

CLOVIS MARCOU

Université de Grenoble I
Institut de Mécanique

REMARQUES GÉNÉRALES SUR L'ASPECT EXPÉRIMENTAL DES ÉTUDES DE LA PROPAGATION DE LA HOULE SUR DES OBSTACLES — CAS PARTICULIER DU DIAPHRAGME

Table des matières: 1. Aperçus généraux sur les études d'obstacles dans la houle, 2. Remarques générales sur le cas du diaphragme; Streszczenie; Summary; Bibliographie.

1. APERÇUS GÉNÉRAUX SUR LES ÉTUDES D'OBSTACLES DANS LA HOULE

„Houles et obstacles” constitue l'un des thèmes généraux de recherche sur la houle, depuis des années aux Laboratoires de Grenoble. Ces obstacles représentent des discontinuités géométriques, épaisses ou minces, immergées ou semi-immersées; tels sont:

1. Les seuils épais et les écrans minces immergés.
2. Les pontons et les écrans minces semi-immersés.
3. Les diaphragmes minces ou épais (combinaison du ponton et du seuil épais).

Un certain nombre de travaux publiés à Grenoble ont porté sur ces différents aspects; nous allons énumérer, en les passant rapidement en revue, les principales publications qui ont jalonné ces recherches. Voyons pour la catégorie 1.

Nous avons demandé à Jolas [4] d'étudier la propagation d'une houle, plane périodique sur un seuil rectangulaire de longueur limitée (schéma a de la fig. 1). Dans le même temps, Takano [14], chercheur japonais en stage à notre Laboratoire, traitait essentiellement l'aspect théorique du problème et les travaux grenoblois donnaient lieu à des confrontations avec les résultats de: Newman, J. N. [13].

Nous avons confié ensuite à Mme Witkowska [9, 10, 15] l'étude de la propagation d'une houle plane périodique sur un seuil semi-infini (schéma b de la fig. 1). Cette étude a permis de mettre en évidence la modification du spectre de la houle sur le seuil et en particulier un très net renforcement de l'harmonique de période $T/2$. De plus, on s'est préoccupé dans

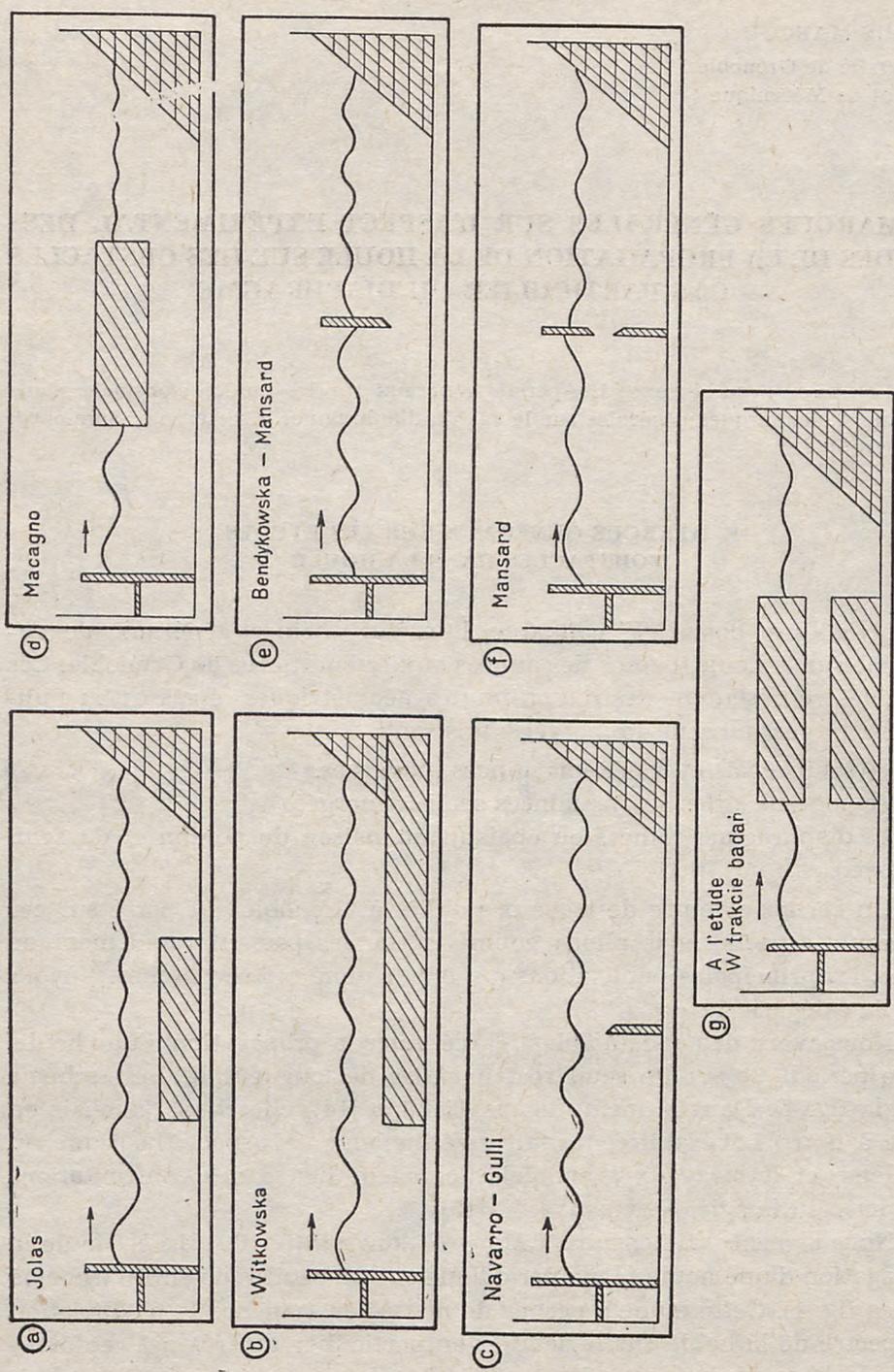


Fig. 1. Étude d'obstacles dans la houle — Grenoble
 Ryc. 1. Badania przeszkód w ruchu falowym przeprowadzone w Grenoble

cette recherche de l'influence des profils de raccordements entre le fond normal du canal et le plan du seuil; différents profils de raccordement ont été expérimentés. Ces travaux ont donné lieu à des discussions dans Takano [15].

C'est Navarro [12] que nous avons chargé d'aborder la question de l'écran mince immergé (schéma c de la fig. 1) et principalement l'étude de l'influence de la cambrure γ , de la profondeur relative H/λ , de la hauteur relative de l'écran, sur les coefficients de transmission et de réflexion de l'écran; il a été trouvé que la transmission évolue en raison inverse de la cambrure γ , de la hauteur relative de l'écran D/H , et dans le même sens que la profondeur relative H/λ ; quant à la réflexion, on a trouvé qu'elle variait en raison inverse de la cambrure et de la profondeur relative et dans le même sens que la hauteur relative de l'écran. Gulli [3] a abordé théoriquement ce problème dans le cas des ondes longues, ou de l'eau peu profonde.

Dans la catégorie 2, E.O. Macagno [5] a étudié les transformations de la houle par propagation sous un caisson (schéma d de la fig. 1) parallélépipédique partiellement immergé. L'étude théorique et les résultats expérimentaux concernant les coefficients de transmission et de réflexion concordent assez bien pour les ondes longues de quelques mètres, les caissons longs, et les hauteurs élevées du passage en charge (valeurs élevées de λ , l et h).

Dans cette catégorie des obstacles semi-immergés, prennent place les études concernant l'écran semi-immergé (schéma e de la fig. 1) abordées dans un premier temps au cours d'un stage aux Laboratoires par G. Bendykowska [1] et poursuivies par E. Mansard [6]. Les résultats expérimentaux sont confrontés avec les théories de Ursell, Wiegel et Mei and Black. La comparaison dans l'ensemble est satisfaisante; toutefois, les écarts avec les prévisions de Wiegel sont importants.

En ce qui concerne la dernière catégorie 3, nous avons confié à E. Mansard [6, 7] l'étude concernant les diaphragmes, tout particulièrement les diaphragmes minces (schéma f de la fig. 1). Dans cette étude, a été mise en évidence l'influence de la cambrure $2A/\lambda$ de la houle incidente, de la profondeur relative H/λ , de la profondeur relative de l'axe du diaphragme $\frac{h}{\lambda}$, de l'ouverture relative $2a/h$ sur les coefficients de transmission et de réflexion du diaphragme. Les concordances avec les différentes théories de Mei and Black [16], Tuck [2], Guiney [11] et Wiegel [17] sont assez satisfaisantes dans l'ensemble, mais nécessitent un certain nombre de réserves, à cause du nombre limité des essais.

Enfin, il faut signaler l'intérêt que nous portons au deuxième dispositif de la catégorie 3 qui combine le „dock flottant fixe” de Macagno et

le seuil rectangulaire immergé de Jolas. On espère des résultats acceptables en partant des solutions de Guiney et de Mei et Black qui prennent en compte l'épaisseur dans l'étude des diaphragmes minces (schéma g de la fig. 1).

Remarques générales :

Toutes les études précédentes concernent :

- des houles planes et par conséquent limitées en cambrure,
- des houles rigoureusement périodiques.

2. REMARQUES GÉNÉRALES SUR LE CAS DU DIAPHRAGME

On peut revenir sur le cas du diaphragme, qui a fait l'objet d'une recherche récente aux Laboratoires de Grenoble. Le problème se présente schématiquement comme dans la fig. 2.

Une houle plan périodique de période T , produite par un générateur à l'extrémité amont d'un canal horizontal rempli d'une hauteur d'eau H , se propage en direction d'une plage amortisseuse placée à extrémité aval.

Dans la partie moyenne du canal, cette houle franchit un dispositif en forme de diaphragme d'ouverture variable $2a$ dont l'axe se trouve à une position h variable entre le fond du canal et la surface libre; ce dispositif est en „mince paroi” et à bords biseautés (comme ceux d'un diaphragme de mesure dans une conduite en charge).

