrale de Paris, il y a 5 ou 6 ans avec des expériences d'onde solitaire (dans un canal du L.N.H.). Des résultats intéressants peuvent servir de test pour la modélisation.

Questions de S. Abadie à R. Marcer.

Quel est le nombre de Reynolds de l'écoulement ? Observez-vous des instabilités numériques aux nombres de Reynolds importants ?

• **Réponses :**

Les nombres de Reynolds sont grands ($Re > 10^5$) et donc le régime d'écoulement pleinement turbulent.

La méthode de résolution de type pseudo - compressible utilisée dans le code, est particulièrement robuste et permet de simuler les écoulements turbulents eau - air, donc à fort écart de densité, sans instabilités numériques particulières.

Question de A. Clément à S. Abadie et R. Marcer.

S. Abadie a pu observer des accélérations beaucoup plus élevées que celles attendues lors du déferlement. Dans les codes VOF où le maillage d'espace est fixe, cela va entraîner une diminution du pas de temps. Dans vos codes, l'adaptation du pas de temps à la cinématique de la solution est-elle possible, comme elle l'est par exemple dans les méthodes BEM instationnaires ?

• **Réponse de S. Abadie :**

L'adaptation du pas de temps à la cinématique de l'écoulement est indispensable compte tenu du critère de stabilité de la méthode VOF et de l'emploi d'une méthode projection explicite. Cette adaptation engendre une augmentation importante du temps de calcul dans la phase de déferlement.

• **Réponse de R. Marcer :**

Le code fonctionne déjà en pas de temps adaptatif. Celui-ci est calculé en fonction de la vitesse maximale de la surface libre dans le maillage et d'un critère de stabilité de type CFL qui est utilisé dans le schéma VOF.

Question de M. Sanchez à R. Marcer.

Quelle est la démarche suivie pour calculer la force d'impact liée au déferlement sur les structures rectangulaires dans vos modélisations ?

• **Réponse :**

La force d'impact est pour le moment déduite de l'intégration du champ de pression de l'écoulement liquide sur la structure au moment de l'impact. On envisage de tenir compte également de l'effet dynamique de l'écoulement gazeux (air) juste avant l'impact, pour le calcul de cette force, notamment l'effet de la compressibilité de l'air sur l'atténuation de l'effort de pression.

Commentaires et questions de H. Oumeraci à A.L. Cadène.

L'objet de votre étude est de comprendre « les influences » des ondes infragravitaires sur les barres de sable de même échelle. De quelles « influences » s'agit-il ?

Le « leaky wave » se compose de la partie émise vers le large et de celle réfléchie à la côte. S'agit-il d'une onde libre ? Comment se propage-t-elle ? Il est important de connaître cet aspect car ces ondes ont des périodes du même ordre que les périodes de navires amarrés dans les ports qui peuvent être soumis à ces ondes.

• *Sans réponse de l'auteur.*

Question de M. Sanchez à A. Temperville.

Pouvez-vous préciser la démarche du raccordement du profil de vitesses près de la paroi dans le cas d'une frontière rugueuse ?

• *Réponse :*

Comme pour la solution logarithmique, nous écrivons que pour $z = z_0$, la vitesse est nulle. Pour cela nous effectuons un développement limité de la solution pour $z = z_0$ petit. Ce calcul est valable pour les régimes turbulents rugueux ou lisse.

Question de J.M. Rousset à M. Sanchez.

Quelle est l'influence des erreurs de mesures expérimentales sur la validité des résultats ?

• *Réponse :*

Une étude de l'influence d'une erreur systématique des sondes (qui peut être expliquée par un mauvais étalonnage des instruments) sur le coefficient de réflexion calculé, montre que si la précision des mesures est de 99%, la méthode présentée permet d'évaluer les coefficients de réflexion de toutes les composantes dont la longueur d'onde est comprise entre $2 \Delta x$ et $25 \Delta x$, et ceci avec une erreur absolue inférieure à 0,04 dans tous les cas. Il faut noter que les erreurs maximales sont observées quand la paroi est parfaitement absorbante, mais celles-ci diminuent d'une façon importante quand les parois sont partiellement ou complètement réfléchissantes. Enfin, les erreurs de cette méthode sont comparables à celles accompagnant la méthode de Mansard et Funke qui utilise également 3 sondes et sont environ deux fois plus faibles que celles propres à la méthode de Goda et Suzuki employant 2 sondes.

