

Chapter 35

L'UTILISATION D'UN BRISE-LAMES POUR LA DEFENSE D'UNE PLAGE

G. DELAGE

Ingénieur au Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique

GENERALITES

Parmi les solutions qui sont proposées généralement pour limiter les évolutions d'un rivage, les brise-lames parallèles à la côte présentent un certain nombre d'avantages qui les font préférer dans certains cas aux autres modes de protection (épis ou murs) ou qui peuvent compléter les effets de ces autres dispositifs.

Ils permettent en particulier de réduire l'énergie de la houle incidente avant qu'elle n'ait atteint la partie haute de la plage et par conséquent, de diminuer les effets d'érosion des lames dans cette zone. Nous verrons à ce sujet dans la première partie de cette communication comment s'effectue la propagation de la houle qui a franchi un brise-lames et les modifications qui en découlent dans l'évolution du profil transversal de la plage.

Toutefois, cette propriété très intéressante nécessite dans chaque cas une étude préalable approfondie. Celle-ci doit porter évidemment sur la détermination des caractéristiques optima de l'ouvrage, compte tenu de la variation possible des paramètres naturels (niveau, houle) et de la pente de la plage, afin d'obtenir un amortissement suffisant de l'énergie dans toutes les conditions.

Il est indispensable, en outre, d'examiner les répercussions que pourra avoir la construction d'un tel ouvrage sur le tracé de la plage, si celle-ci est le siège d'un transport littoral, ce qui est assez fréquent. Dans la deuxième partie de cette communication, nous examinerons donc les modifications que peut provoquer un brise-lames sur le tracé en plan de la plage.

INFLUENCE D'UN BRISE-LAMES SUR LE PROFIL EN TRAVERS D'UNE PLAGE

L'étude dont nous allons donner un bref compte rendu a été effectuée dans un canal à houle de 0,60 m de largeur et 25 m de longueur comportant une paroi vitrée permettant d'observer l'allure du déferlement et l'évolution du profil de la plage.

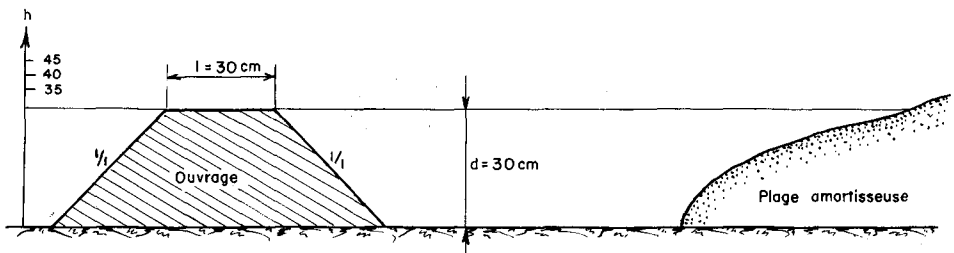
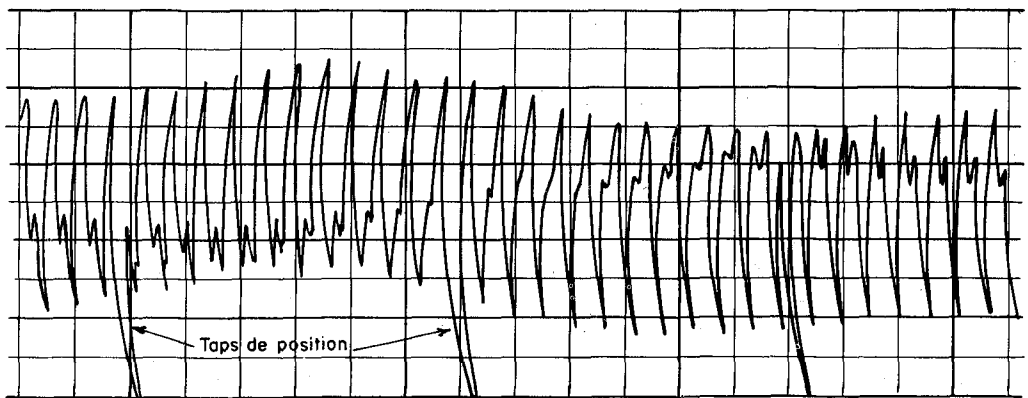
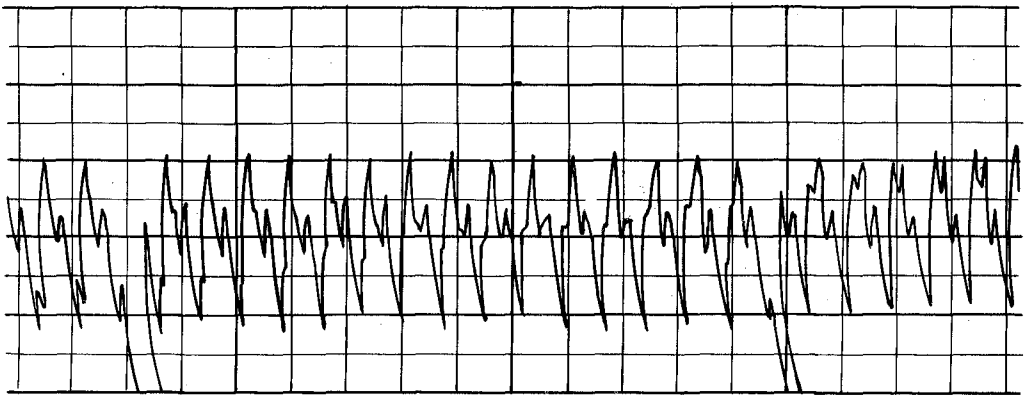


Fig. 1 - Schéma de l'installation d'essais pour l'étude de l'agitation derrière le brise-lames



A - Fondamental et Harmonique 2



B - Fondamental et Harmoniques 2 et 3

Fig. 2 - Exemples d'enregistrements à l'aval du brise-lames

Les différents résultats qui vont être mentionnés ont en réalité été extraits de plusieurs séries d'essais différentes.

