

Chapter 9

CARACTERISTIQUES DE L'AGITATION MARITIME DANS LA CÔTE OUEST DU PORTUGAL METROPOLITAIN

Júlio Patriarca Barceló

Ingénieur du Service d'Hydraulique

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

RESUME

Dans cette communication on présente les caractéristiques générales de l'agitation maritime au large du port de Figueira da Foz dans la période comprise entre 1954 et 1960 et les rapports entre les paramètres qui caractérisent les trains d'ondes observés près de la côte, en ce port. La présente étude est un apport à la connaissance du régime général de l'agitation à la côte ouest du Portugal métropolitain et, faute d'autres études complètes et actualisées dans ce domaine, on la présente comme une approximation pouvant avoir une large application pratique.

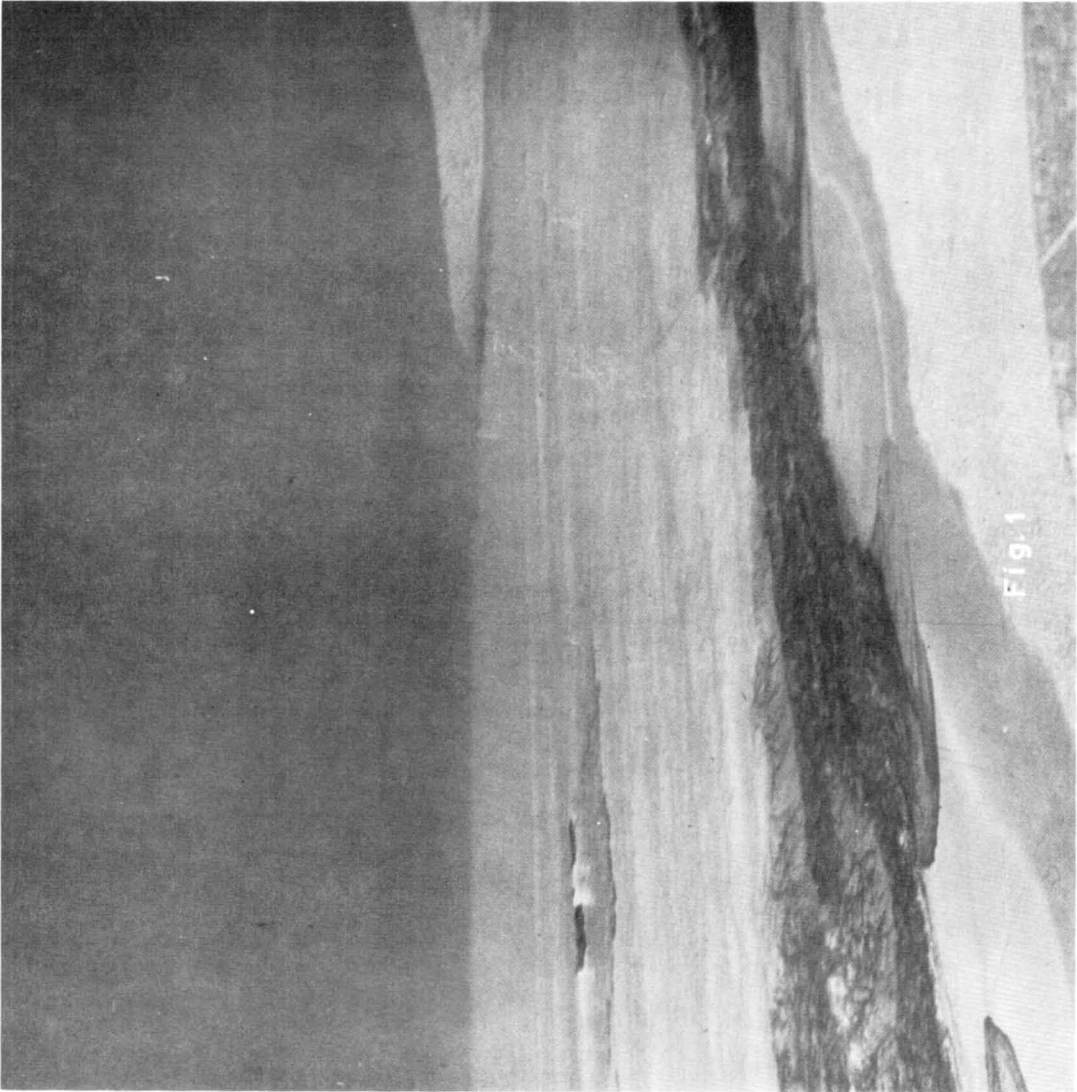
INTRODUCTION

L'agitation maritime se caractérise, à proximité des côtes, par l'existence de trains d'ondes qui, en général, présentent des caractéristiques bien définies (voir Fig.1), à l'opposé de ce qui se passe dans les zones de génération où l'agitation est extrêmement irrégulière. La nature aléatoire des trains d'ondes réels fait que soient définies, par des méthodes statistiques, des valeurs de hauteur et période se rapportant à des ondes sinusoïdales équivalentes dont l'analyse peut se faire facilement par l'application de la théorie mathématique de la houle.

L'observation des caractéristiques de l'agitation maritime est fondamentale et est faite d'après des méthodes différentes telles que les observations tachéométriques et les enregistrements pris au moyen d'ondographes. Les valeurs obtenues permettent de définir, pour les trains d'ondes, des paramètres caractéristiques dont les rapports ont fait l'objet d'étude et de comparaison avec des valeurs théoriques et expérimentales.

Dans cette ligne et en prenant comme base les observations réalisées au port de Figueira da Foz* (voir Fig.2) dans la période de 1954 - 1960, qui montent à 3000 à peu près, on a fait l'étude

* Observations réalisées par la "Junta Autónoma do Porto de Figueira da Foz"



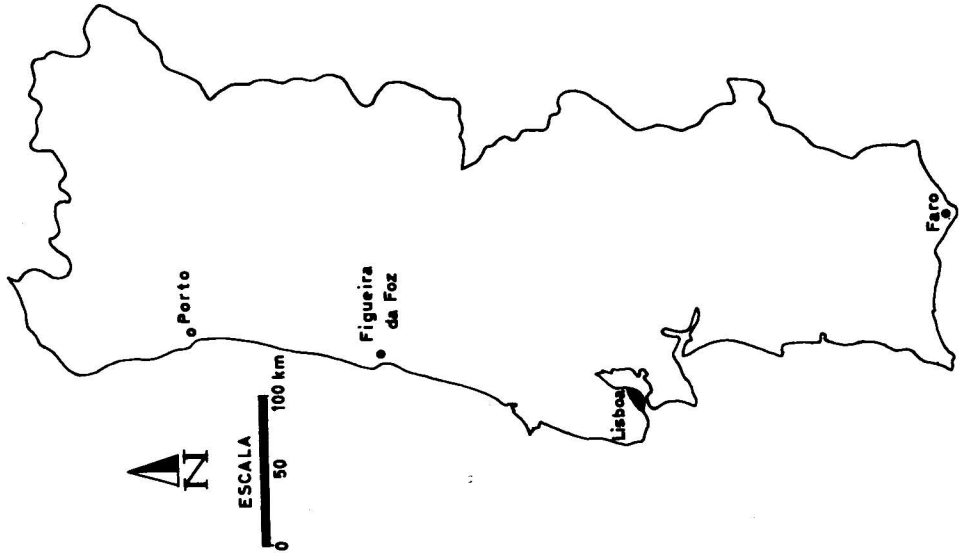


Fig. 2

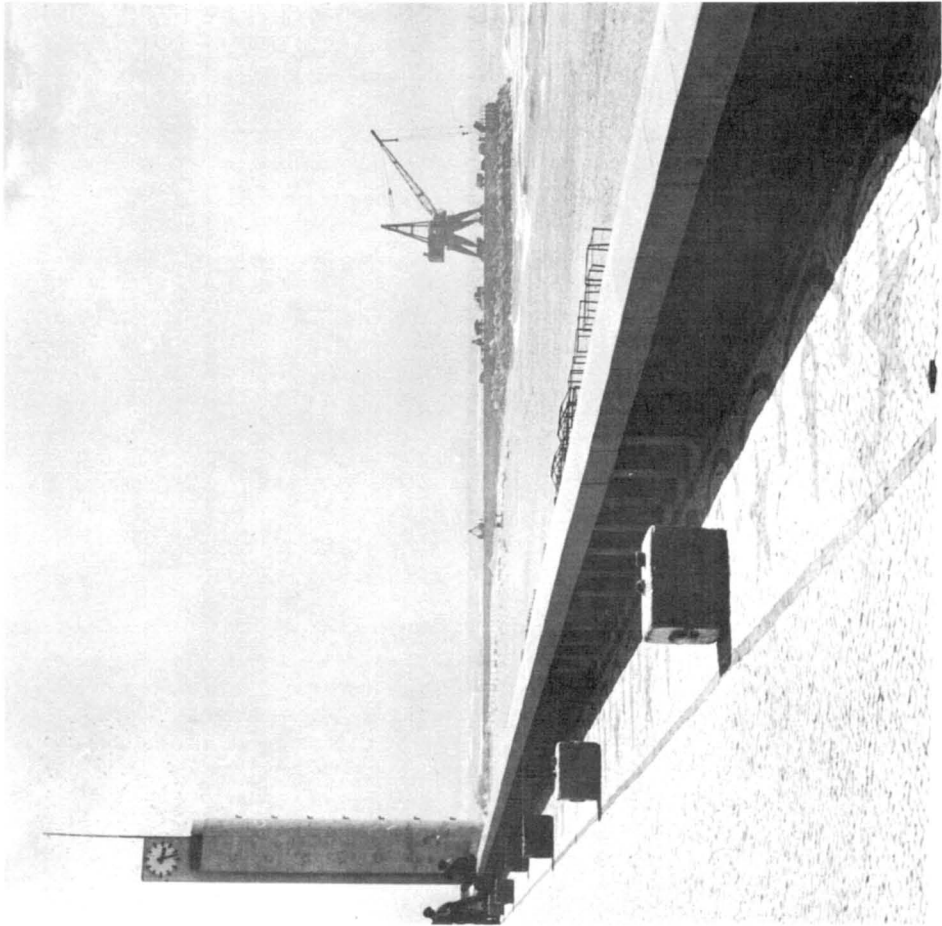


Fig. 3

statistique des trains d'ondes observés dans le dessein de contribuer pour la connaissance des caractéristiques générales du régime de l'agitation et aussi des rapports entre les paramètres indiqués.