Question de A. Temperville et de M. Benoît à M. Sanchez.

Est-ce que votre analyse est comparable à celle employée dans la sonde commercialisée à Delft ?

• *Réponse :*

Je ne connais pas le produit commercialisé à Delft. Mais, je peux vous décrire la principale différence entre la méthode présentée lors de ces journées et les méthodes classiques. Dans les méthodes classiques on analyse des signaux réels représentant les niveaux mesurés avec les sondes. Les amplitudes et les phases des composantes des dénivellations liée à la houle au

niveau de chaque sonde sont obtenues grâce à la décomposition des signaux par l'analyse de Fourier. Ainsi, pour chaque composante (fréquence) les amplitudes et les phases au niveau des sondes permettent de calculer les 3 paramètres définissant la réflexion : l'amplitude de l'onde incidente, l'amplitude de l'onde réfléchie et le déphasage à la paroi entre ces deux ondes. Dans la méthode de Goda et Suzuki (2 sondes) un développement trigonométrique fournit 3 formules explicites pour le calcul des paramètres définissant la réflexion. Dans la méthode de Mansard et Funke (3 sondes ou plus), les paramètres définissant la réflexion sont évalués par la méthode des moindres carrés car le nombre d'inconnues est inférieur au nombre de données. Par ailleurs, dans la méthode présentée, les amplitudes et les phases des coefficients de Fourier du signal complexe $F(t)$ donnent directement les amplitudes et les phases des composantes des houles incidente et réfléchie au point central des mesures. Selon la convention de signes retenue, les composantes positives sont liées à l'onde incidente et les composantes négatives à l'onde réfléchie.

Question de A. Clément à M. Sanchez.

La méthode de Mansard et Funke que vous citez est une méthode spectrale qui a l'avantage de pouvoir discriminer des spectres incidents et réfléchis à large bande (houle aléatoire). Qu'en est-il de votre méthode ?

• **Réponse :**

La méthode présentée est également spectrale et de même largeur de bande passante que celle de Mansard et Funke si l'on retient un même arrangement de 3 sondes dans les deux cas. En fait, si pour chaque fréquence la pulsation ω est en relation univoque avec un nombre d'onde k , on peut discriminer sans problème des spectres incidents et réfléchis à large bande de fréquences. En revanche, en présence des composantes linéaires et non-linéaires à une même fréquence, cette discrimination est impossible quelle que soit la méthode actuelle utilisée. Ceci explique pourquoi les meilleurs résultats sont toujours obtenus pour un spectre étroit de composantes de premier ordre (voir chapitre 3 de l'article présenté).

Questions de M. Benoît à M. Sanchez.

L'efficacité de cette méthode originale reposant sur la mesure de la pente de surface libre en un point, que peut-on dire du rapport entre l'espacement des capteurs 1 et 3 et de la longueur d'onde des vagues ? Dans quel intervalle ce rapport peut-il varier sans dégrader significativement les résultats sur la méthode ? Cet aspect est particulièrement important pour le cas d'un spectre large où l'énergie est répartie sur un intervalle de fréquences (et donc de longueur d'onde). Est-il possible, en résumé, de donner un critère d'application de la méthode en fonction de $(x_3 - x_1)/L$?

• **Réponses :**

Théoriquement la méthode présentée donne des résultats corrects pour $\Delta x^\circ = (x_3 - x_1)/L_n < 1,00$. Cependant, compte tenu de l'importance croissante du facteur de correction r_n pour les grandes valeurs de Δx° , je préconise d'utiliser la méthode dans l'intervalle $\Delta x^\circ < 0,50$. Par ailleurs les erreurs de la méthode sont en relation avec la précision des mesures. Ainsi, à titre d'exemple on peut noter que :

- si les sondes sont précises à 99%, on peut utiliser la méthode dans l'intervalle $\Delta x^\circ > 0,04$ avec une erreur maximale de 0,04 sur l'estimation du coefficient de réflexion,

- si les sondes sont précises à 97,5%, on peut utiliser la méthode dans l'intervalle $\Delta x^\circ > 0,10$ avec la même erreur maximale de 0,04 sur l'estimation du coefficient de réflexion. On constate donc, que l'imprécision des mesures est la principale source potentielle d'incertitude de la méthode.