Certains essais furent effectués avec une plage de sable grossier de diamètre compris entre 2 et 5 mm disposée à une pente de 20 % pouvant représenter à l'échelle réduite et sans distorsion une plage de galets.

Pour d'autres, la plage était réalisée avec de la pierre ponce et avait une pente moyenne de 8 %, ce qui peut correspondre à la représentation d'une plage naturelle de sable avec une distorsion voisine de 3.

Enfin l'analyse de l'agitation derrière un brise-lames fut également réalisée avec un fond horizontal, l'ouvrage étant schématisé par un élément monobloc de forme trapézoïdale (voir fig. 1).

FRANCHISSEMENT DE LA HOULE AU-DESSUS D'UN BRISE-LAMES -

Pour définir la perte d'énergie subie par la houle sur un brise-lames, on pourrait envisager de la caractériser par le rapport des amplitudes de la houle résiduelle et de la houle incidente. En réalité, l'agitation qu'on observe derrière l'ouvrage est de forme très complexe de sorte qu'on enregistre parfois des valeurs de la dénivellation entre crête et creux, supérieures à l'amplitude de la houle incidente, malgré la perte d'énergie sur l'ouvrage.

C'est pourquoi nous avons cherché à analyser la forme de l'agitation à l'aval du brise-lames, pour pouvoir nous faire une idée plus précise de son mode d'action.

Différents modes de déferlement :

Dans le bassin aval, entre l'ouvrage et la côte, nous distinguerons en premier lieu la zone où s'effectue le déferlement, qui a été analysée par observations visuelles et la zone de propagation de l'agitation résiduelle où ont été effectués des enregistrements en déplaçant de façon continue une sonde de mesure suivant l'axe du canal.

Remarquons immédiatement qu'il peut ne pas y avoir déferlement au-dessus de l'ouvrage, la houle subissant néanmoins une déformation au passage de l'obstacle. Ce cas particulier présente peu d'intérêt pratiquement, puisque le but d'un brise-lames est d'absorber une importante partie de l'énergie de la houle par déferlement prématuré.

Au cours des différentes études conduites sur ce type d'ouvrage, nous avons classé les modes de déferlement au-dessus du brise-lames en trois catégories :

- le déferlement provoquant un jet horizontal
- le déferlement provoquant un jet plongeant
- le déferlement donnant un rouleau de déferlement qui s'amortit au cours de sa propagation.

Ces trois cas sont assez schématiques et on peut trouver évidemment tous les intermédiaires.

Le premier type de déferlement se produit avec les ouvrages arasés à la cote (0.00) (niveau moyen de la mer supposé sans marée) ou légèrement émergents ; il ne se produit jamais avec les ouvrages fortement immergés.

Le déferlement plongeant a lieu en général pour une cote d'arasement voisine du (0.00), lorsque la houle incidente a une forte cambrure. Le jet plongeant consécutif au déferlement dissipe une fraction notable de l'énergie de la houle, mais sa puissance d'érosion sur les fonds marins immédiatement à l'aval du brise-lames est considérable.

Le déferlement en rouleau plus ou moins marqué constitue le mode de franchissement le plus général au-dessus d'un obstacle immergé. Lorsque la profondeur relative h/L est très faible, on obtient un rouleau de déferlement qui se propage d'une façon continue jusqu'à la rive, sans création d'harmoniques, c'est le cas où l'ouvrage immergé présente l'efficacité maximum.

En général, le passage de la houle sur l'ouvrage ne s'accompagne que d'un déferlement partiel, de sorte qu'on se trouve dans une situation intermédiaire entre le premier et le troisième cas.

Analyse de l'agitation résiduelle :

Les valeurs des périodes au cours des essais étaient comprises entre 0,7 sec. et 1,8 sec.

Les enregistrements effectués de l'agitation à l'arrière du brise-lames, montrent que l'apparence complexe de la surface libre est due à la superposition d'une onde de même période que l'onde incidente et de plusieurs harmoniques.

On obtient des harmoniques d'ordre d'autant plus élevé que la profondeur relative sur l'ouvrage $\frac{h-d}{L}$ devient plus faible, ou que la longueur d'onde L et l'amplitude $2a$ sont plus grandes.

Les figures 2a et 2b montrent deux exemples d'enregistrements ; pour la première l'agitation à l'aval résulte de la superposition d'une composante fondamentale et de l'harmonique 2 ; pour le deuxième, on trouve dans ce cas un harmonique d'ordre 3.

Lorsque l'agitation à l'aval de l'ouvrage a la forme la plus complexe, les enregistrements indiquent la présence de l'harmonique 4, mais de faible amplitude. Les harmoniques d'ordre supérieur, s'ils prennent naissance, doivent être très rapidement amortis.

La détermination de l'amplitude de chacune des composantes de l'agitation présentait peu d'intérêt dans le cadre particulier de cette étude, à savoir l'influence sur un fond mobile de l'agitation à l'aval du brise-lames. On s'est contenté de mesurer l'amplitude de la composante fondamentale et d'avoir une valeur approchée de l'amplitude de l'harmonique 2.

En effet, du point de vue du bilan énergétique, il suffit de remarquer que la plus grande partie de l'énergie transmise se trouve dans la composante fondamentale, une fraction beaucoup plus faible dans l'harmonique 2 ; la participation des harmoniques supérieurs dans la transmission devient négligeable, puisque leur longueur d'onde est faible et que la cambrure limite admissible sans déferlement, ne leur permet pas de dépasser une amplitude suffisante pour que l'on puisse tenir compte de leur énergie.

