

Annales Hydrographiques

5ème série ; Vol. 4, Fasc.1, 1976, n° 743, PP. 65-73.

## ÉTUDE STATISTIQUE DE LA HOULE LITTORALE PROCHE DU DÉFERLEMENT

par

MM. A. CAVANIÉ et R. EZRATY

Centre Océanologique de Bretagne

### RÉSUMÉ

— L'étude de deux séries d'enregistrement de vagues près du rivage a permis, dans le cas où les amplitudes sont faibles par rapport à la profondeur, de montrer que l'application de la loi de Rayleigh reste valable. Lorsque la hauteur des vagues est supérieure au tiers de la profondeur d'eau, l'effet du fond provoque un effet de saturation, la répartition des hauteurs de vagues peut alors être représentée par une loi de Weibull dont l'exposant est une fonction croissante de la saturation. Le paramètre de forme et le paramètre caractéristique de la loi peuvent être rapidement estimés à partir de  $\bar{H}_r$ ,  $H_r/3$  et  $H_r/10$ . —

### ABSTRACT

— The analysis of two sets of wave measurements close to shore verifies that as long as wave amplitudes are small with respect to mean depth a Rayleigh distribution remains satisfactory for wave heights. When mean depth is inferior to three times the significant wave heights, the statistical distribution of wave heights is best fit by Weibull's law whose exponent is an increasing function of relative wave height. All three parameters of Weibull's law can be rapidly estimated from  $\bar{H}_r$ ,  $H_r/3$  and  $H_r/10$ . —

### INTRODUCTION

Au large, la loi de Rayleigh permet d'obtenir avec une bonne précision, pour un échantillon donné, la répartition statistique des hauteurs de vagues. Bien que ce résultat ne se justifie théoriquement que dans le cas de spectres étroits, il s'étend expérimentalement aux enregistrements de vagues de spectres larges, dans la mesure où la répartition statistique de la surface libre suit une loi normale.

Dans le cas de la houle littorale proche du déferlement, la loi de Gauss ne décrit plus la distribution de la surface libre en raison des phénomènes non linéaires.

Cette étude a été entreprise à partir des données acquises à la station de houle côtière du Centre Océanologique de Bretagne pour déterminer expérimentalement les lois statistiques qui décrivent ce cas particulier.

Il est possible de représenter la répartition statistique des hauteurs de vagues par une loi de Weibull, qui tend, pour les faibles hauteurs de vagues, vers une loi de Rayleigh. Le paramètre de forme de la loi de Weibull est une fonction croissante de la hauteur de vagues.

Après une brève présentation du dispositif expérimental utilisé, du prétraitement et de la mise en forme des données (paragraphe 2), les résultats expérimentaux au large puis près de la côte sont comparés à la loi de Rayleigh. Si pour les données au large l'accord est satisfaisant (paragraphe 3), les courbes expérimentales de hauteurs de vagues proches du déferlement s'écartent nettement de la courbe théorique pour des hauteurs supérieures au tiers de la profondeur (paragraphe 4). Sachant que les faibles hauteurs relatives,  $H_r$  (rapport de la hauteur des vagues à la profondeur d'eau) satisfont la loi de Rayleigh, il est naturel de tenter de représenter l'ensemble des enregistrements par une loi de Weibull dont la loi de Rayleigh est un cas particulier. L'équation de la probabilité cumulative des hauteurs relatives s'écrit alors (paragraphe 6) :

$$P(H_r) = 1 - e^{-\left(\frac{H_r}{a}\right)^c}$$

Le paramètre de forme « c » et le paramètre caractéristique « a » sont déterminés en fonction des données expérimentales pour 40 enregistrements indépendants. Enfin, l'expérience montre que le paramètre de forme « c » est une fonction croissante de la saturation et peut être déterminé de façon satisfaisante à partir de grandeurs classiques  $H_r/3$ ,  $H_r/10$ ,  $\bar{H}_r$ .

Contribution n° 319 du Département Scientifique du Centre Océanologique de Bretagne.

## I. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE ET MISE EN FORME DES DONNÉES

En janvier et mai 1974, l'équipe d'Océanographie Physique du COB/DS a effectué deux séries d'expériences dans la presqu'île de Crozon sur la plage de La Palue, afin de préciser les dispositifs expérimentaux, de mettre au point le prétraitement des données et les programmes de calcul et d'amorcer une étude de la houle littorale proche du déferlement (Arhan M. et Gouriten Y., 1974).

Deux types de capteurs de niveau ont été utilisés :

- par 2 à 3 mètres d'eau, un capteur posé sur le fond mesure la pression hydrostatique;
- au large de ce point, par 10 mètres d'eau, une bouée Datawell enregistre les déplacements de la surface libre.

Les données recueillies sont digitalisées sur un support compatible ordinateur; une première série de contrôles visuels permet de juger de la qualité des enregistrements et éventuellement de tenir compte des incidents expérimentaux.

### a) Prétraitement des données de la bouée Datawell

Du fait de son principe de fonctionnement, la bande passante de la bouée Datawell est limitée à 0,06-0,8 Hz; néanmoins, la trace analogique du signal présente visiblement des fréquences supérieures à 0,8 Hz dues entre autre à des défauts de la liaison radio ou à des oscillations de la bouée soumise au vent. Pour éliminer ces parasites, le signal est traité par un filtre passe bas symétrique, affectant les poids 1/4, 1/2, 1/4 à 3 points consécutifs échantillonnés 4 fois par seconde. Les amplitudes correspondant aux fréquences de 0,8 Hz sont alors réduites de 57 %, celles correspondant à 1 Hz sont réduites de 75 %, alors que les amplitudes correspondant à 0,18 Hz ne sont réduites que de 5 % et de 1 % à 0,1 Hz.