Les observations de l'agitation à Figueira da Foz sont faites trois fois par jour, au moyen d'un tachéomètre installé dans une tour à la cote environ 25 m (voir Fig.3) qui permet d'accompagner les mouvements d'une bouée placée à la profondeur d'environ 14 m et à la distance 1 400 mètres de la station. Les caractéristiques de l'agitation mesurées sur la bouée sont la période et la hauteur des ondes qui composaient les trains observés; la direction de l'ondulation est mesurée par l'ajustement d'un tronçon horizontal de référence aux crêtes des ondes. Chaque période d'observation comprend des lectures correspondant au passage de 22 crêtes successives, pour la détermination de hauteurs et périodes, suivies de lectures de direction pour trois zones distinctes: au large, immédiatement avant la zone de déferlement, entre cette zone et la côte (voir Fig.4).

Prenant pour base ces observations, moyennant le tracé de plans de l'ondulation, on a fait l'extrapolation des caractéristiques de l'agitation près de la côte vers des profondeurs supérieures à une demi-longueur d'onde (caractéristiques au large). Pour le but en cause, on a reconnu des défauts dans ces observations, qui dérivent de la localisation de la zone d'observation dans une baie et devant l'embouchure d'un fleuve (baie de Buarcos et fleuve Mondego) (Fig.5). Les défauts principaux sont l'influence des courants du Mondego et la grande refraction que subissent certaines ondes actantes du quadrant nord, ce qui conduit à l'indétermination dans l'extrapolation. L'erreur introduite par les courants de marée est due à ce que leur influence n'est pas prise en considération lors du tracé des plans d'ondulation, par méconnaissance des caractéristiques du champ des courants; on peut dire, en face des plans d'ondulation tracés dans ce but, que cette influence peut être de quelques degrés dans la zone d'observation. La grande refraction subie par les ondes du quadrant nord fait que certaines ondes ayant des directions différentes au large, aient la même direction près de la côte. Il s'ensuit que l'extrapolation basée sur les directions observées conduit à l'indétermination. En plus de ces deux défauts, d'autres existent tels que: l'inertie et les mouvements secondaires de la bouée, la perte de la bouée par rupture de la chaîne lors de violentes tempêtes et l'impossibilité d'observation en des jours de brouillard ou de grosse pluie.

Pour le tracé des plans d'ondulation, on a adopté la technique courante se basant sur la propagation d'ondes sinusoïdales

JUNTA AUTÓNOMA DO PORTO DA FIGUEIRA DA FOZ

Coordenadas (N 43.2. C)

DA ESTAÇÃO DE OBSERVAÇÃO

M = 68.345 m

P = 53.712 m

DO BOMAL (C 4)

M = 68.345 m

P = 53.712 m

779

-VENTO A HORA
DA OBSERVAÇÃO

D

V

H 15.25

A 3.02

-PAZ DEBORA NA
TACAO NA OBSERVAÇÃO

H 15.25

A 3.02

DIA 30

MÊS DEZEMBRO

HORA 12 h 15 m

ANO 1980

OBSERVAÇÃO DA ONDULAÇÃO

Ângulos de depressão		Determinação do período		Direcção da propagação da onda		Cota à hora da observação	
CAVAS (a)	CAVAS (b)	Ângulo (a-b)°	Período (seg)	Período (seg)	Período (seg)	CONSTANTES	ELEMENTOS DEDUZIDOS
1 10.1	10.1	0.0	10.1	10.1	10.1	1.408.501	1. Distância da estação de observação à boia
2 10.2	10.2	0.0	10.2	10.2	10.2	1.408.501	2. Azimute da direcção origem dos ângulos horizontalmente
3 10.3	10.3	0.0	10.3	10.3	10.3	1.408.501	3. Correspondência da boia
4 10.4	10.4	0.0	10.4	10.4	10.4	1.408.501	4. Cota da estação de observação
5 10.5	10.5	0.0	10.5	10.5	10.5	1.408.501	5. Altura do aparelho
6 10.6	10.6	0.0	10.6	10.6	10.6	1.408.501	6. Cota do fundo, no local da boia
7 10.7	10.7	0.0	10.7	10.7	10.7	1.408.501	7. Direcção da propagação de onda
8 10.8	10.8	0.0	10.8	10.8	10.8	1.408.501	8. Elementos de onda
9 10.9	10.9	0.0	10.9	10.9	10.9	1.408.501	9. Elementos de onda
10 11.0	11.0	0.0	11.0	11.0	11.0	1.408.501	10. Elementos de onda
11 11.1	11.1	0.0	11.1	11.1	11.1	1.408.501	11. Elementos de onda
12 11.2	11.2	0.0	11.2	11.2	11.2	1.408.501	12. Elementos de onda
13 11.3	11.3	0.0	11.3	11.3	11.3	1.408.501	13. Elementos de onda
14 11.4	11.4	0.0	11.4	11.4	11.4	1.408.501	14. Elementos de onda
15 11.5	11.5	0.0	11.5	11.5	11.5	1.408.501	15. Elementos de onda
16 11.6	11.6	0.0	11.6	11.6	11.6	1.408.501	16. Elementos de onda
17 11.7	11.7	0.0	11.7	11.7	11.7	1.408.501	17. Elementos de onda
18 11.8	11.8	0.0	11.8	11.8	11.8	1.408.501	18. Elementos de onda
19 11.9	11.9	0.0	11.9	11.9	11.9	1.408.501	19. Elementos de onda
20 12.0	12.0	0.0	12.0	12.0	12.0	1.408.501	20. Elementos de onda
21 12.1	12.1	0.0	12.1	12.1	12.1	1.408.501	21. Elementos de onda
22 12.2	12.2	0.0	12.2	12.2	12.2	1.408.501	22. Elementos de onda
SOMAS							
MÉDIAS							

Med. P. M. 101

79 856 6.77

CB=119.4

7.77

O OBSERVADOR:

O CALCULADOR:

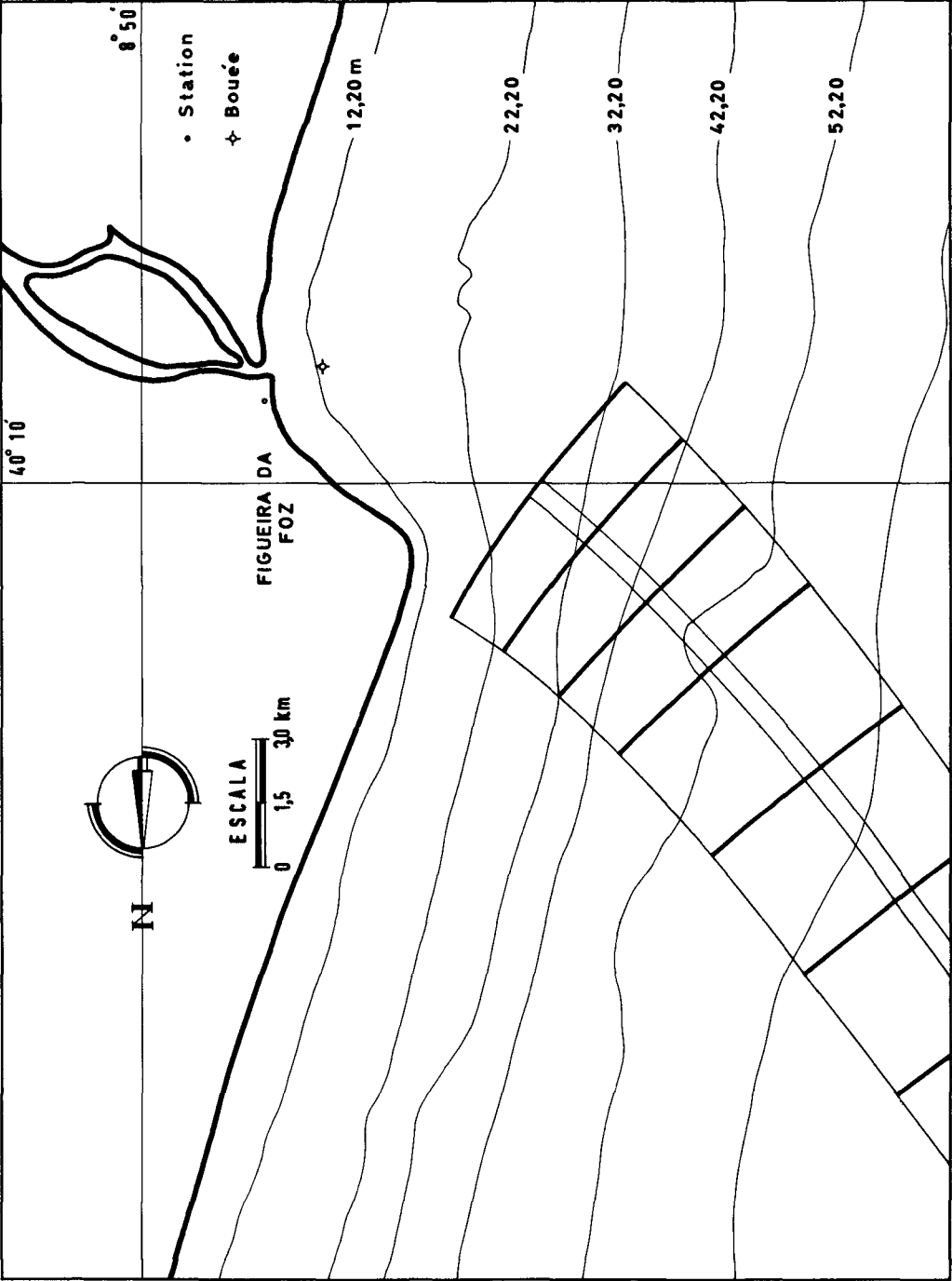


Fig.5

aux hauteurs et périodes correspondant aux valeurs significatives des trains observés; la méthode utilisée a été celle des crêtes, établie d'après la théorie de Stokes.

CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'AGITATION AU LARGE DE FIGUEIRA DA FOZ

Le régime de l'agitation dans la période allant de 1954 à 1960 a été étudié dans le but de connaître:

- 1 - les distributions des valeurs significatives de la hauteur et de la période de l'onde ($H_{1/3}$ et $T_{H1/3}$) et encore la distribution des valeurs de la direction.
- 2 - les courbes de fréquence, par corrélation des directions et des hauteurs significatives, des directions et des périodes significatives, des périodes significatives et des hauteurs significatives.

Ces distributions sont présentées à la Fig.6 et on y remarque ces traits fondamentaux:

a) Distribution des périodes significatives:

- valeurs comprises entre 6 et 20 sec.
- fréquence maximale entre 10 et 12 sec.
- 90% des ondes ont des périodes significatives inférieures à 14 sec.

b) Distribution des hauteurs significatives:

- valeur maximale de l'ordre des 11 m.
- fréquence maximale entre 1 et 2 m.
- 90% des ondes ont des hauteurs significatives inférieures à 3,5 m.
- le pourcentage des calmes est de l'ordre de 6%.

c) Distribution des directions: on remarque l'existence d'une vaste gamme de directions dans les quadrants NW et WS, aux caractéristiques suivantes:

- seulement 20% des ondes ont des directions dans le quadrant WS.
- la fréquence maximale se trouve entre $W - 10^{\circ} - N$ et $W - 20^{\circ} - N$.

Les courbes de fréquence mentionnées à l'alinéa 2 sont caractérisées par:

- a) Directions et hauteurs significatives (Fig.7): on a défini les courbes d'égale densité de fréquence (pourcentage

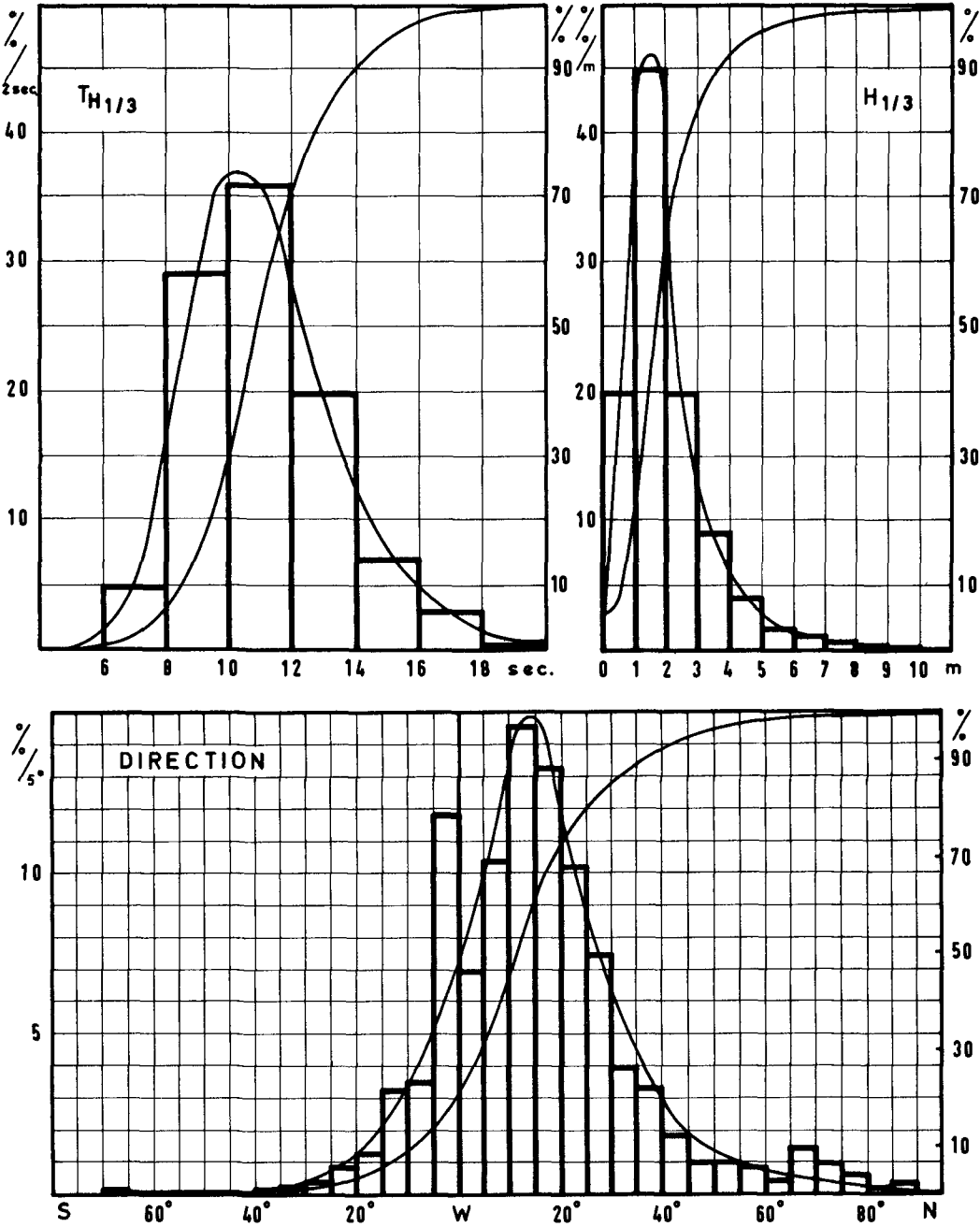


Fig. 6

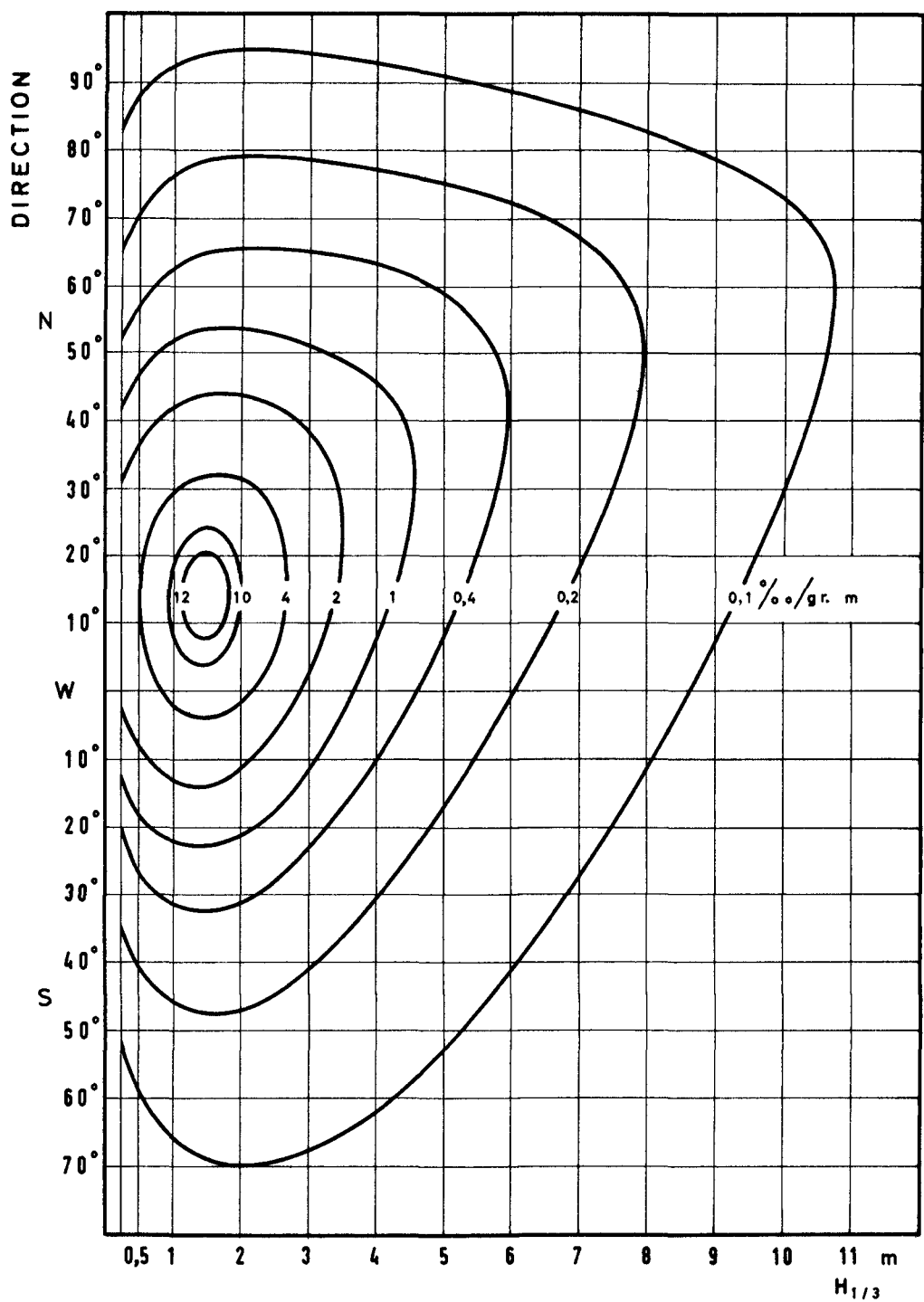


Fig. 7

par unité du produit degré par mètre).

