

FRANCHISSEMENT DE BRISE-LAMES A TALUS AVEC MUR-RIDEAU

par D. VERA-CRUZ

Ingénieur Civil, spécialisé en Hydraulique maritime,
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbonne

Introduction

Au Portugal, les jetées à talus extérieur et quai accostable côté intérieur sont très répandues. La protection contre le franchissement par la houle est assurée par un mur-rideau, soit à face courbe, soit à face plane verticale, s'élevant au-dessus de la risberme qui couronne le talus (fig. 1). Le dimensionnement de ces profils et sa mise au point au laboratoire d'hydraulique mettent en jeu l'intuition et l'expérience, car l'influence relative des principaux paramètres qui gouvernent le phénomène du franchissement est inconnue. Pour mieux connaître cette influence, compte tenu des besoins des responsables de l'avant-projet et des ingénieurs chargés des essais sur modèle réduit, un programme d'essais systématiques a été élaboré, dont on présente ici les résultats. Les premiers résultats ont été publiés en 1971 [1]. Ils sont rappelés sommairement ci-dessous. On présente ensuite les résultats des derniers essais, en leur donnant un nouveau traitement.

Critère de franchissement Conditions expérimentales

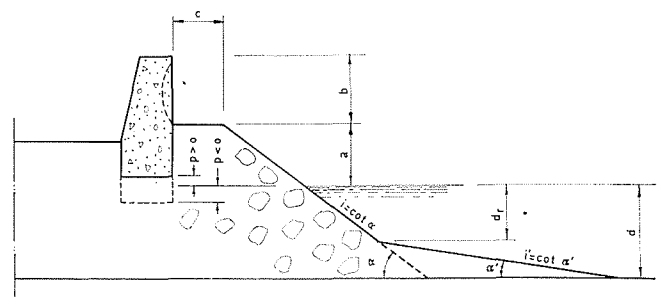
Les essais ont été soumis au critère de début de franchissement, qui correspondait à la situation où la houle montait jusqu'au sommet du mur-rideau et où l'eau commençait à glisser sur la face intérieure du mur. Les essais ont

été effectués dans un canal à houle de 34,5 m de long et 1,2 m de large. Pour contrarier les balancements transversaux, on a introduit une division longitudinale, le modèle occupant la moitié de la largeur du canal. La houle était monochromatique.

La figure 1 montre un profil général de brise-lame à talus avec mur-rideau, ainsi que les paramètres géométriques principaux.

Les essais consistaient essentiellement à mesurer, pour une profondeur d , la hauteur de la houle H (*) pour laquelle avait lieu un début de franchissement pour un profil donné.

(*) Distance entre la crête et le creux.



1/

D. VERA-CRUZ

Le problème serait résolu si l'on pouvait déterminer la relation :

$$H' = f(a, b, c, p, i, M, B, I, i', d_r, T)$$

avec

a : élévation de la risberme du talus au-dessus du niveau de l'eau au repos;

b : élévation du sommet du mur au-dessus de la risberme;

c : largeur de la risberme;

p : niveau de la base du mur relativement au niveau de l'eau;

i : pente du talus, donnée par $\cotg \alpha$;

M : géométrie de la face exposée du mur;

B : forme des blocs de talus;

I : perméabilité du massif du brise-lames;

i' : pente du fond devant le brise-lames;

d_r : hauteur d'eau sur le pied du talus;

T : période de la houle.

Concernant la géométrie du mur M , trois murs de face courbe ont été essayés, $M-C$, $M-C_a$, $M-C_b$, ainsi que le mur à face plane verticale (fig. 2).

Pour la pente du fond on a fait des essais avec fond horizontal ($d = d_r$) et incliné : $i' = 10/1$ et $i' = 20/1$. Les talus du profil ont pris trois pentes : $i = 5/4$, $i = 3/2$ et $i = 2/1$.

La hauteur d'eau d sur le fond horizontal a pris deux valeurs : $d = 34$ cm et $d = 24$ cm. Quand le fond près de l'ouvrage était incliné, on a eu $d_r = 14$ cm quand $d = 24$ cm, et $d_r = 24$ cm et $d_r = 19$ cm quand $d = 34$ cm.

On donna les valeurs suivantes à la période :

$$T = 1,27 \text{ s}; 1,57 \text{ s}; 1,84 \text{ s} \text{ et } 2,12 \text{ s},$$

quand $d = 34$ cm;

$$T = 1,0 \text{ s}; 1,31 \text{ s}; 1,67 \text{ s}; 1,84 \text{ s} \text{ et } 2,12 \text{ s},$$

quand $d = 24$ cm;

L'élévation a a pris les valeurs suivantes :

$$a = 4 \text{ cm}; 6 \text{ cm}; 8 \text{ cm}; 10 \text{ cm}; 12 \text{ cm} \text{ et } 14 \text{ cm}$$

L'élévation b a été :

$$b = 5 \text{ cm}; 7 \text{ cm}; 9 \text{ cm}; 11 \text{ cm} \text{ et } 13 \text{ cm}$$

On donna les valeurs suivantes à la largeur c de la risberme :

$$c = 6 \text{ cm}; 8 \text{ cm}; 10 \text{ cm}; 12 \text{ cm} \text{ et } 14 \text{ cm}$$

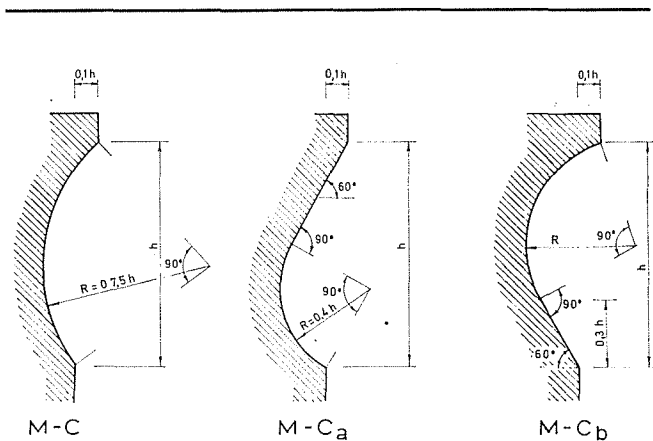
En ce qui concerne le niveau p de la fondation du mur, un ensemble de résultats n'a pas révélé de différences sensibles quand $p \leq 0$; pour $p > 0$. On constate une tendance vers le retard du début du franchissement, plus marquée quand $p/a > 0,3$. Les résultats qui vont être présentés se rapportent au cas le plus défavorable, c'est-à-dire $p \leq 0$, la plupart des essais ayant eu lieu pour $p = 0$.