### b) Prétraitement des données de pression au fond

Le capteur de pression filtre les hautes fréquences mais ne coupe pas la composante continue. Par ailleurs, les corrections permettant de réduire les données de pression en hauteur d'eau ne sont applicables que dans l'hypothèse d'une houle hydrostatique, ce qui n'est pas le cas de nos expériences.

Les signaux de pression sont soumis à un filtre passe haut constitué par une régression linéaire sur la durée de l'enregistrement. On montre que l'erreur introduite par l'approximation de la courbe de marée (de période très longue par rapport à la durée de l'enregistrement) par une droite, ne dépasse pas, dans le cas le plus défavorable, 8 % de l'amplitude de la marée.

### c) Traitement des données

Pour chaque enregistrement, on compare la fonction de densité de probabilité du niveau de l'eau à la loi de Gauss. On détermine ensuite les couples « périodes-creux » (zéro up crossing), puis les cambrures en tenant compte de la profondeur d'eau.

On effectue ensuite le calcul des grandeurs classiques hauteur moyenne, H 1/3, variance des creux, période moyenne... Enfin, on trace la densité de probabilité des hauteurs de vagues qui est comparée à la loi de Rayleigh. L'analyse détaillée de ces données (histogrammes, spectres, cohérences) est présentée dans l'article de M. Arhan et Y. Gouriten (1974).

## II. RAPPEL SUR LA RÉPARTITION DES AMPLITUDES

Longuet-Higgins (1952) puis Cartwright et Longuet-Higgins (1956) ont montré que les répartitions des amplitudes des vagues suivaient une loi de Rayleigh dans le cas de spectres d'énergie étroits. Dans ce cas, la densité de probabilité des hauteurs,  $p(h)$ , est donnée par :

$$p(h) = \frac{2h}{a^2} e^{-\frac{h^2}{a^2}}$$

et la valeur moyenne de  $h$ ,  $\bar{H}$ , ainsi que la variance de  $h$ ,  $\sigma_h^2$ , s'en déduisent sous la forme :

$$\bar{H} = \int_0^{\infty} h p(h) dh = a \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h^2 &= \int_0^{\infty} h^2 p(h) dh - \left[ \int_0^{\infty} h p(h) dh \right]^2 \\ &= a^2 \left( 1 - \frac{\pi}{4} \right) \end{aligned}$$

Longuet-Higgins déduit d'une analyse de Rice, pour des enregistrements de spectres étroits :

$$a = 2\sqrt{2} \sigma_h$$

$\sigma_h$  étant l'écart type du niveau de la surface libre. Mais les enregistrements relevés à la station de houle littorale ne satisfont pas cette hypothèse et la

Enregistrement	Nbre de vagues	a (mètres)
• Carla	292	4,886
• N°4	536	1,111
• N°5	520	1,182
• N°11	345	1,953

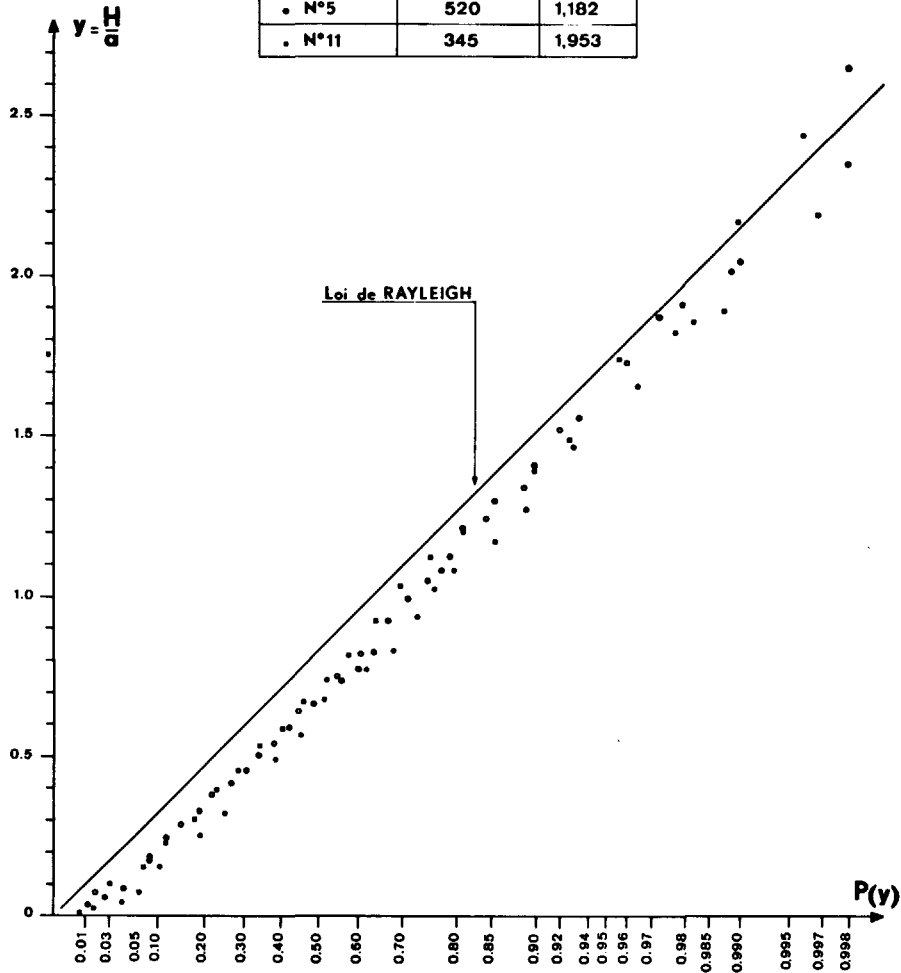


FIG. 1. — Répartition statistique des hauteurs de vagues au large.

détermination du paramètre « a » de la loi de Rayleigh à partir de  $\sigma_h$  conduit à des écarts importants.

