

1ères JOURNEES DE L'HYDRODYNAMIQUE

16 au 18 Février 1987 - Nantes

ETUDE D'UN GENERATEUR DE HOULE CONSTITUE D'UN FLOTTEUR CYLINDRIQUE OSCILLANT HORIZONTALEMENT AU VOISINAGE D'UNE PAROI VERTICALE

ERIC LANDEL

Société : PRINCIPIA

Résumé

La génération simultanée de houles et de courants dans un bassin expérimental de grandes dimensions n'est pas sans poser de réelles difficultés techniques qui ne peuvent être résolues aisément par des systèmes classiques du type volet, piston ou coin plongeant. Nos recherches se sont donc orientées vers des solutions fondées sur l'utilisation d'un batteur de houle constitué d'un flotteur animé d'un mouvement de tangage ou de cavalement. Ce dernier mouvement permet d'exciter favorablement la colonne d'eau comprise entre le mur arrière et le flanc du générateur qui lui fait face, dans un mode de résonance du type piston.

Summary

The ability to generate waves and current simultaneously in a large experimental tank presents real technical problems that cannot readily be solved by conventional systems using flaps, pistons, or immersed wedges. We have therefore been led in our investigations to seek solutions based on the use of a wave-generator made up of a float that moves with a pitching or an horizontal translating motion. This latter motion enables the column of water situated between the rear wall and the side of the generator that faces it to enter into a piston-type resonance that can easily be put to practical use.

1 INTRODUCTION

De nombreuses réunions de spécialistes ont été organisées ces dernières années sur le thème "moyens d'essais en hydrodynamique navale".

Nous nous référerons ici à celle qui s'est déroulée à Paris les 20 et 21 juin 1983*, dans le cadre de la mission HAREN, avec la participation d'éminents experts américains (MM : B. LE MEHAUTE, C.C. MEI, N. NEWMAN, M. TULIN, J. WEHAUSEN). En ce qui concerne le bassin de houle, trois recommandations ont fait l'unanimité des participants français et étrangers :

- 1) Celui-ci doit être conçu pour générer simultanément des houles et des courants.
- 2) Celui-ci doit être du type profond.
- 3) Les équipements et l'instrumentation doivent être fiables et de qualité supérieure, mais en évitant les complications excessives.

La première de ces recommandations a été particulièrement soutenue par le Professeur John WEHAUSEN qui a écrit à propos des interactions houle-courant : "ce sujet n'a visiblement pas beaucoup intéressé les bassins dans le passé. Il serait néanmoins intéressant de savoir combien de navires et de plates-formes flottantes sont aujourd'hui placés dans des conditions pour lesquelles ils sont soumis à la fois à la houle et aux courants. Ce sujet n'est certainement pas trivial : si au moins un des bassins pouvait être conçu de manière à modéliser une telle situation, cela pourrait s'avérer très utile".

Les difficultés techniques liées à la réalisation concrète d'une installation, de grandes dimensions ont été évidemment évoquées; malheureusement, aucune solution vraiment satisfaisante n'a pu être dégagée à l'issue des diverses réunions d'experts. C'est la raison pour laquelle IFREMER et PRINCIPIA ont décidé de collaborer à la mise au point d'une solution fondée sur l'utilisation d'un batteur de houle constitué d'un flotteur entraîné dans un mouvement de tangage. Cette collaboration s'est concrétisée par la réalisation d'un modèle réduit testé dans le canal à mouvement d'eau de l'ENSM, suivie de la réalisation du générateur de houle qui équipe actuellement le canal de conrantométrie d'IFREMER, Centre de Brest.

"moyens d'essais en hydrodynamique navale - besoins et recommandations" /26R édité conjointement par IFREMER et IRCN.

Les observations effectuées in situ, à Nantes puis à Brest, ont mis en évidence un certain nombre de défauts qui, du moins pour les plus fondamentaux ont pu être corrigés ultérieurement par différents artifices.

L'analyse de l'origine des défauts du dispositif initial nous a amenés à proposer une variante consistant simplement à remplacer le mouvement de tangage par celui de cavalement.

L'étude de ce dernier type de batteur de houle constitue l'essentiel de ce présent article.

2 NOTATIONS ET HYPOTHESES

On se propose d'étudier les caractéristiques hydrodynamiques de différents générateurs de houle (figure 1). Pour cela, nous exploiterons un modèle de calcul fondé sur les hypothèses suivantes :

- l'écoulement est bidimensionnel;
- le fluide est isovolume;
- l'écoulement est irrotationnel;
- la condition de surface libre est linéarisée; en outre, elle est affichée sur le plan d'eau moyen;
- la condition de glissement sur le générateur est affichée sur sa position moyenne.

Il en résulte d'une part, que le champ de vitesses $\vec{V}(M,t)$ dérive d'une fonction de potentiel harmonique $\Phi(M,t)$ et, d'autre part, que celle-ci peut être explicitée comme suit :

$$(1) \quad \Phi(M,t) = \text{Re} [\bar{\Phi}(M)e^{-i\omega t}]$$

où $\omega = \frac{2\pi}{T}$: pulsation du mouvement du générateur

T : période des oscillations.

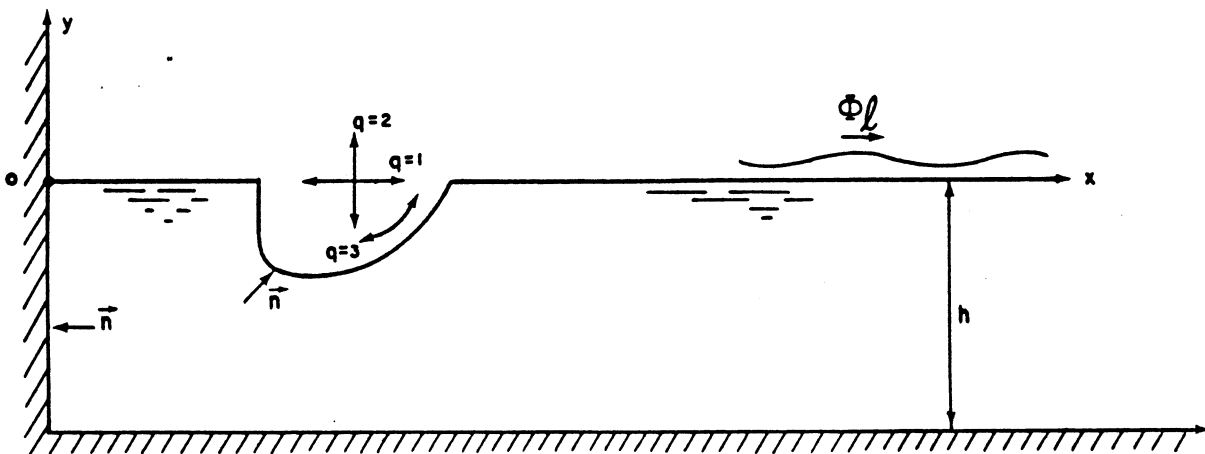


Figure 1

Les mouvements du générateur se traduisent par un écoulement dans le bassin d'essais caractérisé par le potentiel complexe :

$$(2) \quad \phi_e(M) = -\frac{ae g}{\omega} \frac{\text{ch } m_0(y+h)}{\text{ch } m_0 h} e^{im_0 x}$$

où ae est une constante complexe, inconnue a priori dont le module a_e est égal à l'amplitude de la houle générée dans le bassin d'essais et m_0 est le nombre d'onde correspondant à la période T et à la profondeur h du bassin d'essais.

