

---

# Limitation des houles aléatoires par la profondeur

## *Limitation of random waves by depth*

F. Rouch                      M. Canel

SOGREAH, Grenoble

---

*Après déferlement, l'histogramme des amplitudes de la houle ne suit plus la répartition de Rayleigh. La communication est basée sur deux études sur modèles réduits concernant, l'une un grand brise-lames à talus qui réfléchit la houle, et l'autre une prise d'eau en mer offrant un obstacle de dimensions restreintes par rapport au plan d'eau où les vagues se propagent. Après une description des installations utilisées pour les études, des méthodes de génération, de mesure et d'analyse de la houle, on donne les résultats obtenus en ce qui concerne la limitation de l'amplitude significative, la modification de l'histogramme des amplitudes par le déferlement, ainsi que des recommandations pour le prédimensionnement et les études des ouvrages.*

---

*After breaking, the histogram of wave heights no longer follows Rayleigh's distribution. The communication is based on two models, one concerning a large breakwater which reflects waves, and the other a water intake at sea presenting an obstacle of restricted dimensions in relation to the sheet of water where the waves propagate. After having described the installations used for studies, the methods of generation, measurement and analysis of waves, the results obtained are given as regards the limitation of significant wave height, the modification of histogram of wave heights through breaking, as well as the recommendations concerning the predimensioning and studies of works.*

---

### 1. Contexte des études

Il est fréquent que, soit par manque de données, soit à cause d'une configuration particulière des fonds, on soit amené à dimensionner un ouvrage à la mer pour les houles maximales compatibles avec le déferlement sur les fonds. Si le déferlement dû à la remontée des fonds est bien

connu pour la houle monochromatique, celui de la houle aléatoire reste encore mal connu.

De récents essais effectués au laboratoire de Sogreah nous ont permis d'avancer dans la connaissance de ce phénomène.

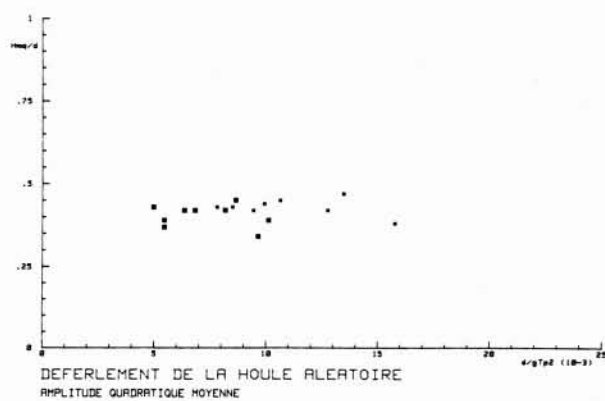
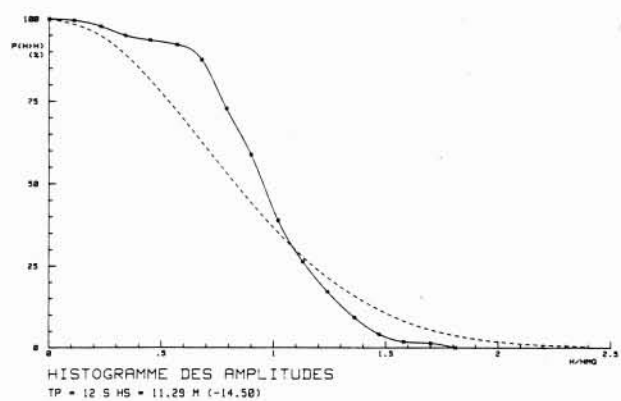
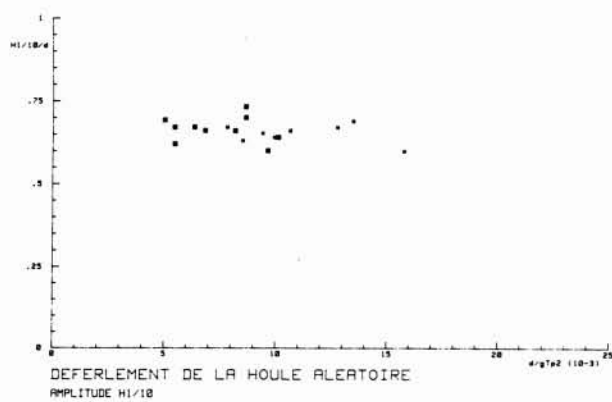
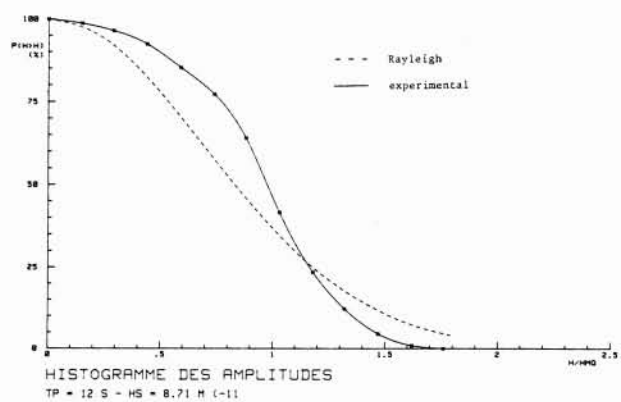