La méthode expérimentale utilisée (bouée Data-well) est suffisamment fine pour détecter les vagues de vent de courte période et de petite amplitude qui se superposent aux vagues de grande amplitude et de plus longue période; dans ces conditions, si l'on cherche à adapter le paramètre de Rayleigh aux statistiques des plus hautes vagues, l'utilisation de  $\bar{H}$  conduit à sous-estimer le paramètre « a »; il est plus satisfaisant d'estimer ce paramètre à partir de la variance de  $h$  qui est moins sensible aux petites hauteurs de vagues.

Pour comparer la répartition expérimentale à la répartition théorique, il est commode d'utiliser un papier gradué suivant la loi de probabilité sur l'axe des  $x$  et en creux rapporté au paramètre de la loi de Rayleigh sur l'autre axe.

On constate (fig. 1) que les mesures effectuées par 10 mètres d'eau coïncident avec celles obtenues lors de l'ouragan Carla par 30 mètres d'eau. La loi

de Rayleigh, basée sur l'hypothèse d'un spectre étroit, sous-estime le nombre de vagues de petites amplitudes mais s'avère satisfaisante pour les grandes vagues lorsque l'on calcule le paramètre caractéristique en utilisant la variance expérimentale de  $\sigma^2_h$ .

### III. RÉPARTITION DES HAUTEURS DE VAGUES PAR FAIBLE PROFONDEUR

#### a) Répartition globale

Pour des fonds de l'ordre de quelques mètres, on ne peut plus définir une hauteur d'eau moyenne constante tout au long d'une séquence d'enregistrement de 35 minutes. En effet, les variations de niveau dues à la marée peuvent atteindre jusqu'à 1 mètre dans le cas de nos expériences.

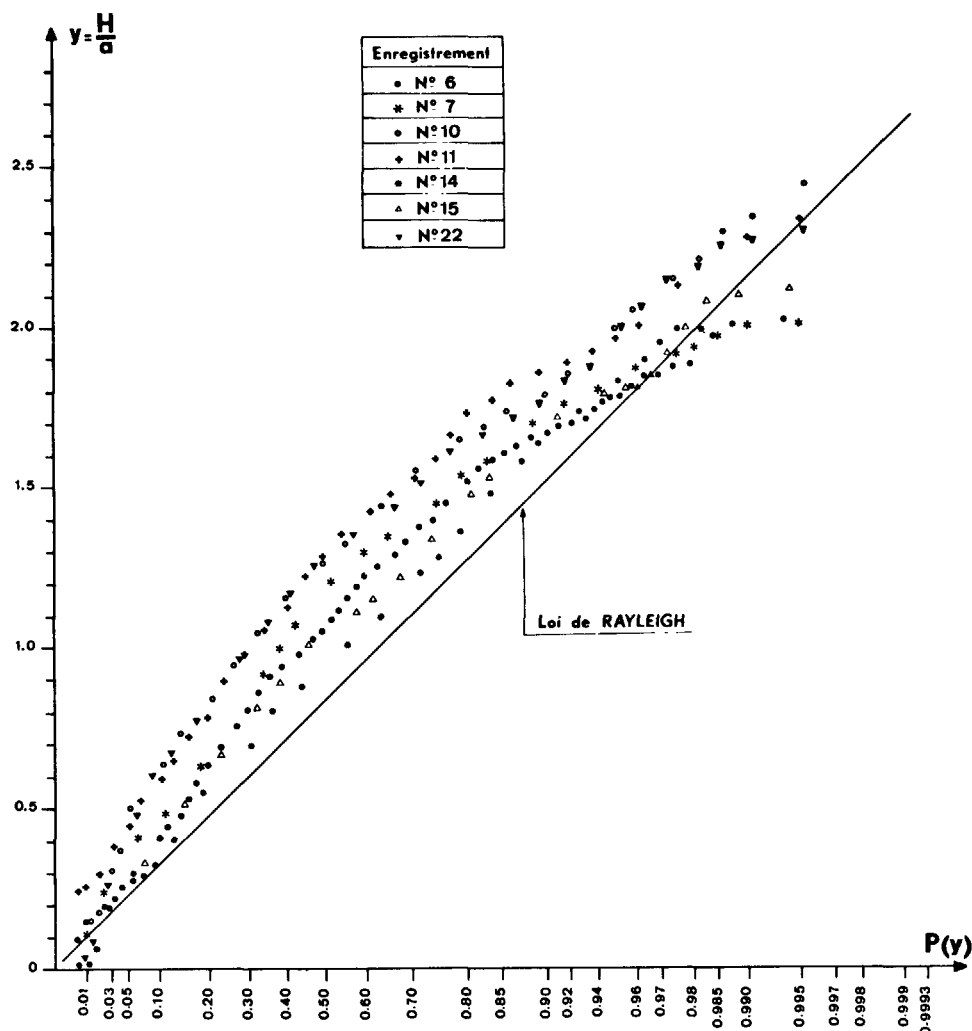


FIG. 2. — Répartition statistique des hauteurs de vagues par faible profondeur.