Question de A. Temperville à K. Guizien.

Est-ce que les modèles diphasiques peuvent améliorer les résultats de votre modélisation ?

• **Réponse :**

Les modèles diphasiques sont très gourmands en temps de calcul et le but de cette modélisation est en fait d'éviter l'introduction d'un modèle diphasique spécifique pour la couche de « sheet flow » et donc de s'affranchir également du problème du couplage avec le modèle de suspension. Ceci dit, il serait effectivement intéressant de comparer cette modélisation aux résultats d'un modèle diphasique.

Commentaire de M. Bélorgey à K. Guizien.

Vous avez évoqué l'incertitude sur la détermination de la vitesse de chute des particules, et sa modélisation. Mais vous traitez d'écoulements turbulents et dans ce cas on ne peut dissocier la dimension des particules des échelles de turbulence. C'est ce rapport qui influe (en partie) sur la vitesse de chute.

• **Réponse :**

Effectivement si l'on parle de la vitesse de chute résultante ou effective. Mais dans la modélisation proposée ici, la vitesse de chute est une caractéristique de la particule et l'effet de la turbulence sur la chute de la particule est pris en compte à travers la diffusivité turbulente.

Question de J.M. Rousset à K. Guizien.

Quels moyens expérimentaux ont-ils été employés pour la mesure de la concentration ?

• **Réponse :**

Trois types d'appareils ont été utilisés. Pour la mesure de la concentration moyenne un système de succion transversal et pour la mesure de la concentration instantanée, un système optique a été utilisé dans la zone de suspension et un système de mesure de conductivité a été mis en point pour étudier la zone de « sheet flow ».

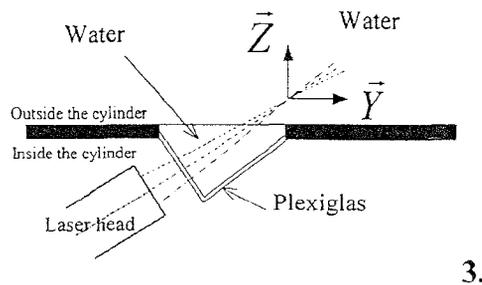
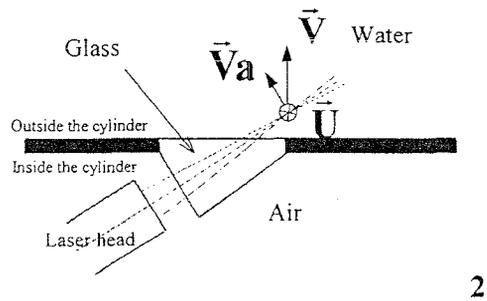
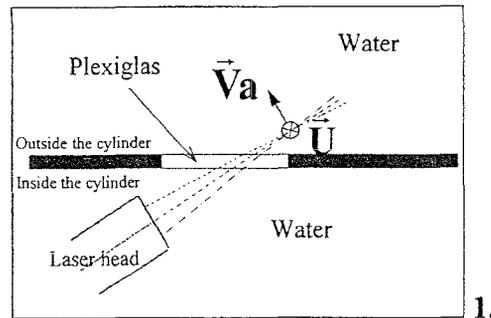
Questions de A. Temperville à D. Mouaze.

Comment prenez-vous en compte l'obliquité des rayons laser par rapport à la paroi (différence des chemins optiques des 2 rayons) ?

Dans le modèle d'oscillateur amorti, comment assurez-vous un débit moyen nul dans le canal ?