- la densité de fréquence maximale correspond à des directions comprises entre $W - 10^{\circ} - N$ et $W - 20^{\circ} - N$ associées à des hauteurs significatives comprises entre 1 et 2 m.
 - les hauteurs significatives maximales sont associées à des directions de l'ordre de $W - 60^{\circ} - N$.
- b) Directions et périodes significatives (Fig.8): on a défini les courbes d'égale densité de fréquence (pour millage par unité du produit degré par seconde).
- la densité de fréquence maximale correspond à des directions comprises entre $W - 10^{\circ} - N$ et $W - 20^{\circ} - N$ associées à des périodes significatives comprises entre 10 et 11 sec.
 - les valeurs les plus élevées de la période significative sont associées à des ondes du quadrant NW.
- c) Périodes significatives et hauteurs significatives (Fig.9): on a défini les courbes d'égale densité de fréquence (pour millage par unité du produit seconde par mètre).
- la densité de fréquence maximale correspond à des périodes significatives de 10 sec. et à des hauteurs significatives de l'ordre de 1,5 m.
 - les valeurs les plus grandes de la hauteur significative sont associées à des périodes significatives de l'ordre des 17 sec.

Ces trois types de courbes permettent de définir les caractéristiques des ondes de calcul à considérer dans les problèmes de l'agitation et de la stabilité des ouvrages maritimes.

Toutefois, les conclusions de cette étude doivent être prises comme des approximations car, comme on le sait d'après les missions des bateaux océanographiques à l'Atlantique Nord, les caractéristiques de l'ondulation sont assez variables le long de la côte. De ce fait, le régime de l'agitation étudié ne pourra être bien défini qu'après installation de diverses stations d'observation en des points convenients de la côte.

RAPPORTS ENTRE LES PARAMETRES CARACTERISTIQUES DES TRAINS D' ONDES OBSERVES A FIGUEIRA DA FOZ

À partir des valeurs fournies par les observations, on a pu définir les paramètres suivants, caractéristiques de l'agitation:

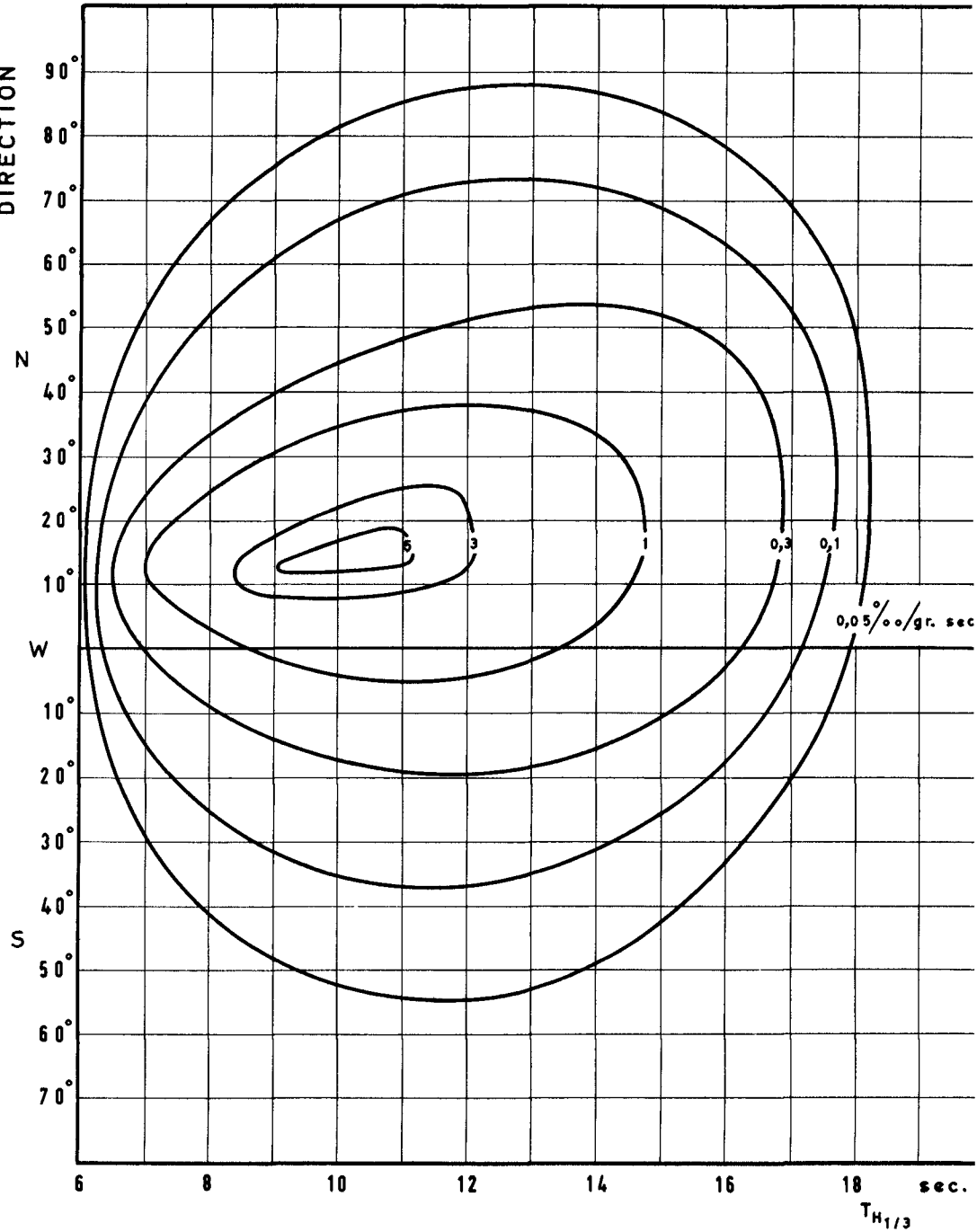


Fig. 8

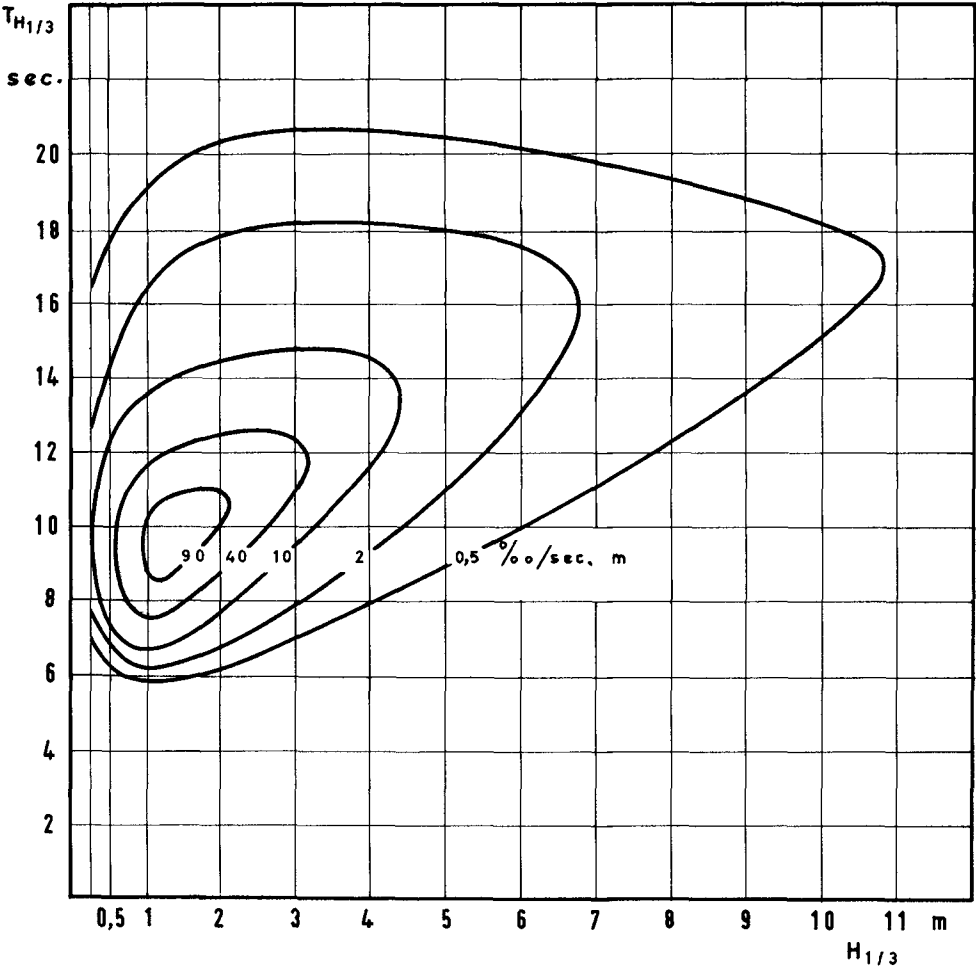


Fig. 9

- $H_{1/3}$ - hauteur significative: hauteur moyenne du tiers des ondes les plus élevées.
 $T_{H1/3}$ - période significative: valeur moyenne correspondant à la moyenne des périodes associées aux hauteurs qui déterminent $H_{1/3}$.
 $H_{\max}$ - hauteur maximale.
 $T_{\max}$ - période maximale.
 $H_{1/10}$ - hauteur moyenne du dixième des ondes les plus élevées.
 H_m - hauteur moyenne.
 T_m - période moyenne.
 $T_{H\max}$ - période associée à la hauteur maximale.
 $T_{1/3}$ - valeur moyenne du tiers des ondes à la période la plus élevée.