On conçoit donc que la hauteur d'une vague à un instant donné d'un enregistrement ne soit plus représentative; il faut alors tenir compte de la profondeur à cet instant et utiliser comme nouvelle variable le creux réduit  $h_r$ , défini comme « la hauteur de la vague à l'instant  $t$  rapporté au niveau d'équilibre à cet instant ».

On constate alors (fig. 2) que la loi de probabilité du creux réduit s'écarte notablement de la loi de Rayleigh (Thomson, 1974). A l'encontre des observations par 10 mètres d'eau, la loi de Rayleigh prédit, dans la zone proche du déferlement, un plus faible nombre de vagues de petite amplitude et un plus grand nombre de vagues de forte amplitude que l'expérience.

Par ailleurs, la forte concavité des courbes expérimentales suggère une tendance asymptotique horizontale pour les vagues de forte amplitude. Cette allure de courbe s'explique physiquement: pour une hauteur d'eau donnée, il n'est pas possible de rencontrer des vagues de hauteur supérieure à la profondeur. Les valeurs des grandes amplitudes sont limitées et relativement, dans un échantillon donné, le nombre de petites vagues augmente, ce

qui diminue fortement la valeur du paramètre de Rayleigh. Le rapport  $h_r/a$  augmente donc pour les faibles valeurs de  $h_r$ , et tendrait vers  $1/a$  pour toutes les vagues de hauteur égale à la profondeur d'eau, c'est-à-dire à saturation.

Parmi les 22 enregistrements étudiés par faible profondeur, seul le prélèvement n° 14 reste voisin de la droite représentant la loi de Rayleigh. Ceci peut s'expliquer par le fait que les vagues ont déferlé en deça du point de mesure, augmentant relativement le nombre de petites vagues.

#### b) Répartition des vagues de petite amplitude.

Le nombre de vagues de petite amplitude observé lors d'un enregistrement devrait être toujours égal ou supérieur au nombre prédit par le modèle de spectre étroit qui conduit à la loi de Rayleigh, car l'énergie dans les hautes fréquences provient des vagues de petite amplitude mais de cambrure non négligeable. Par ailleurs, il est logique d'admettre que les vagues de faible amplitude relative ne su-

Enregistrement	P(0,33)	Nbre de vagues	a
■ N°14	0.441	169	0.437
▲ T1	0.457	1397	0.427
● T2	0.307	1450	0.551
○ T4	0.217	377	0.674
* T3	0.149	823	0.828
▽ N°21	0.097	194	1.041

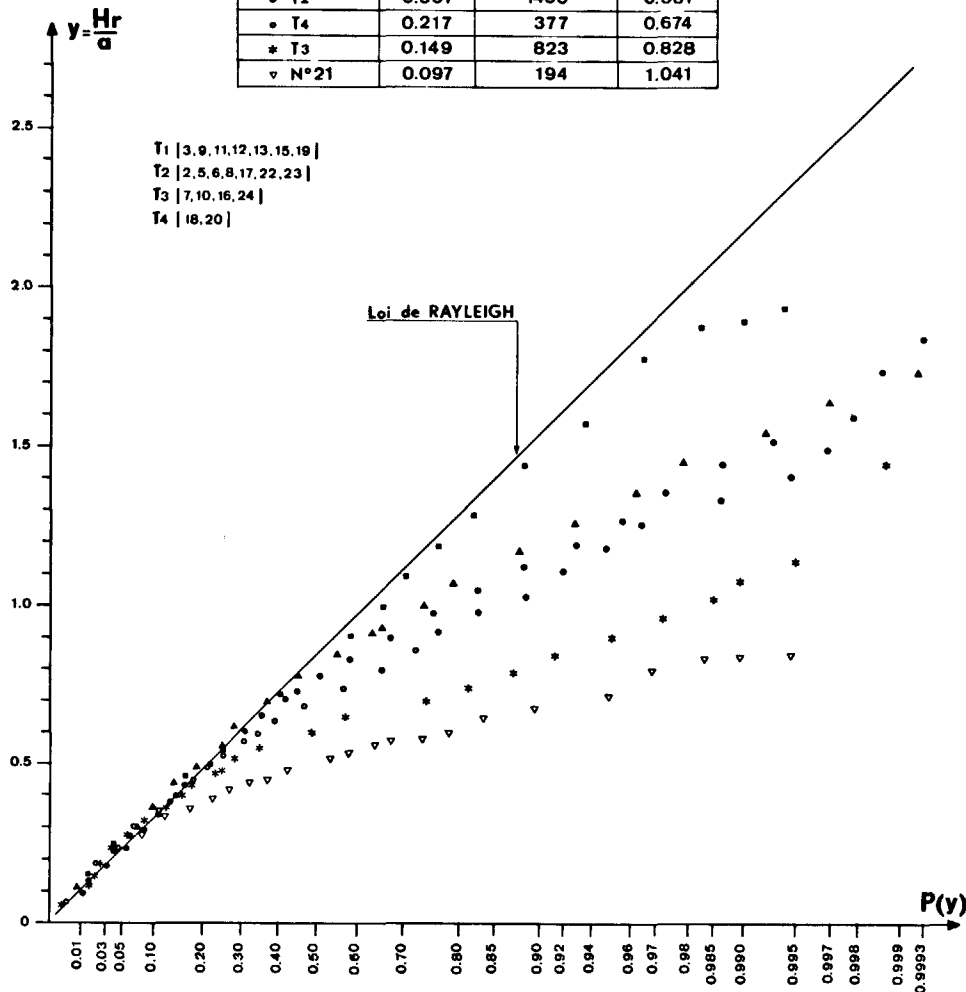


FIG. 3. — Répartition statistique des vagues de petite hauteur par faible profondeur.