Du point de vue mathématique, le problème consiste à déterminer la fonction de potentiel harmonique $\phi(M)$, qui satisfait les conditions aux limites suivantes :

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} -k_0 \phi + \frac{\partial \phi}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0 \\ \frac{\partial \phi}{\partial y} \Big|_{y=-h} = 0 \\ \lim_{x \rightarrow \infty} \phi = \phi_e \\ \frac{\partial \phi}{\partial n} = \vec{v}_E \cdot \vec{n} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Condition de surface libre linéarisée} \\ \text{Condition de glissement sur le fond} \\ \text{du bassin} \\ \text{Condition de radiation dans le bassin} \\ \text{Condition de glissement sur le} \\ \text{générateur et } \vec{v}_E : \text{ vitesse complexe} \\ \text{d'entraînement du générateur.} \end{array}$$

Il existe actuellement de nombreux codes de calculs permettant de déterminer la solution du système d'équation (3); celui que nous avons exploité est fondé sur l'utilisation d'une distribution superficielle de singularités de RANKINE, du type mixte de GREEN, composée de sources et de doublets normaux ayant respectivement pour densité :

$$(4) \quad \sigma = -\frac{\partial \phi}{\partial n} \Big|_{\partial \Omega} \quad \text{et} \quad \mu = \phi \Big|_{\partial \Omega}$$

$\partial \Omega$ désignant l'ensemble des frontières du domaine fluide .

Une fois déterminée la fonction du potentiel $\phi(M)$, on obtient immédiatement :

$$\begin{array}{ll} a_e = a_i & \text{L'amplitude de la houle transmise dans le bassin} \\ & \text{d'essai.} \\ f(\tau) = \frac{ae}{a_q} & \text{fonction de transfert du générateur où } a_e \text{ est} \\ & \text{l'amplitude de la houle produite par un} \\ & \text{mouvement élémentaire (q = 1,2,3) d'amplitude } a_q \\ & \text{du générateur.} \\ \eta(x) = \frac{i\omega}{g} \phi & \text{L'amplitude complexe de la déformée de la surface} \\ & \text{libre.} \\ \vec{v} = g \nabla d(\phi) & \text{L'amplitude complexe de la vitesse des particules} \\ & \text{fluides.} \end{array}$$

Ce programme SYRINX a été développé à PRINCIPIA et est intégré à la programmathèque hydrodynamique DIODORE.

3 ANALYSE DES SOLUTIONS ENVISAGEABLES

3.1 Solutions classiques du type piston ou volets articulés

Toutes ces solutions ont en commun le fait que la face active du générateur est très peu inclinée sur la verticale. Il est alors possible de déterminer les caractéristiques essentielles du champ de vagues correspondant, par une première approche purement analytique.

A titre d'exemple, nous avons représenté sur la planche (1) les variations de la fonction de transfert :

$$(5) \quad f(T) = \frac{\text{amplitude de la houle produite, en mètre}}{\text{amplitude de l'élongation angulaire, en radian}}$$

d'un volet à double effet, de hauteur totale 3,5 m, dont les deux éléments sont rendus solidaires pour générer des houles longues.

On constate que pour réaliser des creux de 0,6 mètre pour $T = 3$ secondes, il faudrait imposer au volet un débattement angulaire de $+ 6^\circ$; ce qui constitue une limite que l'on ne peut raisonnablement pas dépasser.

Par ailleurs, il n'est pas question d'animer à haute fréquence un volet unique de très grandes dimensions; les houles courtes sont alors nécessairement engendrées par un volet secondaire, de petites dimensions, articulé sur le sommet du volet principal.

Nous n'avons pas poussé plus loin l'étude d'un tel dispositif, assez peu enthousiasmant du point de vue hydrodynamique, et dont le coût de réalisation devrait être extrêmement élevé :

- importance des masses à mettre en mouvement;
- difficultés de devoir piloter simultanément deux verins;
- complexités techniques résultant des dispositifs d'étanchéité entre les volets et les murs latéraux;
- nécessité de réaliser une entrée d'eau "par en dessous".

3.2 Générateur du type "coin plongeant"

Celui-ci est constitué d'un cylindre horizontal dont la section droite est un triangle rectangle, pointe en bas, dont le grand côté glisse le long d'un mur vertical :

Dans certaines installations, de petites dimensions, la directrice de la face active (Σ) du générateur n'est pas une droite, mais une courbe ayant pour équation :

$$(6) \quad x = d \frac{\text{sh } m_0 y}{\text{Sh } m_0 h} \quad \text{avec} \quad m_0 h m_0 h = \frac{\omega^2}{g}$$

Dans ces conditions, on annule pratiquement les vagues proches pour le nombre d'ondes m_0 .

Sur la planche (2), on a représenté les variations de la fonction de transfert $f = f(T)$ du générateur coin qui conviendrait pour réaliser des houles de 0,6 m de creux. Pour $T = 3$ secondes, le débattement vertical du coin serait de 2,5 mètres...

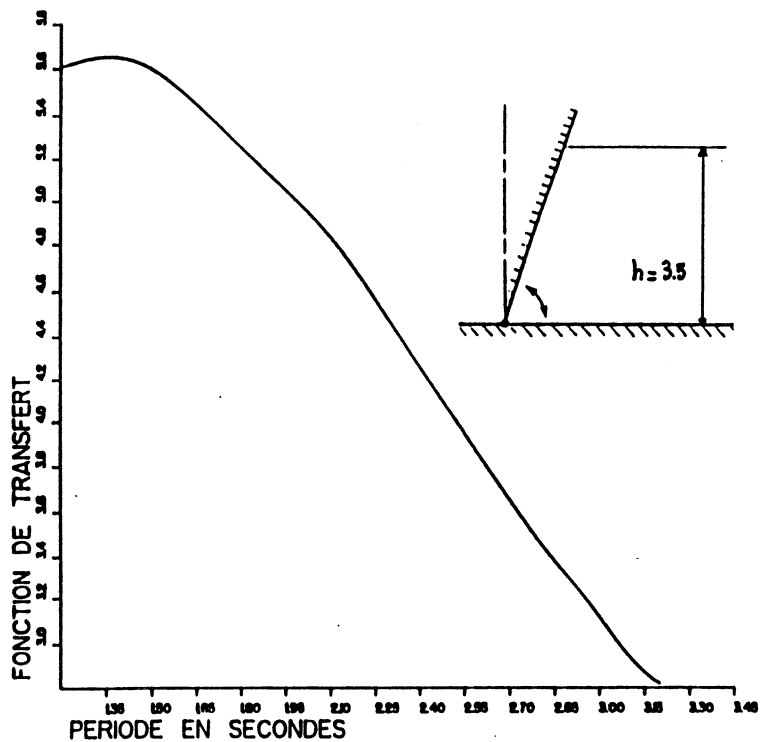


Planche 1 : Fonction de transfert du générateur volet

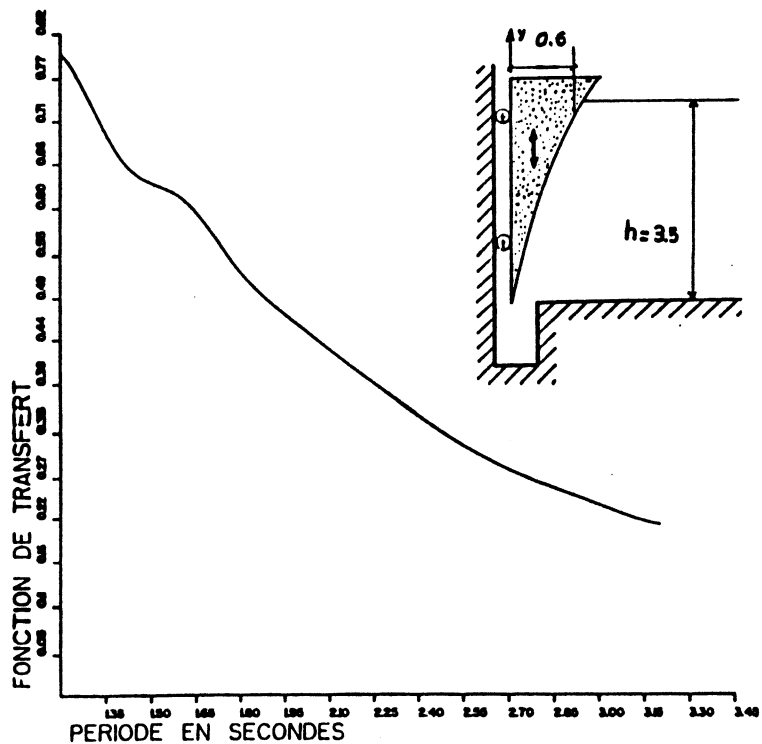


Planche 2 : Fonction de transfert du générateur coin

3.3 Générateur du type flotteur en présence d'un mur

Les raisons qui nous ont amenés à étudier ce type de solutions résultent des considérations suivantes :