Les différents rapports que l'on peut établir entre ces paramètres ont fait l'objet de l'étude présentée par le Prof. R. L. Wiegel au "Coastal Engineering" de 1961; dans le but de comparer les valeurs de ce travail avec celles présentées par cet auteur on a défini ces mêmes rapports et l'on a déterminé les valeurs moyennes des distributions respectives. Les rapports étudiés et leurs distributions sont représentés aux Figs. 10 et 11.

Les rapports entre les valeurs significatives et moyenne des hauteurs et périodes méritent une attention spéciale, ce qui justifie que l'on présente les histogrammes respectifs avec une distribution plus détaillée (Fig. 12), ainsi que les deux graphiques de la Fig. 13 où l'on établit la corrélation entre ces valeurs.

L'examen des histogrammes de la Fig. 12 rend évident que:

- la valeur de plus grande fréquence du rapport $\frac{H_{1/3}}{H_m}$ est comprise entre 1,25 et 1,30; ce rapport présente un pourcentage très réduit de valeurs supérieures à 1,60.
- la valeur de plus grande fréquence du rapport $\frac{T_{H1/3}}{T_m}$ est comprise entre 0,95 et 1,00; les valeurs limites de ce rapport sont 0,65 et 1,30.

On a calculé la valeur moyenne et l'écart, concernant ces distributions, selon les expressions:

$$m = \sum_k x_k p_k \quad \sigma = \sqrt{\sum_k (x_k - m)^2 p_k}$$

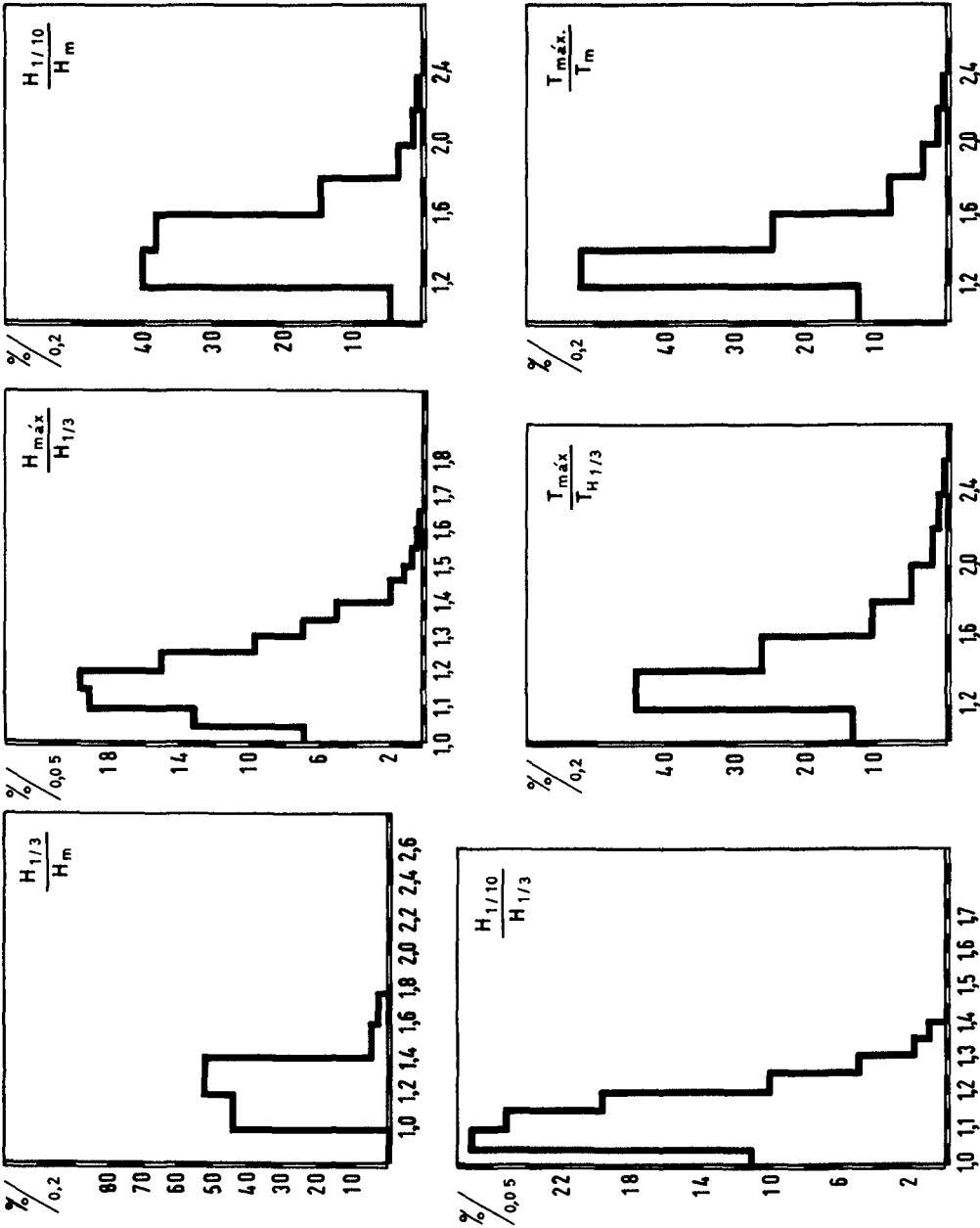


Fig. 10

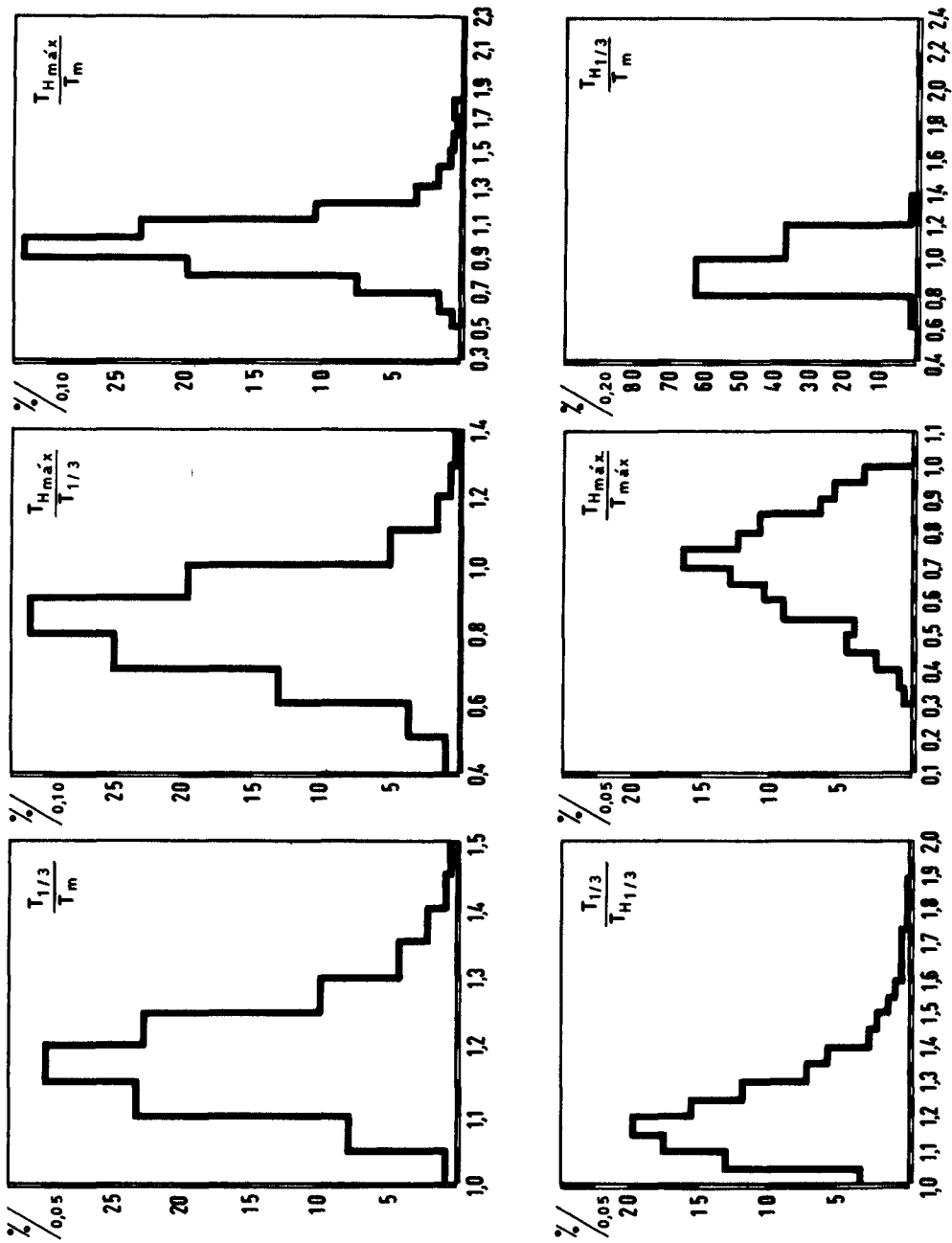


Fig.11

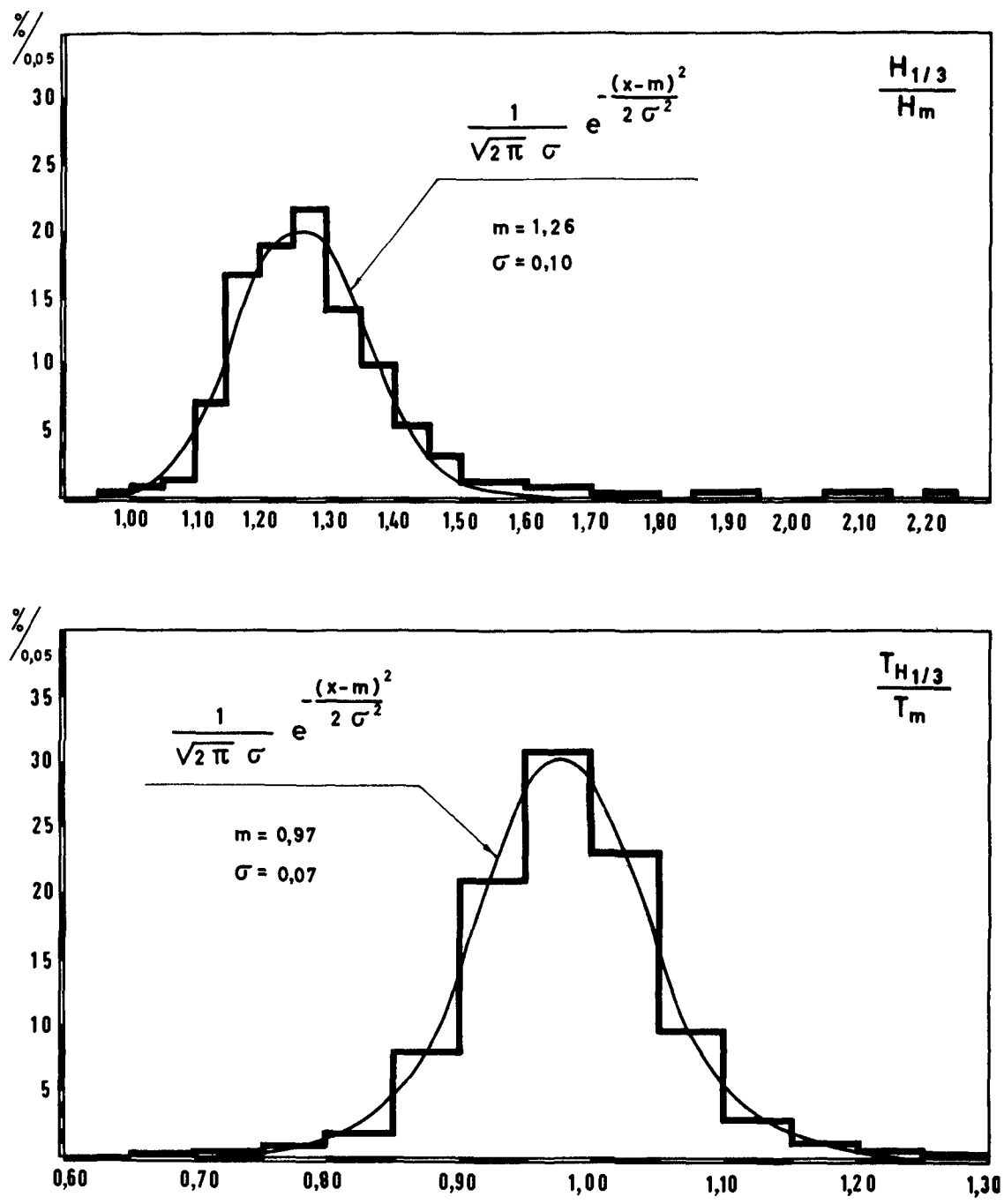


Fig. 12

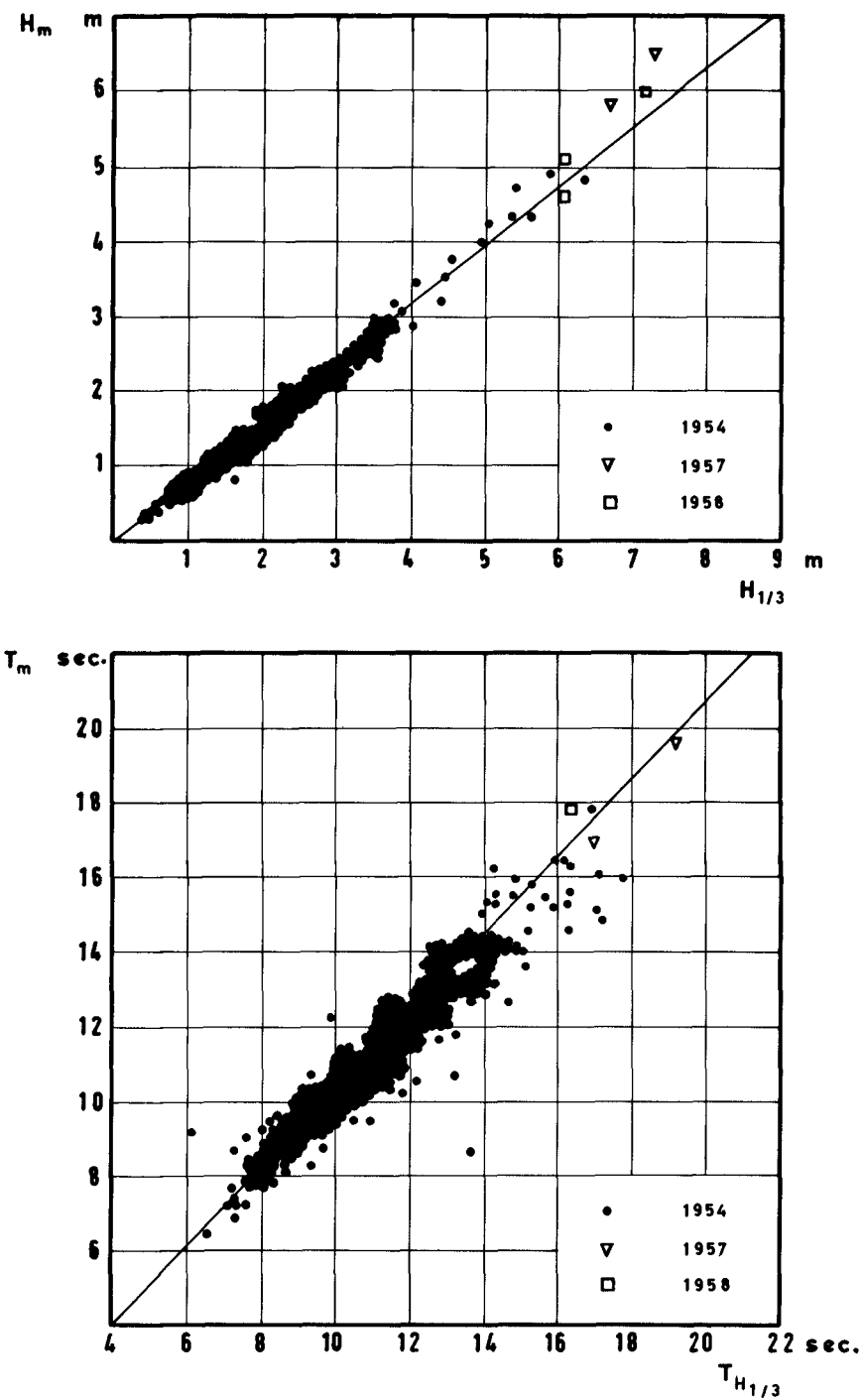


Fig. 13

où

m est la valeur moyenne.

σ est l'écart.

x_k est une valeur du rapport étudié.

p_k est la fréquence de la valeur x_k

Pour le rapport $\frac{H_{1/3}}{H_m}$ on détermina $m = 1,26$ et $\sigma = 0,10$.

Pour le rapport $\frac{T_{H1/3}}{T_m}$ on détermina $m = 0,97$ et $\sigma = 0,10$.

Les distributions de ces rapports suivent d'assez près la loi de Gauss - Laplace; le rapport $\frac{H_{1/3}}{H_m}$ a une distribution qui s'accorde avec cette loi pour une valeur de $\sigma = 0,10$ tandis que le rapport $\frac{T_{H1/3}}{T_m}$ a une distribution qui suit la loi Gauss - Laplace avec $\sigma = 0,07$.

À la Fig.13 on présente deux graphiques où l'on fait la comparaison entre les valeurs moyennes et significatives des hauteurs et des périodes, en établissant la corrélation entre les valeurs de ces paramètres. Tant pour les hauteurs que pour les périodes, on remarque une approximation satisfaisante en ce qui concerne les droites correspondant aux valeurs moyennes des rapports; les écarts les plus importants sont en général liés à des valeurs élevées de la hauteur ou de la période. Les valeurs significatives maximales correspondant aux fréquences maximales sont de l'ordre des 4 m pour les hauteurs et 14 sec. pour les périodes; les valeurs moyennes correspondantes sont de l'ordre de 3 m et 14 sec. respectivement.

Parmi les rapports que l'on peut établir entre les paramètres caractéristiques des trains d'ondes, le rapport $\frac{H_{1/3}}{T_m}$, dont l'étude a été faite par Sibul en canal à vent en 1955, prend un intérêt tout spécial. Dans le travail que le Prof. Wiegel présenta au Congrès de 1960, on trouve indiqués les résultats de ces essais ainsi que des valeurs obtenues en des observations réalisées en plusieurs lieux. La loi que Sibul a énoncée pour de petites perturbations, d'après ses études expérimentales, est du type:

$$H_{1/3} \approx 1,4 \times 10^{-1} \times T_m^2 \quad (H_{1/3} \text{ en mètres et } T_m \text{ en sec.})$$

Dans le travail sus-mentionné on s'aperçoit que les grandes perturbations océaniques s'écartent assez de cette loi; en effet, au cas de Figueira da Foz, cet écart est un fait comme

l'indique la Fig. 14. Il faut remarquer qu'une loi quadratique qui définisse une valeur moyenne de la distribution, présente une grande dispersion comme on le peut voir à la Fig. 15.

