

Utilisation du modèle d'onde plane corrigé pour la détermination du coefficient de réflexion lors de l'interaction houle plaque horizontale

M. Amimi¹, S. Naasse¹, C. Chahine¹

1. Laboratoire Physique des Polymères et Phénomènes Critiques, Université Hassan II, Faculté des Sciences Ben M'sik, Sidi Othman, P.B 7955 Casablanca, Maroc. amimi.mer@gmail.com

Résumé :

Le but dans ce travail est de calculer le coefficient de réflexion d'une houle par une plaque immergée en utilisant le modèle d'onde plane corrigé, en choisissant convenablement l'immersion et la longueur relative de la plaque. On montre qu'avec cette correction le coefficient de réflexion présente une bonne concordance avec les résultats expérimentaux (Brossard et al, Liu C.R).

Mots clés : Houle, Plaque, Coefficient de réflexion, Modes évanescents, Onde plane.

Abstract :

The main objective of this work, is to calculate variations of the reflection coefficient of the regular wave by a submerged horizontal plate, using the corrected plane wave model, by choosing appropriately the immersion and the relative length of the plate. It is shown that with this correction the reflection coefficient has a good agreement with the experimental results (Brossard et al., Liu C.R).

Keywords : Regular wave, Plate, Reflection coefficient, Evanescent modes, Plane wave

1 Introduction

L'étude de l'interaction de la houle avec des structures immergées trouve son importance en génie côtier. Plusieurs études expérimentales, analytiques et numériques ont été consacrées à la réflexion et la transmission de la houle par une marche (caisson fixée au fond) ou une plaque.

Naasse et al (2002) [1], ont montré, en introduisant la notion de longueur efficace, que le traitement par le modèle des modes évanescents du problème de la réflexion d'une houle par une marche peut être réduit au modèle d'onde plane en remplaçant la longueur réelle de la marche par sa longueur efficace. Dans un autre travail [2], ils ont utilisé ce modèle pour déterminer les positions de la résonance de Bragg et les longueurs des bandes interdites dans le cas d'un fond périodique.

La plaque horizontale immergée comme réflecteur de houles, a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs, notamment l'étude analytique de Patarapanich (1984) [3] qui a constaté avec le modèle d'onde plane que la réflexion de la houle par une plaque horizontale immergée dépend du rap-

port entre la longueur de la plaque et la longueur de l'onde incidente. En 1986, Guevel [4] a fait ressortir que le plan d'eau sous la plaque se comporte comme un mur oscillant. Brossard et al. (2001) [5], ont mis en évidence expérimentalement la production du second harmonique libre en utilisant la technique des sondes mobiles. Liu.C.R et al en 2009 [6], ont étudié expérimentalement et numériquement les coefficients de réflexion et de transmission en tenant compte des non-linéarités du problème.

D'autres chercheurs se sont focalisés sur l'interaction de la houle avec une plaque horizontale immergée en présence d'un courant telles l'étude expérimentale faites par V. Rey et al (2003) [7], et une étude analytique menée par Errifaiy et al (2016) [8] sur les variations du coefficient de réflexion. Dans le présent travail, on étudie analytiquement la réflexion et la transmission de la houle par une plaque horizontale complètement immergée dans le cadre de la théorie potentielle linéarisé. En appliquant le modèle d'onde plane corrigée moyennant un choix convenable de l'immersion et la longueur relative de la plaque.

2 Formulation du problème

On s'intéresse dans cette étude analytique, au calcul du coefficient de réflexion R , lors de l'interaction de la houle avec une plaque immergée d'une hauteur h dans un canal à fond plat et horizontal et a $2l$ comme longueur. La hauteur d'eau dans le canal est H . La figure 1 représente un schéma descriptif du domaine d'étude.

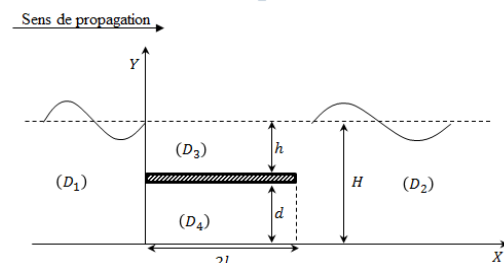


FIGURE 1 – Schéma descriptif du domaine d'étude

On considère une houle monochromatique générée en amont et qui ne subit aucune réflexion à l'aval. Le fluide est supposé parfait, incompressible, pesant et l'écoulement est plan et irrotationnel. Le domaine d'étude est subdivisé en quatre sous domaines D_1 , D_2 , D_3 et D_4 (voir figure 1).