Dans la réalité, il est certain que l'on peut obtenir des harmoniques d'ordres plus élevés, si bien que l'allure de l'agitation à l'aval peut être encore beaucoup plus complexe que celle obtenue sur le modèle. Le fait que le modèle limite la déformation de la surface libre n'est pas un inconvénient, puisque la puissance d'action des harmoniques supérieurs est négligeable vis-à-vis de celle de la composante fondamentale.

En désignant par e_i l'énergie de l'onde incidente, par e_t celle de l'agitation qui existe à l'aval de l'ouvrage, on peut définir l'efficacité totale de l'ouvrage par la quantité $\rho = 1 - \frac{e_t}{e_i}$ (comprise entre 0 et 1). Il peut être plus intéressant de considérer la perte d'énergie à la transmission seulement au-dessus de l'ouvrage en utilisant la quantité $\rho' = 1 - \frac{e_t}{e_i - e_r}$ (e_r : énergie réfléchie).

En réalité on ne peut caractériser un brise-lames par son efficacité que pour une houle bien déterminée.

En effet, le rapport e_t/e_i est fonction des caractéristiques de la houle. La figure 3 montre les courbes donnant l'efficacité de l'ouvrage avec une profondeur d'eau de 40 cm et pour différentes périodes et amplitude de houle incidente, en fonction de la quantité $4La^2$ produit de la longueur d'onde par le carré de l'amplitude, quantité proportionnelle à l'énergie de la houle.

Le graphique a été tracé en coordonnées semi-logarithmiques. A énergie égale l'ouvrage est plus efficace pour les houles courtes.

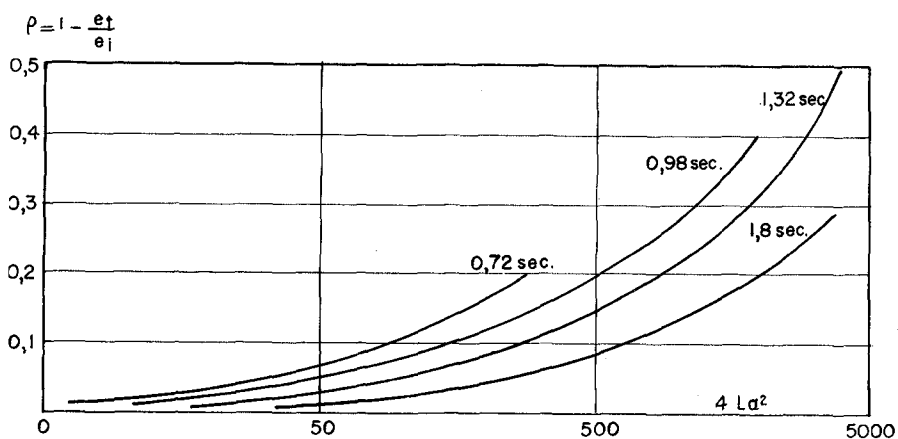


Fig. 3 - Efficacité de l'ouvrage en fonction de l'énergie de la houle incidente

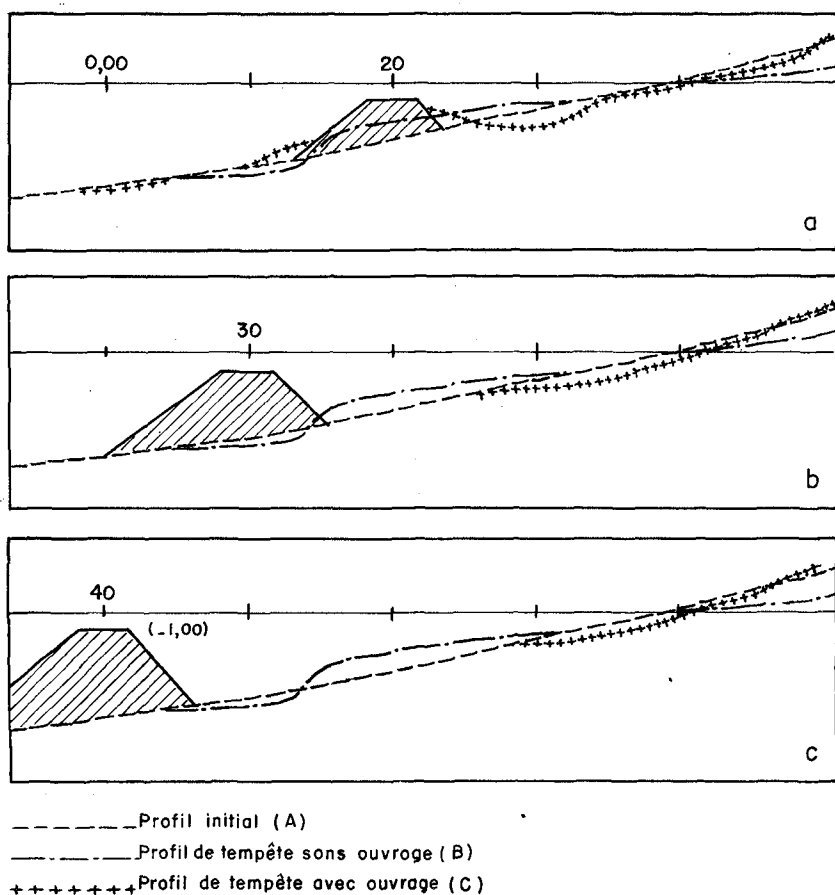


Fig. 4 - Raidissement du profil de la plage à l'abri d'un brise-lames pour trois distances d'implantation

Dans les utilisations pratiques du brise-lames, il est très important de tenir compte du fait que les houles faibles franchissent mieux l'ouvrage que les houles fortes.