On n'a pas étudié l'influence de la forme B des blocs, ni de celle de la perméabilité du massif. En effet, on a utilisé, pour former le massif, des enrochements dont la perméabilité est restée pratiquement la même pendant les essais.

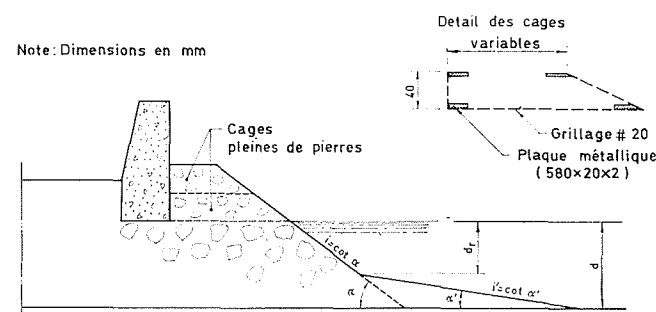
On peut alors dire que les résultats obtenus permettent, en toute rigueur, de chercher une relation de la forme :

$$H' = f(a, b, c, p, i, M, B, I, i', d_r, T)$$

compte tenu des limitations des conditions expérimentales présentées.



2/



3/

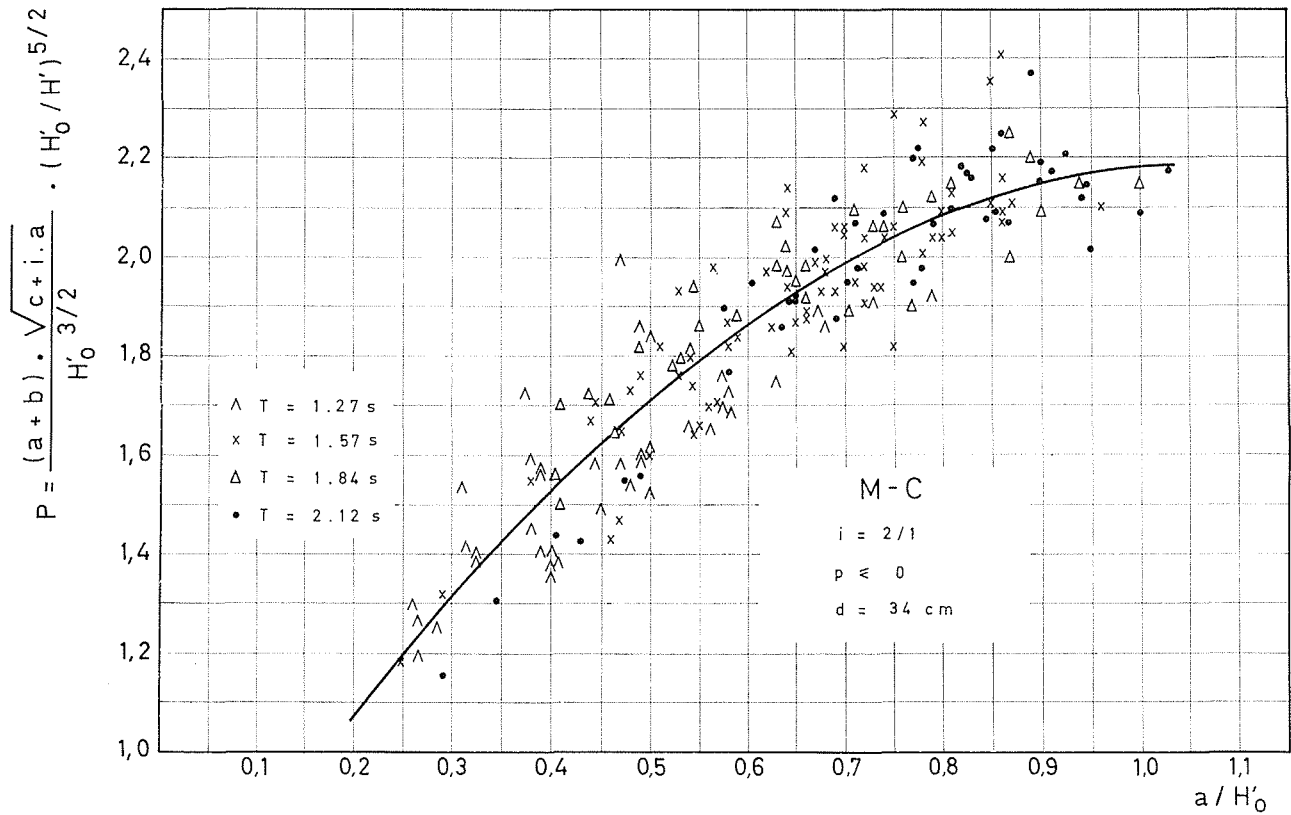
Pour accélérer les essais, on a adopté l'artifice suivant : ne dépassant pas le niveau de l'eau, il y avait un massif d'enrochements dont le talus extérieur était constitué par des éléments suffisamment lourds pour supporter la plus haute houle prévue; sur cette base, le profil était complété par des pierres plus petites (dimension moyenne : 2,5 cm). Pour que ces pierres puissent supporter l'attaque de la houle, elles étaient contenues dans des « cages » d'une structure de minces plaques d'acier soutenant un grillage dont les ouvertures étaient d'environ 2 cm \times 2 cm, à peu près. La figure 3 schématise un profil.

Les « cages » avaient une section trapézoïdale, les longueurs des bases variant de « cage » à « cage », tandis que leurs hauteurs restaient constantes (4 cm).

Les avantages d'un tel artifice consistaient surtout dans la rapide variation, pour une même pente, des dimensions a et/ou c par de simples combinaisons de « cages »; en plus, les dimensions a et c étaient reproduites avec assez de rigueur, quelle que soit la pente.

Les inconvénients des discontinuités créées par la structure métallique sont probablement plus théoriques que pratiques. Signalons, à ce propos, que le volume de la structure métallique des « cages » était inférieur à 5 % du volume extérieur des mêmes « cages ».

*
**



4/

Dépouillement des résultats

Premier dépouillement.