Dans le cadre de la théorie potentiel linéarisé, le problème se ramène à la détermination du potentiel des vitesses représenté par la fonction $\phi(x, y, t) = \varphi(x, y)e^{i\omega t}$ (où ω désigne la fréquence angulaire et t le temps) dans chacun des sous domaines D_1, D_2, D_3 et D_4 . En injectant la fonction représentant le potentiel dans l'équation de Laplace et dans les équations représentant les conditions aux limites, on aboutit à l'expression de la fonction $\phi(x, y)$ dans chacun des sous domaines. Cette fonction est donnée par les expressions suivantes :

Sous domaine D_1 :

$$\varphi(x, y) = a_i (e^{-ikx} + Re^{ikx}) \cosh(ky) + a_i \sum_{n=1}^N R_n e^{k_n x} \cos(k_n y) \quad (1)$$

Sous domaine D_2 :

$$\varphi(x, y) = a_i T e^{-ik(x-2l)} \cosh(ky) + a_i \sum_{n=1}^N T_n e^{-k_n(x-2l)} \cos(k_n y) \quad (2)$$

Sous domaine D_3 :

$$\varphi(x, y) = a_i \sum_{n=0}^N \left(A_n \frac{\cosh(k'_n(x-l))}{\cosh(k'_n l)} + B_n \frac{\sinh(k'_n(x-l))}{\sinh(k'_n l)} \right) \cosh(k'_n(y-H-h)) \quad (3)$$

Sous domaine D_4 :

$$\varphi(x, y) = a_i \left(\frac{E}{2} + \frac{F}{2l}(x-l) \right) + a_i \sum_{n=2}^N \left(E_n \frac{\cosh(\mu_n(x-l))}{\cosh(\mu_n l)} + F_n \frac{\sinh(\mu_n(x-l))}{\sinh(\mu_n l)} \right) \cosh(\mu_n y) \quad (4)$$

Où k désigne le nombre d'onde de l'onde incidente et N le nombre des modes évanescents pris en compte. Les coefficients R et T désignent respectivement les coefficients de réflexion et de transmission.

Les nombres d'onde k, k_n, k', k'_n et μ_n vérifient les relations de dispersion suivantes :

$$\begin{cases} \frac{\omega^2}{g} = k \tanh(kH) & = k' \tanh(k'h) \\ \frac{\omega^2}{g} = -k_n \tan(k_n H) & = -k'_n \tan(k'_n h) \\ \mu_n = \frac{(n-1)\pi}{H-h-e} \end{cases} \quad (n > 1)$$

3 Détermination des coefficients de réflexion et de transmission

Pour déterminer les coefficients de réflexion et de transmission lors de l'interaction d'une houle régulière avec la plaque, on utilise la technique du raccordement entre les sous domaines (en $x = 0$ et $x = 2l$) qui exprime la continuité de pression et de la vitesse horizontale.

On aboutit alors à un système algébrique linéaire de $6(n +$

1) équations à $6(n + 1)$ inconnues qui sont les coefficients de réflexion R , de transmission T et les constantes R_n, T_n, A_n, B_n, E_n et F_n qui figurent dans l'écriture du potentiel dans les équations 1, 2, 3 et 4.

Cette étude a été faite dans le cadre de la théorie potentielle linéarisée moyennant le modèle des modes évanescents. La convergence est obtenue pour une valeur de $N = 8$ modes évanescents.

4 Correction par l'immersion et la longueur relative du caisson

Dans cette partie, on cherche à montrer que le coefficient de réflexion peut être calculé par le modèle d'onde plane corrigé sans l'introduction des modes évanescents. Le modèle d'onde plane corrigé, se fait par un choix convenable de l'immersion et par la longueur relative de la plaque.

La plaque à une immersion h et une longueur $2l$, comme le montre la figure 2. En augmentant la longueur relative $(\frac{l}{H})'$ et en diminuant l'immersion $(\frac{h}{H})'$, le maximum du coefficient de réflexion s'accorde avec les résultats expérimentaux.

Afin de valider les résultats de cette étude, on a fait une confrontation avec des résultats expérimentaux.

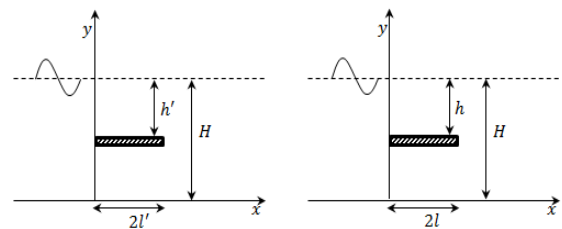


FIGURE 2 – Schéma descriptif du domaine d'étude

5 Validation

Pour valider notre étude nous avons confronté nos résultats calculés analytiquement par le modèle d'onde plane corrigé, le modèle des modes évanescent et par le modèle d'onde plane, avec les résultats expérimentaux en étudiant les variations du coefficient de réflexion (ou de transmission) en fonction du paramètre $k(m^{-1})$ ou $\frac{1}{\lambda}(m^{-1})$ (où λ est la longueur d'onde au-dessus de la plaque).

La figure 3, présente une comparaison de nos résultats avec ceux obtenus expérimentalement par J. Brossard et al (1969) [5], en traçant les variations du coefficient de réflexion en fonction du nombre d'onde de l'onde incidente $k(m^{-1})$.

Une autre étude comparative de nos résultats avec les résultats expérimentaux obtenus par Liu.C.R et al (2009) [6], est présentée sur la figure 4 où on représente le coefficient de réflexion en fonction de $\frac{1}{\lambda}(m^{-1})$.