PROFIL D'EQUILIBRE D'UNE PLAGE A L'AVAL D'UN BRISE-LAMES -

On aurait pu également penser qu'il serait possible de caractériser l'énergie contenue dans l'agitation résiduelle par son effet d'érosion sur la plage. En d'autres termes la comparaison du profil d'équilibre de la plage soumise à cette agitation aux profils obtenus en l'absence de brise-lames, aurait pu permettre de définir une "houle équivalente" donnant le même profil d'équilibre. Mais pratiquement, les profils d'équilibre obtenus au cours de nos essais avec brise-lames sont difficilement comparables à ceux modelés par une houle pure attaquant la plage en l'absence d'ouvrage. Il semble donc que l'effet des harmoniques de l'onde fondamentale ait une influence sur l'évolution du profil en travers de la plage.

D'une série d'essais effectuée en gardant constantes les caractéristiques de la houle incidente et en faisant varier les conditions d'implantation de l'ouvrage, nous avons extrait trois profils de plage reportés sur les figures 4a, 4b et 4c.

Sur ces figures, A représente le profil initial du talus, B le profil obtenu sans ouvrage pour les caractéristiques de houles choisies, C le profil dû à la présence de l'ouvrage.

La figure 4a met en évidence l'effet du jet plongeant sur le fond affouillable. Dans tous les cas, le profil obtenu en présence de l'ouvrage a une pente plus forte que celui modelé directement par la houle, ce qui caractérise une agitation résiduelle moins énergique que la houle incidente.

Le critère qui permet de juger l'efficacité de l'ouvrage est ici la position de la falaise créée à l'extrémité du jet de rive ; ce critère est très valable dans ce cas particulier où on cherchait un ouvrage destiné à limiter l'action du jet de rive sur la partie haute de la plage.

On a pu mettre en évidence d'autre part, qu'à calage de crête égal, l'efficacité de l'ouvrage passe par un maximum pour une distance d'implantation bien déterminée (fig. 4b).

Il est apparu clairement en effet au cours des essais, que la profondeur relative, au droit de l'ouvrage, a une influence importante sur son efficacité ; c'est pourquoi on peut concevoir qu'un brise-lames ait moins d'effet si on augmente sa distance d'implantation. Pour les faibles distances par contre, on peut supposer que le "bassin de dissipation" à l'aval du brise-lames devient insuffisant pour absorber l'énergie de la houle après déferlement sur l'ouvrage.

Une autre série d'essais conduite avec les conditions expérimentales suivantes :

- hauteur d'eau : 35 cm
- hauteur de l'ouvrage : 30 cm
- période de la houle : 1,32 sec.

a donné des profils de plage pour des amplitudes croissantes, reportés sur la figure 5 .

L'examen de cette figure a permis de constater que la barre de déferlement est moins marquée sur une plage à l'abri d'un brise-lames qu'en houle pure, surtout pour les fortes amplitudes ; de même le point C , limite d'entraînement des matériaux, ne se déplace que très faiblement vers le large bien que la falaise qui limite le jet de rive, recule vers la terre. Ces résultats semblent laisser supposer que l'influence des harmoniques supérieurs n'est pas négligeable.

CONCLUSION -

Lorsque la cote d'arasement d'un brise-lames a été calée suffisamment haute, c'est-à-dire assez voisine de (0.00) pour une mer sans marée, la houle incidente perd une bonne partie de son énergie en franchissant cet obstacle. Si ce franchissement s'accompagne d'un déferlement, ce qui est à rechercher pour dissiper le maximum d'énergie, l'agitation résiduelle entre le brise-lames et la côte a une forme très complexe due à la création de nombreux harmoniques.

Cette diminution d'énergie a pour effet de réduire la zone d'action de la houle sur le profil en travers de la plage ; le point limite au large duquel le matériau constituant la plage reste immobile se trouve moins au large, la falaise qui se forme dans certains cas à l'extrémité du jet de rive est beaucoup moins repoussée vers la côte et le profil en travers conserve une pente plus raide que s'il était soumis directement à l'action de la houle incidente.

La nature complexe de l'agitation résiduelle qui remanie la plage donne lieu cependant à des tracés de profil d'équilibre moins réguliers que ceux obtenus en houle pure.

INFLUENCE D'UN BRISE-LAMES SUR LE TRACE EN PLAN D'UNE PLAGE

Notre Laboratoire a eu l'occasion récemment d'étudier le comportement d'un brise-lames immergé destiné à protéger contre les effets des vagues de tempête une région localisée sur une plage soumise à des houles de différentes directions. Ce problème présente un caractère d'intérêt général, aussi avons-nous cherché dans quelles conditions pouvait s'appliquer une solution du type brise-lames parallèle à la côte, lorsque la plage est le siège d'un transport littoral.

