



PROPAGATION D'UNE ONDE SUR UNE PLAQUE IMMERGEE

J. Brossard

LABORATOIRE DE MECANIQUE DES FLUIDES
Université du Havre, 25 rue Philippe Lebon, BP 540, 76058 LE HAVRE CEDEX

ABSTRACT

A submerged horizontal plate can be regarded as an efficient breakwater. The involved phenomena are similar to waves diffraction and radiation ones. Theoretical and experimental studies showed that the wave reflexion on a such plate was function of the ratio between the plate length and the "above" incident wave length. But in these models, plate finite length effects were under estimated.

Our experimental works consist in flow field velocities measurements in the neighbourhood of the trailing edge.

The results analysis shows that strong vortices develop along the trailing edge. These vortices strongly interact with the free surface and the monochromatic wave propagation assumption is no longer valid downstream. Strong velocity fluctuations are associated to the vortices which are thus involved in energy dissipation mechanism. It is also showed that the plate presence results in an important bottom blowing up effect. An important sediment transport should also be expected.

L'utilisation d'une plaque faiblement immergée pour protéger les côtes de la houle a fait l'objet, ces dernières années, de beaucoup de travaux. Des projets concrets ont vu le jour (GUEVEL et al, 1986) et des réalisations sont en cours (Barcelone).

Les questions posées sont alors : quelles dimensions donner à l'ouvrage pour que l'efficacité soit la meilleure, quels sont les efforts appliqués et quel est l'impact sur l'environnement ?

Les codes de calcul élaborés pour traiter ce problème sont issus, pour beaucoup, de deux méthodes, la méthode des développements asymptotiques et la méthode aux éléments finis. Les expérimentations menées consistent généralement à déterminer les coefficients de réflexion et de transmission par la mesure du niveau de la surface libre. Mais, à notre connaissance, il n'y a pas eu de mesure de vitesse. Notamment on connaît mal les effets des extrémités tant sur la surface libre que sur la dissipation d'énergie mise en évidence par la comparaison de résultats de calculs avec l'expérience physique.

I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

En 1977, SIEW et HURLEY, avec une méthode de développements asymptotiques raccordés, donnent une expression analytique pour l'expression des coefficients de réflexion et de transmission. La théorie utilisée est celle des ondes longues et des faibles profondeurs. La longueur d'onde L et la longueur de plaque B sont supposées grandes devant la profondeur d .

PATARAPANICH (1987-a) prolonge les calculs de SIEW et HURLEY et recherche les valeurs du rapport B/L' pour lesquelles il y a maximum de réflexion (L' : longueur d'onde de la houle passant au-dessus de la plaque). Le maximum d'efficacité n'est pas fonction du rapport d'immersion d/d' (d' : immersion de la plaque) et est atteint pour $B/L' \simeq 0,7$. Dans une autre publication (1987-b), il calcule les efforts appliqués sur la plaque en intégrant le champ de pression aux parois et il compare les résultats issus de la solution de SIEW et HURLEY avec ceux issus d'une méthode aux éléments finis développée par lui-même (1978).

L'accord est globalement bon, mais il remarque que les effets des extrémités de la plaque ne doivent concerner que le champ proche sans affecter la forme de l'onde. Ceci est confirmé par les résultats récents de LE THI MINH (1989).

L'article publié en 1989 par PATARAPANICH et CHEONG rapporte des résultats expérimentaux. La comparaison avec les résultats issus des codes de calcul montre que, si les coefficients de réflexion et de transmission suivent les évolutions prédites, ils sont notablement plus faibles et que l'énergie dissipée est d'environ le tiers de l'énergie incidente même hors déferlement. Les auteurs font alors l'hypothèse que les extrémités de la plaque jouent un rôle important dans cette dissipation.

Ces résultats nous ont conduit à analyser précisément l'écoulement au voisinage du bord de fuite par la mesure du champ de vitesse.

II. CONDITIONS EXPERIMENTALES — ACQUISITION ET TRAITEMENT

Sur la figure 1 nous présentons le montage expérimental et les conditions de houle incidente.