Dans un tel dispositif une partie de la houle incidente produite par le générateur est réfléchiée par les parois du diaphragme vers le générateur; une autre partie est transmise à travers le diaphragme à destination de la plage amortisseuse qui, à son tour, en réfléchit une part, plus ou moins négligeable vers l'amont; enfin, une part variable de l'énergie de ces houles est détruite sur le dispositif et dans son voisinage immédiat.

2.1. Analyse dimensionnelle. Variables du problème

On peut recenser les différentes grandeurs intervenant dans cette étude: ce sont (Fig. 3):

- $2A_{00}$ — l'amplitude de la houle incidente produite par le batteur,
- $2A_{10}$ — l'amplitude de la houle réfléchiée par le diaphragme,
- $2A_{01}$ — l'amplitude de la houle transmise par le diaphragme,
- $2A_{11}$ — l'amplitude de la houle réfléchiée par la plage (quand elle n'est pas négligeable),
- λ — la longueur d'onde ou T la période correspondante,

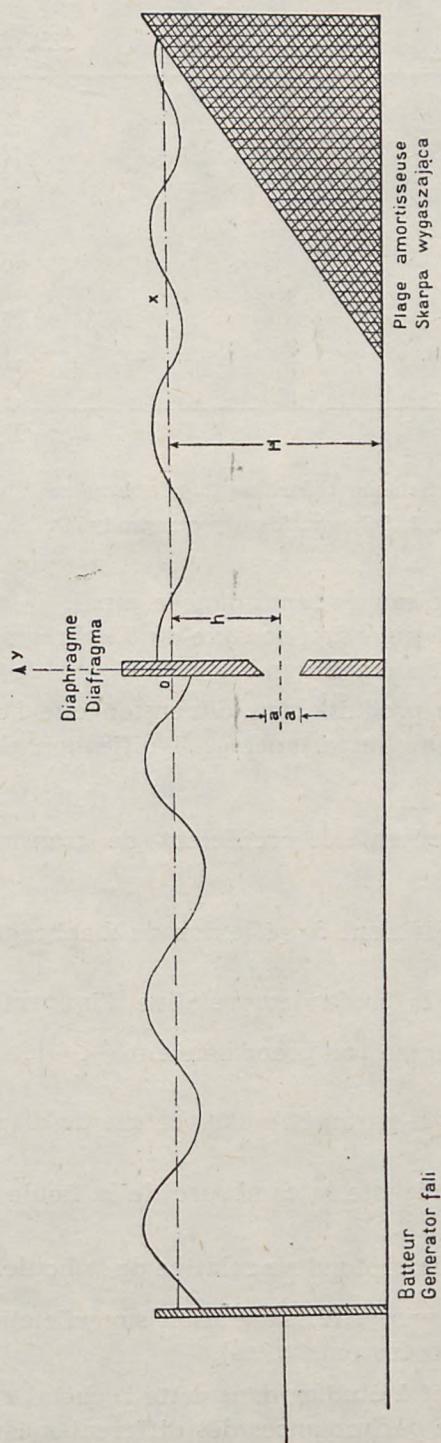


Fig. 2. Schéma du dispositif expérimental

Fig. 2. Schéma du dispositif expérimental

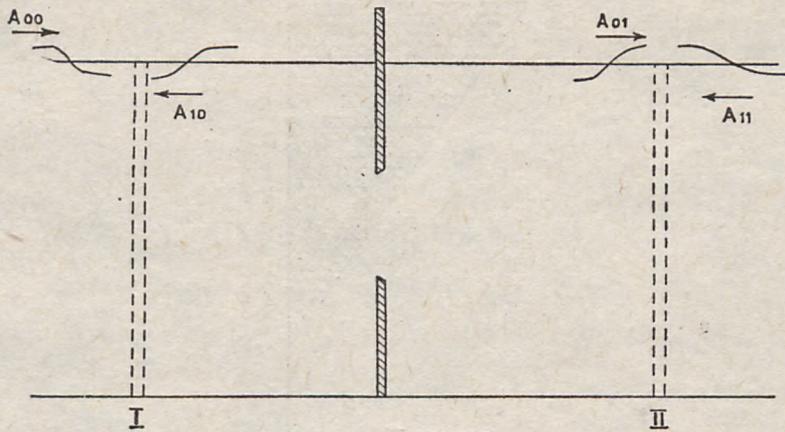


Fig. 3. Schéma théorique du diaphragme
Ryc. 3. Schemat ideowy przegrody

- H — la hauteur d'eau au repos dans le canal,
h — la hauteur d'immersion de l'axe du diaphragme,
2a — l'ouverture du diaphragme.

Parmi les différents produits sans dimension que l'on peut former, on peut retenir 6 ayant une importance et signification physique intéressante; il s'agit de:

$\frac{2A_{01}}{2A_{00}} = T$, qui représente le coefficient de transmission du diaphragme,

$\frac{2A_{10}}{2A_{00}} = R$, qui le coefficient de réflexion du diaphragme,

$\frac{h}{\lambda}$, qui est la profondeur relative d'immersion de l'axe du diaphragme (on prend souvent $\frac{2\pi h}{\lambda}$),

$\frac{2a}{h} = \mu$, qui est le paramètre d'ouverture du diaphragme,

$\frac{2A_{00}}{\lambda} = \lambda_{00}$ qui représente la cambrure de la houle incidente,

$\frac{H}{\lambda}$, qui est la profondeur relative de la houle.

(La température, la viscosité, la tension superficielle et la masse volumique sont supposées constantes).

Ce qui est intéressant à étudier dans cette recherche à beaucoup de points de vue, ce sont les performances des différentes configurations du

diaphragme, c'est-à-dire ses qualités de transmission et de réflexion. Notons que, dans les nombres sans dimensions retenus, T , R , $\frac{h}{\lambda}$ ou $\frac{2\pi h}{\lambda}$, et μ caractérisent le dispositif particulier du diaphragme, alors que γ_{00} et $\frac{H}{\lambda}$ sont des paramètres généraux de la houle. C'est ainsi que dans l'étude expérimentale effectuée aux Laboratoires de Grenoble, on a été conduit à établir des diagrammes expérimentaux:

$$T\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right), T(\mu), T(H/\lambda), \text{ et } T(\lambda_{00})$$

$$R\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right), R(\mu), R(H/\lambda), \text{ et } R(\lambda_{00})$$

2.2. État de la question du point de vue théorique.

L'objectif de Mansard n'était pas d'étudier spécialement l'aspect théorique du problème: il s'agissait essentiellement pour notre chercheur d'utiliser des résultats théoriques existants, actuellement disponibles, pour pouvoir interpréter ses expériences.

Les auteurs comme Tuck [16], Guiney [2], Mei et Black [11] et Wiegel [17] ont conduit les développements théoriques jusqu'aux expressions des coefficients de transmission et de réflexion. La figure 4 montre la variation de T en fonction de h/λ suivant la théorie de TUCK et suivant la théorie de Guiney. On peut voir que les courbes, paramétrées en $\mu = \frac{2a}{h}$ divergent progressivement suivant les deux auteurs, à partir de la valeur $h/\lambda = 0,10$ environ et au-dessus (rappelons que h/λ est la profondeur relative d'immersion de l'axe du diaphragme). D'autre part, on peut voir que pour les valeurs petites de $\mu = \frac{2a}{h}$, les courbes concernant les deux théories sont confondues. Les prévisions de Tuck représentent l'approximation de la petite ouverture (ligne pointillée) tandis que celles de Guiney sont construites à l'aide de valeurs obtenues par intégration numérique de la formule exacte de Guiney. Rappelons que la théorie de Tuck et celle de Guiney concernent la profondeur infinie. On peut noter un détail intéressant: pour $\mu = \frac{2a}{h} = 1$ (soit une grande ouverture égale à 2 fois la profondeur d'immersion du bord supérieur du diaphragme) on voit sur le diagramme que l'approximation de la petite ouverture reste confondue avec la théorie exacte et cela jusqu'au maximum de transmis-

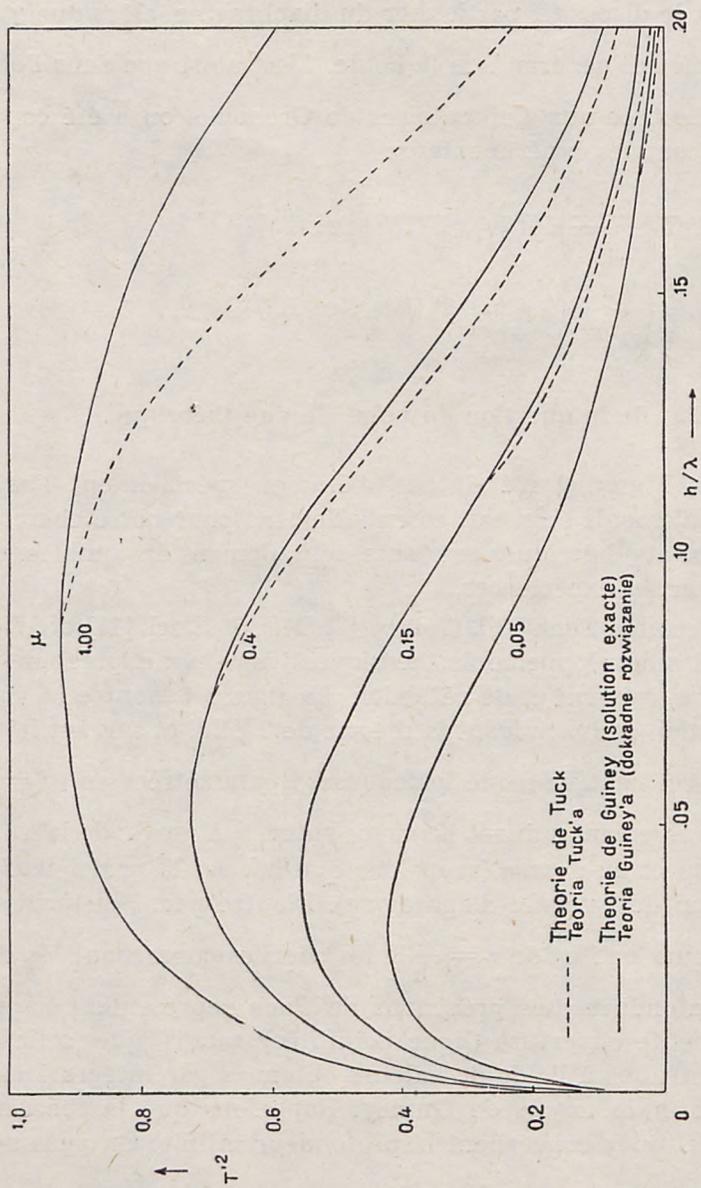


Fig. 4. Courbes théoriques de variation du coefficient de transmission T en fonction de $\frac{h}{\lambda}$

Ryc. 4. Teoretyczne krzywe zmian współczynnika transmisji T w funkcji stromości fali $\frac{h}{\lambda}$

sion et à peu près jusqu'à $\frac{h}{\lambda} = 0,1$; il est vrai qu'au-delà, les résultats donnés par les deux théories divergent fortement.