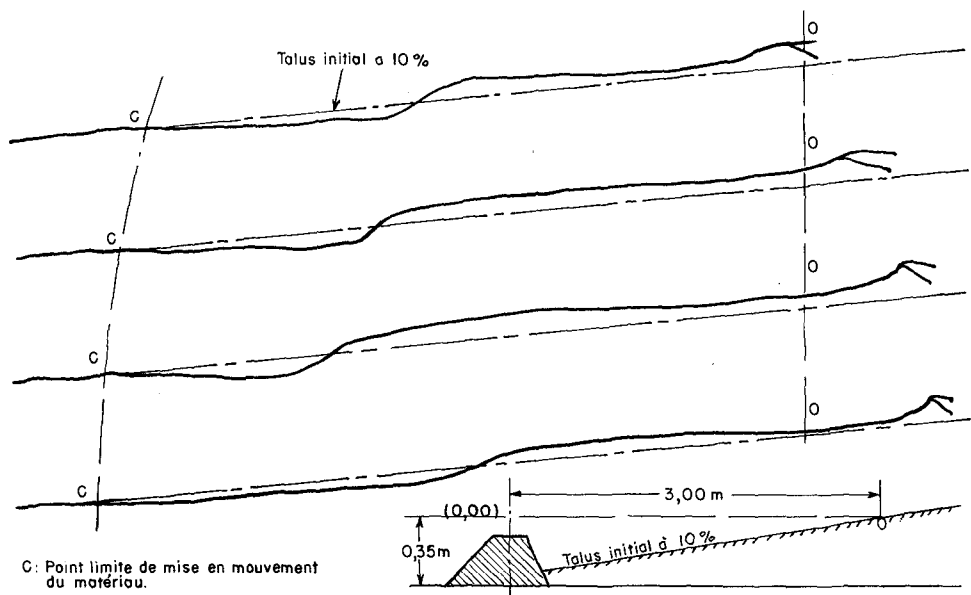


Fig. 5 - Formes des profils d'équilibre à l'abri d'un brise-lames pour des houles d'amplitude croissante

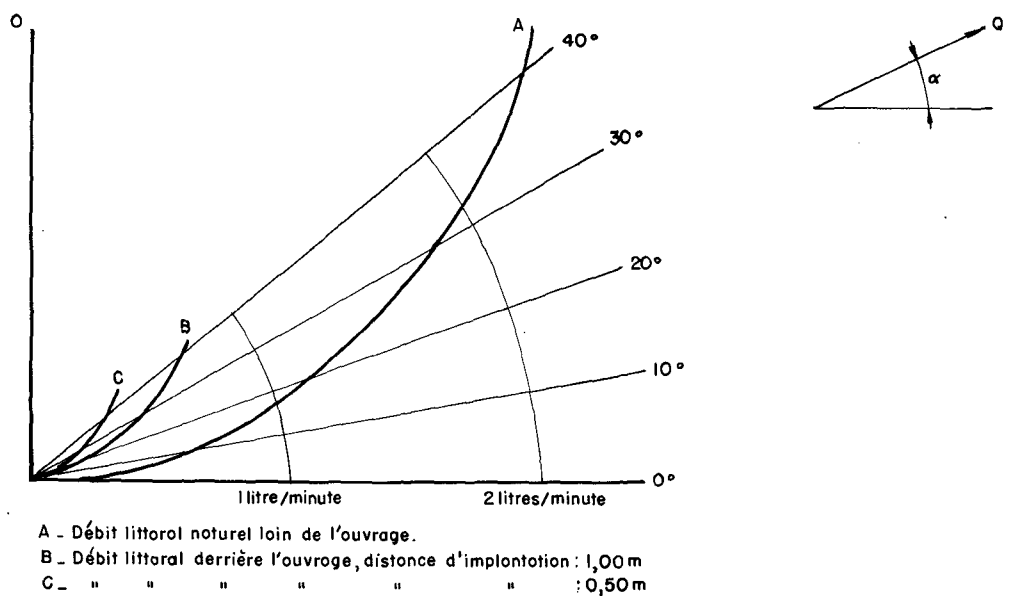


Fig. 6 - Débit de transport littoral en dehors et derrière l'ouvrage

Remarquons immédiatement que, si la plage à protéger, n'est soumise qu'à l'action de houles normales, c'est-à-dire si le transport de matériau est nul en permanence, rien ne s'oppose à l'utilisation de ce type de défense que l'on pourra rendre aussi efficace qu'on le désirera. Le cas qui nous intéresse essentiellement est celui où s'effectue un transport littoral alterné, avec résultante moyenne plus ou moins marquée dans un certain sens, ce qui est le cas général.

Les essais ont été réalisés dans un bassin spécial de 28 m par 15 m équipé d'un générateur de houle déplaçable de manière à permettre la reproduction des houles même fortement inclinées. La plage, établie sur le grand côté du bassin, était constituée par un talus rectiligne de pierre ponce, de pente égale à 8 %.

Les caractéristiques de la houle ont été maintenues constantes et égales à 1 seconde pour la période et 2,5 cm pour l'amplitude.

La direction des houles était mesurée au large de la plage en matériau mobile, c'est-à-dire par fonds de 0,40 m sur le modèle.

INFLUENCE DE L'OUVRAGE SUR LE TRACE D'UNE PLAGE SOUMISE A DES HOULES PROVENANT TOUJOURS DE LA MEME DIRECTION -

Blocage partiel du transport littoral par un brise-lames :

Si nous considérons un brise-lames immergé à une certaine distance de la côte pendant l'action d'une houle oblique, la réduction d'énergie dans la zone abritée par le brise-lames y provoque une diminution du débit de transport solide littoral par rapport au débit transporté en dehors de la zone protégée, ce qui se traduit par une accumulation de matériaux à l'amont de l'ouvrage et un déficit à l'aval.

L'action de l'ouvrage sur le littoral se fait sentir dans une zone qui est plus grande que celle définie par la projection géométrique, par suite du pivotement autour de ses extrémités, et surtout en raison de l'influence des accumulations de matériaux sur les zones situées immédiatement à l'amont. C'est ce que nous désignerons par "*zone d'influence*". Aussi peut-on concevoir qu'un tel ouvrage puisse avoir une action sur un point de la plage, même si celui-ci n'est pas dans son "*ombre géométrique*" par rapport à la houle incidente.

Nous désignons par Q le débit littoral en dehors de la zone d'influence du brise-lames et par q le débit qui transite derrière l'ouvrage. La zone voisine du musoir amont est suralimentée par un débit excédentaire $Q - q$.