bissent guère l'influence de phénomènes non linéaires; ceci conduit à représenter la répartition des petites vagues par une loi de Rayleigh. Pratiquement on détermine à partir de l'échantillon la probabilité expérimentale pour que  $H_r \leq 1/3$ , ce qui permet de remonter par la relation

$$P \left( H_r \leq \frac{1}{3} \right) = 1 - e^{-\left(\frac{1}{3a}\right)^2}$$

à une estimation du paramètre caractéristique « a ».

Si l'on regroupe les différents prélèvements, suivant des valeurs voisines du paramètre ainsi obtenu, afin d'augmenter la taille des échantillons, on constate (fig. 3) que l'hypothèse sur la répartition des vagues de petite hauteur relative est bien vérifiée. Fait plus significatif peut-être, pour les grandes hauteurs, l'écart des différentes courbes à la loi de Rayleigh augmente en fonction des valeurs croissantes du paramètre caractéristique « a ». En effet, soit  $n$  le nombre de vagues de hauteur relative supérieure à  $1/3$  parmi  $N$  vagues d'un échantillon. Il

vient en explicitant l'expression ci-dessus :

$$a = \frac{1}{3[-\text{Log } n/N + 1]^{1/2}}$$

Le paramètre « a », fonction croissante de  $n/N + 1$ , apparaît alors comme un indice de la saturation. En faisant exception de l'enregistrement n° 14 dont nous avons déjà parlé, les courbes expérimentales varient d'une façon régulière avec « a ».

#### IV. RAPPEL DE LA LOI DE WEIBULL

##### a) Relations générales

La probabilité cumulative  $P(x)$  de la loi de Weibull est de la forme :

$$P(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-\epsilon}{a-\epsilon}\right)^c}$$

pour  $x \geq \epsilon$

où  $\epsilon$  est la valeur minimum de la variable  $x$ ,  
 $a$  est le paramètre caractéristique de la loi,  
 $c$  est le paramètre de forme.

On remarque immédiatement qu'une loi de Weibull se réduit, avec  $\epsilon = 0$  et  $c = 2$ , à une loi de Rayleigh

Utilisant la fonction densité de probabilité

$$p(x) = \frac{c}{(a-\epsilon)} \left(\frac{x-\epsilon}{a-\epsilon}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x-\epsilon}{a-\epsilon}\right)^c}$$

il vient avec

$$\bar{X}^n = \int_0^\infty x^n p(x) dx$$

$$\bar{X} = \epsilon + (a - \epsilon) \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$$

$$\sigma^2 = \bar{X}^2 - \bar{X}^2 = (a - \epsilon)^2 \left[ \Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{c}\right) \right]$$

Il faut noter que la courbe de densité de probabilité devient de plus en plus étroite au fur et à mesure que «  $c$  » augmente (fig. 4). Ceci s'interprète comme une accumulation de plus en plus importante des valeurs de  $x$  autour de sa valeur la plus probable lorsque «  $c$  » croît.

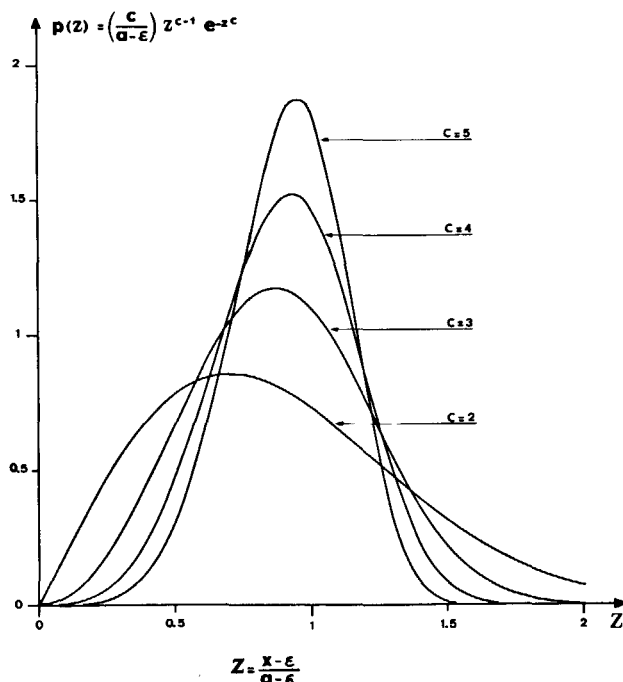


FIG. 4. — Densité de probabilité - Loi de Weibull.

Pour une distribution expérimentale donnée, il est possible de déterminer les paramètres  $a$ ,  $c$  et  $\epsilon$  soit à partir de 3 moments, soit, si l'on dispose des valeurs discrètes de la distribution, de deux moments et de la relation  $P(a) = 1 - 1/e$ .

## b) Détermination des paramètres, application aux enregistrements de vagues

Lorsqu'on représente la loi de probabilité du creux relatif des vagues par une loi de Weibull, le paramètre  $\epsilon$ , correspondant à la valeur minimum de  $H_r$ , est nul.