Un flotteur cylindrique horizontal, actionné sinusoidalement selon l'un ou l'autre de ses 3 degrés de liberté, engendre, en eau libre, deux trains d'ondes divergentes \mathcal{F}^+ et \mathcal{F}^- . En bassin d'essais, l'onde \mathcal{F}^- est généralement absorbée par un amortisseur de houle disposé sur l'arrière du flotteur, l'onde utile \mathcal{F}^+ n'étant alors pratiquement pas perturbée (figure 2 et planche 3). Ce procédé classique présente cependant trois inconvénients majeurs :

- la longueur du bassin doit être augmentée d'environ deux fois sa profondeur pour loger l'amortisseur de houle;
- l'énergie correspondant à \mathcal{F}^- est dissipée en pure perte;
- la fonction de transfert $f = f(T)$ décroît avec la période T .

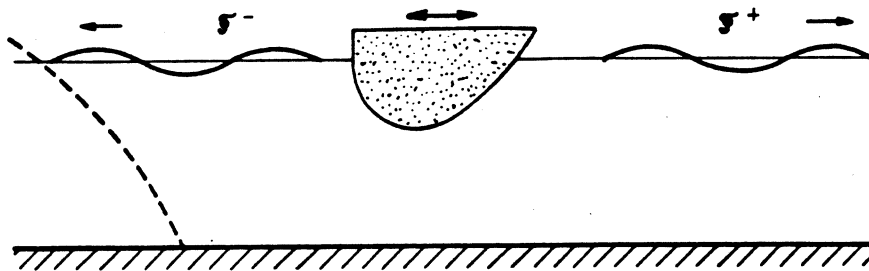


Figure 2

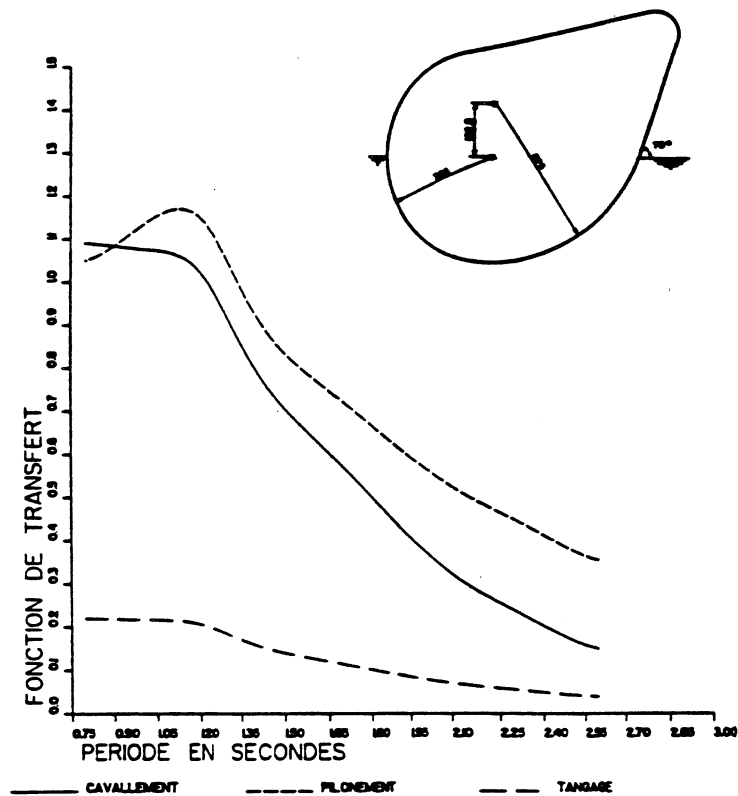


Planche 3 : fonctions de transfert d'un flotteur en eau libre

D'où l'idée de ne plus chercher à absorber l'onde Φ^- en disposant simplement le flotteur à faible distance du mur arrière du bassin; on évite ainsi de prolonger inutilement le bassin et de devoir construire un amortisseur de houle (fig 3).

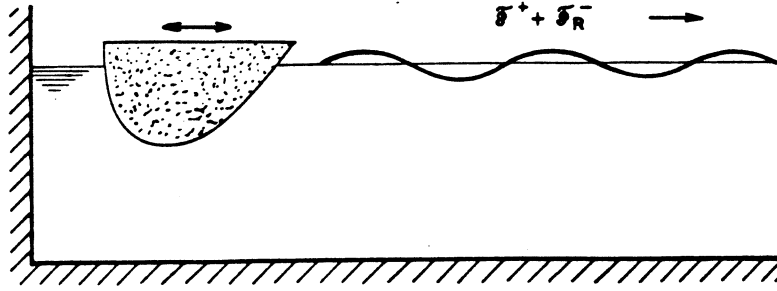


Figure 3

Par ailleurs, il ne semblerait pas exclu a priori qu'on puisse mettre à profit la réflexion Φ_R^- de l'onde Φ^- sur le mur vertical; en faisant en sorte que les ondes Φ_R^- et Φ^+ soient en phase pour une période donnée T_0 , la fonction de transfert f devrait même avoir une valeur élevée. Pour toutes les périodes différentes de T_0 , les ondes Φ_R^- et Φ^+ ne sont pas accordées; on est alors en droit d'espérer que, pour un réglage donné de la distance entre l'arrière du flotteur et le mur, la fonction $f = f(T)$ passera par un maximum pour $T = T_0$.

Pour valider cette idée, nous avons effectué de nombreuses investigations sur des configurations diverses.

3.4 Flotteur animé d'un mouvement de tangage, en présence d'un mur vertical

Cette solution s'inspire de la théorie de la récupération de l'énergie des vagues qui permet de conclure, entre autre, qu'un houlomoteur du type flotteur oscillant a des performances d'autant meilleures que les ondes de radiation qu'il émet en eau calme sont de plus grande amplitude, coté mer, et de plus petite amplitude, coté plage. On a, en effet, d'après la formule de EVANS :

$$(7) \eta = \frac{\text{énergie captée}}{\text{énergie véhiculée par la houle}} = \frac{1}{1 + \left| \frac{a_q^-}{a_q^+} \right|^2}$$

où a_q^+ , a_q^- désignent les amplitudes complexes des houles radiées de part et d'autre du flotteur entraîné dans un mouvement élémentaire d'indice q . Il en résulte qu'un flotteur du type "canard de SALTER", dont on sait que le rendement en tant que houlomoteur avoisine l'unité, devrait constituer un excellent générateur de houle; la présence du mur vertical faisant vis à vis à la partie arrondie du canard devrait même avoir que très peu d'influence sur le fonctionnement du dispositif, puisque a_3^- est très petit.

En fait les résultats des calculs effectués à partir du programme de calcul SYRINX ont été assez décevants. Aussi, afin d'améliorer les performances de ce système, nous avons entrepris une étude d'optimisation paramétrique en déplaçant le

centre de rotation du flotteur, en faisant varier la distance séparant celui-ci du mur arrière et en réduisant autant que possible l'angle α , formé par la face avant du flotteur et la surface libre (planche 4).