Pour les caractéristiques de houle choisies, on a tracé les courbes donnant les débits Q et q en fonction de l'inclinaison pour des valeurs comprises entre 0 et 40° (figure 6) (angle fait par la

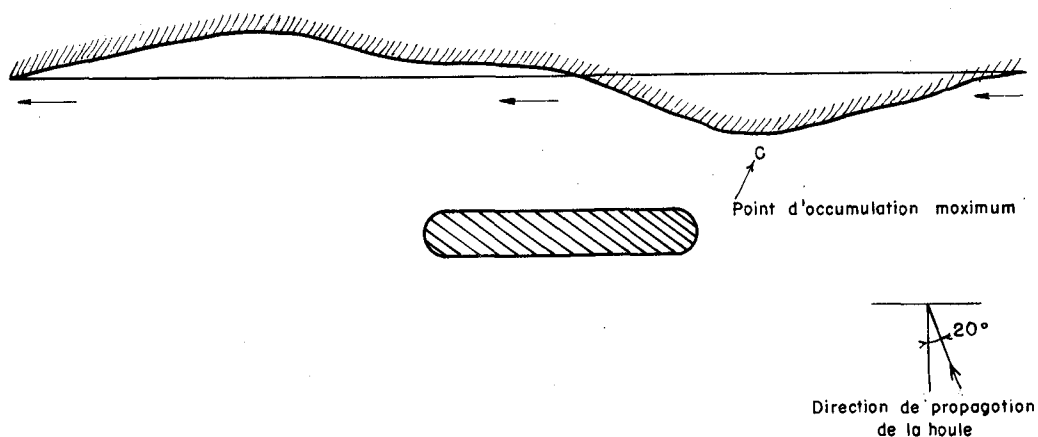


Fig. 7 - Tracé de la laisse résultant du blocage

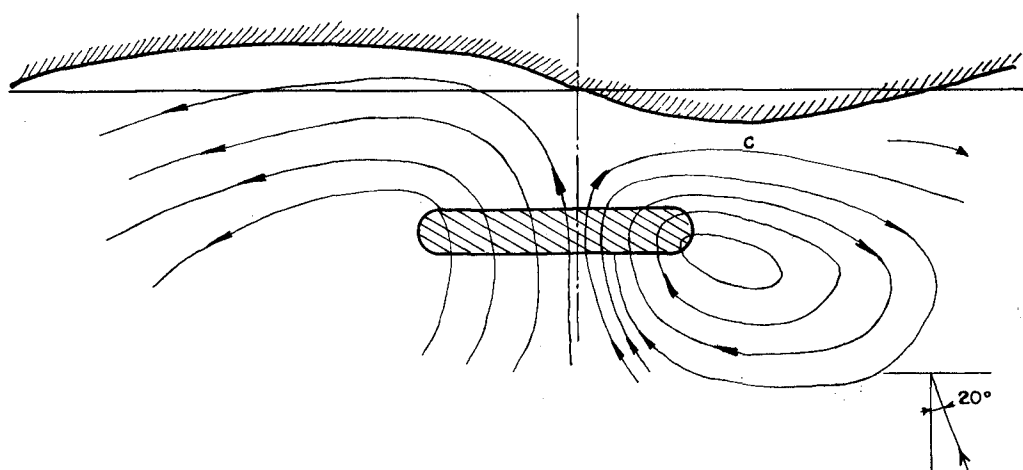


Fig. 8 - Reproduction d'un spectre de courant au voisinage de l'ouvrage

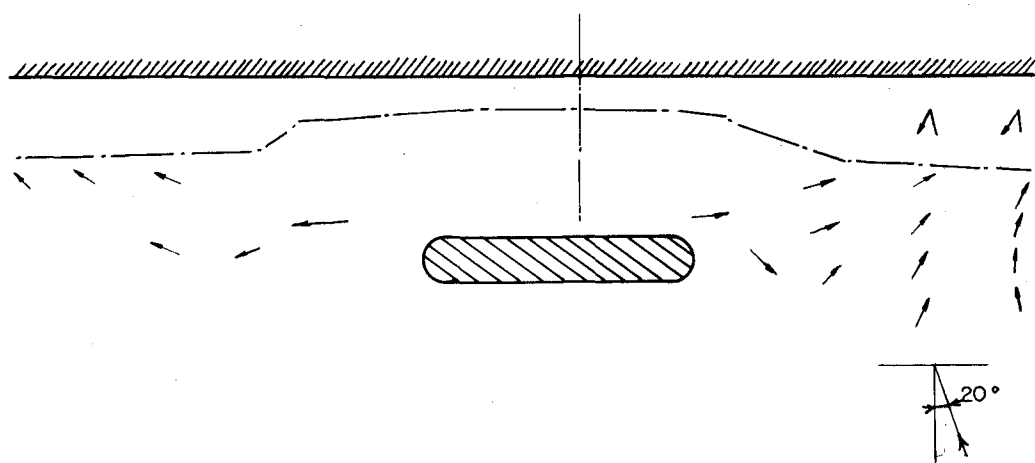


Fig. 9 - Directions de déplacement du matériau mobile sous l'action combinée de la houle et des courants de retour.

direction de propagation de la houle par rapport à la normale au rivage).

- La courbe A représente la variation du débit Q ;
- la courbe B représente la variation du débit q pour une distance d'implantation du brise-lames $d = 1$ m ;
- la courbe C représente la variation de débit q pour une distance d'implantation du brise-lames $d = 0,5$ m.

Ces distances sont comptées arbitrairement par rapport à la laisse (0.00) du talus d'origine.

Nos premiers essais ont porté sur la détermination des modifications apportées au tracé du rivage pour différentes directions de houle. A titre d'exemple la figure 7 reproduit le tracé de la laisse après l'action d'une houle d'inclinaison 20° . On pourrait caractériser l'aptitude de l'ouvrage à ralentir le transport littoral par un coefficient numérique dit "*coefficient de blocage*" qui pourrait être $C_B = 1 - \frac{q}{Q}$, fonction de la houle.