### Détermination de « $a$ » et « $c$ » par le calcul

Gumbel présente des tables permettant d'estimer «  $a$  » et «  $c$  » à partir de combinaisons des relations de moyenne et de variance.  $\bar{X}$  étant fortement influencé par le grand nombre de petites vagues, les déterminations de «  $c$  » ainsi obtenues présentent des écarts importants suivant la relation utilisée. Par contre, la détermination de «  $a$  » à partir de ces relations est relativement stable et très proche de la valeur correspondant, dans le tableau de valeurs ordonnées, à la hauteur de rang  $N \times 0.632$  (la valeur correspondant au point de probabilité  $1 - 1/e$ ). Ceci correspond bien à la remarque de Gumbel pour la détermination de «  $a$  ».

### Détermination graphique

La loi de Weibull peut s'écrire pour  $\epsilon = 0$

$$\ln[-\ln(1 - P(x))] = c \ln(x) - c \ln(a)$$

Sur un graphique orthonormé, «  $c$  » apparaît comme la pente d'une droite d'ordonnée à l'origine  $-c \ln a$  (fig. 5). C'est cette méthode qui a été retenue pour déterminer le paramètre de forme «  $c$  » et le paramètre caractéristique «  $a$  ».

## V. ESTIMATION DE LA SATURATION

### a) Présentation des estimateurs

La hauteur d'une vague, de cambrure inférieure à la cambrure limite, ne peut guère dépasser la profondeur d'eau; ce creux relatif sera donc au plus égal à 1.

Un échantillon expérimental sera d'autant plus saturé que le nombre de creux relatifs voisins de 1

Enregistrement	a	c
* N° 14	0.431	2.02
• N° 12	0.424	2.98
• N° 2	0.458	3.61
+ N° 3	0.367	3.87
• N° 21	0.591	4.00

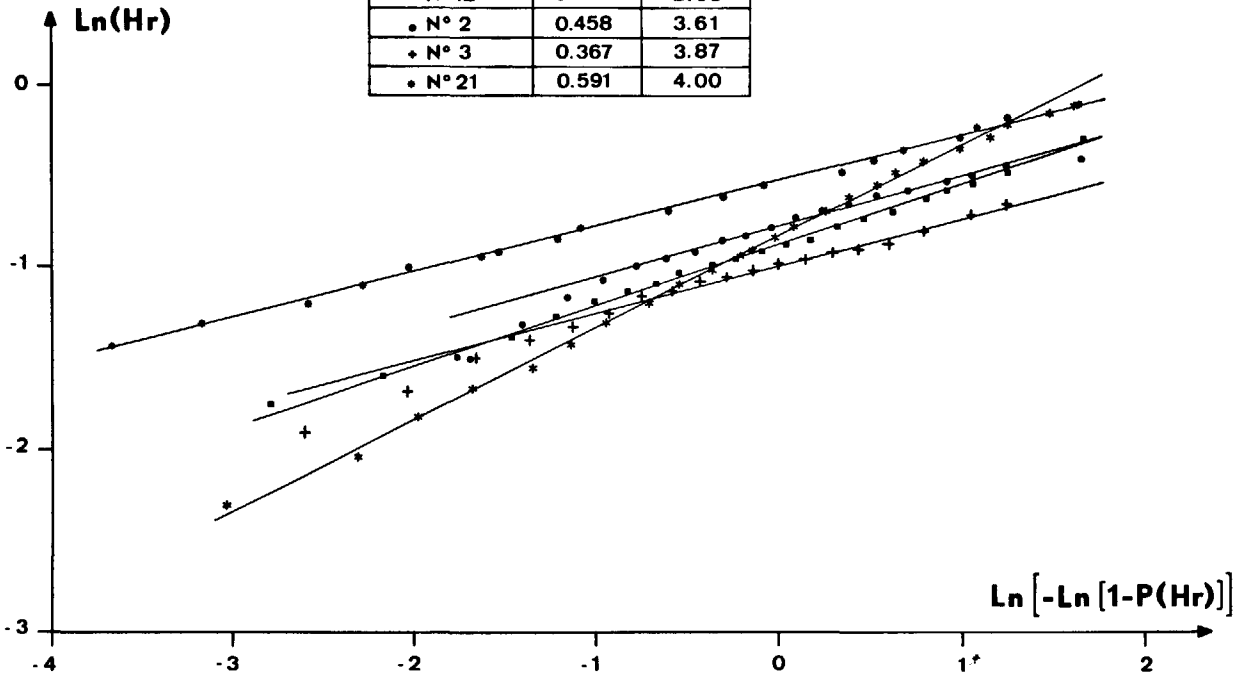


FIG. 5. — Exemples de détermination des paramètres de la loi de Weibull.

sera élevé; les grandeurs  $H_{1/10}$ ,  $H_{1/3}$ ,  $\bar{H}$  ainsi que les rapports  $H_{1/3} / H_{1/10}$  et  $\bar{H} / H_{1/10}$  tendront alors vers 1.  $H_{1/3} / H_{1/10}$  sera significatif de la saturation des plus hautes vagues, alors que  $\bar{H} / H_{1/10}$  indiquera le comportement global de l'échantillon. Il faut néanmoins noter, comme nous l'avons vu en IV, que  $\bar{H}$  étant fortement sensible au grand nombre de petites vagues, le rapport  $\bar{H} / H_{1/10}$  sera expérimentalement minoré par rapport au cas du spectre étroit.