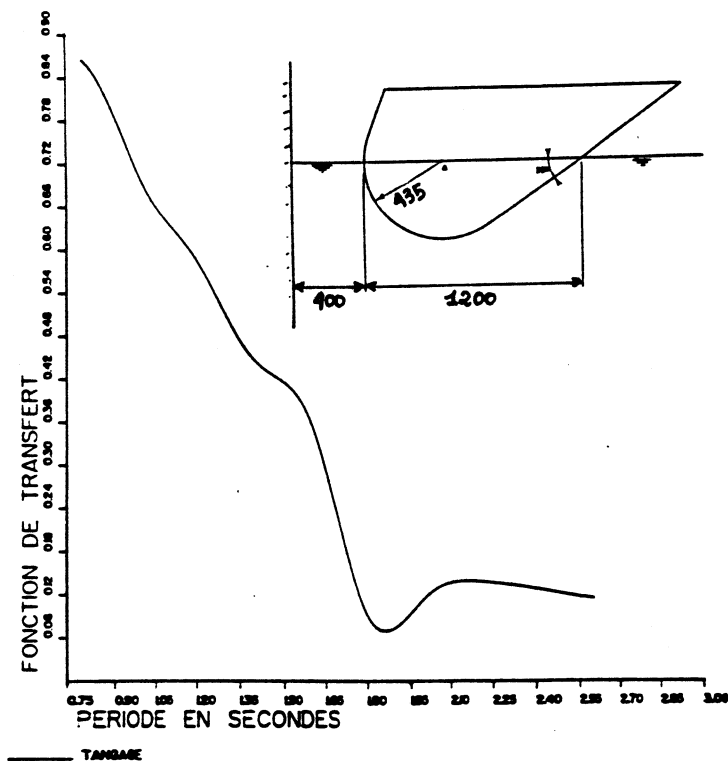


Planche 4 : Fonction de transfert d'un flotteur animé d'un mouvement de tangage

Les essais sur modèle réduit, effectués dans le canal à mouvement d'eau du Laboratoire d'Hydrodynamique Navale de l'ENSM, ont montré qu'on avait certainement pas réalisé le meilleur compromis en adoptant $\alpha = 35^\circ$; des agitations confuses, localisées dans le voisinage immédiat du bec avant, se manifestent en effet dès lors qu'on cherche à générer des houles longues de forte cambrure. On perd ainsi, par dissipation visqueuse, ce qu'on excomptait gagner en cherchant à obtenir des valeurs élevées de la fonction de transfert théorique. Mais, bien que les performances réalisées aient été sensiblement inférieures à celles escomptées, le dispositif a été jugé satisfaisant dans l'ensemble; d'autant plus d'ailleurs que la superposition d'un courant, même de très faible vitesse, a pour effet d'assainir considérablement l'écoulement au voisinage du bec avant.

Aussi a-t-on accepté le pari de lancer immédiatement la construction d'un générateur de houle de ce type pour équiper le bassin de courantométrie d'IFREMER; mettant à profit les enseignements tirés des essais réalisés à l'ENSM, on a seulement modifié la forme de carène en donnant un plus grand creux à celle-ci et en relevant le bec avant.

La nouvelle forme de carène et la fonction de transfert correspondante sont présentées sur la planche (5).

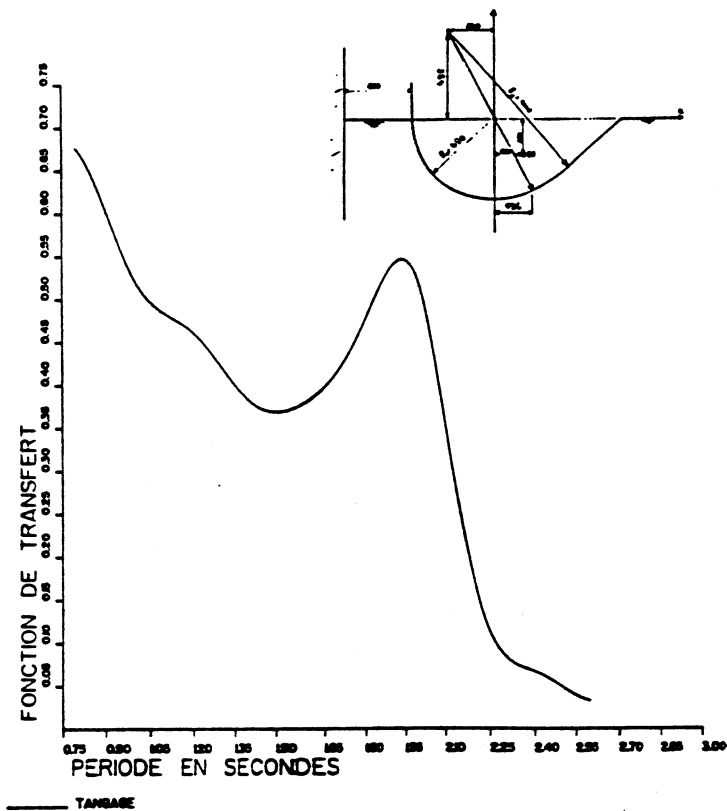


Planche 5 : fonction de transfert d'un flotteur animé d'un mouvement de tangage

Les premiers essais de réception n'ont pas été enthousiasmant; les houles obtenues avaient bien les amplitudes escomptées, mais les taux d'harmoniques devenaient inacceptables pour $T > 1.5$ s, alors que l'utilisateur souhaitait pouvoir réaliser des houles propres, de creux $H = 0,35$ m, jusqu'à $T = 2,4$ s.

Ce défaut a heureusement pu être éliminé rapidement; après diverses tentatives, l'artifice adopté a consisté à déterminer une fois pour toute la consigne périodique, mais non sinusoidale, $l = l(t, T)$, qu'il convient d'imposer au vérin hydraulique assurant la motorisation du flotteur pour que celui-ci engendre une houle dépourvue d'harmoniques. Cette loi $l(t, T)$ a été établie expérimentalement par Messieurs COUCHOURON et BUSINE (Département Moyen d'Essais à IFREMER, Centre de Brest); ils ont ainsi devancé notre intention d'aborder le problème par la théorie.

De nouvelles investigations ont alors été entreprises et après avoir considéré diverses configurations nous paraissant susceptibles de ne pas présenter les défauts énoncés ci-dessus, nous avons finalement retenu la solution qui donne lieu aux meilleures performances hydrodynamiques tout en étant également la plus simple d'un point de vue technologique.

3.5 FLOTTEUR ANIME D'UN MOUVEMENT DE CAVALEMENT EN PRESENCE D'UN MUR VERTICAL

3.5.1 Etude théorique

Pour une forme de carène imposée, la moyenne temporelle de la distance $d(t)$, séparant le flotteur du mur vertical est considérée comme un paramètre.

Aussi un flotteur donné est-il caractérisé, du point de vue de ses performances en tant que générateur de houle, par un abaque donnant les variations de la fonction de transfert $f = f(d, T)$. Les études paramétriques que nous avons alors entreprises sur ce type de générateur ont permis d'établir quelques grandes tendances; pour un volume de carène donné, les meilleures performances sont obtenues dans les conditions suivantes :

a) la face arrière du flotteur doit rester verticale sur la plus grande hauteur possible.

b) le rapport L/P = longueur à la flottaison / creux doit être le plus petit possible.

c) l'angle α , formé par le bec avant du flotteur avec l'horizontale, doit être le plus grand possible (rappelons à ce propos qu'on avait abouti à une conclusion inverse pour les flotteurs entraînés dans un mouvement de tangage).

Les recommandations (b) et (c) ne sont nullement contraignantes dans le cas où on a seulement l'intention de générer des houles en l'absence de courants. Il n'en est évidemment pas ainsi lorsque le flotteur est destiné à produire des houles dans un canal à mouvement d'eau; aussi avons-nous été conduits, une nouvelle fois, à adopter une solution de compromis : limiter le creux P et la pente α à des valeurs pour lesquelles on estime que les courants ne seront pas fondamentalement perturbés par la présence du flotteur.

Les caractéristiques géométriques et les performances du flotteur ainsi retenues, pour équiper un bassin de 3 mètres de tirant d'eau, sont données sur la planche (6).