Les figures 3, et 4 montrent un bon accord des résultats calculés par le présent modèle (modèle d'onde plane corrigé) avec les données expérimentales présentés par J. Brossard et al (1969) [5] et ceux présentés par Liu.C.R et al (2009) [6]. Nous constatons sur les résultats des figures une nette amélioration du coefficient de réflexion calculé par le modèle d'onde plane corrigé.

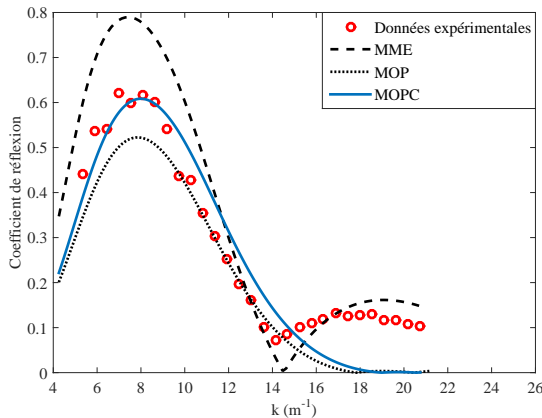


FIGURE 3 – Coefficient de réflexion en fonction du nombre d'onde $k(m^{-1})$ pour les caractéristiques suivantes : pour le modèle des modes évanescents : $\frac{l}{H} = 0.665$, $\frac{h}{H} = 0.24$, $\frac{e}{H} = 0.011$, et pour le modèle d'onde plane corrigé : $\frac{l}{H} = 0.6226$, $\frac{h}{H} = 0.2$, $\frac{e}{H} = 0.011$.

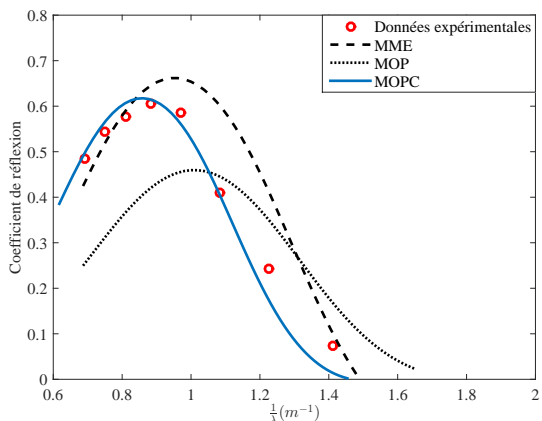


FIGURE 4 – Coefficient de réflexion en fonction du nombre d'onde de l'onde incidente $\frac{1}{\lambda}$ pour les caractéristiques suivantes : pour le modèle des modes évanescents : $\frac{l}{H} = 0.9$, $\frac{h}{H} = 0.33$, $\frac{e}{H} = 0.03$, et pour le modèle d'onde plane corrigé : $\frac{l}{H} = 0.9211$, $\frac{h}{H} = 0.27$, $\frac{e}{H} = 0.03$

Cette étude montre que, le coefficient de réflexion calculé par le modèle d'onde plane corrigé, donne une bonne concordance avec les résultats expérimentaux sans l'introduction des modes évanescents.

6 Conclusion

Le modèle d'onde plane corrigé par l'immersion et par la longueur relative du caisson permet de simplifier les calculs analytiques, ce qui permet aussi de réduire la dimension des systèmes algébriques à traiter. Cette affirmation est basée sur la bonne concordance avec les résultats expérimentaux obtenus par différents auteurs cité précédemment.

Références

- [1] S. Naasse, C. Chahine, M. Chagdali, *Notion de longueur efficace pour la détermination de la réflexion de la houle par un obstacle*, Comptes Rendus Mécanique 330 (2002) 9–12.
- [2] S. Naasse, C. Chahine, M. Chagdali, *Détermination de la résonance de Bragg et des largeurs des bandes interdites par le modèle d'onde plane corrigé*, Comptes Rendus Mécanique 331 (2003) 179–182.
- [3] M. Patarapanich, *Maximum and zero reflection from submerged plate*, Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering 110 (1984) 171–181.
- [4] P. Guevel, E. Landel, R. Bouchet, JM. Manzone, *Le phénomène du mur d'eau oscillant et son application pour protéger un site côtier soumis à l'action de la houle*, Permanent International Association of Navigation Congresses, Congrès, Brussels, Belgium, 1986,
- [5] J. Brossard, and M. Chagdali, *Experimental investigation of the harmonic generation by waves over a submerged plate*, Coastal Engineering 42 (2001) 277–290.
- [6] C. Liu, and Z. Huang, S-K. Tan, *Experimental investigation of the harmonic generation by waves over a submerged plate*, Ocean Engineering 36 (2009) 1332–1345.
- [7] V. Rey, M. Belzons, E. Guazzelli, *Propagation of surface gravity waves over a rectangular submerged bar*, Journal of Fluids and Structures 235 (1992) 453–479.
- [8] M. Errifaiy, S. Naasse, C. Chahine, *Analytical determination of the reflection coefficient by the evanescent modes model during the wave–current–horizontal plate interaction*, Comptes Rendus Mécanique 344 (2016) 479–486.