On a montré [1] qu'une relation de la forme :

$$P = (a + b) \sqrt{ai + c} (H'_0/H'_r)^{5/2} 1/H'_0^{3/2} = f(a/H'_0) \tag{1}$$

semble mettre en rapport de façon satisfaisante les différents paramètres, pour une même pente *i* et une même géométrie du mur M.

Dans la relation (1), *H'*₀ est la hauteur de la houle au large correspondante à la hauteur mesurée à la profondeur *d* sur fond horizontal du canal, et *H'*_{*r*} est la hauteur correspondante de la houle à la profondeur au pied du talus, *d*_{*r*}. Cela veut dire que (*H'*₀/*H'*_{*r*})^{5/2} exprime l'influence de la profondeur relative *d*_{*r*}/*L*₀. On a utilisé la théorie d'Airy pour *H*/*H'*₀ = *f*(*d*/*L*₀).

Dans la publication [1] des courbes traduisant des relations du type (1) pour *i* = 5/4 et *i* = 2/1 sont déduites pour les murs M-V, M-C, M-C_{*a*} et M-C_{*b*} dans la condition de fond horizontal. Les coefficients de corrélation pour les courbes applicables aux murs à face courbe sont plus grands (de 0,75 à 0,92) que pour les courbes relatives aux murs à face plane verticale (0,50 à 0,77).

La figure 4 montre la courbe expérimentale mettant en rapport P et *a*/*H'*₀, pour le mur M-C_{*b*}, *i* = 2/1, *d* = *d*_{*r*} = 34 cm, *p* ≤ 0, [1].

L'expression *P* = *f*(*a*/*H'*₀) n'est pas d'application commode. Elle peut être transformée. Dans [1], chaque courbe applicable aux différents murs a été transformée de la façon suivante : pour une valeur donnée de *a*/*H'*₀, on lisait la valeur de *P*; pour la même paire (*P*, *a*/*H'*₀), on faisait varier *a*, donc *H'*₀ et, pour chaque paire (*a*, *H'*₀), on calculait *P*(*H'*₀)^{3/2}; en mettant en abscisses *H'*₀ et en ordonnées *P**H'*₀^{3/2}, on obtenait une famille de courbes

$$(a + b) \sqrt{ai + c} (H'_0/H'_r)^{5/2} = f(a, H'_0) \tag{2}$$

chaque courbe correspondant à une valeur de *a*.

Nouveau dépouillement.

Du dépouillement fait en [1] résultent des graphiques d'application pratique. Toutefois, une autre transformation des relations (1) permettra une plus grande généralisation des résultats. En effet, on peut transformer (1) de la façon suivante :

$$a(1 + b/a) a^{1/2} \sqrt{i + c/a} (H'_0/H'_r)^{5/2} 1/H'_0^{3/2} = f(a/H'_0)$$

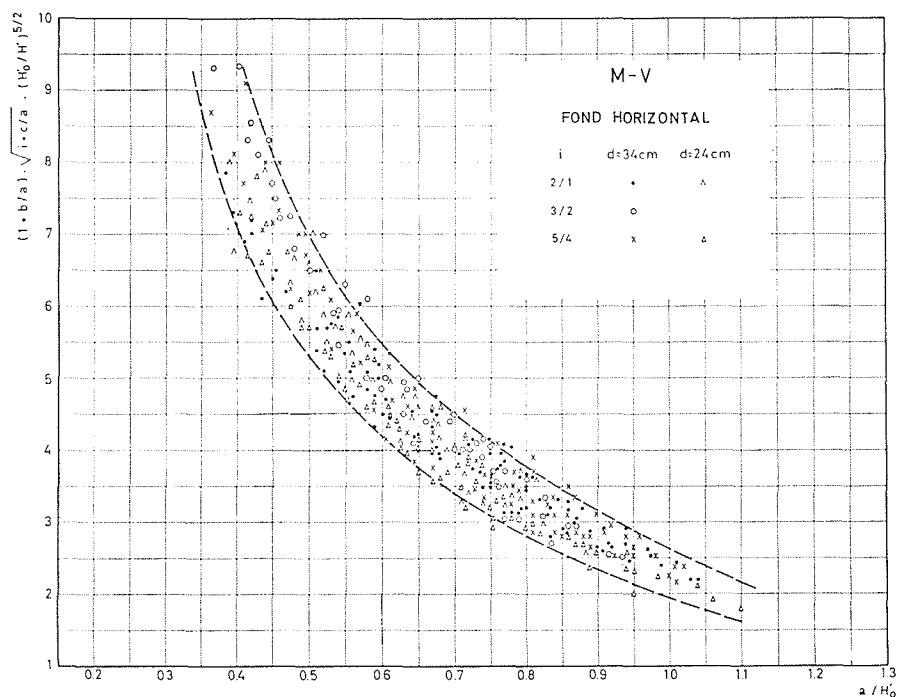
d'où :

$$V = (1 + b/a) \sqrt{i + c/a} (H'_0/H'_r)^{5/2} = f(a/H'_0) (H'_0/a)^{3/2}$$

où :

$$V = f(a/H'_0) \tag{3}$$

Les résultats des essais vont être présentés selon la relation (3).



5/

Présentation des résultats

Des résultats seront présentés pour les murs M-V, M-C et M-C_b. Les résultats concernant le mur M-C_a ne seront pas considérés, car, comme il est dit en [1], son comportement est très semblable à celui de M-C.

On considérera pour chaque mur deux groupes principaux de résultats : ceux obtenus avec fond horizontal près de l'ouvrage et ceux obtenus avec fond incliné. Pour chaque groupe, on indique les variations des principaux paramètres.

Essais sur le mur M - V

Fond horizontal.

Domaine de variation de paramètres :

d/L_0 : huit valeurs, de 0,034 à 0,154;

H'_0/L_0 : variant de 0,0075 à 0,072, à peu près;

b/a : variant de 5/14 à 13/4;

c/a : variant de 6/14 à 14/4;

d/H' : variant de 2 à 7.

Il est évident qu'on n'a pas pu faire toutes les combinaisons des valeurs expérimentées.

De toute façon, le nombre d'essais pour M-V est monté à 406. Les points expérimentaux sont représentés sur la figure 5. Les points correspondants à des pentes de $i = 2/1$, $i = 3/2$ et $i = 5/4$ présentent une dispersion

expérimentale et forment un nuage, qui se tient entre des courbes limites. Si l'on considère une courbe moyenne, on constatera que l'écart maximal de a/H'_0 est de l'ordre de 10 %.