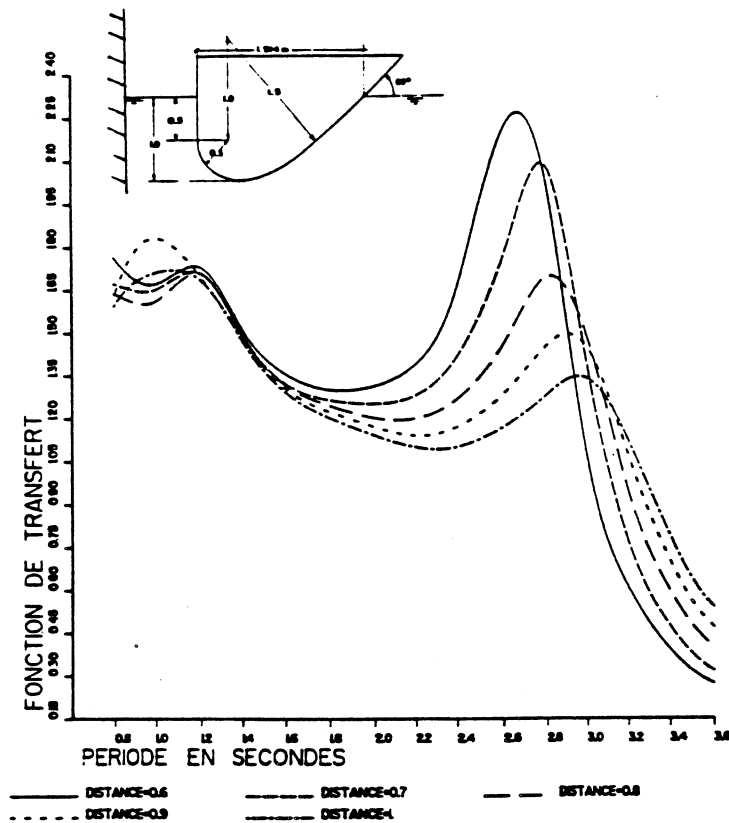


Planche 6 : Abaque des fonctions de transfert
d'un flotteur en cavalement

Une "visualisation" des écoulements engendrés par ce même flotteur, pour différentes périodes d'excitation est présentée sur la planche (7); on y constate, en particulier :

- que le premier maxima de la fonction de transfert (observé pour $T = 1$ seconde) s'accompagne d'une pseudo résonance sur l'arrière du flotteur, selon un mode de ballonnement correspondant à une longueur d'onde sensiblement égale à la moitié de la distance d ;

- que le second maxima, observé pour $T=3$ secondes, s'accompagne encore d'une pseudo-résonance du type "piston", à l'intérieur du conduit quasi vertical délimité par le mur et l'arrière du flotteur. La surface libre reste pratiquement horizontale dans ce conduit; seul son niveau varie au cours du temps.

L'origine des maxima très pointus présentés par les courbes $f = f(d,t)$ est donc liée à l'existence de ces modes de résonance plutôt qu'à une interférence favorable entre les ondes directes émises par le flotteur et les ondes indirectes réfléchies par le mur.

Planche 7.a : Ecoulements autour du flotteur animé
d'un mouvement de cavement à la période $T = 1$ s

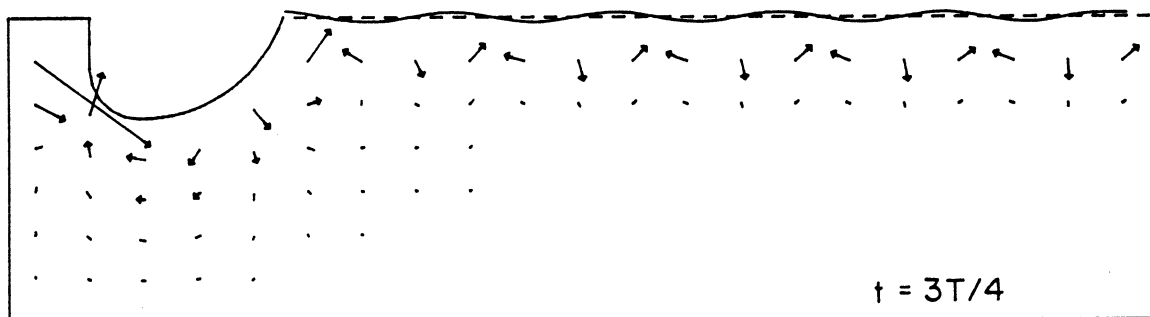
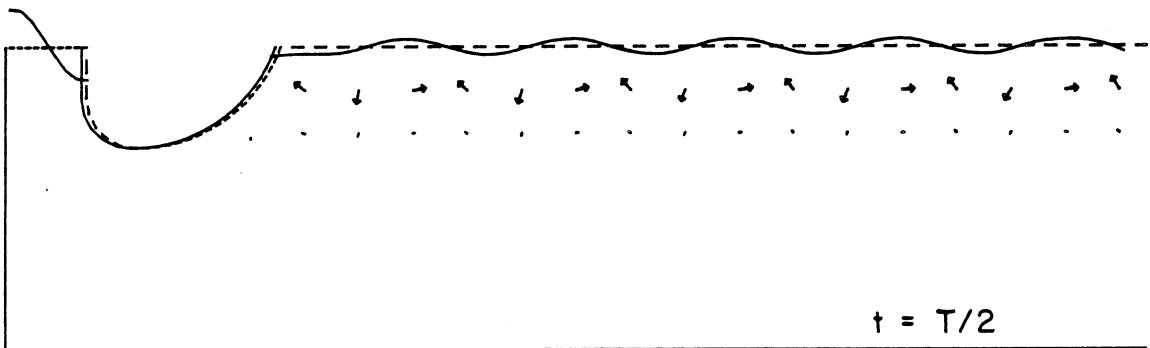
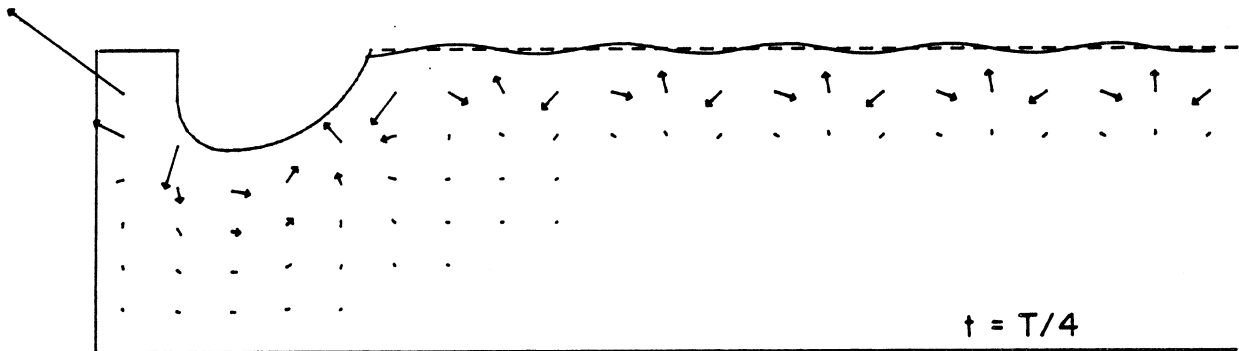
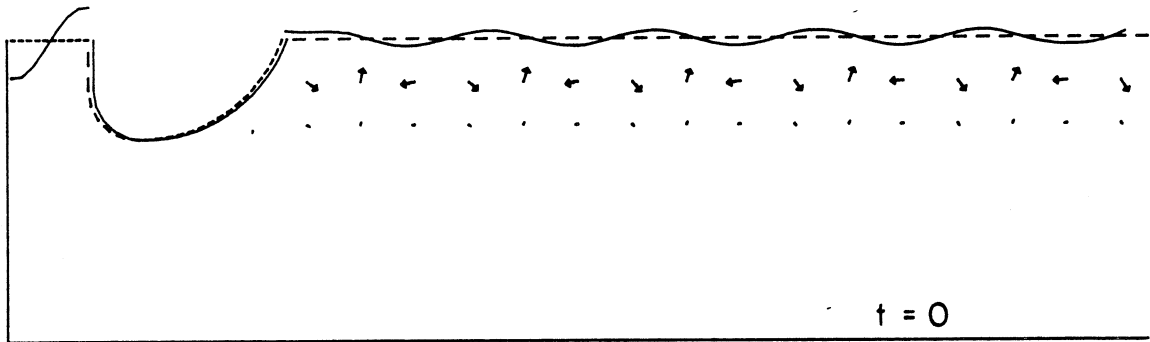
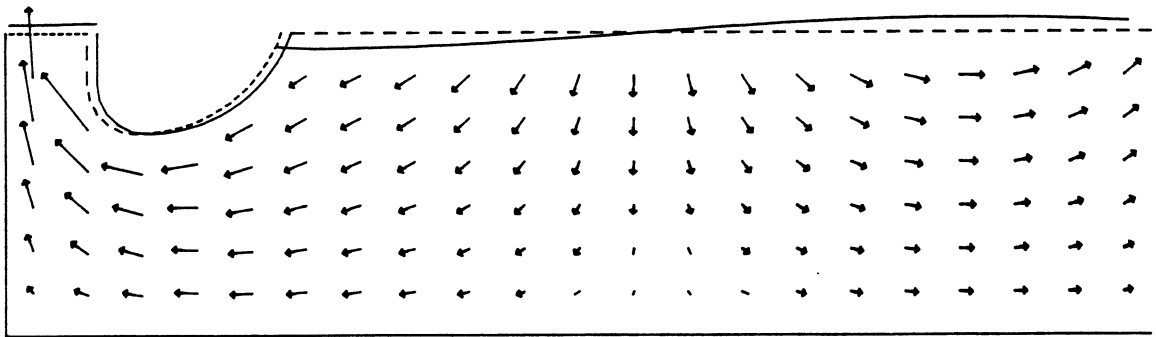
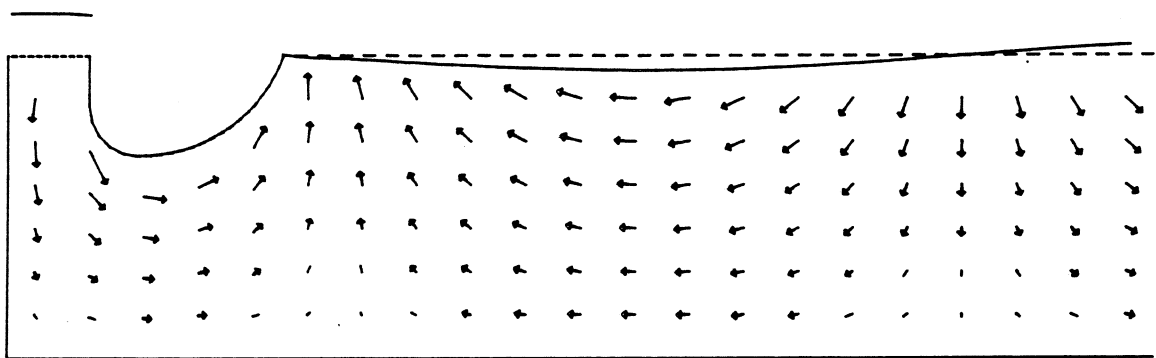