Les courbes théoriques données par Mei et Black en profondeur finie (fig. 5) concernent $R\left(\frac{2\pi a'}{\lambda}\right)$ et $T\left(\frac{2\pi a'}{\lambda}\right)$ (a' est la profondeur d'immersion du bord du panneau supérieur du diaphragme); elles sont données pour différentes valeurs de $\frac{b}{a'}$ et de $\frac{H}{a'}$ (b est l'épaisseur du diaphragme et H la hauteur d'eau dans le canal).

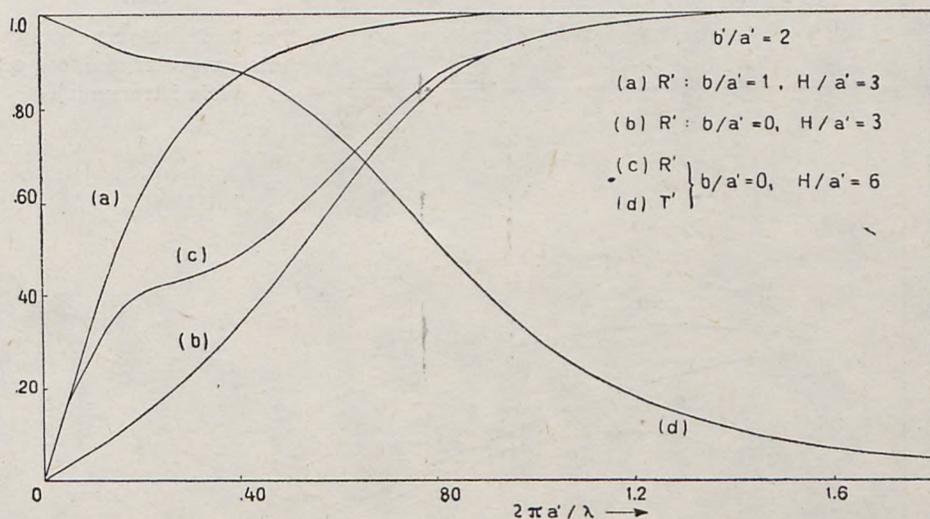


Fig. 5. Courbes théoriques de Mei et Black pour les diaphragmes

Ryc. 5. Teoretyczne krzywe Mei i Blacka dla diafragm

On voit d'après ces courbes, que la transmission est totale (égale à 1) pour $2\pi a'/\lambda = 0$, c'est-à-dire pour $h/\lambda = 0$, alors qu'en profondeur infinie pour Tuck et Guiney, T diminue sensiblement à l'approche de la valeur $\frac{h}{\lambda} = 0$.

Mei and Black ont montré aussi que le coefficient de transmission T était sensible à l'épaisseur b du diaphragme et qu'il diminuait avec l'augmentation de b .

Dans ce même diagramme, est mise en évidence l'influence de b sur le coefficient de réflexion R . On peut noter que dans ce diagramme, on a en particulier les courbes $T(2\pi a'/\lambda)$ et $R(2\pi a'/\lambda)$ concernant la même configuration de diaphragme. Nous pouvons d'ailleurs retenir cette dis-

position générale des 2 courbes $T\left(\frac{2\pi a'}{\lambda}\right)$ et $R\left(\frac{2\pi a'}{\lambda}\right)$ (ou ce qui revient au même, de $T\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right)$ et $R\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right)$) dans le cas de la profondeur finie: elle est la suivante schématiquement:

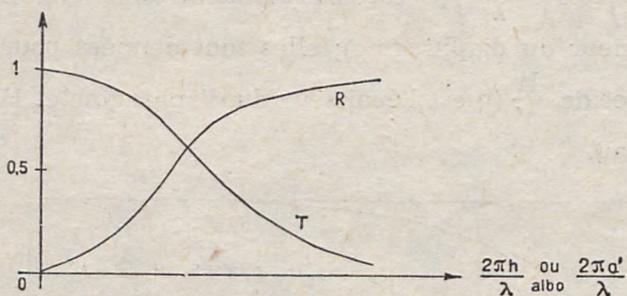


Fig. 6. Courbes théoriques de variation des coefficients de réflexion et de transmission

Ryc. 6. Teoretyczne krzywe zmian współczynników odbicia i transmisji

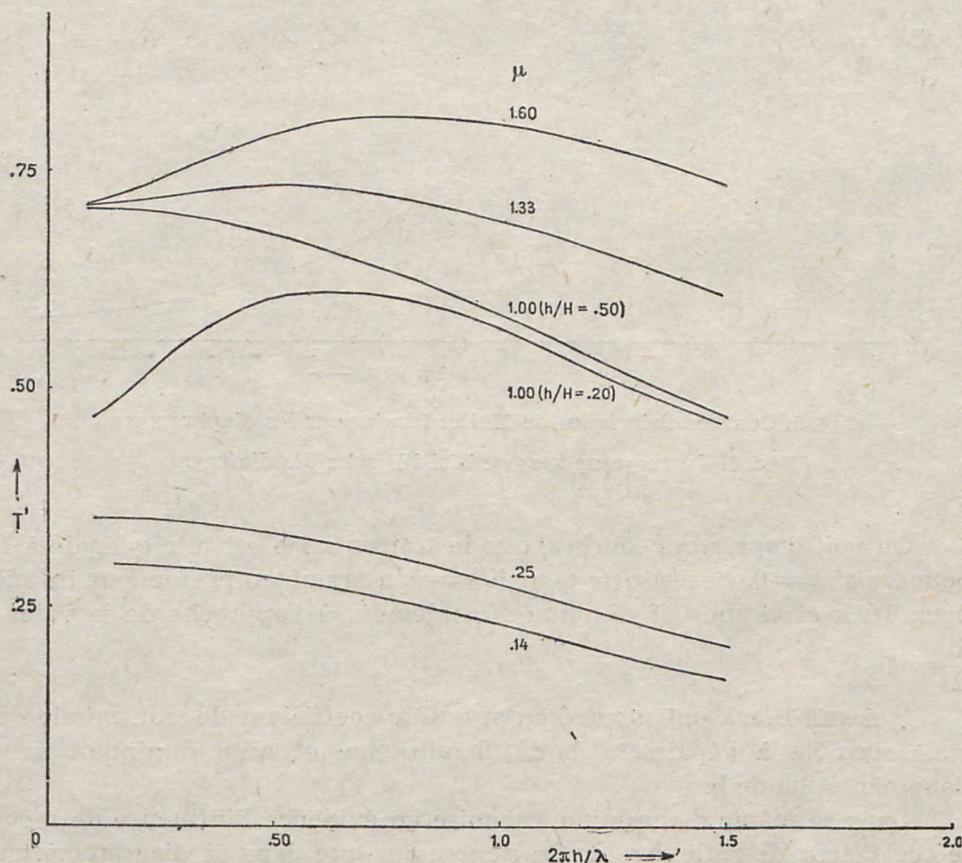


Fig. 7. Courbes théoriques d'après la théorie de Wiegél pour le diaphragme
Ryc. 7. Krzywe teoretyczne dla diafragm według teorii Wiegela

Enfin, dans la figure 7, sont présentées des courbes qui résultent d'une extension de la théorie de Wiegel pour les écrans; cette extension revient à considérer que l'énergie transmise au travers d'un diaphragme est supposée égale à la fraction d'énergie incidente comprise entre l'arête du pan supérieur et l'arête du pan inférieur du diaphragme. Cette théorie basée uniquement sur des considérations physiques diffère sensiblement des autres.

2.3. Remarques générales sur les gammes d'essais

Elles résultent de l'examen du tableau récapitulatif des essais effectués (Fig. 8). Les 3 hauteurs d'eau H utilisées étaient $H = 25$ cm, $H = 40$ cm et $H = 55$ cm; c'est à notre avis insuffisant et en particulier il eut été intéressant d'opérer dans des hauteurs d'eau de l'ordre de 10 centimètres, ce qui permettait, avec les longueurs d'onde utilisées, de descendre à des valeurs de la profondeur relative inférieures à 3⁰/₀.

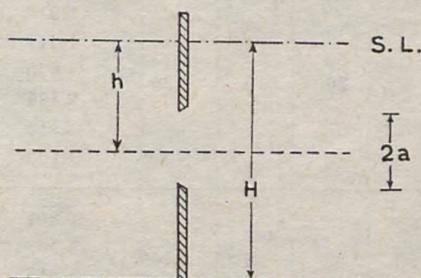


Fig. 8. Désignations principales du diaphragme

Ryc. 8. Podstawowe wymiary diafragmy

La gamme des périodes expérimentales a utilisé au mieux les possibilités des installations $0,5 \text{ s} \leq \tau \leq 5,3 \text{ s}$. Les périodes utilisées par Mansard étaient $0,801 \text{ s} \leq \tau \leq 4,505 \text{ s}$. Le jeu de hauteur H et de période T a permis de faire varier la longueur d'onde dans l'intervalle:

$$80 \text{ cm} \leq \lambda \leq 800 \text{ cm}$$

Cette gamme est satisfaisante car elle implique d'une part des houles où les effets de la tension superficielle peuvent se manifester à certaines cambrures, et d'autre part des houles qui s'apparentent aux houles de la nature.