La durée d'action de la houle a été telle que l'on atteigne pratiquement l'équilibre du tracé en plan de la plage. En réalité, le tracé représenté sur la figure 7 ne correspond pas à un état final d'équilibre, mais à un stade où la vitesse d'évolution est devenue très faible. On peut expliquer le ralentissement de l'évolution par la diminution du débit littoral à l'amont immédiat du brise-lames, et une augmentation dans la zone abritée, par suite des changements d'inclinaison relatives du rivage et de la houle dans ces zones, au fur et à mesure de l'évolution du dépôt.

Courants provoqués par le déferlement sur l'ouvrage :

La quantité d'eau qui franchit l'ouvrage au passage de chaque crête revient vers le large en faible partie par déversement au-dessus du brise-lames, mais la plus grande partie est évacuée latéralement en provoquant des courants assez intenses que nous désignerons par "*courants de retour*".

La figure 8 est la reproduction d'un spectre de courant relevé pendant l'action d'une houle de 20° d'inclinaison. Les lignes de courant représentées correspondent à un relevé en surface par flotteurs. On constate que la vitesse est maximum au voisinage des musoirs. Ces courants se font peu sentir dans la zone de déferlement, mais surtout au large immédiat de cette zone. Ils ont une action notable sur les déplacements du matériau mobile dans le voisinage du brise-lames ; les déplacements moyens des matériaux sous l'action combinée des courants et de la houle sont représentés sur la figure 9 ; il en résulte que le point d'accumulation maximum C est repoussé vers l'amont, tandis qu'à l'aval l'entraînement du matériau contribue à augmenter l'érosion de la plage.

Ces courants maintiennent les profondeurs à l'aval immédiat du brise-lames, mais peuvent compromettre éventuellement la stabilité des musoirs.

Effacité de l'ouvrage aux houles de beau temps :

Comme nous l'avons mentionné par ailleurs, un brise-lames immergé est d'autant plus facilement franchi que les caractéristiques de la houle incidente sont plus faibles, ceci évidemment pour le même niveau moyen en mer. C'est pourquoi on constate un transit pratiquement total avec les houles de temps temps ; le stock de matériau accumulé près du musoir amont pénètre à l'arrière du brise-lames, mais on obtient très rapidement un nouvel état d'équilibre.

INFLUENCE DE L'OUVRAGE SUR LE TRACÉ D'UNE PLAGE AYANT UN RÉGIME DE HOULES COMPLEXES -

Nous venons de voir que lorsque la plage est soumise à des houles provenant toujours de la même direction, on constate à l'amont immédiat du brise-lames un blocage partiel du matériau qui transite le long de l'estran et une certaine érosion à l'aval.

Si maintenant on fait agir sur le tracé de la plage ainsi obtenu une houle de mêmes caractéristiques, mais de direction symétrique par rapport à l'axe de l'ouvrage, le nouveau tracé d'équilibre est pratiquement symétrique du tracé initial, c'est-à-dire que le dépôt créé précédemment disparaît et un blocage analogue du matériau se produit près de l'autre extrémité du brise-lames. On n'observe finalement qu'un très faible remblaiement dans la zone protégée pour les caractéristiques de houle et d'ouvrages considérées.

Si nous nous plaçons maintenant dans le cas de deux houles quelconques T_1 et T_2 , mais de directions telles qu'elles induisent des transports littoraux de sens opposés, le tracé complexe de la plage est sujet à deux sortes de modifications : les modifications temporaires dues à l'action d'une houle bien déterminée et les modifications moyennes résultant des évolutions précédentes qui, observées sur une très grande période, permettent de définir l'évolution moyenne de la plage.

L'interposition sur cette plage d'un brise-lames destiné à protéger la zone AB nécessite une étude approfondie des caractéristiques d'implantation de cet ouvrage. Il faut en effet que le brise-lames provoque une dissipation suffisante de l'énergie de la houle incidente sans occasionner en même temps une accumulation importante à l'une de ses extrémités ou un rétrécissement sensible à l'autre.

Au cours d'une tempête, l'ouvrage aura, sur les modifications temporaires ci-dessus définies, une influence que nous appellerons

"effet instantané". Sur une période plus longue, le profil moyen de la plage sera lui aussi modifié et le nouveau tracé caractérisera "l'effet moyen" du brise-lames.

La possibilité d'obtention d'un nouveau profil moyen d'équilibre est liée au rétablissement des débits solides transportés par les différentes houles. Les houles (T_1) induisent un transport littoral qui pourrait être représenté par un débit moyen Q_1 ; de même on peut considérer le débit moyen Q_2 transporté par les houles (T_2). Le débit littoral moyen q est la résultante de ces deux débits ; suivant les forces relatives des houles T_1 et T_2 , q peut être positif dans un sens ou dans l'autre.

Les quantités représentées par les symboles Q_1 , Q_2 , q peuvent effectivement être définies dans la nature ; malheureusement il est difficilement possible de les chiffrer ; aussi l'emploi de telles représentations n'a qu'une valeur explicative.

Après interposition de l'ouvrage, les débits moyens transportés par les ensembles de houles T_1 et T_2 seront réduits dans la zone abritée ; soient Q'_1 , Q'_2 leurs nouvelles valeurs. L'équilibre du profil moyen sera obtenu si le débit littoral moyen q défini précédemment, reste égal à la différence entre les nouveaux débits Q'_1 , Q'_2 rétablissant ainsi la continuité du transport moyen. Il serait aléatoire d'étudier théoriquement si une telle éventualité peut se réaliser ; il est préférable de s'en référer à un modèle.