Fond incliné près de l'ouvrage.

Domaine de variation de paramètres :

d_r/L_0 : neuf valeurs, de 0,032 à 0,09;

H'_0/L_0 : variant de 0,09 à 0,067;

b/a : variant de 5/8 à 13/4;

c/a : variant de 6/8 à 12/4;

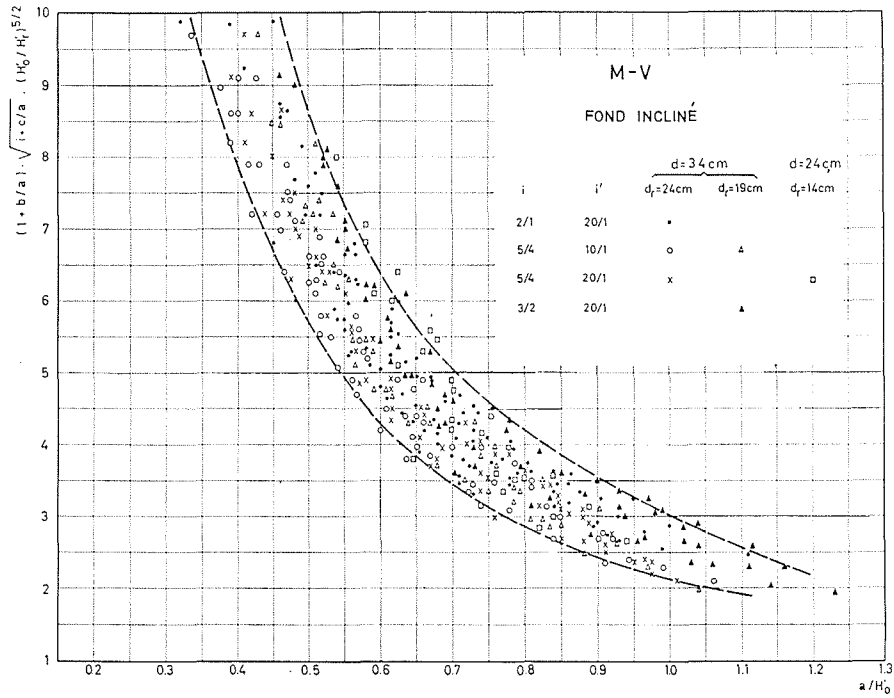
d_r/H'_r : variant de 1,5 à 4,5.

Nombre d'essais : 455.

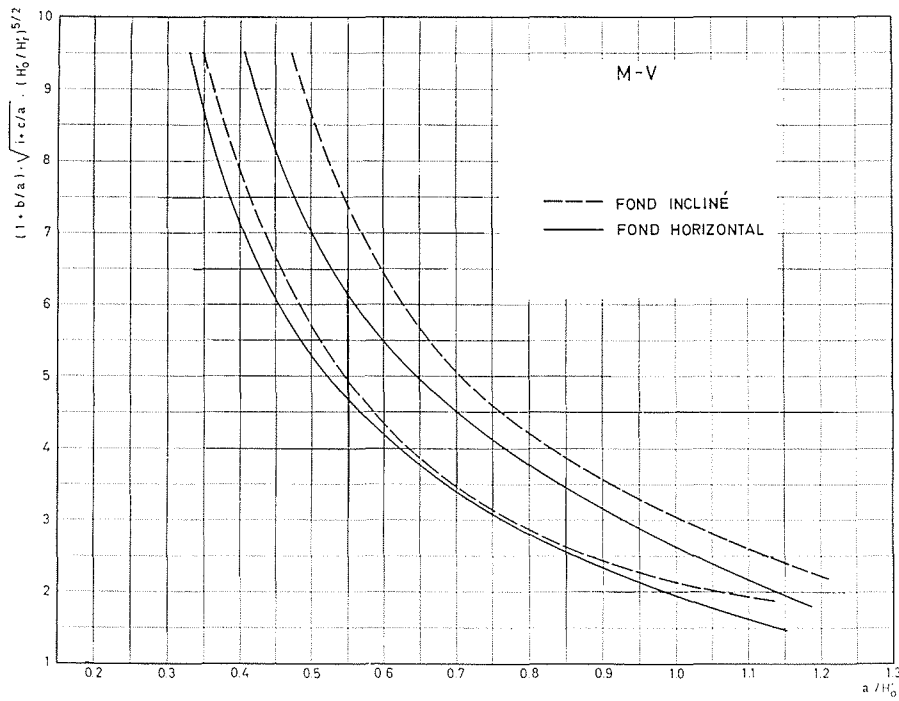
La figure 6 condense les résultats. L'écart des points est un peu plus marqué et la dispersion semble traduire une certaine influence de la pente. En effet, on pourrait accepter deux ensembles de résultats : l'un concernant la pente $i = 5/4$, l'autre les pentes $i = 3/2$ et $i = 2/1$. Toutefois, l'écart maximal de a/H'_0 relativement à une courbe moyenne étant d'environ 15 %, il est plus simple de considérer ces points comme formant un seul ensemble.

Influence de l'inclinaison du fond.

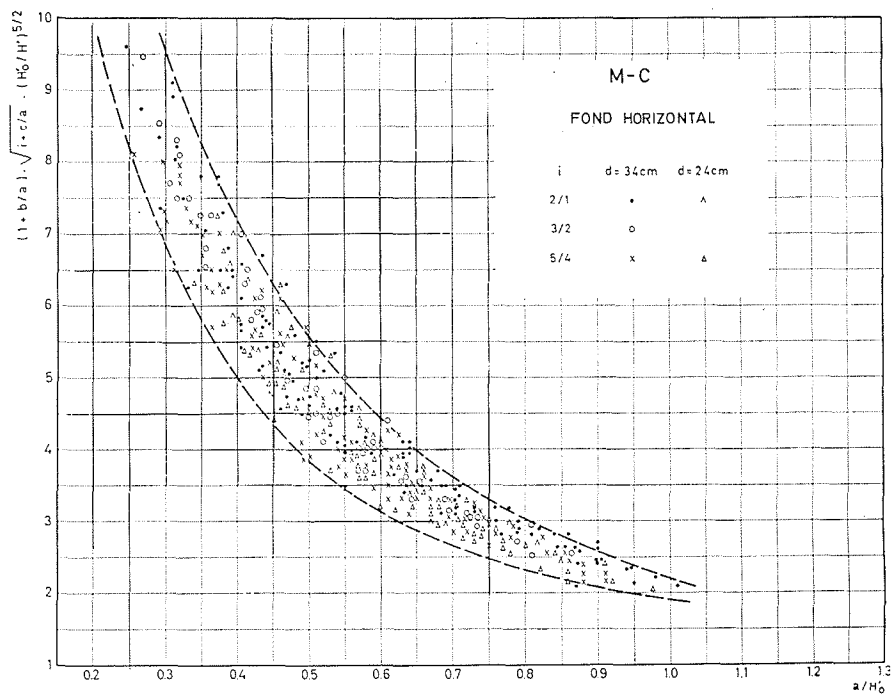
Si l'on compare (fig. 7) les courbes limites des figures 5 et 6, on voit que, pour la même valeur de V, les valeurs correspondantes de a/H'_0 sont plus grandes quand le fond est incliné que quand il est horizontal. Un même ouvrage sera donc plus franchissable si le fond est incliné.