Le jeu de hauteur H et de longueur d'onde λ a permis de réaliser la gamme de profondeur relative suivante:

$$0.035 \leq H/\lambda \leq 0.550$$

Il semble que la gamme aurait pu être étendue du côté des grandes profondeurs relatives, c'est-à-dire qu'on aurait dû effectuer quelques essais dans des conditions de houle en profondeur infinie.

Tableau 1

H cm	h cm	2a cm	μ	ν sec	λ cm	H/ λ	γ_{00} (%)
40	20	20	1.0	0.910	125	0.32	0.54—2.02
				1.447	250	0.16	0.29—1.41
				1.675	300	0.13	0.50—1.20
				2.144	400	0.10	0.20—0.94
	15	20	1.3	0.910	125	0.32	0.53—1.98
				1.447	250	0.16	0.28—1.45
				1.675	300	0.13	0.50—1.20
				2.144	400	0.10	0.20—0.95
	12.5	20	1.6	0.910	125	0.32	0.58—2.00
				1.447	250	0.16	0.29—1.22
				1.675	300	0.13	0.52—1.21
				2.144	400	0.10	0.20—0.92
	20	5	0.25	0.910	125	0.32	0.58—1.94
				1.447	250	0.16	0.21—1.14
				1.675	300	0.13	0.22—0.68
				2.144	400	0.10	0.12—0.68
3.115				600	0.066	0.02—0.30	
4.105				800	0.05	0.18—0.45	
55	35	5	0.142	0.801	100	0.550	0.54
				1.1686	200	0.275	0.26—1.37
				1.915	400	0.137	0.21—0.50
				2.719	600	0.091	0.50—1.13
25	5	5	1.0	0.7302	80	0.3125	0.25—0.70
				0.8357	100	0.2500	0.26—0.87
				1.3975	200	0.1250	0.34—0.71
				3.8750	600	0.416	0.08—0.19
				4.5062	700	0.0357	0.11—0.24

En ce qui concerne la gamme de cambrure

$$0,02\% \leq \lambda_{00} \leq 2,02\%$$

on peut déplorer l'intervalle trop étroit des valeurs, de surcroît dans le domaine des faibles cambrures. Dans ces conditions, on a généralement une houle pratiquement monochromatique. Cette particularité enlève la possibilité d'obtenir des données sur la transmission et la réflexion des harmoniques 2 et 3, généralement en taux notable dans des houles de cambrures moyennes ou élevées dépassant 6%.

L'explication de cette limitation de la cambrure à environ 2% réside dans le fait qu'on a voulu conserver aux ondes utilisées leur caractère

plan; en effet dans le dispositif utilisé, des oscillations transversales, unimodales, trinodales prenaient facilement naissance dès qu'on dépassait une cambrure de l'ordre de 2,5%. En fait, nous pensons qu'il est possible de réduire dans une certaine mesure ces phénomènes parasites transversaux en installant des séries de guideaux longitudinaux. Il semble qu'il eut été intéressant, malgré le caractère imprécis des mesures dans ces conditions de recueillir quelques indications.

On peut regretter également de n'avoir pas utilisé un plus grand nombre de valeurs de $2a$ (ouverture du diaphragme). Il eut été intéressant, pour l'interprétation, qu'on opère au moins à la valeur intermédiaire $2a = 10$ cm (entre $2a = 20$ cm et $2a = 5$ cm). De plus et surtout, il manque une très petite ouverture, de l'ordre de $2a = 1$ cm, afin de se replacer mieux dans les conditions théoriques de Tuck.

2.4. Remarques sur les installations expérimentales

Les caractéristiques générales de ces installations sont connues [8]. L'ensemble est présenté dans le schéma semi-perspectif de la figure 9. Avec 23 m de longueur, ce canal est trop court. Par contre, il présente des qualités intéressantes, horizontalité rigoureuse, planéité, perpendicularité et parallélisme des parois latérales.

L'équipement est assez remarquable et soigné:

- générateur d'ondes de type variable (rotation, translation, balançoire) à entraînement régulé Ward-Léonard
- plage amortisseuse réglable
- appareillage de mesure comprenant essentiellement:
 - Waveheightmeter avec enregistreur graphique Baudoin
 - Limnimètres électriques enregistreurs
 - Enregistreurs de profils de surface libre S.M. à pointe mobile ou à peigne de pointes fixes)
- un ensemble important d'appareils de dépouillement installé à demeure comprenant essentiellement:
 - des analyseurs harmoniques multiples
 - des coordinatographes

(Ces quelques rappels sont destinés à souligner le potentiel expérimental dont dispose au départ un chercheur commençant une recherche sur la houle à Grenoble).

Concernant plus particulièrement le problème du diaphragme, un dispositif réglable, schématisé dans la fig. 10 a été mis en place dans le canal. Le panneau supérieur réglable et un certain nombre de panneaux inférieurs fixes interchangeables ont permis un certain nombre de réglages d'ouverture $2a$ et de hauteur d'axe du diaphragme h .

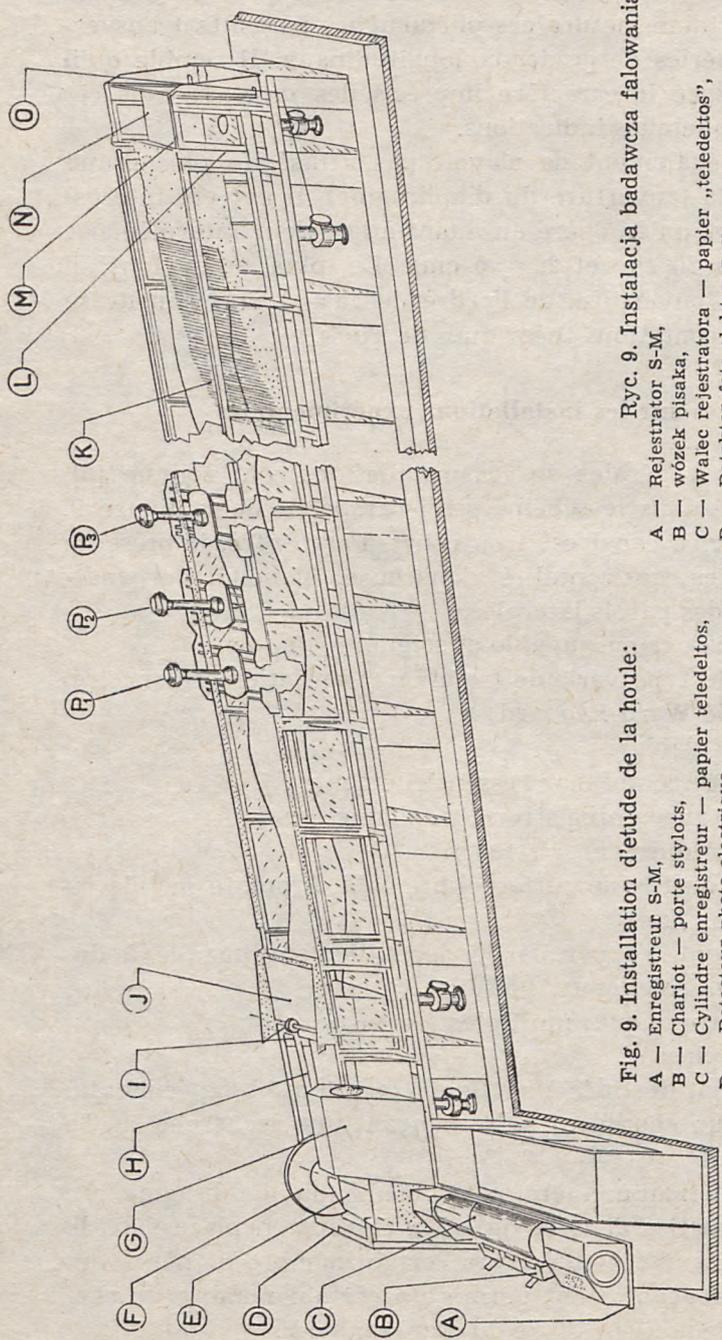


Fig. 9. Installation d'étude de la houle:

- A — Enregistreur S-M,
 - B — Chariot — porte stylois,
 - C — Cylindre enregistreur — papier teledeltos,
 - D — Detecteur photo-electrique,
 - E — Bloc reducteur — embrayage électromagnétique,
 - F — Bloc moteur,
 - G — Bielle entraînement du batteur,
 - H — Bloc moteur,
 - I — Panneau lateral 4000 X 700,
 - J — Batteur (translation, balancoire, rotation),
 - K — Plage,
 - L — Levier de commande du panneau osturateur terminal,
 - M — Panneau osturateur terminal réglable,
 - N — Cuve arrière de plage pour amortissement,
 - O — Conduites d'équilibrage
- P₁ } — Pointes enregistreuses of chariots de déplacement longitudinal
 P₂ }
 P₃ }

Ryc. 9. Instalacja badawcza falowania:

- A — Rejestrator S-M,
 - B — wózek pisaka,
 - C — Walec rejestratora — papier „teledeltos”,
 - D — Detektor foto-elektryczny,
 - E — Blok redukcyjny — sprzęgło elektromagnetyczne,
 - F — Koło nastawcze mimośrodowe (regulacja amplitudy),
 - G — Silnik,
 - H — Wał korbowy napędu kłapy,
 - I — Płyta boczna 4000 X 700,
 - J — Kłapa (przesuw, wahanie, obrót),
 - K — Płyta wygaszająca
 - L — Dźwąg sterowniczy płyty końcowej,
 - M — Płyta końcowa regulowana,
 - N — Basenik z tyłu płyty wygaszająca fali,
 - O — Przewody do wyrównania poziomu wody,
- P₁ } — Szpilki pomiarowe i wózki dla wzdłużnego ich przesuwu.
 P₂ }
 P₃ }