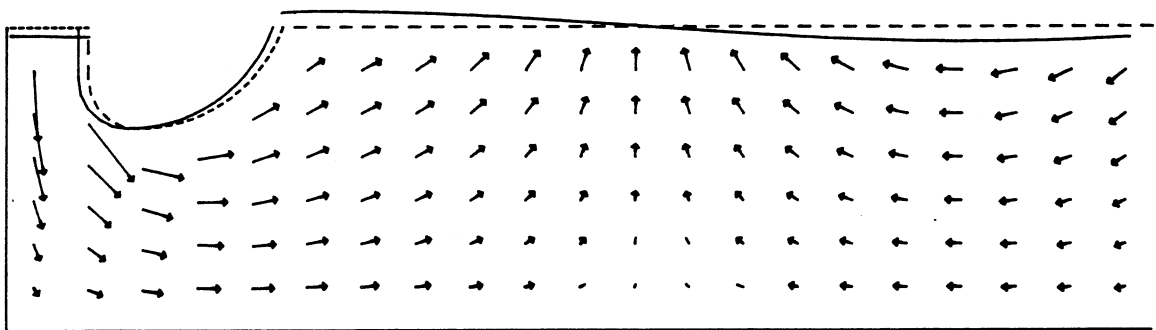
Planche 7.b : Ecoulements autour du flotteur animé
d'un mouvement de cavalement à la période $T = 3$ s



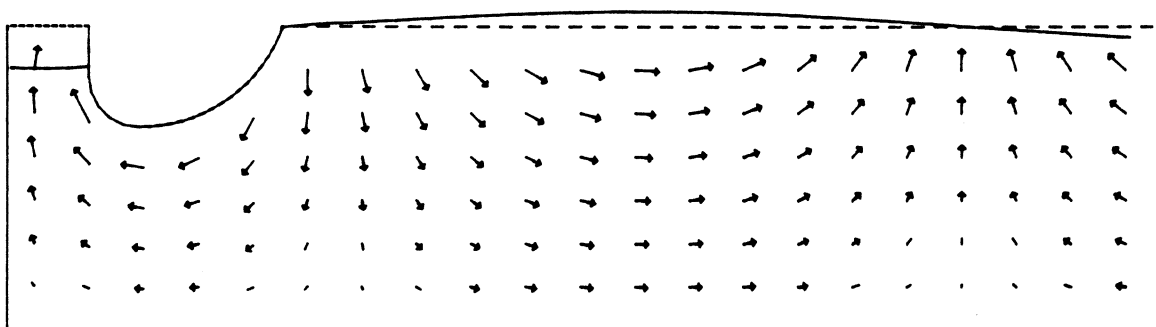
$t = 0$



$t = T/4$



$t = T/2$



$t = 3T/4$

3.5.2 Vérifications expérimentales :

Avant d'entreprendre les études détaillées du dispositif, il nous a paru indispensable de réaliser quelques essais expérimentaux afin d'être assuré que celui-ci n'est pas entaché de défauts restés insoupçonnés à l'issue d'investigations théoriques fondées sur l'approximation du fluide parfait et l'hypothèse des petits mouvements.

Ces essais ont été effectués à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, dans un canal rectiligne ayant pour dimensions :

Profondeur : 1,2 m ; largeur : 0,6 m ; longueur : 30 m.

Le modèle a été réalisé à l'échelle 1/4, conformément à la configuration ayant fait l'objet des calculs ci-dessus.

Les observations préliminaires n'ont pas fait apparaître de défauts manifestes. Au voisinage de la période de pseudo-résonance sur le mode piston, les houles produites restent toujours propres, malgré que les oscillations verticales du plan d'eau sur l'arrière du flotteur cessent manifestement d'être sinusoidales dès que les amplitudes du mouvement d'excitation deviennent importantes.

Les essais quantitatifs qui ont suivi ont confirmé la bonne impression visuelle. Les fonctions de transfert $f(d,T)$ théoriques et expérimentales ont rigoureusement les mêmes allures; on constate une légère perte de performances, de l'ordre de 15% en moyenne, par rapport à celles prévues (planche 8).