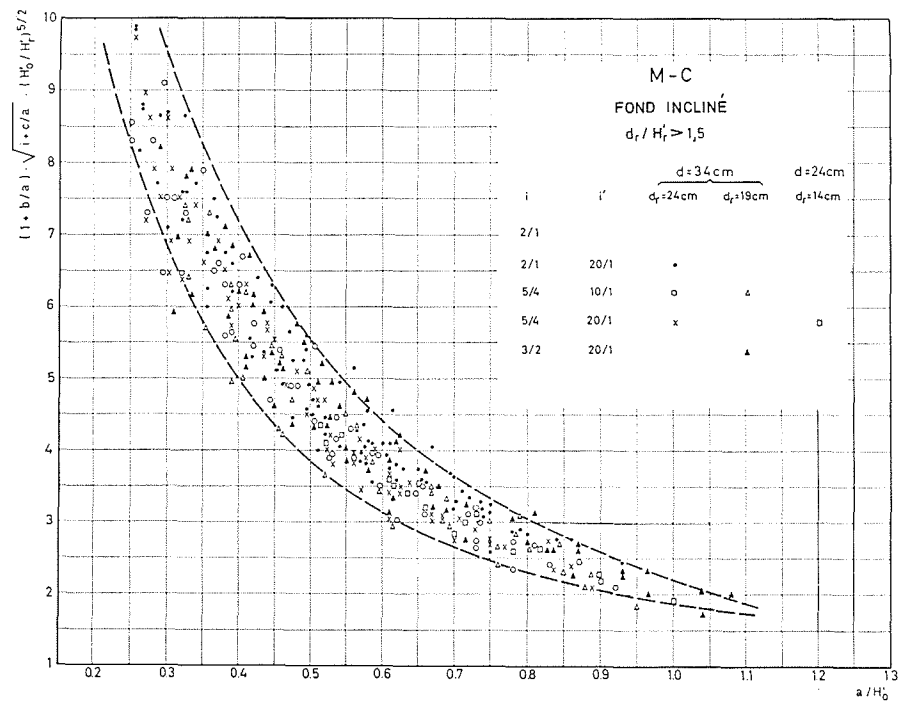
6/



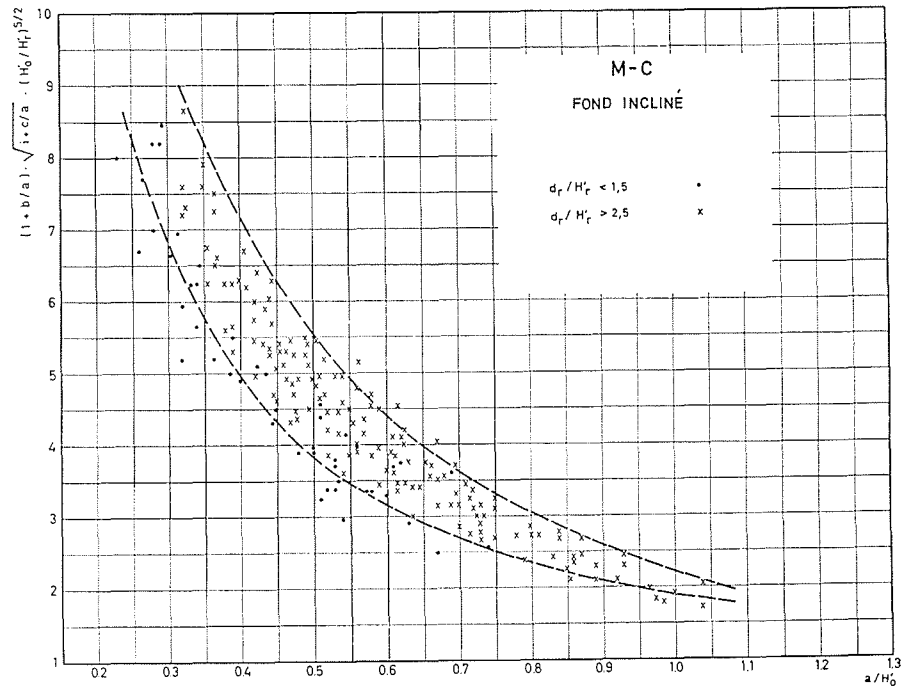
7/



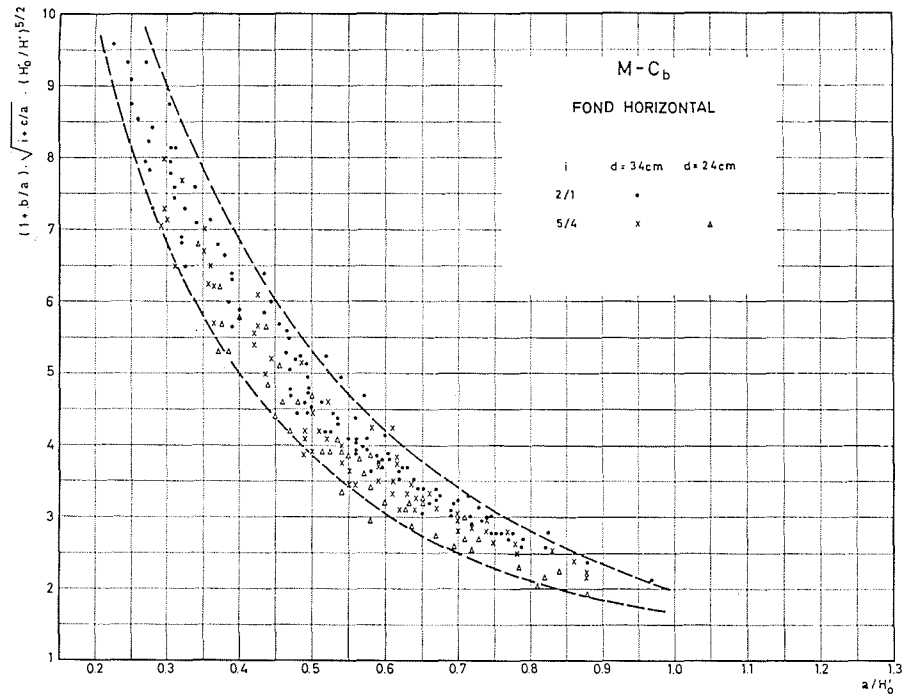
8/



9/



10/



11/

Fond horizontal.

Domaine de variation de paramètres :

d/L_0 : huit valeurs, de 0,034 à 0,154;

H'_0/L_0 : variant de 0,008 à 0,067;

b/a : variant de 5/14 à 13/4;

c/a : variant de 6/14 à 14/4;

d/H' : variant de 2 à 5,2.

Nombre d'essais : 370.

La figure 8 montre les points expérimentaux et les courbes limites du nuage de dispersion. Si l'on prend une courbe moyenne, on peut voir que l'écart maximal de a/H'_0 est d'environ 15 %.

Fond incliné près de l'ouvrage.

Domaine de variation de paramètres :

d_r/L_0 : neuf valeurs, de 0,32 à 0,09;

H'_0/L_0 : variant de 0,008 à 0,066;

b/a : variant de 5/10 à 13/4;

c/a : variant de 6/10 à 14/4;

d_r/H'_r : variant de 1,5 à 3,6.

Nombre d'essais : 410.

La figure 9 montre le nuage de points. On peut faire sur la dispersion et sur l'écart maximal les mêmes considérations que pour les résultats donnés sur la figure 8.

Influence de l'inclinaison du fond.

On peut constater que les courbes limites sont pratiquement les mêmes sur les figures 8 et 9. Cela signifie qu'il n'y a pas d'influence sensible de l'inclinaison du fond avec le mur M - C, contrairement à ce qui se passe avec le mur M - V.

Influence du quotient d_r/H'_r .

Outre les résultats montrés sur la figure 9, on en a obtenu d'autres pour le cas $d_r/H'_r \leq 1,5$, cas où la majorité des déferlements se produisaient près de l'ouvrage (d_r/H'_r variant de 1,1 à 1,5).

La figure 10 montre que, pour $d_r/H'_r \leq 1,5$, les points expérimentaux tendent à se placer autour de la courbe limite inférieure de la figure 9. On peut comparer sur la figure 10 la disposition des points pour $d_r/H'_r \leq 1,5$ avec ceux correspondant à $d_r/H'_r > 2$.

Essais sur le mur M - C_b**Fond horizontal.**

Avec le mur M - C_b, on n'a fait que des essais avec fond horizontal. Les points expérimentaux sont marqués sur la figure 11. Les variations des paramètres sont pratiquement les mêmes que pour le mur M - C avec fond horizontal.