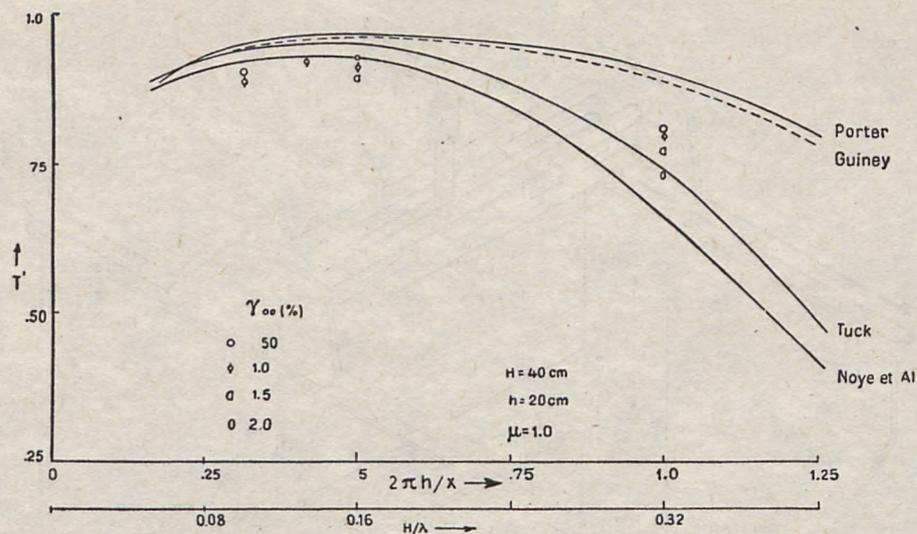


Fig. 11. Variation du coefficient de transmission (diaphragme)
 Ryc. 11. Zmiana współczynnika transmisji (diafragma)

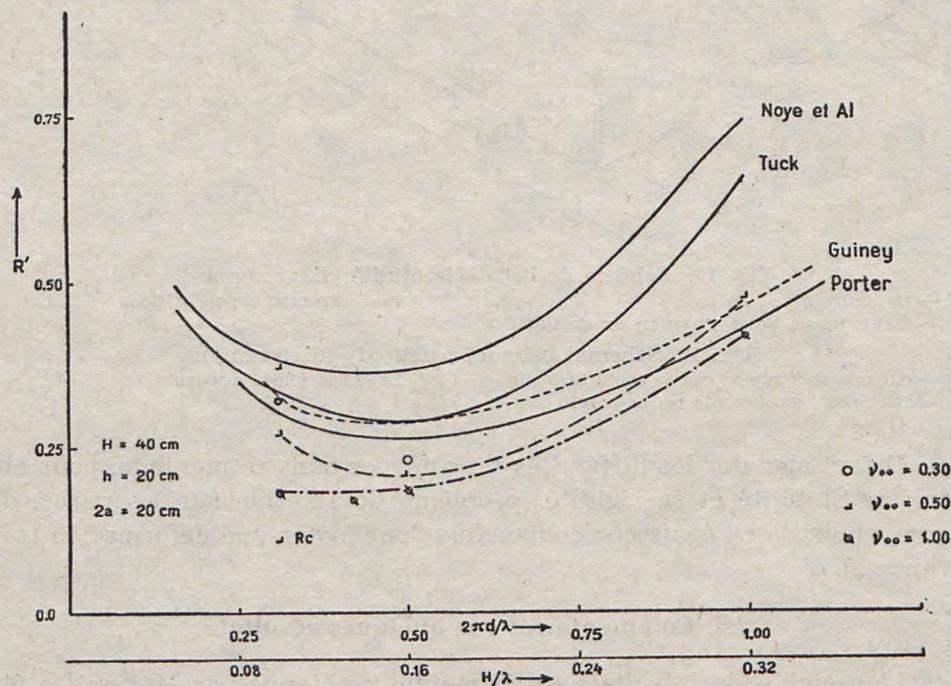


Fig. 12. Variation du coefficient de reflexion (diaphragme)
 Ryc. 12. Zmiana współczynnika odbicia (diafragma)

tion des paramètres adimensionnels retenus; on a donc ainsi les courbes des catégories suivantes:

$$T(2\pi h/\lambda) \text{ et } R(2\pi h/\lambda) \text{ pour les valeurs } \frac{2a}{h} = \\ = 1,6 - 1,33 - 1 - 0,25 \text{ et } 0,14$$

$$T(\mu) \text{ et } R(\mu) \text{ avec } \left(\mu = \frac{2a}{h}\right)$$

$$T(\gamma_{00}) \text{ et } R(\gamma_{00}) \text{ avec } \left(\gamma_{00} = \frac{2A_{00}}{\lambda}\right)$$

$$T(H/\lambda) \text{ et } R(H/\lambda)$$

2.5.1. Rôle de $2\pi h/\lambda$

L'allure générale des résultats de la lère catégorie est celle qui est donnée par exemple dans les diagrammes des figures 11, 12, 13, 14.

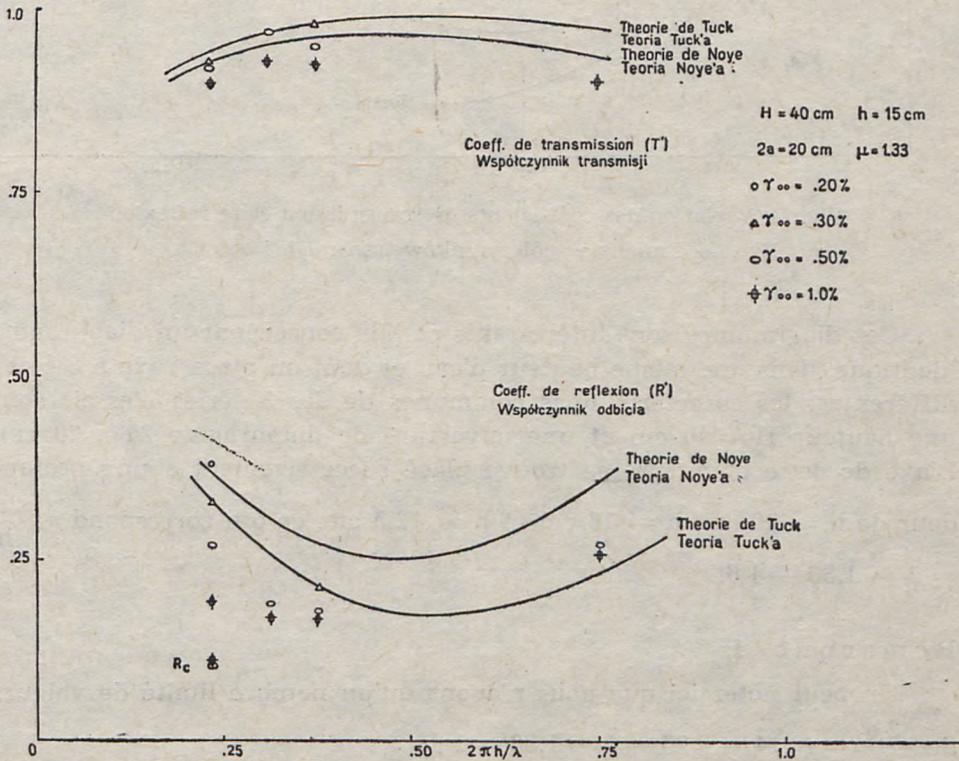


Fig. 13. Variation des coefficients de transmission et de reflexion

Ryc. 13. Zmiany współczynników transmisji i odbicia

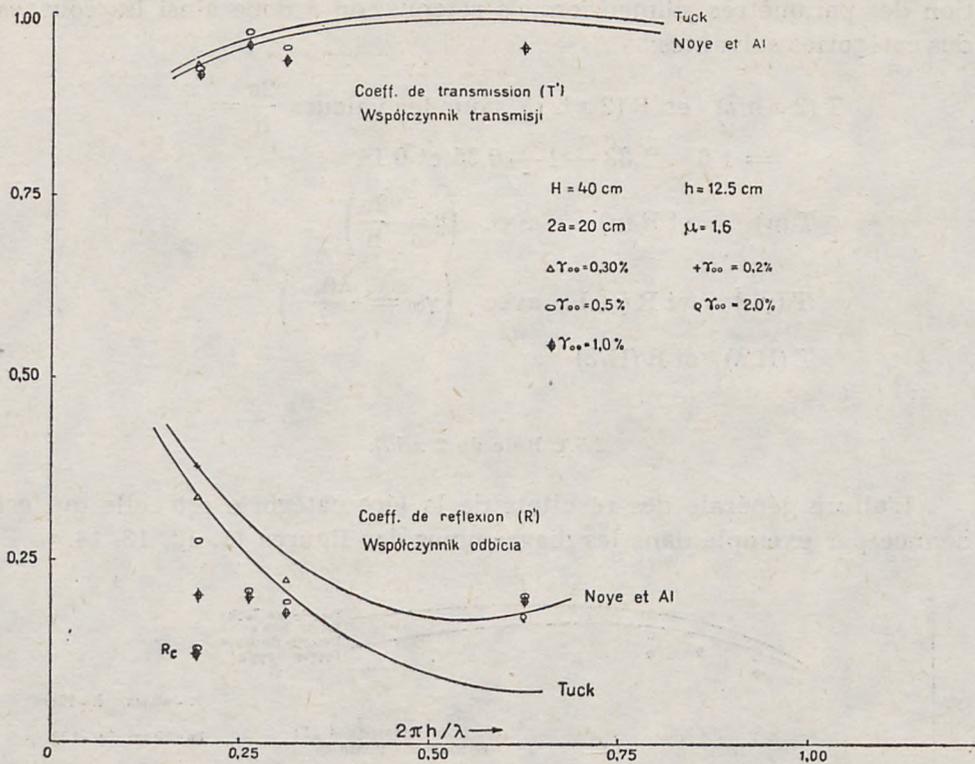


Fig. 14. Variation des coefficients de transmission et re reflexion

Ryc. 14. Zmiany współczynników transmisji i odbicia

Ces diagrammes sont intéressants car ils concernent un diaphragme identique, dans une même hauteur d'eau et dont on place l'axe à 3 cotes différentes; les caractéristiques communes de ces 3 séries d'essais sont une hauteur $H = 40 \text{ cm}$ et une ouverture de diaphragme $2a = 20 \text{ cm}$. L'axe de cette ouverture se trouve placé successivement à une profondeur de $h = 20 \text{ cm}$, $h = 16 \text{ cm}$ et $h = 12,5 \text{ cm}$. ce qui correspond à $\frac{2a}{h} = 1 - 1,33 - 1,6$.