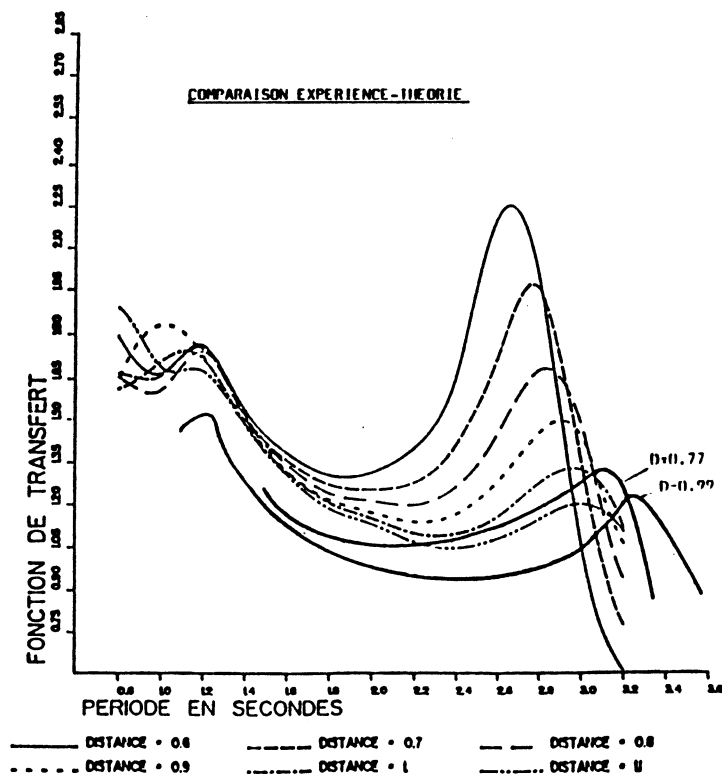


Planche 8 : Fonctions de transfert théoriques et expérimentales

3.6 Flotteur animé d'un mouvement de cavalemt en présence d'une tuyère d'amenée d'eau

La configuration étudiée est schématisée sur la figure (4); le flotteur, considéré dans les deux alinéas ci-dessus, se translate maintenant en présence d'un tronçon de mur vertical prolongé à sa partie inférieure par une tuyère destinée à distribuer un courant dans le bassin d'essais.

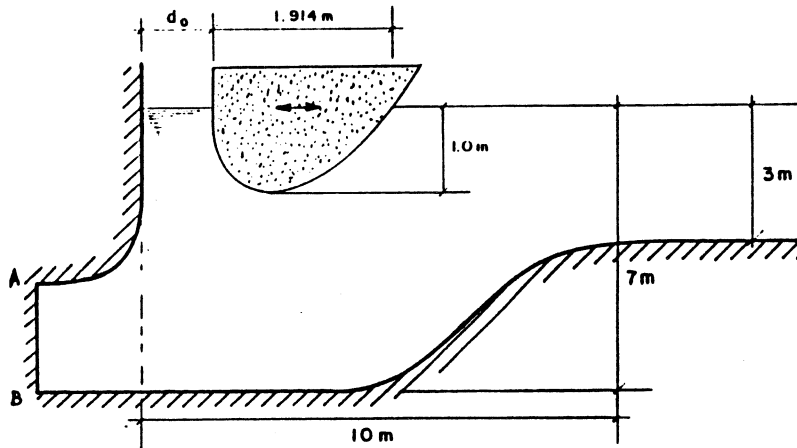


Figure 4

Etant donné la complexité de cette configuration, il ne nous a pas paru réaliste de chercher à appréhender le problème du couplage houle-courant par un calcul fondé sur l'hypothèse du fluide parfait.

Nous nous sommes seulement bornés à vérifier que les performances du générateur de houle n'étaient pas sensiblement altérées par la tuyère lorsque celle-ci ne débite pas; pour cela, on a exploité le programme de calcul SYRINX en affichant simplement $\partial\psi/\partial n = 0$ sur une frontière fictive AB disposée à l'intérieur de la tuyère.

Comme il fallait d'ailleurs s'y attendre la fonction de transfert n'est nullement affectée par la présence de la tuyère pour les faibles périodes de houle ($T < 1,6s$); pour les périodes plus longues, la tuyère et surtout le seuil convergent qui prolonge celle-ci ont un effet légèrement bénéfique.

Le générateur de houle proposé paraissant donner toute satisfaction du point de vue cinématique, il restait encore à s'assurer que la puissance instantanée nécessaire à sa motorisation n'était pas exagérée par rapport aux normes habituelles. Cette puissance instantanée étant essentiellement gouvernée par sa composante d'origine inertielle, nous avons tout d'abord calculé la masse d'eau ajoutée M_{11} du flotteur.

L'examen des courbes $M_{11} = M_{11}(d, T)$ consignées sur la planche (9) montrent: d'une part, que $M_{11}(d, T)$ s'annule bien, conformément à la théorie, pour les périodes qui rendent maximale la fonction de transfert et, d'autre part, que M_{11} est négatif ou très faiblement positif sur toute la plage des périodes intéressantes ($0.8 < T < 2.5 s$).

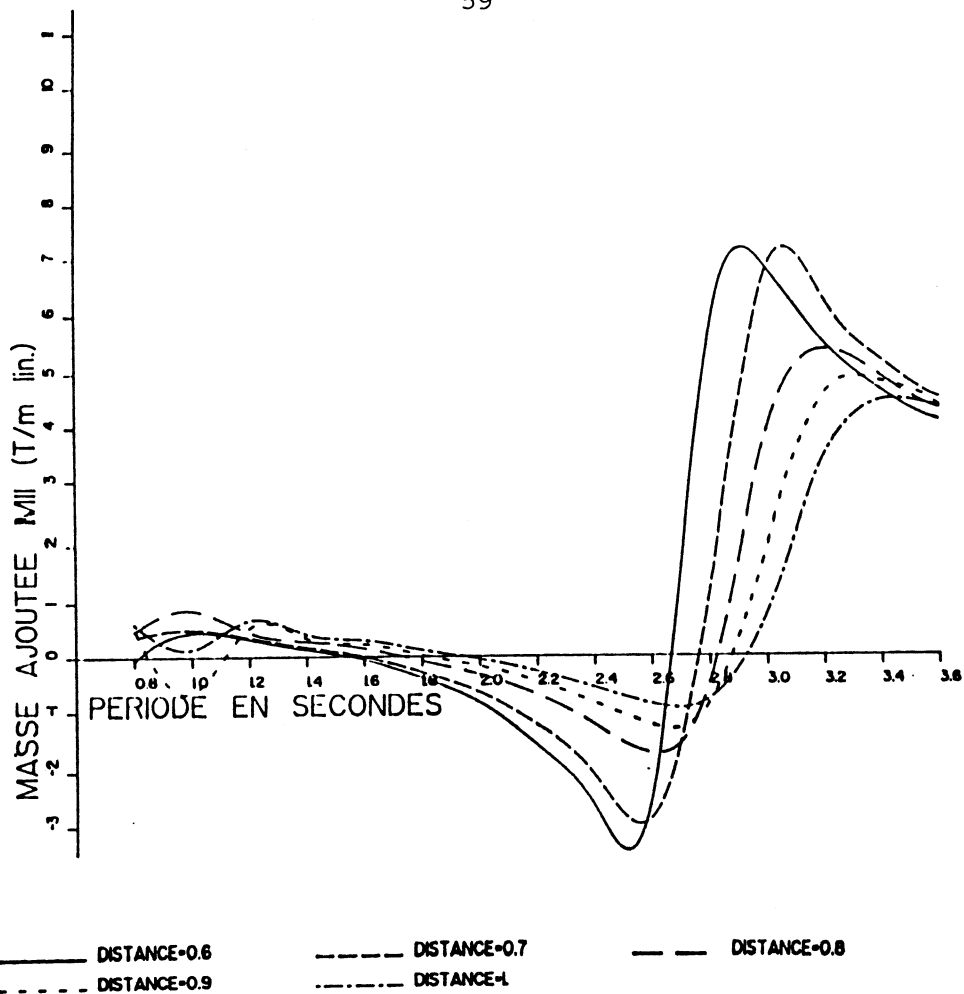


Planche 9 : Masse d'eau ajoutée (M11)

Dans ces conditions, il y avait tout lieu de s'attendre à ce que les efforts horizontaux F_h devant être développés pour assurer le mouvement du flotteur ne soient pas considérables. Pour confirmer cette assertion, nous avons dressé l'abaque $F_h = F(d, T)$ où F_h désigne l'effort horizontal correspondant à la génération d'une houle de 1 mètre d'amplitude dans un canal de 1 mètre de large, la masse structurelle du flotteur ayant été prise égale à la masse du volume d'eau déplacé par celui-ci (planche 10). On en déduit, en particulier, que pour générer une houle de période $T = 2$ s et de 0,6 m de creux, il suffit de disposer d'un vérin développant des efforts de l'ordre de 5 kN.