En observant les figures qui traduisent les différents groupes d'expériences, on voit qu'une bonne corrélation existe entre les deux variables choisies, c'est-à-dire V et a/H'_0 , la variation $V = f(a/H'_0)$ pour chaque groupe décélant, essentiellement, l'influence de la géométrie du mur correspondant, celle des paramètres adimensionnels b/a et c/a , celle de la pente i et celle de la profondeur relative d/L_0 à travers la relation $(H'_0/H'_r)^{5/2} = f(d/L_0)$ donnée par la théorie d'Airy.

Influence de l'inclinaison du fond (i').

Les essais ont montré que des différences sensibles apparaissent selon que le fond est horizontal ou incliné ($i' = 10/1$ et $i' = 20/1$), avec le mur M - V, (fig. 7), tandis que pour le mur M - C aucune influence de i' n'est apparente. On interprète cette constatation comme traduisant l'effet de la déformation de la houle par le fond incliné, plus forte pour les petites profondeurs. Cet effet sera probablement contrarié par les murs courbes, tandis que, dans le cas du mur vertical, le franchissement peut être facilité par la formation de gerbes.

Influence de la relation d_r/H'_r .

L'influence de d_r/H'_r n'a pas été suffisamment expérimentée. Pour le mur M - C, la figure 10 montre que quand $d_r/H'_r \leq 1,5$, il y a une tendance à la dispersion des points au voisinage de la courbe limite inférieure c'est-à-dire, vers une plus grande opposition aux franchissements. Ceci s'explique par le fait que, pour $d_r/H'_r \leq 1,5$, la houle déferle ou s'approche du déferlement.

Pour M - V, les résultats relatifs à $d_r/H'_r \leq 1,5$ sont en nombre insuffisant pour déceler aucune tendance. Toutefois, on admet que pour le mur M - V, l'effet favorable du déferlement puisse être contrarié par l'effet de la déformation de la houle, plus sensiblement quand le déferlement a lieu plus près de l'ouvrage.

Influence de la géométrie du mur.