Avec une approximation assez grande, on peut définir pour le cas de Figueira da Foz, dans la zone d'observation, une loi du type:

$$H_{1/3} \approx 3,3 \times 10^{-4} \times T_m^{3,5} \quad (H_{1/3} \text{ en mètres et } T_m \text{ en sec})$$

On a fait aussi l'étude de ce rapport, pour les valeurs au large, et on a obtenu le graphique de la Fig. 16; dans ce cas on peut établir avec approximation la loi suivante:

$$H_{1/3} \approx 5,6 \times 10^{-4} \times T_m^{3,5} \quad (H_{1/3} \text{ en mètres et } T_m \text{ en sec.})$$

Les rapports présentés dans ce travail - ci peuvent soulever quelques doutes. En réalité, la méthode d'observation présente, en plus des imprécisions déjà mentionnées, l'inconvénient de se baser sur l'observation d'un nombre limité de crêtes, ce qui conduit en essence à ce que la valeur $H_{1/10}$ ne soit pas tellement significative, vu que seulement deux valeurs maximales de la hauteur sont utilisées dans la détermination de cette valeur - là qui, donc, reste proche de $H_{\max}$.

Dans le tableau de la Fig. 17 on trouve systematisées toutes les valeurs moyennes des rapports étudiés. En analysant ce tableau on est porté à conclure que les rapports des hauteurs présentent des différences très marquées par égard aux valeurs théoriques et aux valeurs observées en d'autres stations. En ce qui concerne les rapports entre les valeurs de la période, les différences sont moins importantes, il s'y trouvant des valeurs égales ou très proches de celles obtenues expérimentalement.

Les différences dans les rapports de hauteurs, 15% au maximum, peuvent être imputables à la méthode tachéométrique qui est moins rigoureuse, évidemment, que les méthodes d'observation se servant d'ondographes. Dans les déterminations de la valeur de la période faites par chronométrage, il est effectivement possible d'admettre une moindre erreur.

DISCUSSION

Lors de la présentation de ce travail, l'auteur a eu le plaisir d'entendre deux interventions très avisées dont l'opportunité ne souffre pas de doute.