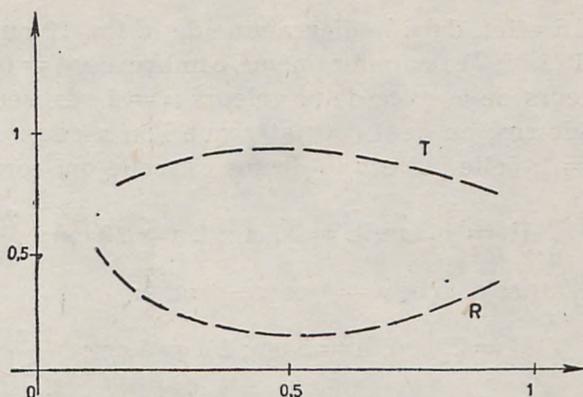
Remarque 1

On peut noter ici que nous n'avons qu'un nombre limité de valeurs de $\frac{2a}{h} = (0,14 - 0,25 - 1 - 1,33 - 1,6)$.

Les 3 séries de courbes en question se présentent suivant l'allure générale: avec un max. ou un min. pour $2\pi h/\lambda = 0,5$.

Fig. 15. Allure générale des coefficients de transmission et de réflexion

Ryc. 15. Ogólny charakter zmian współczynników transmisji i odbicia



Remarque 2

Dans ces 3 séries de diagrammes dans lesquelles $\mu = \frac{2a}{h}$ passe de 1 à 1,33 puis 1,6, on constate que le coefficient de transmission T augmente. En effet, au cours des 3 séries, on rapproche de plus en plus le même diaphragme de la surface libre d'une même houle.

L'expérience confirme ainsi les différentes théories et ceci d'autant mieux que les cambrures des houles utilisées sont plus faibles; pour R, il faut noter un décalage systématique vers le bas. Un trop petit nombre de valeurs de $2a$ et de h , font que le nombre de valeurs de μ est trop limité et peut-être pas assez bien réparti (rappelons que $\mu = 1,6 - 1,33 - 1 - 0,25 - 0,14$); il serait intéressant de prendre une valeur intermédiaire entre 1,6 et 1,33, une valeur entre 1 et 0,25 et une valeur nattement inférieure à 0,14, par exemple 0,05 afin de se placer dans des conditions correspondantes aux théories de Tuck et Guiney.

2.5.2. Rôle de $\mu = \frac{2a}{h}$

Un problème d'interprétation se pose pour les performances de deux configurations expérimentales différentes caractérisées par une même valeur de $\mu = \frac{2a}{h} = 1$.

1-ère configuration:

$$H = 40 \text{ cm}, h = 20 \text{ cm}, 2a = 20 \text{ cm}, \frac{2a}{h} = 1 = \mu$$

2-ème configuration:

$$H = 25 \text{ cm}, h = 5 \text{ cm}, 2a = 5 \text{ cm}, \frac{2a}{h} = 1 = \mu$$

En effet, dans le diagramme de la fig. 16 ont été rassemblés les résultats $T(2\pi h/\lambda)$ pour une même cambrure $\gamma_{00} = 0,5^0$ pour les différentes valeurs de μ , avec deux valeurs $\mu = 1$ réalisées avec les configurations ci-dessus; on peut constater que l'on a deux courbes différentes pour $\mu = 1$; celle qui est au-dessus est celle qui correspond à la configuration:

$$H = 40 \text{ cm}; h = 20 \text{ cm}; 2a = 20 \text{ cm}; \frac{2a}{h} = \mu = 1; \frac{h}{H} = 0.5$$

L'autre courbe $\mu = 1$ correspond à:

$$H = 25 \text{ cm}; h = 5 \text{ cm}; 2a = 5 \text{ cm}; \frac{2a}{h} = 1; \frac{h}{H} = 0,2$$

C'est donc la configuration qui réalise la plus grande valeur de $\frac{h}{H}$ qui effectue la meilleure transmission.

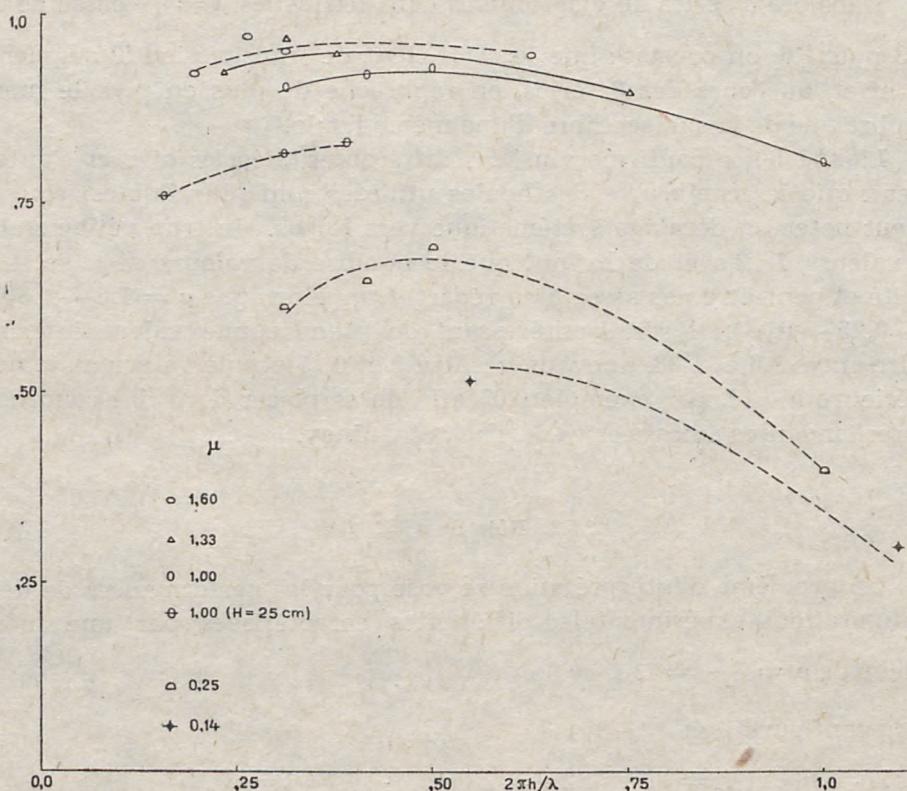


Fig. 16. Variation du coefficient de transmission, établie dans les essais, en fonction de la profondeur relative de l'axe du diaphragme

Ryc. 16. Zmiana współczynnika transmisji ustalona doświadczalnie w funkcji względnej głębokości osi diafragmy

En fait, les choses ne sont pas très claires: du point de vue théorique en profondeur infinie, on prévoit l'augmentation de T avec μ et éventuellement égalité de performance pour des μ égaux. En profondeur finie, la hauteur d'eau H dans le canal intervient et il semblerait que la théorie de Mei et Black puisse justifier l'augmentation du coefficient de transmission T avec $\frac{h}{H}$ (ce qui, à première vue, peut surprendre puisque, par exemple, l'augmentation de h , dans une hauteur d'eau constante, correspond à une obturation de plus en plus complète du canal). C'est là une question peut-être à discuter.

2.5.3. Rôle de la cambrure incidente

L'intervalle de cambrure utilisé était sans doute trop étroit pour que l'on puisse dégager des tendances nettes (dans tous les essais, la cambrure n'a jamais dépassé 2,5%). Il semble toutefois que le coefficient de transmission T reste très élevé, supérieur à 75% et parfois atteignant même 90%. Dans l'intervalle de cambrure, ce coefficient reste assez constant, avec peut-être une tendance à croître pour des cambrures inférieures à 0,5%. Il faut signaler que la transmission semble meilleure dans

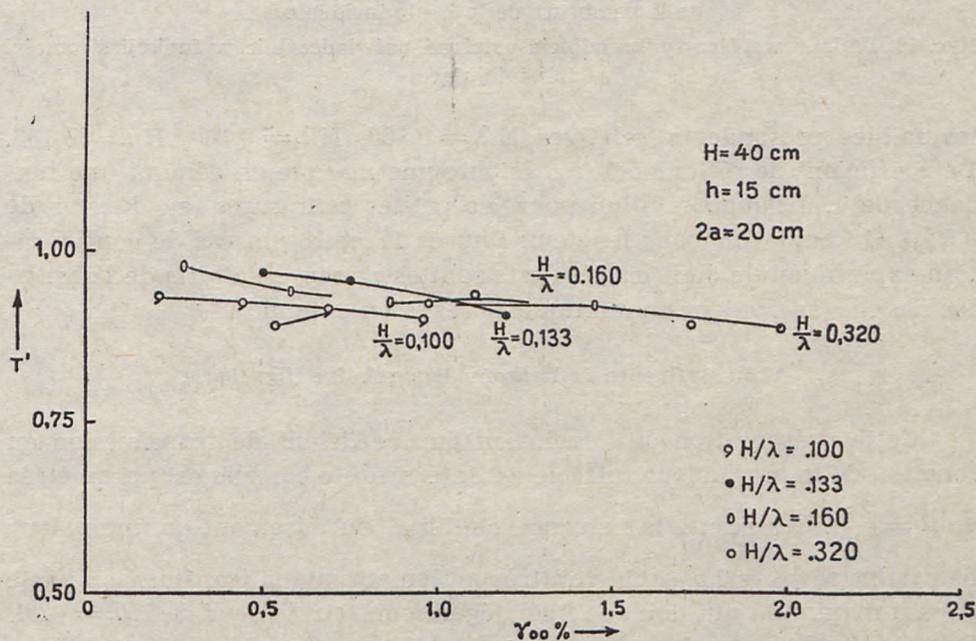


Fig. 17. Variation du coefficient de transmission, établie dans les essais, en fonction de la cambrure de la houle incidente

Ryc. 17. Zmiana współczynnika transmisji ustalona doświadczalnie w funkcji stromości fali inicjującej