Enfin, ces rapports sont uniquement fonction du paramètre de forme « c »; en effet, si l'on note par  $h$  le creux relatif,

$$P(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h}{a}\right)^c} \quad (1)$$

et

$$p(h) = \frac{c}{a} \left(\frac{h}{a}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{h}{a}\right)^c}$$

par définition :

$$H_{1/n} = \int_{h_0}^{\infty} h p(h) dh / \int_{h_0}^{\infty} p(h) dh \quad (2)$$

La borne inférieure d'intégration  $h_0$  est déterminée par la relation

$$P(h_0) = 1 - \frac{1}{n},$$

soit d'après (1),

$$-\text{Ln} \left( \frac{1}{n} \right) = \left( \frac{h_0}{a} \right)^c = y_0$$

Explicitant  $p(h)$  et en posant  $(h/a)^c = y$ , il vient :

$$H_{1/n} = \frac{a \int_{y_0}^{\infty} e^{-y} y^{1/c} dy}{\int_{y_0}^{\infty} e^{-y} dy}$$

soit

$$H_{1/n} = \frac{a}{e^{-y_0}} \int_{y_0}^{\infty} e^{-y} y^{1/c} dy \quad (3)$$

Ainsi,  $H_{1/n} / H_{1/m}$  pour deux valeurs distinctes de  $n$  et  $m$  sont indépendantes du paramètre « a ».

#### b) Calcul de l'intégrale définie

$$I_n = \int_{z_0}^{\infty} z^{1/c} e^{-z} dz$$

Trois intégrations par parties successives conduisent à :

$$I_n = e^{-z_0} z_0^{1/c} \left[ 1 + \frac{z_0^{-1}}{c} + \frac{1-c}{c^2} z_0^{-2} + \frac{(1-c)(1-2c)}{c^3} z_0^{-3} \right] + \frac{(1-c)(1-2c)(1-3c)}{c^4} \int_{z_0}^{\infty} z^{1/c-4} e^{-z} dz$$

En continuant les intégrations par partie on obtiendrait une série dont le terme général se comporterait comme  $n! c^n / c^{n+1}$ , série qui ne converge pas.

En fait, le but de ces trois intégrations par partie est d'accélérer la convergence de la série utilisée pour estimer l'intégrale. Dans la pratique, l'intervalle d'intégration est divisé en deux parties, de  $z_0$

à M et de M à l'infini, et l'on choisit M suffisamment grand pour pouvoir négliger la deuxième intégrale. L'erreur commise en négligeant cette intégrale est majorée par  $\epsilon_0$  donné par :

$$\int_M^\infty e^{-z} z^{1/c-4} dz < M^{1/c-4} \int_M^\infty e^{-z} dz \\ = e^{-M} M^{1/c-4} = \epsilon_0$$

Pour M = 6 et c = 2, il vient  $\epsilon_0 = 4,7 \cdot 10^{-6}$ . C'est cette valeur de M qui a été retenue pour les applications numériques.

L'intégrale de  $z_0$  à M est alors développée en série et intégrée terme à terme :

$$\int_{z_0}^M z^{1/c-4} e^{-z} dz = \left[ \frac{1}{\frac{1}{c}-3} z^{1/c-3} - \frac{z^{1/c-2}}{1! \left(\frac{1}{c}-2\right)} + \frac{z^{1/c-1}}{2! \left(\frac{1}{c}-1\right)} - \frac{z^{1/c}}{3! \left(\frac{1}{c}\right)} + \dots + (-1)^n \frac{z^{1/c-n+3}}{n! \left(\frac{1}{c}+n-3\right)} \right]_{z_0}^M$$

Tableau I

c	H 1/10 / a	H 1/3 / a	H̄ / a	c	H 1/10 / a	H 1/3 / a	H̄ / a
2	1.7999	1.4157	0.8862	5.5	1.2357	1.1291	0.9237
2.5	1.5979	1.3160	0.8872	6	1.2140	1.1175	0.9270
3	1.4767	1.2547	0.8934	6.5	1.1959	1.1079	0.9330
3.5	1.3960	1.2133	0.9007	7	1.1807	1.0996	0.9360
4	1.3386	1.1835	0.9064	7.5	1.1676	1.0926	0.9390
4.5	1.2956	1.1609	0.9137	8	1.1564	1.0864	0.9410
5	1.2623	1.1433	0.9182	8.5	1.1465	1.0811	0.9436

Le nombre de termes choisi (vingt) est tel que la différence de 2 termes consécutifs soit du même ordre que  $\epsilon_0$ .

Le tableau I présente les valeurs de H 1/10 / a et H 1/3 / a en fonction de « c » ainsi déterminé et celles de H̄/a déduites de valeurs de  $\Gamma(1+1/c)$ .

### c) Diagramme de saturation

Le diagramme de saturation est défini comme étant celui qui a pour système d'axe H 1/3 / H 1/10 et H̄ / H 1/10.

Dans ce plan les couples de points H 1/3 / H 1/10 et H̄/H 1/10 se situeront dans le triangle :

$$0 \leq H \text{ 1/3/H 1/10} \leq 1$$

$$0 \leq \bar{H}/H \text{ 1/10} \leq H \text{ 1/3/H 1/10}$$

Si l'on reporte sur un tel diagramme à la fois les points correspondants aux différentes valeurs de « c » déduites du tableau I et les points expérimentaux obtenus par le capteur de pression et la bouée Datawell (fig. 6) on constate la concordance satisfaisante du nuage de points avec la courbe théorique, notamment aux fortes valeurs de « c ». La dispersion observée pour les valeurs du paramètre de forme voisines de 3 est due à l'influence des vagues de hauteurs relatives inférieures à 0,333 dont la répartition statistique peut être représentée par une loi de Rayleigh.