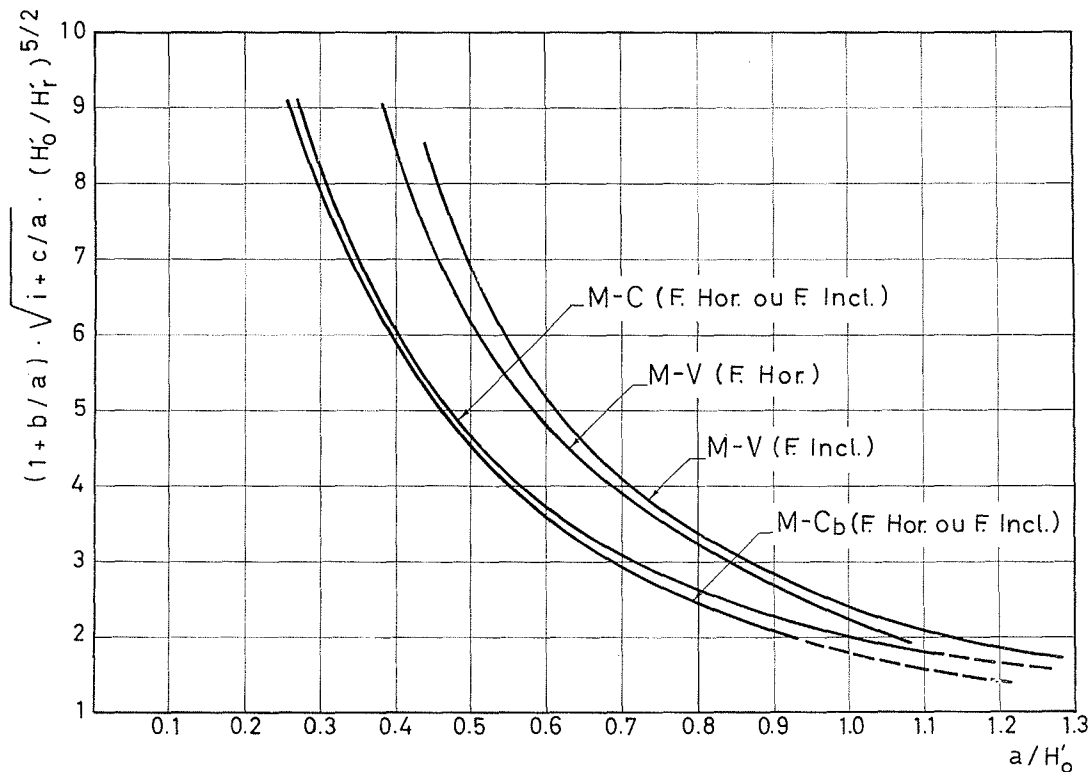
Pour comparer le fonctionnement des murs essayés, on va prendre la courbe moyenne de chaque nuage de points expérimentaux (fig. 12). Comme on l'a déjà dit, des essais ont montré que le mur M - C_a se comporte de façon semblable au mur M - C, avec cependant une tendance à être un petit peu plus franchissable. Etant donné le parallélisme des nuages des points des figures 8 et 11, il semble raisonnable d'admettre que le comportement du mur M - C_b, comme celui de M - C, n'est pas affecté par l'inclinaison du fond. Si, dans la figure 12 on lit pour la même valeur de V les valeurs correspondantes de a/H'_0 , les relations entre les différentes valeurs de a/H'_0 donnent une idée de l'efficacité relative des différents murs.

Supposons le cas du fond horizontal, des profils se différenciant seulement par la géométrie du mur, et soit $V = 3$. En représentant par $H'_0(V)$, $H'_0(C)$ et $H'_0(C_b)$ la hauteur de la houle supportée à la limite par les murs M - V, M - C et M - C_b, on a :

$$H'_0(V)/H'_0(C) = 0,71/0,84 = 0,85$$

$$H'_0(C)/H'_0(C_b) = 0,69/0,71 = 0,97$$

$$H'_0(V)/H'_0(C_b) = 0,82$$



12/

Si le fond est incliné, on a :

$$H'_0(V)/H'_0(C) = 0,71/0,87 = 0,81$$

Il est intéressant de constater que l'efficacité relative du mur M - V baisse quand V augmente.

Influence conjuguée de la pente (i) et de la largeur de la risberme (c).

Considérons les courbes moyennes de la figure 12, et soient 1 et 2 des profils se différenciant seulement par la pente du talus, i_1 étant la pente du profil 1 et i_2 celle du profil 2.

Si $i_1 > i_2$, il en résulte $V_1 > V_2$, $(a/H'_0)_1 \leq (a/H'_0)_2$ et $(H'_0)_1 > (H'_0)_2$, c'est-à-dire que le profil de pente plus douce est moins franchissable.

Si maintenant on fait varier c de façon que

$$i_1 + c_1/a = i_2 + c_2/a,$$

ou $c_2 = c_1 + (i_1 - i_2) a$, il viendra $V_1 = V_2$ et $(H'_0)_1 = (H'_0)_2$, ce qui traduit une compensation de l'effet de la pente par la variation de la largeur c de la risberme.

Validité des courbes moyennes.

On a admis une courbe moyenne pour représenter chaque groupe de résultats. Ce procédé s'est révélé commode pour la discussion et l'interprétation des résultats, mais sa rigueur dépend de la nature de la dispersion des résultats. En effet, quoique les écarts observés puissent être considérés comme très acceptables (10 à 15 % au maximum par rapport à la courbe moyenne), il y a des groupes de

résultats où une certaine dispersion autre que la dispersion expérimentale est constatée. Cet effet est plus marqué pour les groupes de résultats concernant les murs courbes, en particulier le mur M - C_b (fig. 11), surtout pour les valeurs les plus basses de V (disons, $V < 5$). En effet, on note une tendance vers une ségrégation des résultats lorsque $i = 5/4$. Cette observation doit être présente à l'esprit des utilisateurs des courbes moyennes de la figure 12.

Influence de la forme des blocs du talus.

Comme on a seulement essayé des enrochements naturels, il se pose la question de l'application des résultats aux blocs artificiels (cubes, tétrapodes, etc.). Dans l'article précédent [1], on compare ces résultats avec des résultats d'essais sur différents profils de brise-lames à tétrapodes, les murs étant soit verticaux, soit courbes, et on montre qu'il y a une concordance très acceptable.

On pense que l'obstacle constitué par le mur qui traverse la carapace agit dans le sens d'une annulation des différences qui pourraient résulter des différences de perméabilité des couches.

Influence de la cambrure de la houle.

La cambrure est un paramètre couramment utilisé comme variable principale dans les études de « run-up ». On admet que la profondeur relative a aussi une influence, mais cette influence n'a pas encore été quantifiée, cette difficulté s'expliquant par la grande dispersion des résultats d'essais [2]. Dans le dépouillement des résultats présentés ici, c'est le contraire : ils montrent bien l'influence de la profondeur relative, mais pas celle de la cambrure, qui est masquée par la dispersion des résultats. Mais vu que les écarts des résultats relativement aux courbes moyennes ne sont pas grands,

D. VERA-CRUZ

comme on l'a montré, il est concevable que l'importance de la cambrure dans le franchissement de brise-lames à mur-rideau soit limitée.

Influence des relations c/a et b/a .