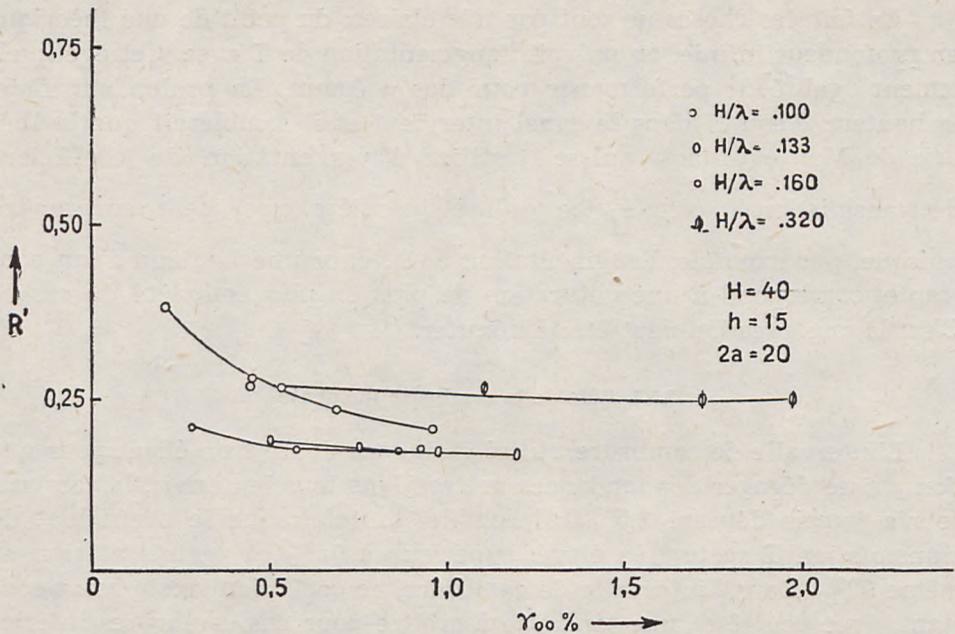


Fig. 18. Variation du coefficient de reflexion, établie dans les essais, en fonction de la cambrure de la houle incidente

Ryc. 18. Zmiana współczynnika odbicia ustalona doświadczalnie w funkcji stromości fali inicjującej

les faibles profondeurs relatives $H/\lambda = 0,100$, $H/\lambda = 0,160$, $H/\lambda = 0,133$. Le coefficient de réflexion R du diaphragme marque en général une tendance nette à l'augmentation pour les petites cambrures (au dessous de $0,5\%$). On peut voir dans les deux figures 17 et 18, un cas de configuration expérimentale dont les résultats sont assez représentatifs de l'ensemble des cas (aux valeurs numériques, près, bien entendu).

2.5.4. Influence de la profondeur relative (fig. 19)

Cette présentation de l'évolution du coefficient de transmission en fonction de la profondeur relative est intéressante car elle est paramétrée en $\mu = \frac{2a}{h}$. Ces résultats ne concernent malheureusement qu'une valeur de cambrure $\gamma_{00} = 0,5\%$. On voit très nettement que la transmission passe par un maximum qui doit se situer légèrement au-dessous de $H/\lambda = 0,20$. Pour toutes les ouvertures relatives $2a/h$, le coefficient de transmission décroît pour H/λ supérieur à $0,20$. Cette décroissance est d'autant plus nette que les ouvertures relatives $\mu = \frac{2a}{h}$ sont petites.

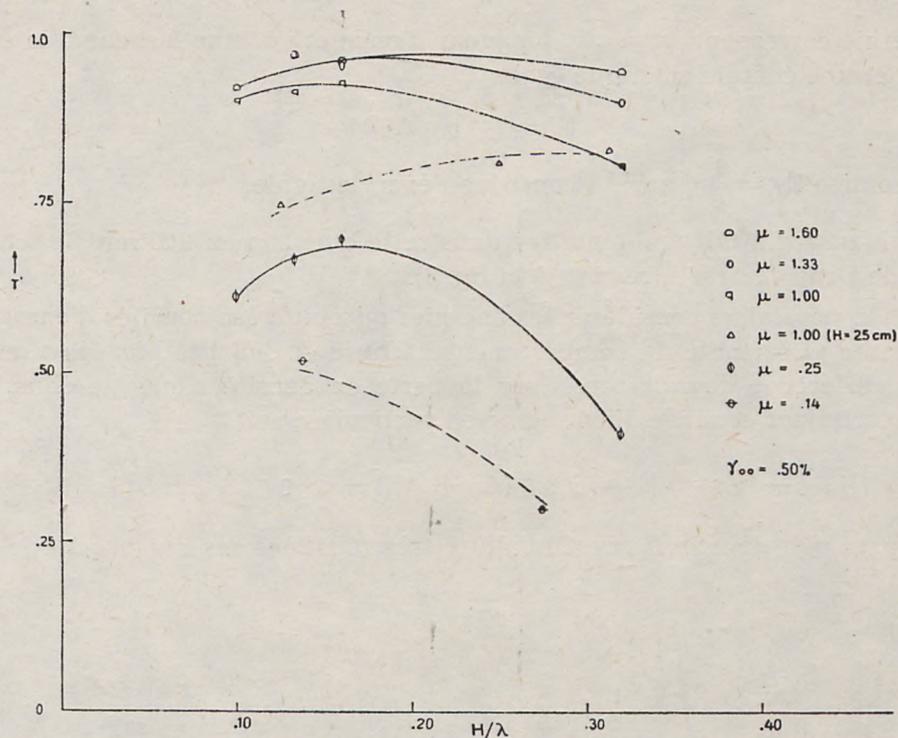


Fig. 19. Influence de la profondeur relative $\left(\frac{H}{\lambda}\right)$ sur la valeur du coefficient de transmission

Ryc. 19. Wpływ głębokości względnej kanału na wartość współczynnika transmisji

Les courbes respectives correspondant aux différentes valeurs de μ se disposent les unes au dessus des autres dans l'ordre de μ décroissant. Il sera nécessaire là aussi, de confirmer ces résultats (et en particulier la disposition des courbes) par des diagrammes identiques concernant des cambrures plus fortes (c'est une affaire de dépouillement et de mise en ordre matériel puisque les résultats de mesure correspondants existent).

2.5.5. Energie de la houle

Il serait intéressant d'aborder la question de l'énergie de la houle. Différents auteurs et chercheurs calculent cette énergie à l'aide d'expressions établies par Lamb, Irribaren, Milne-Thomson, etc...

Ces auteurs distinguent une énergie potentielle

$$E_p = 1/4 \rho g A^2 \lambda l$$

(énergie correspondant à une longueur d'onde et sur une largeur l de canal) et une énergie cinétique égale

$$E_c = 1/4 \rho g A^2 \lambda l$$

La somme $E_T = \frac{1}{2} \rho g A^2 \lambda l$ constitue l'énergie totale.

Mansard a fait une tentative dans cette question en utilisant le schéma de Dean et Ursell (revenir à la fig. 3).

On peut alors considérer les énergies ou plutôt les densités d'énergie entrante et sortante du compartiment hachuré et délimité par des tirets; leur différence devrait constituer la perte de densité d'énergie dans le compartiment et sur le diaphragme en particulier, soit

$$E_E - E_S = \Delta E = \frac{1}{2} \rho g (A_{00}^2 + A_{11}^2) - \frac{1}{2} \rho g (A_{10}^2 + A_{01}^2)$$

On peut voir dans la figure 20 l'allure très régulière des courbes $\Delta E (\gamma_{00})$.

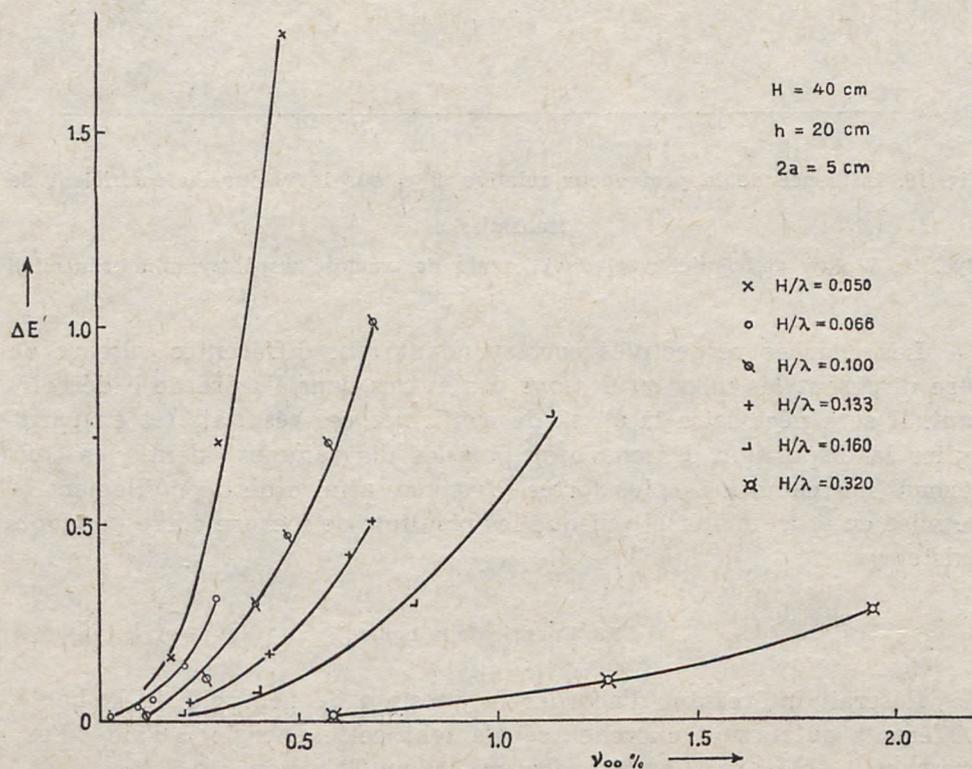


Fig. 20. Perte de densité d'énergie de la houle sur le diaphragme
 Ryc. 20. Strata gęstości energii fali przy przejściu przez diafragmę