On est donc amené à chercher l'ouvrage le plus efficace pour la protection de la zone considérée, compatible avec un transit correct du matériau.

Il faut, pour une étude précise, connaître assez exactement les caractéristiques du régime des houles, c'est-à-dire :

- caractéristiques des vagues (période, amplitude)
- directions de propagation
- durée d'action des principales houles
- fréquence des différentes directions.

En effet, l'ouvrage met à profit l'alternance des houles pour assurer, en moyenne, la régularité du tracé de la laisse, mais comme le "blocage" du matériau dépend de toutes les autres caractéristiques énumérées ci-dessus, on voit qu'une connaissance sérieuse des conditions naturelles est nécessaire.

Une étude expérimentale de ces évolutions de plage présente en outre un point délicat, à savoir la représentation correcte de la durée d'action des tempêtes. En effet le même ouvrage peut ne provoquer que des déformations faibles dans le tracé de la plage si la durée d'action des tempêtes est courte, alors que pour des temps d'action beaucoup plus longs, on peut avoir un rétrécissement dangereux à l'aval.

Ceci suppose d'une part que soit connu exactement la durée des tempêtes dans la réalité, d'autre part que l'on ait pu déterminer par des essais de réglage "*l'échelle des temps*" du modèle. Cette échelle des temps est définie par le rapport qui existe entre la durée d'une certaine évolution dans la nature pour des conditions naturelles bien déterminées et la durée de reproduction sur le modèle de cette même évolution avec les mêmes conditions naturelles.

Il en résulte qu'un brise-lames immergé trouvera son plein emploi dans le cas où il y a succession de tempêtes courtes mais violentes, de directions suffisamment différentes pour que le transport littoral résultant soit faible en moyenne. L'ouvrage peut être alors suffisamment efficace pour assurer la protection d'une zone déterminée sans apporter de fortes perturbations dans le tracé de la plage.

CONCLUSIONS

La première partie de cette étude nous a permis de mettre en évidence les possibilités du brise-lames pour la défense d'un haut de plage.

Au cours de la seconde partie, nous avons voulu montrer les effets produits par un tel ouvrage sur une plage soumise à des houles inclinées. Ce sont les résultats obtenus au cours de cette deuxième série d'essais qui permettent de dégager des règles très générales pour l'implantation de ce type d'ouvrage.

Dans le cas où le transport moyen est fortement prédominant dans un sens, l'évolution moyenne de la plage, après implantation du brise-lames, sera caractérisée par une déformation importante dans le tracé de la laisse.

C'est donc dans le cas où le cheminement littoral est, en moyenne, peu différent de zéro, que le brise-lames peut apporter la solution la plus intéressante à un problème de défense côtière.

Mais dans le cas général, on cherchera à obtenir une protection satisfaisante, tout en évitant une déformation par trop importante du tracé de la plage au cours d'une seule tempête, tel qu'un rétrécissement dangereux à l'aval immédiat du brise-lames. Pour calibrer l'ouvrage en conséquence, il importe de connaître avec assez de précision les caractéristiques des houles, en particulier les directions et durée des tempêtes, ainsi que la fréquence des différentes directions de houle, ceci pour déterminer un coefficient de blocage qui ne soit pas dangereux pour la partie aval de la plage.

La durée d'action de la houle intervient d'une façon évidente dans la détermination des caractéristiques de l'ouvrage, puisque, en définitive, ce sont les volumes de matériaux déposés ou arrachés à la plage

qui fixent les déformations de celle-ci ; on pourra donc se permettre de rendre un ouvrage d'autant plus "efficace" que la durée des houles sera plus courte.

Il est certain que les caractéristiques de l'ouvrage assurant, d'une part la protection désirée et d'autre part un transport littoral suffisant, peuvent être incompatibles. Dans ce cas on peut rechercher dans un système de défense plus complexe une solution satisfaisante.

Remarquons enfin une propriété intéressante des brise-lames immergés qui est de mettre à profit la différence d'efficacité suivant les caractéristiques de la houle, pour assurer le transit du matériau pendant les périodes de beau temps qui compensent les irrégularités inévitables de la laisse à la suite des tempêtes et donnent ainsi une certaine latitude dans le choix des caractéristiques de l'ouvrage.

RESUME

USING A BREAKWATER FOR BEACH PROTECTION

G. Delage

This study consists of two parts :

In the first, the effect of the presence of a breakwater on the profile of a beach has been studied. The tests were preceded by a study of the kind of disturbance arising behind a breakwater, which set forth the occurrence of harmonics of the incident wave. During these tests, it was possible to observe the different kinds of breaking over the structure resulting from the characteristics of the incident wave and the layout of the structure. Three typical kinds of breaking were distinguished : a horizontal jet of water, a descending jet and partial breaking; all intermediate conditions being liable to happen.

In the second part, a study has been made of the layout of an immersed breakwater intended as a local beach protection. Great difficulties may arise in this solution, if it is affected by coastal drift prevailing in one direction. Indeed, the partial destruction of wave energy in a certain coastal area reduces the drift and this causes a more or less heavy deposit towards one end of the breakwater and consequently erosion, which may be very marked, near the other end.

In each particular study, it is necessary to seek the characteristics of the protection that will give the most favourable compromise between the protection desired and the danger of erosion.

The influence of the duration of wave action from different directions plays an important part in determining the characteristics of the structure.

It appears, therefore, that the layout of a breakwater intended to protect a local coast section without greatly changing the line of the beach is only possible if there is a small amount of drift on the average. A comprehensive knowledge of the natural conditions is required to determine the characteristics of the structure. Finally, in opposition to the principle generally agreed for other structures, it is better to build a structure that is not efficient enough rather than the contrary; otherwise there may be, in some cases, a dangerous erosion of the beach at one end of the structure.