Supposons un profil défini par $i = 2/1$, $a_1 = 8$, $b_1 = 4$, $c_1 = 4$, et, pour simplifier, à une profondeur relative telle que $H'_0/H'_r = 1$. Alors on a

$$V_1 = (1 + 4/8) \sqrt{2 + 4/8} = 2,37$$

Supposons qu'on coupe le sommet du talus premièrement de 2, puis de 4 (*), sans changer la cote du sommet du mur. On aura, respectivement :

$$a_2 = 6, \quad b_2 = (4 + 2) = 6, \quad c_2 = 4 + 2i = 8$$

et :

$$a_3 = 4, \quad b_3 = (4 + 4) = 8, \quad c_3 = 4 + 4i = 12$$

d'où :

$$V_2 = (1 + 6/6) \sqrt{2 + 8/6} = 3,64$$

$$V_3 = (1 + 8/4) \sqrt{2 + 12/4} = 6,7$$

Calculons maintenant, en utilisant les courbes moyennes de la figure 12, la hauteur de début de franchissement pour les trois profils, pour les murs M - V et M - C, dans le cas de fond horizontal :

		$V_1 = 2,37$	$V_2 = 3,64$	$V_3 = 6,7$
M - V	a/H'_0	0,96	0,73	0,47
	H'_0	8,3	8,2	8,5
M - C	a/H'_0	0,86	0,61	0,36
	H'_0	9,3	9,8	11,1

(*) 2 et 4 unités de longueur.

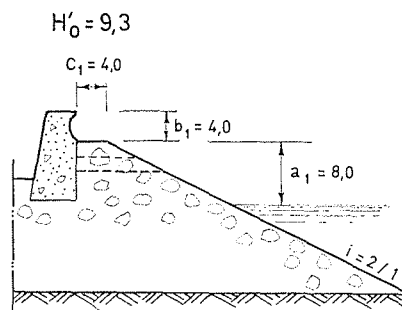
Le tableau montre que, tandis que pour le mur M - V les variations de H'_0 ne sont pas significatives, elles le sont pour M - C. La figure 13 montre schématiquement les profils imaginés avec le mur M - C et la hauteur calculée de la houle. On y voit que, du point de vue du franchissement, un profil moins lourd (profil 3) peut se comporter mieux que d'autres plus lourds (profils 1 et 2). Toutefois, il reste des problèmes de stabilité — soit du mur, soit des blocs de la berme du talus — à prendre en considération au moment du choix de la solution la plus équilibrée.

Conclusion

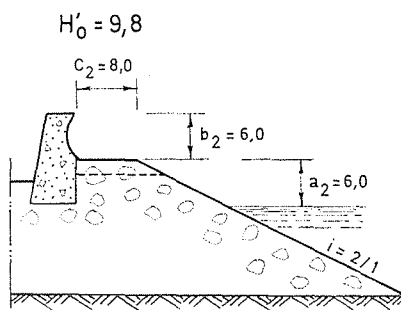
Les essais ont couvert une large gamme de variables, et l'on a fait subir de grandes variations à quelques-unes de ces variables. Des paramètres qui n'ont pas été suffisamment expérimentés sont, parmi d'autres, la perméabilité du massif, la nature et la forme des blocs de la carapace et le rapport *profondeur au pied de l'ouvrage/amplitude de la houle*. On fournit des indications qui montrent que l'effet de la perméabilité et celui de la forme et de la nature des blocs sont probablement peu importants. Pour les murs à face courbe, les résultats devront être considérés comme applicables quand $d_r/H'_r > 1,5$. Pour $d_r/H'_r < 1,5$, les résultats présentés seront probablement conservateurs. Pour le mur vertical, les résultats seront valables pour $d_r/H'_r > 2$. Quand $d_r/H'_r < 1,5$, des gerbes peuvent se former et masquer le phénomène du franchissement du mur vertical. De même, la plus grande vulnérabilité des murs verticaux quand le fond près de l'ouvrage est incliné, est probablement la conséquence des gerbes produites par la plus grande instabilité de la houle sur fond incliné. Il est intéressant de noter que les murs courbes ne semblent pas être affectés par l'inclinaison du fond.

Malgré ces lacunes, on considère que les buts des essais ont été atteints : l'auteur des avant-projets a maintenant une meilleure connaissance de l'influence relative de paramètres importants, comme la profondeur relative, la forme du mur et la géométrie du profil, et l'ingénieur chargé des essais sur modèle pourra plus facilement choisir les cor-

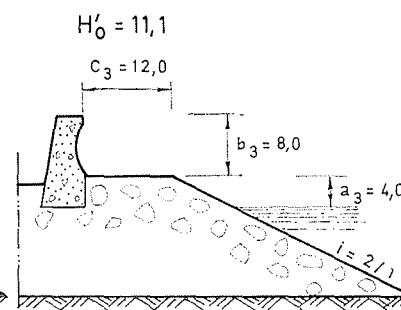
PROFIL 1



PROFIL 2



PROFIL 3



rections à introduire pour améliorer le fonctionnement d'un profil donné.

Concernant la nature de la dispersion des résultats, il semble qu'elle est essentiellement expérimentale pour le mur vertical. Pour les murs courbes, il y a apparemment une dispersion traduite par une ségrégation des résultats pour le talus le plus raide ($i = 5/4$), par rapport à l'ensemble des résultats pour $i = 2/1$ et $i = 3/2$. Il résulte d'une telle ségrégation (fig. 8, 9 et 11) que l'application des courbes moyennes sera conservatrice pour les pentes très raides, et le contraire pour les pentes moins raides. En toute rigueur, on devra utiliser une courbe pour les pentes raides ($i < 4/3$, par ex.) et une autre pour les pentes moins raides ($i > 4/3$). Quelques résultats d'essais pour $i = 3/1$ semblent appuyer cette recommandation.

L'auteur remercie d'avance tous ceux qui voudront bien faire des critiques à cet article et lui fournir des résultats d'essais qui puissent aider à mieux interpréter les résultats qui viennent d'être présentés.

Références

- [1] VERA-CRUZ (D.). — "Quebra-Mares de Estrutura Mista", Memória 378, *Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, Lisboa (1971).
- [2] HUDSON (R. Y.). — "Laboratory Investigation of Rubble-Mound Breakers", A.S.C.E., *Waterways and Harbors Division*, vol. 85, n° WW3 (Sept. 1959).