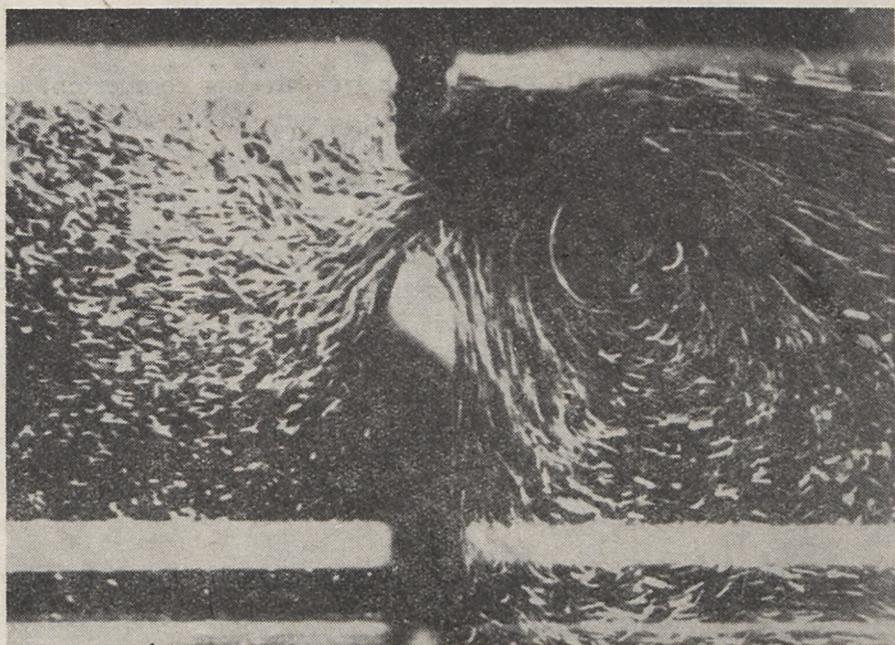


Fig. 21. Developpement du tourbillon en aval du diaphragme

Ryc. 21. Rozwój wiru poniżej diafragmy

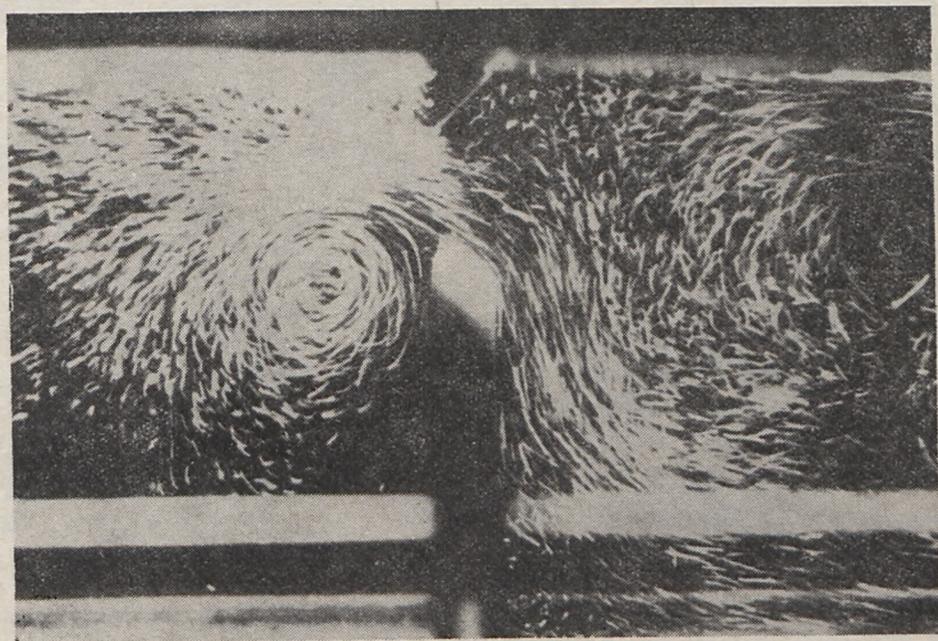


Fig. 22. Propagation du tourbillon sens opposé à l'écoulement

Ryc. 22. Przesuw wiru w kierunku przeciwnym do przepływu

2.5.6. Visualisation de l'écoulement à proximité de l'obstacle

A l'aide de méthodes de visualisation très précises comportant l'emploi de particules liquides ajustées en densité, une circulation périodique très stable de tourbillons a été mise en évidence de part et d'autre de l'obstacle. Les clichés des figures 21 et 22 montrent un aspect de ces phénomènes.

Il y a là un champ d'investigations intéressantes qui, à l'aide de méthodes chronophotographiques, permettraient de mieux connaître le mécanisme de dissipation d'énergie de la houle lors du franchissement du diaphragme.

CLOVIS MARCOU

Uniwersytet w Grenoble I
Instytut Mechaniki

UWAGI OGÓLNE ODNOŚNIE DO ASPEKTU DOŚWIADCZALNEGO
BADAŃ PROPAGACJI FALI POPRZEZ PRZESZKODY —
PRZYPADEK SZCZEGÓLNY — PRZESŁONY

Streszczenie

Przedstawiono krótki przegląd badań, przeprowadzonych w ostatnich latach w laboratorium Mechaniki Płynów Instytutu Mechaniki w Grenoble, a dotyczących propagacji fal grawitacyjnych poprzez budowle: stopniowane i ekranowe (zatopione i półzatopione).

Bardziej szczegółowo przeanalizowano budowle stałe, złożone z jednej półzatopionej przesłony, umieszczonej przy swobodnej powierzchni, oraz drugiej całkowicie zatopionej, umieszczonej przy dnie kanału. Badano przede wszystkim zmienne przeswity między tymi dwoma elementami budowli.

Analizę teoretyczną oparto na porównaniu publikacji Tucka [16], Guiney'a [2], Mei i Blacka [11] oraz Wiegela [17].

Skomentowano badania eksperymentalne współczynników transmisji i odbicia, przeprowadzone przez E. Mansarda [6] w laboratorium w Grenoble, w ramach których zmieniano w szerokich granicach podstawowe parametry:

- względną głębokość w osi przegrody $\frac{h}{\lambda}$,
- względną głębokość fal $\frac{H}{\lambda}$,
- względny przeswit przegrody $\frac{2a}{h} = \mu$.

Skomentowano i wyjaśniono przyczyny zredukowanego przedziału stromości fal $\left(\gamma_{00} = \frac{2A_{00}}{\lambda} \leq 2,5\%\right)$.

Wyniki doświadczalne były zgodne z wynikami teoretycznymi Tucka oraz Noye-al.

CLOVIS MARCOU

Academy of Grenoble I
Institute of Mechanics

GENERAL COMMENTS ON THE EXPERIMENTAL ASPECT
OF RESEARCH ON THE PROPAGATION OF WAVES OVER
OBSTACLES. PARTICULAR CASE — SCREEN

Summary

We give a brief analysis of research conducted by the Fluids Mechanics Laboratory (Institut de Mécanique de Grenoble) in recent years, on the propagation of gravity waves over structures: steps, screens (submerged and semisubmerged).

Diaphragm-type solid structures, consisting of one semisubmerged screen placed near the free surface, and one totally submerged screen placed at the bottom of the channel, with a variable opening between them, were studied in particular.

The theoretical analysis was considered in comparison with the publications of Tuck [16], Guiney [2], Mei and Black [11], Wiegel [17].

We have commented on the experimental study of transmission and reflection coefficients, conducted in our laboratories, by E. Mansard [6] with wide variation of the most important parameters:

— relative depth $\frac{h}{\lambda}$ of the axis of the diaphragm,

— relative depth $\frac{H}{\lambda}$ of the waves,

— relative opening of the diaphragm $\frac{2a}{h} = \mu$.

Comments and explanations are given to justify the reduced interval of wave steepness $\left(\gamma_{00} = \frac{2A_{00}}{\lambda} \leq 2.5\% \right)$.

Experimental results are in accordance with the theories of Tuck and Noye-al.

BIBLIOGRAPHIE

LITERATURA

1. Bendykowska G., *Reflexion et transmission de la houle par une plaque verticale mince et rigide*. Archiwum Hydrotechniki, XIX, 1972, 3.
2. Guiney D.C., Phil. Doct. Thesis, University of Adélaïde, 1972.
3. Gulli L., Thèse de 3e Cycle, Grenoble 1975.
4. Jolas P., Thèse de 3e Cycle, Grenoble 1961.
5. Macagno E.O., Thèse d'Université, Grenoble 1953.
6. Mansard E., Thèse de Docteur-Ingénieur, Grenoble 1976.

7. Mansard E., Marcou C., Communication au 11^e Congrès Français de Mécanique de Toulouse, 1975.
8. Marcou C., Thèse, Grenoble 1969.
9. Marcou C., Witkowska H., Compt. rend. Ac. Sciences 261, 2588—2591.
10. Marcou C., Witkowska H., Compt. Rend. Ac. Sciences 261, 2822—2824.
11. Mei C.C., Black J.L., *Scattering of surface waves by rectangular obstacles in waters of finite depth*, Journ. Fluid Mech. 38, 1969, 3, 499—511.
12. Navarro J., *Etude du passage de la houle sur un écran vertical mince immergé*, Thèse de Docteur-Ingénieur, Grenoble 1972.
13. Newman J.N., *Propagation of water waves past long two dimensional obstacles*, Journ. of Fluid Mech. 23, 1965, 23—29.
14. Takano K., *Effets d'un obstacle parallélépipédique sur la propagation de la houle*, La Houille Branche 3, 1960, 247—267.
15. Takano K., Proceedings of Coastal Engineering in Japan.
16. Tuck E.O., *Transmission of water waves through small apertures*, Journ. of Fluid Mech. 49, part 1, 1971, 65—74.
17. Wiegel R.L., *Transmission of waves past a rigid vertical thin barrier*, Journal of the Waterways and Harbors Division, Proceedings A.S.C.E. 86, WW1, 1960, 2413.
18. Witkowska H., *Evolution de la houle en canal sous l'action d'une variation de profondeur*, Thèse de Docteur-Ingénieur, Grenoble 1964.