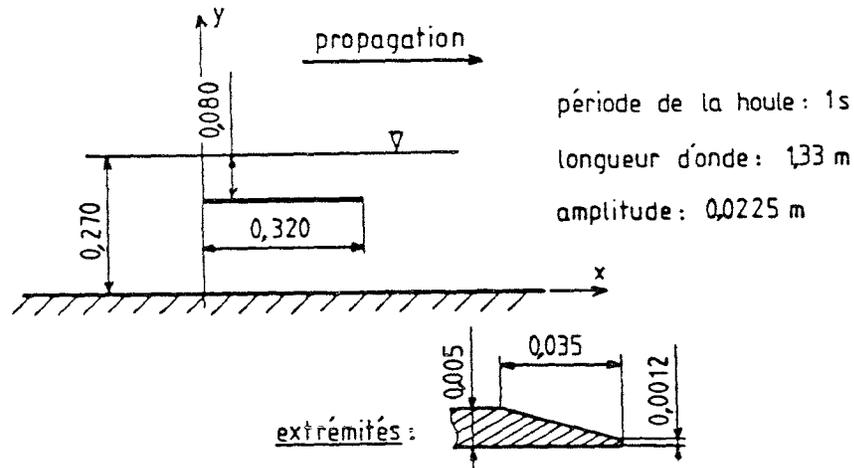


fig. 1

Les mesures de vitesse sont effectuées avec un vélocimètre laser à deux composantes.

L'acquisition se fait en continu et est découpée en intervalles correspondant à la période grâce à la détection d'un front de déformation de la surface libre qui nous permet d'obtenir une référence temporelle. Chacun de ces intervalles est ensuite découpé en cinquante intervalles pour lesquels sont calculées une moyenne et une variance ; enfin, on reconstitue une "vague moyenne" en moyennant les grandeurs précédentes sur le nombre de vagues prises en compte pour l'échantillon de l'acquisition.

Nous obtenons ainsi les champs de vitesses avec une résolution temporelle de l'ordre de 0,02 s.

Pour suivre la formation et l'évolution des structures tourbillonnaires produites au bord de fuite nous calculons la composante transversale du rotationnel des vitesses.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse des résultats sera scindée en deux parties. Une première, précisera la formation des tourbillons à partir des couches limites aux parois à l'extrémité de la plaque ; dans ce cas la résolution spatiale est de 0,001 m x 0,01 m. Une deuxième partie décrira l'évolution des tourbillons à l'aval et leur interaction avec la surface libre ainsi que l'impact de la présence de la plaque sur le fond.

Les résultats sont présentés sur la figure 2. Nous avons choisi comme origine des phases ($\omega t = 0$) l'instant où les vitesses de part et d'autre du bord de fuite passent à zéro, par valeurs décroissantes au-dessus et croissantes en

dessous. Notons que la phase $\omega t = 16/50.2\pi$ correspond au passage, au bord amont de la plaque, de la crête de la vague incidente. Nous ne présentons ici qu'une phase sur dix.

III.1 - Génération des structures tourbillonnaires

- A $\omega t = 0$, le rotationnel est très faible pour tout le voisinage du bord de fuite, les vitesses sont très faibles.
- De $\omega t = 0$ à $\omega t = 10/50.2\pi$: il y a production de rotationnel positif dans la couche limite sous la plaque qui est convecté vers l'aval. Vers $\omega t = 5/50.2\pi$ se produit un décollement juste au-dessus de la plaque.
- De $\omega t = 10/50.2\pi$ à $\omega t = 25/50.2\pi$: le rotationnel positif produit sous la plaque augmente la circulation du tourbillon au-dessus de la plaque.
- De $\omega t = 25/50.2\pi$ à $\omega t = 35/50.2\pi$: le tourbillon diffuse et sa convection commence en se rapprochant de la surface libre. Les vitesses au-dessus de la plaque devenant positives, il y a production de rotationnel négatif au-dessus et le débit de rotationnel négatif au bord de fuite va devenir beaucoup plus important que le débit de rotationnel positif sous la plaque.
- De $\omega t = 35/50.2\pi$ à $\omega t = 2\pi$: l'écoulement au bord de fuite est simplement analogue à un écoulement cisailé qui doit être le siège d'instabilités et produire le tourbillon négatif qui sera convecté vers le bas et l'aval.