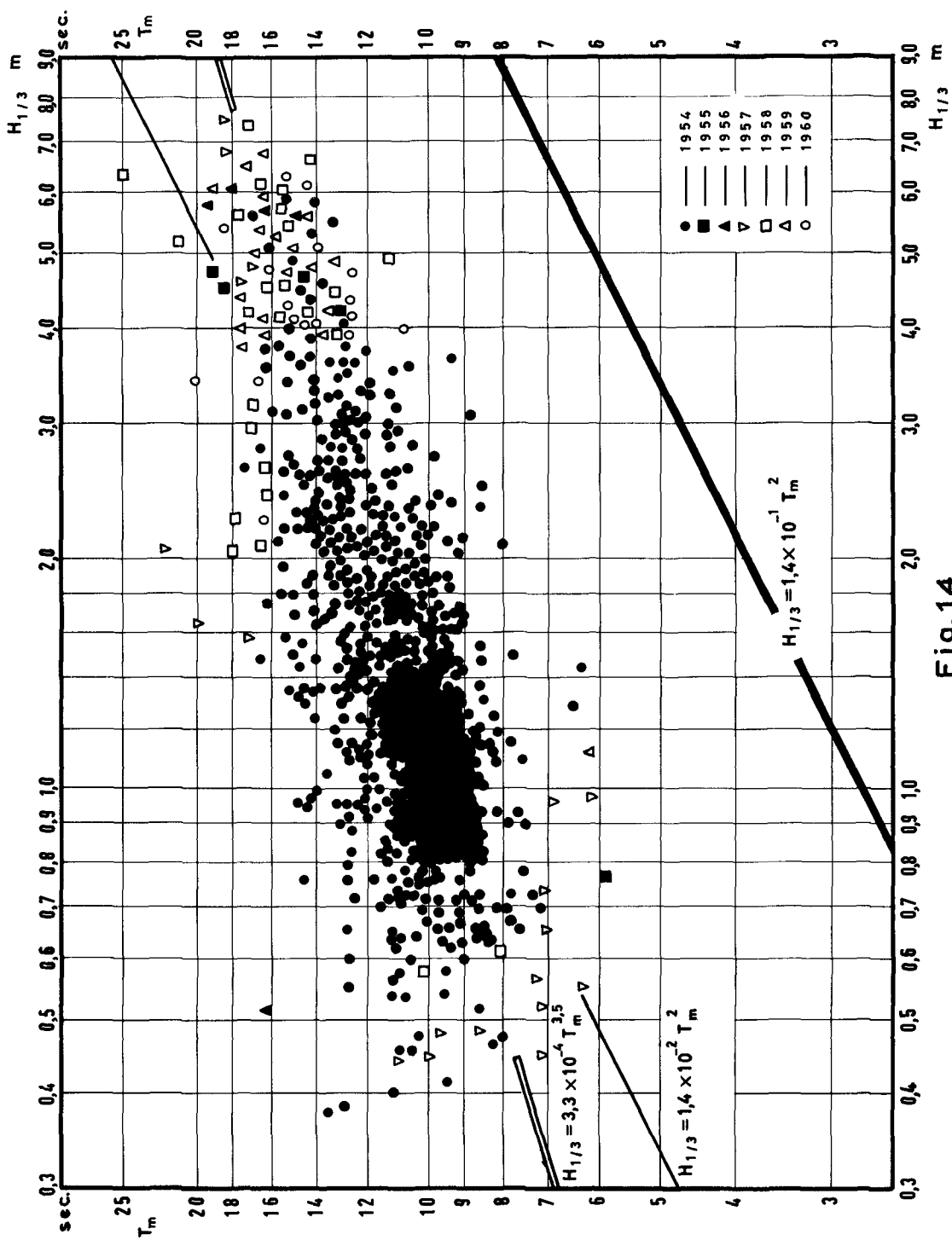


Fig.14

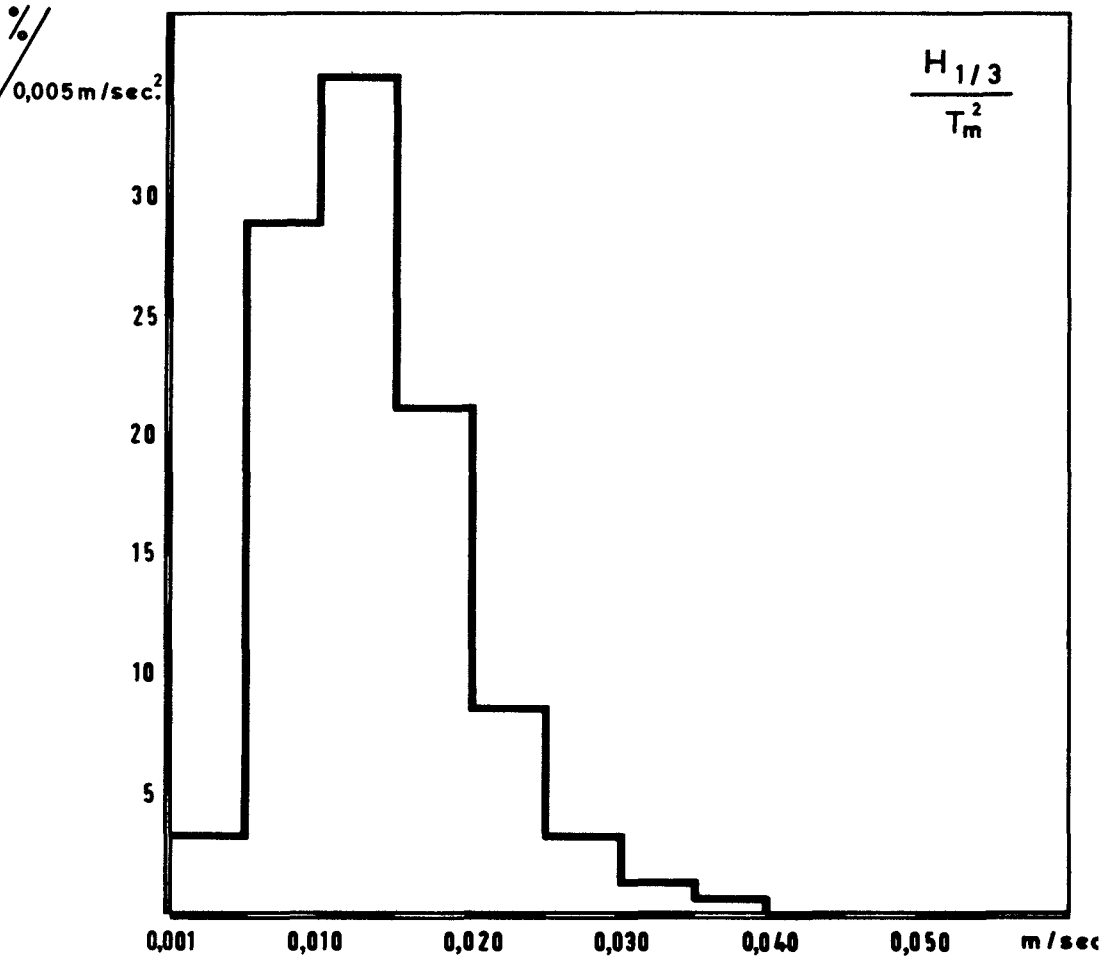


Fig.15

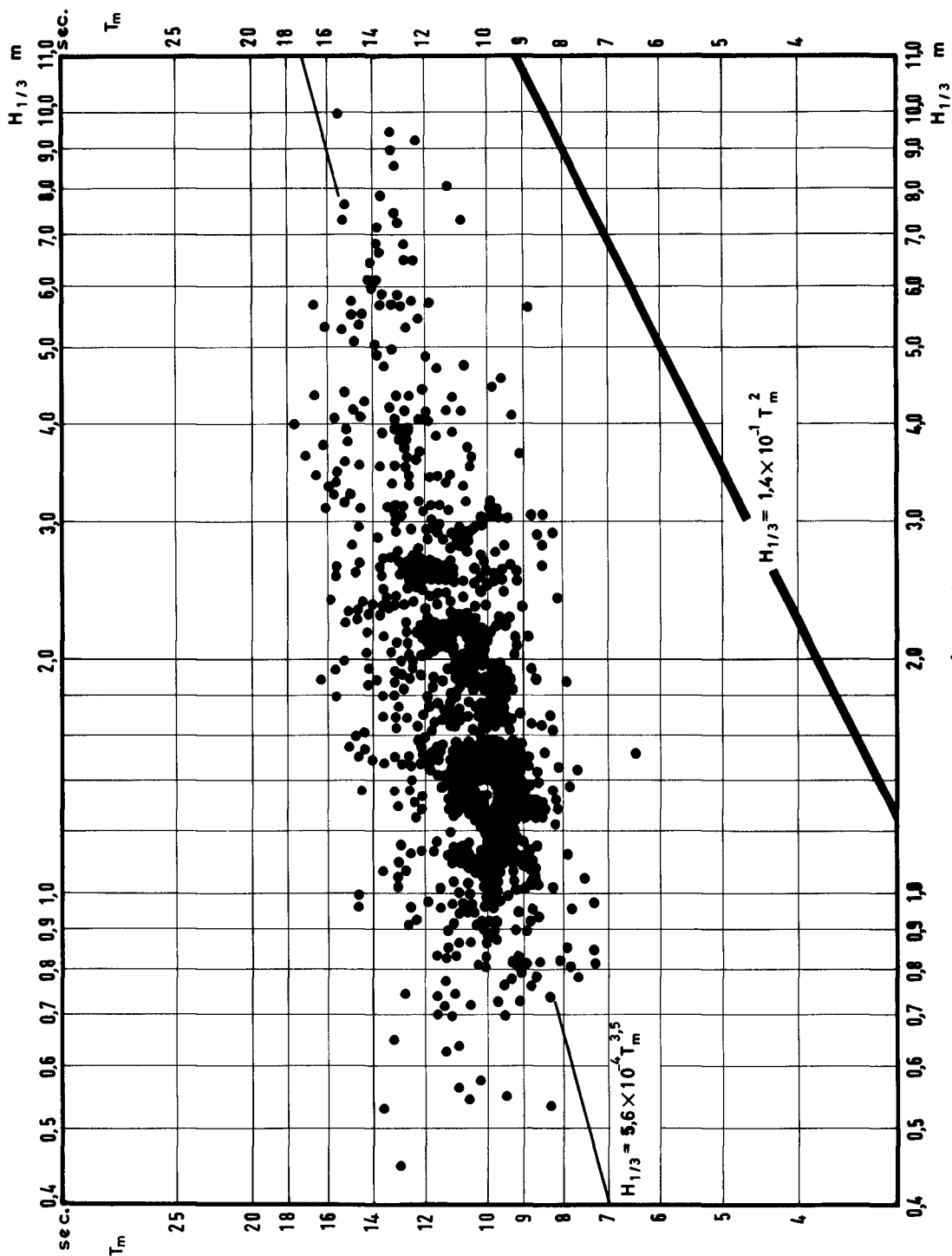


Fig. 16

Rapports	Valeur moyen		Obs.
	Prof. Wiegel Coastal Engineering (1961)	Figueira da Foz (1954 - 1960)	
$\frac{H_{1/3}}{H_m}$	1,37	*	Valeur théorique 1,61 Atlantique Nord 1,60
$\frac{H_{max.}}{H_{1/3}}$	1,40		—
$\frac{H_{1/10}}{H_m}$	1,63		—
$\frac{H_{1/10}}{H_{1/3}}$	1,19		Valeur théorique (Davenport Calif. 1,27
$\frac{T_{max.}}{T_{H_{1/3}}}$	1,29	**	* * Valeur expérimental, Sibul (1955)
$\frac{T_{max.}}{T_m}$	1,42		
$\frac{T_{1/3}}{T_m}$	1,24		
$\frac{T_{H_{max.}}}{T_{1/3}}$	0,89		
$\frac{T_{H_{max.}}}{T_m}$	1,10		
$\frac{T_{1/3}}{T_{H_{1/3}}}$	1,12		
$\frac{T_{H_{max.}}}{T_{max.}}$	0,71		
$\frac{T_{H_{1/3}}}{T_m}$	1,10		

Fig.17

Ces interventions, dues aux ingénieurs néerlandais MM.A. PAAPE et J.SVAŠEK, ont mérité toute l'attention de l'auteur qui tient à exprimer ici sa reconnaissance pour l'intérêt porté au problème.

Les questions soulevées se rapportent au nombre limité de crêtes observées en chaque période d'enregistrement et à la possibilité d'erreur dans la détermination de $H_{1/3}$.

On a reconnu le besoin de comparer les valeurs des observations réalisées avec d'autres, données par l'observation d'un nombre supérieur de crêtes.

Vraiment on a déjà dit que l'on considère assez imparfaites les conditions d'observation, notamment en ce qui concerne les valeurs de $H_{1/10}$; pour ce qui est des valeurs de $H_{1/3}$, on a calculé un rapport $\frac{H_{1/3}}{H_m}$ où la valeur moyenne est de l'ordre de grandeur de celle que l'on obtient avec des ondographes, comme l'on peut voir à la Fig.17.

On doit remarquer, cependant, que toutes ces valeurs s'éloignent assez de la valeur théorique et aussi de valeurs obtenues à l'Atlantique Nord.

On doit encore dire que les observations avaient déjà été réalisées lorsque cette étude commença et aussi que la "Junta Autónoma do Porto da Figueira da Foz" n'avait pas en vue une étude de cette nature lorsqu'elle installa la station d'observation.

Quand le "Laboratório Nacional de Engenharia Civil" décida d'entreprendre une étude en partant de ces observations, a naturellement admis que ses résultats seraient une approximation valable et pourvue d'intérêt pratique. D'un autre côté, vu que l'on reconnaissait les défauts ci-avant mentionnés, on entreprit, à la fin 1962, les démarches nécessaires à l'installation d'une station d'observation de l'ondulation au port de Leixões, équipée d'ondographes et tachéomètres pour l'observation de la direction.

Pour finir, il faut dire que l'on reconnaît le plus grand intérêt à réaliser des observations sur un nombre supérieur de crêtes, à fin d'évaluer l'erreur introduite dans cette étude. Dans ce but, on a déjà pris contact avec la "Junta Autónoma do Porto da Figueira da Foz" et seulement des difficultés actuelles nous ont empêchés de recevoir déjà des résultats.

----- x -----

----- x -----

L'auteur tient à remercier l'ingénieur M.J.J. REIS DE CARVALHO dont le concours lui a permis de mener à bien ce travail, aussi que les calculateurs MM. L.CARIA DA SILVA et PLATINO CUNHA et les dessinateurs MM.J. CARROGIO et F.SANTOS PEREIRA qui ont prêté leur meilleure collaboration

BIBLIOGRAPHIE

- LONGUETT - HIGGINS - "On the statistical distribution of the heights of sea waves "Journal Marine Research", Vol.XI, pages 245-246.
- ABECASIS, F.MANZANARES; CASTANHO, J.PIRES; CARVALHO, J.J.REIS DE - "A previsão das características das ondas do mar". Memória nº. 114 du LNEC. Lisboa, 1957.
- WIEGEL, R.L. - "Wind waves and swell" Coastal Engineering, 1961, Vol.1, pages 1 - 40.
- MICHE, M.ROBERT - "Propriétés des trains d'ondes océaniques". Paris, 1954.

TABLE DES FIGURES

- Fig. 1 - Ondulation à la zone d'observation.
- Fig. 2 - Emplacement du port de Figueira da Foz.
- Fig. 3 - Station d'observation.
- Fig. 4 - Enregistrement de l'observation.
- Fig. 5 - Plan de la zone d'observation.
- Fig. 6 - Caractéristiques générales de l'agitation au large de Figueira da Foz. Distributions de $T_{H1/3}$, $H_{1/3}$ et de directions.
- Fig. 7 - Caractéristiques générales de l'agitation au large de Figueira da Foz. Courbes d'égale densité de fréquence pour des valeurs de la direction et $H_{1/3}$.
- Fig. 8 - Caractéristiques générales de l'agitation au large de Figueira da Foz. Courbes d'égale densité de fréquence pour des valeurs de la direction et $T_{H1/3}$.
- Fig. 9 - Caractéristiques générales de l'agitation au large de Figueira da Foz. Courbes d'égale densité de fréquence pour $T_{H1/3}$ et $H_{1/3}$.
- Fig.10 - Rapports entre des paramètres caractéristiques des trains d'ondes. Distributions.
- Fig.11 - Rapports entre des paramètres caractéristiques des trains d'ondes. Distributions.
- Fig.12 - Rapports entre des paramètres caractéristiques des trains d'ondes. Distributions de $\frac{H_{1/3}}{H_m}$ et $\frac{T_{H1/3}}{T_m}$. Comparaison avec la loi de Gauss.
- Fig.13 - Corrélation entre des valeurs significatives et moyennes.
- Fig.14 - Corrélation entre des valeurs de T_m et de $H_{1/3}$ (valeurs près de la côte).
- Fig.15 - Distribution des valeurs de $\frac{H_{1/3}}{T_m^2}$
- Fig.16 - Corrélation entre des valeurs de T_m et $H_{1/3}$, (valeurs au large).
- Fig.17 - Tableau comparatif des valeurs moyennes des rapports entre des paramètres caractéristiques des trains d'ondes.