• Réponse à la première question :

En ce qui concerne la fenêtre optique, plusieurs solutions ont été envisagées: la première consiste en l'application d'une fine (1mm) plaque de plexiglas sur la surface du cylindre (solution retenue). Les autres solutions mettent en jeu un prisme en verre ou en plexiglass rempli d'eau:



Les avantages de la solution retenue est de limiter le nombre de milieux d'indices de réfraction (eau + plexiglass) afin de minimiser le dessin d'interférence au croisement des faisceaux, et de plus la lumière parasite réfléchi par la surface du cylindre est absente. Cependant la courbure (même minime) de la fenêtre transparente, la différence d'indice de réfraction entre les deux milieux eau ($N=1.33$) et le plexiglass ($N=1.492$ à 488nm et $N=1.491$ à 514.5nm) pour chaque composantes (aberration chromatique) et les angles incidents différents pour la composante radiale en particulier entraînent une déformation du dessin d'interférence (donc un biais sur les valeurs absolues des vitesses) et un déplacement du point de croisement de l'ensemble des faisceaux. Cette dernière remarque entraîne une chute du taux de données d'acquisition en mode coïncidence. Enfin la vitesse V_a est corrigée suivant l'inclinaison de l'optique Laser pour donner V (en admettant l'absence de phénomènes 3D). Le taux de données était trop faible (40Hz) pour espérer un traitement de la turbulence cependant la technique du système interne a montré sa grande efficacité à préserver la résolution spatiale (0.15mm) des différentes sources d'erreur (vibration de la structure ou du support Laser,...) ce

qui est un facteur primordial pour la mesure de la couche limite près d'une structure et un cylindre soumis à l'action de la houle en particulier.

- **Réponse à la deuxième question :**

Malheureusement le texte de l'article n'était pas assez clair sur ce point: en effet ce modèle ne s'applique que dans la zone de la couche limite qui représente quelques millimètres alors que le niveau d'eau moyen dans le canal à houle est de un mètre. Ce modèle ne prend pas en compte l'ensemble du profil des vitesses et les variations de débit pour des élévations plus élevées par rapport au fond.

Questions de A. Clément à D. Mouaze.

Vous présentez les résultats de l'interaction houle réelle/ cylindre en supposant le phénomène établi périodique. Pensez-vous qu'il le soit nécessairement? Dans cette hypothèse, pouvez-vous préciser comment vous obtenez les résultats présentés: moyenne sur une longue période d'essais, ou moyenne sur quelques périodes sélectionnées a posteriori dans les enregistrements?

- **Réponse :**

Je ne pense pas que le système soit établi périodique pour toutes les conditions d'essais. A faibles nombres de Keulegan Carpenter (les deux premiers cas d'étude), l'écoulement autour du cylindre est relativement simple et stationnaire, les phénomènes tridimensionnels sont minimes et la réflexion de la houle par une pente au fond du canal est négligeable. Cependant, pour les autres conditions d'études, la question est difficile à répondre car il est ardu de distinguer les phénomènes instationnaires qui proviennent de l'écoulement généré par le cylindre lui même des instabilités produites par les conditions expérimentales (génération de houle de grande période, création d'ondes longues, réflexion de la houle,...). Une solution à ce problème expérimental est d'effectuer les mesures sur les premières périodes générées avant que des problèmes parasites n'apparaissent. Ceci n'était pas réalisable vu le nombre trop important de points de mesure différents (technique LDV). Le compromis adopté fut d'attendre un état jugé stable du système (mesures de la surface libre et de la réflexion) avant de commencer les premières mesures. Comme il est précisé dans l'article, les résultats présentés sont obtenus par une moyenne par phase sur une relativement longue période d'essais. Est-t' elle suffisante?...

La technique PIV donne une vision globale de l'écoulement et des instabilités dont leur évolution peut ainsi être étudiée sur une longue période; cependant cette méthode ne donne pas encore la résolution spatiale nécessaire pour atteindre une mesure de la couche limite, sujet de notre étude.

Enfin, des visualisation effectuées dans un canal à houle de plus faible dimensions (22m) ont pu mettre en évidence le caractère instationnaire de l'écoulement pour les périodes de la houle les plus élevées. Une mesure des vitesses perpendiculairement au sens de propagation de la houle montrent des phénomènes 3D importants pour ces conditions, de plus une analyse spectrale de l'écoulement sur une très longue période devrait nous permettre de connaître le temps nécessaire au système canal + cylindre d'atteindre un état stable (ou "relativement stable) et d'étudier l'évolution au cours du temps (en cours...).