Quelques comparaisons ont montré que les valeurs de « c » obtenues par le diagramme de saturation sont en bon accord.

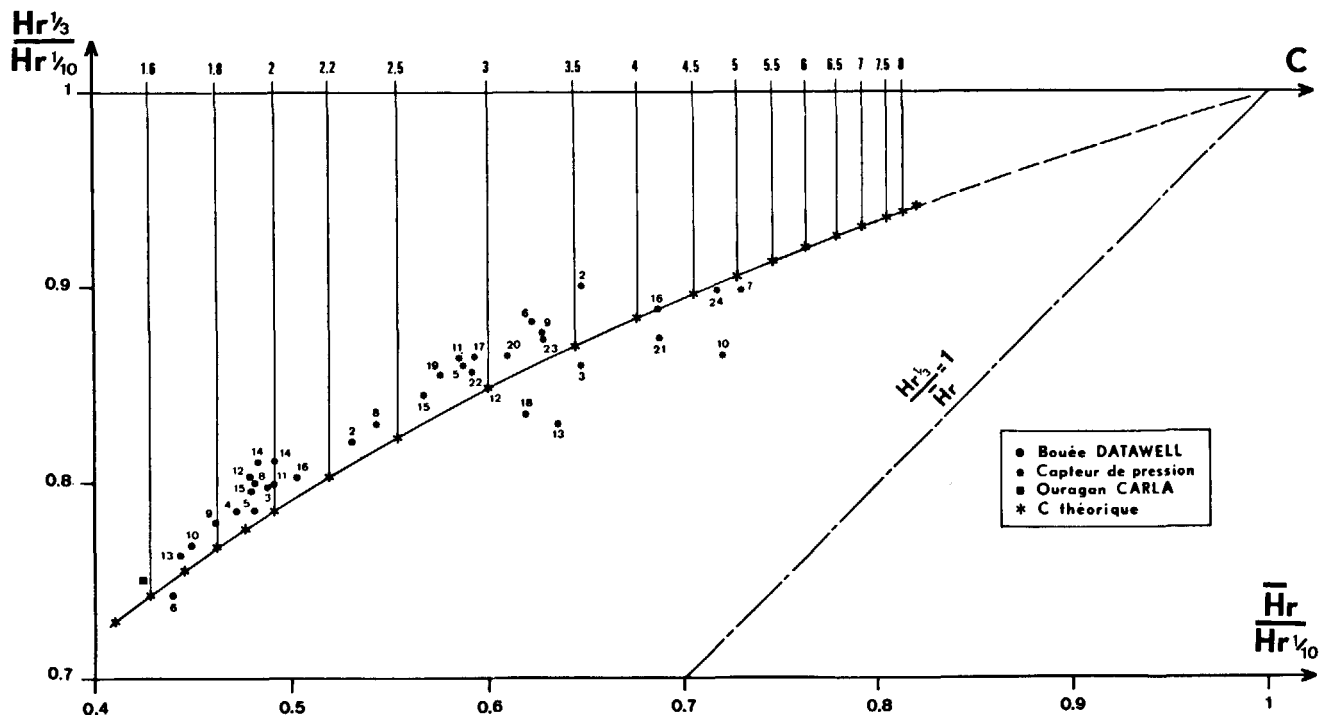


FIG. 6. — Diagramme de saturation.



Il faut noter que l'utilisation du diagramme de saturation — qui ne suppose que la connaissance de 3 grandeurs moyennes  $\bar{H}$ ,  $H_{1/3}$ ,  $H_{1/10}$  — est beaucoup plus rapide que la solution graphique qui exige la connaissance de l'ensemble des valeurs de  $H_r$ .

Connaissant « c », il est possible, à partir du tableau I, d'estimer la valeur du paramètre caractéristique « a » correspondant.

### CONCLUSION

Cette étude, basée sur des données acquises à la station de houle littorale du Centre Océanologique de Bretagne présente un modèle statistique cohérent des hauteurs de vagues proches du déferlement.

L'utilisation de la loi de Weibull, comme généralisation de la loi de Rayleigh, se révèle être l'outil statistique approprié.

Pour compléter cette étude, les expériences menées à la station doivent permettre de relier les conditions statistiques au large aux conditions dans la zone de déferlement.

### BIBLIOGRAPHIE

- ARHAN M. et GOURITEN Y. (1974). — Relations entre les variations de pression au fond et les courants particuliers dans la houle côtière proche du déferlement.
- BENDAT et PIERSOL. — Random Data. Wiley-Interscience.
- CARTWRIGHT et LONGUET-HIGGINS (1956). — The statistical distribution of the maxima of a random function. *Proc. Roy. Soc.*, **A 237** (1209), 212-232.
- GUMBEL E.J. (1958). — Statistics of Extremes. Columbia University Press.
- LONGUET-HIGGINS M.S. (1952). — On the statistical distribution of the heights of sea waves. *J. Mar. Res.*, **XI**, n° 3, décembre 1952, pp. 245-266.
- THOMPSON E.F. (1974). — Results from the C.E.R.C. measurement program. *Ocean Waves Measurements and Analysis. Waves 74, 1*, International symposium, New-Orleans 9-11 sept. 1974.