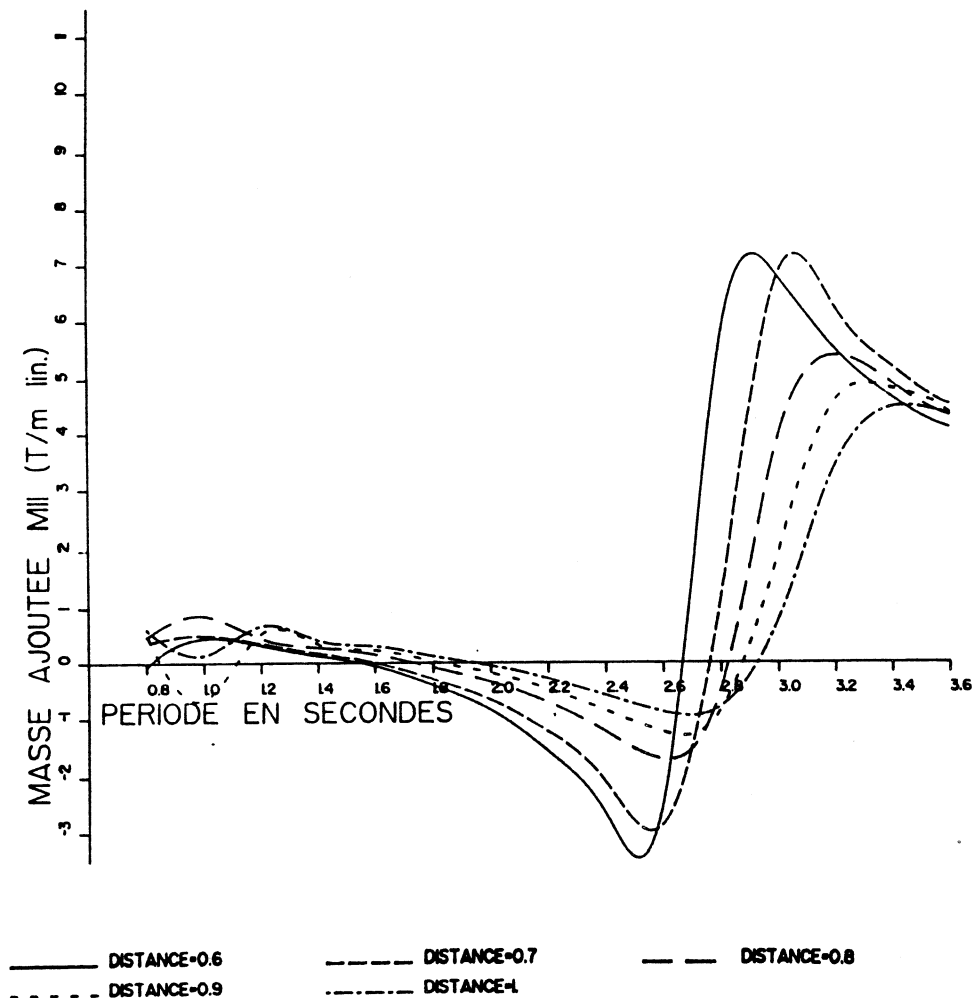


Planche 9 : Masse d'eau ajoutée (M11)

Dans ces conditions, il y avait tout lieu de s'attendre à ce que les efforts horizontaux F_h devant être développés pour assurer le mouvement du flotteur ne soient pas considérables. Pour confirmer cette assertion, nous avons dressé l'abaque $F_h = F(d, T)$ où F_h désigne l'effort horizontal correspondant à la génération d'une houle de 1 mètre d'amplitude dans un canal de 1 mètre de large, la masse structurelle du flotteur ayant été prise égale à la masse du volume d'eau déplacé par celui-ci (planche 10). On en déduit, en particulier, que pour générer une houle de période $T = 2$ s et de 0,6 m de creux, il suffit de disposer d'un vérin développant des efforts de l'ordre de 5 kN.

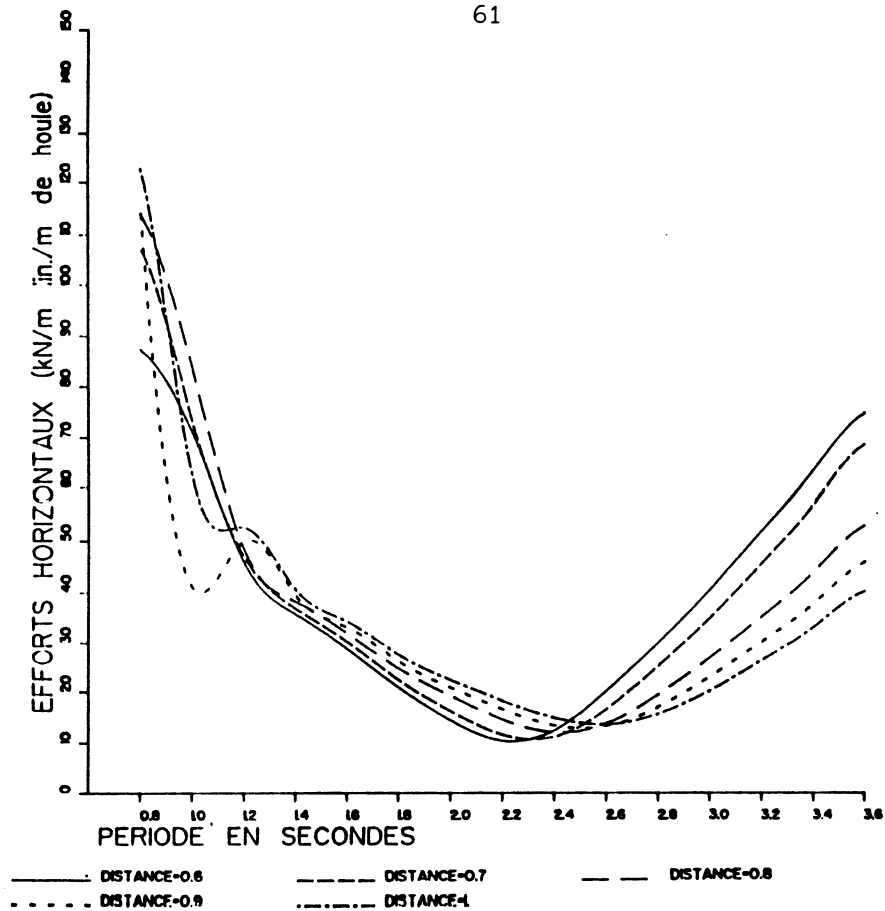


Planche 10 : Efforts horizontaux (Fh)

4 CONCLUSION

La qualification définitive de la configuration proposée sur la figure (5), en tant que dispositif destiné à permettre la génération simultanée de houles et de courants, nécessitera obligatoirement de mettre à profit la complémentarité de la théorie et de l'expérience. Il serait en effet inutile d'essayer d'affiner par le calcul la solution obtenue ci-dessus avant de s'assurer que les performances du générateur de houle ne sont pas dégradées par les courants émis par la tuyère. De tels essais sont prévus très prochainement, sur un modèle qui sera réalisé à l'échelle 1/2; la recherche du meilleur compromis entre la production d'une houle de qualité et l'obtention d'un courant régulier exigera vraisemblablement d'opérer selon un processus d'aller-retour entre les approches théoriques et expérimentales.