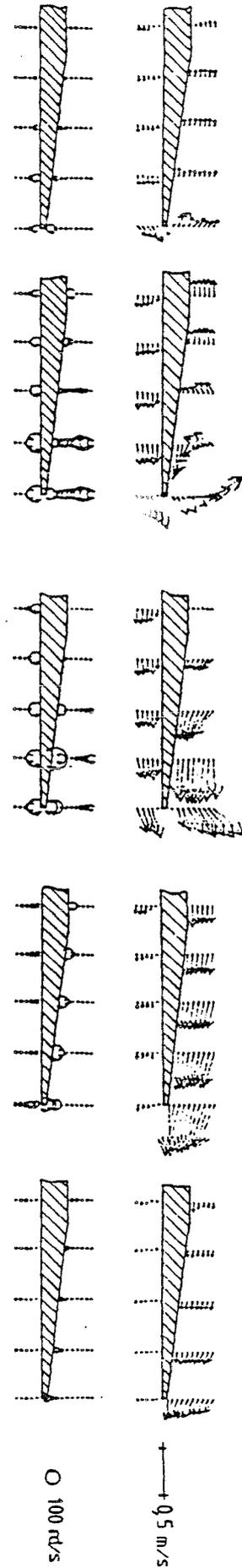
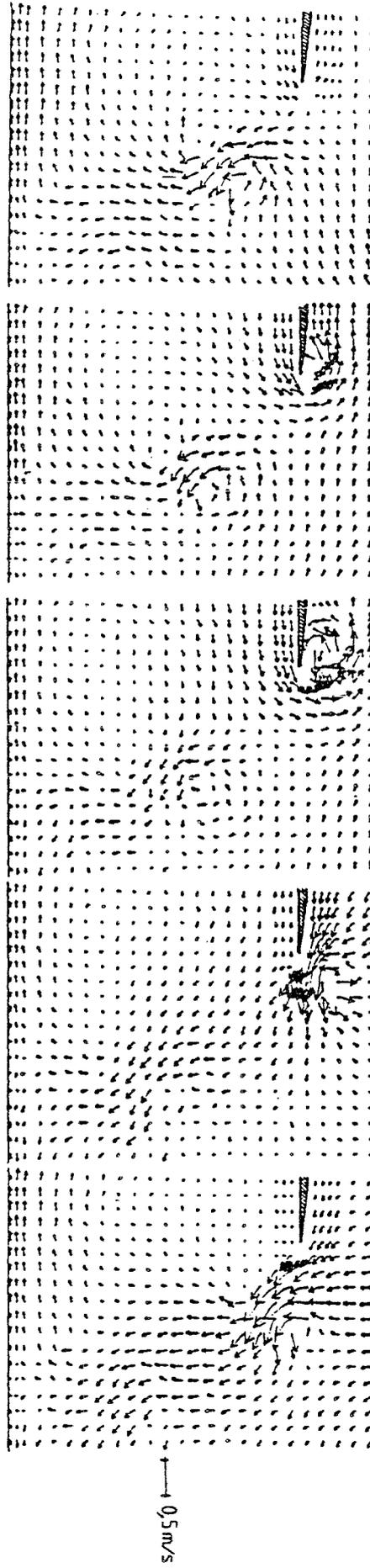
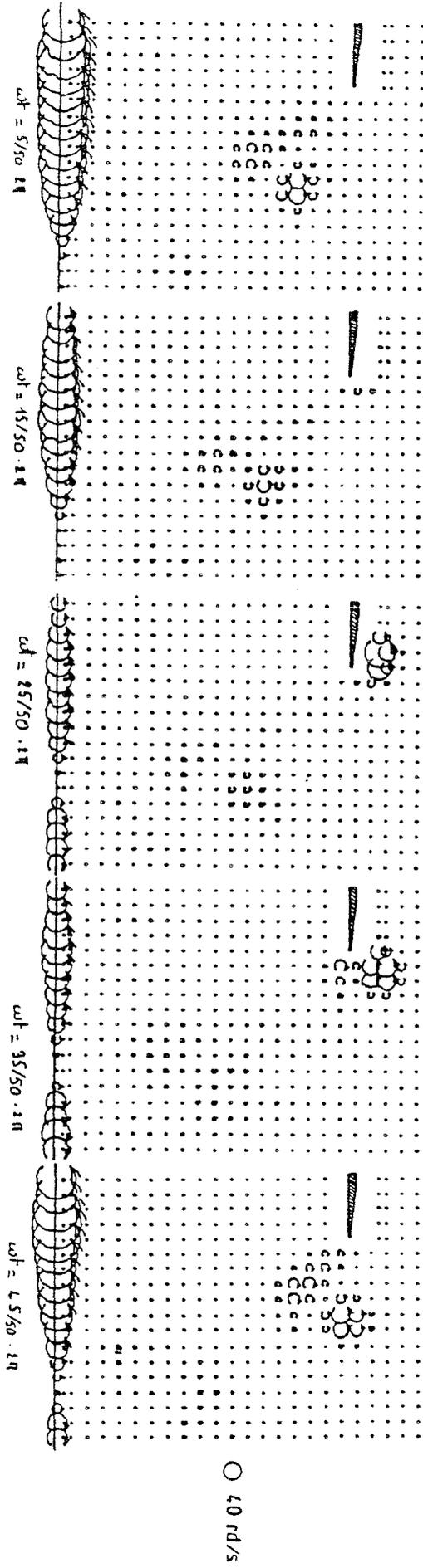
III.2 - Evolution des structures tourbillonnaires

Le bord de fuite de la plaque a trois effets : déformation de la surface libre, affouillement du fond et dissipation.

A partir de $\omega t = 25/50.2\pi$ le tourbillon positif se développant au-dessus de la plaque se rapproche de la surface libre et engendre une déformation de celle-ci. Cette perturbation provoque le déferlement (lorsqu'on diminue l'immersion par exemple) en aval, avant qu'il ne se produise au-dessus de la plaque.

La figure 3 reproduit l'évolution de la surface libre à environ 150 mm du bord de fuite. Ainsi il est évident que le système d'ondes transmis vers l'aval est loin d'une onde monochromatique comme cela est envisagé dans les modèles théoriques.

SESSION 1



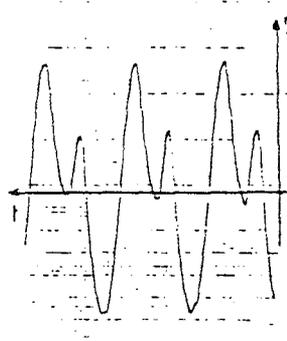


fig. 3 : évolution de la surface libre
à environ 150 mm au-dessus de la plaque.

Au-delà de $\omega t = 2\pi$ les deux structures contrarotatives sont convectées vers l'aval et vers le fond. La diffusion et la dissipation semblent importantes.

En examinant les champs de vitesse on peut remarquer que l'écoulement est analogue à un jet dont la direction varie peu et dirigé vers le fond. On voit nettement la zone d'impact sur le fond entre 80 et 100 mm du bord de fuite. De part et d'autre de cette zone, les vitesses ont toujours la même direction donc on peut prévoir un affouillement et un transport de sédiments importants.

IV. BIBLIOGRAPHIE

- GUEVEL P., LANDEL E., BOUCHET R. et MANZONE J.M., (1986) - "Le phénomène du mur d'eau oscillant et son application pour protéger un site côtier soumis à l'action de la houle". *Association Technique Maritime et Aéronautique*, n° 85.
- SIEW P.F. et HURLEY D.G., (1977) - "Long surface waves incident on a submerged horizontal plate". *J. Fluid Mech.*, vol. 83, pp. 141-151.
- PATARAPANICH M., (1984-a) - "Maximum and zero reflection from submerged plate". *J. Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 110, n° 2, pp. 171-181.
- PATARAPANICH M., (1984-b) - "Forces and moment on a horizontal plate due to wave scattering". *Coastal Engineering*, 8, pp. 279-301.
- PATARAPANICH M., (1978) - "Wave reflection from a fixed horizontal plate". *Proc. Int. Conf. on Water Resources*, Eng. Asian Institute of Technology, Bangkok, pp. 427-446.

SESSION I

LE THI MINH N., (1989) - "Etudes théoriques et expérimentales du passage des ondes longues sur des obstacles immergés". *Thèse, Institut de Mécanique de Grenoble*.

PATARAPANICH M. et CHEONG M.F., (1989) - "Reflection and transmission characteristic of regular and random waves from a submerged horizontal plate", *Coastal Engineering*, 13, pp. 161-182.