Figure 1. — En abscisse :  $H/HMQ$ ; en ordonnée :  $P(H > H)$  %

Figure 2. — En abscisse :  $d/gTp^2$ ; en ordonnée :  $H_{1/10}/d$  et  $Hmq/d$

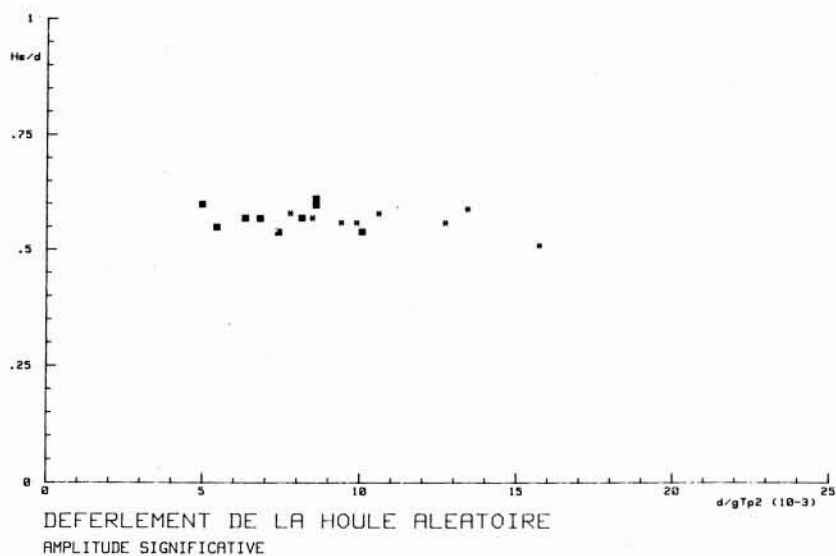


Figure 3. — En abscisse :  $d/gTp^2$ ; en ordonnée :  $Hs/d$

### 1.1. Présentation des études

Deux études nous ont permis de mettre en évidence ce phénomène :

- des essais en canal d'une digue à talus,
- des essais en bassin d'une prise d'eau en mer.

#### 1.1.1. Les essais en canal

Le canal utilisé a une largeur de 1,20 m. L'ouvrage étudié était une digue à talus, implantée par des fonds de (- 18,00). Cet ouvrage a été étudié par la suite pour des profondeurs plus réduites. La pente des fonds est régulière et faible (1 %). Les essais ont été réalisés à des échelles comprises entre le 1/30 et le 1/50.

#### 1.1.2. Les essais en bassin

Le bassin utilisé a une largeur de 5,45 m. La prise d'eau de 60 cm de large est implantée au milieu du bassin par des fonds de (- 12,00). Une large plage amortisseuse est mise en place à l'arrière de la prise d'eau. Les fonds devant l'ouvrage sont réguliers et de pente faible (1,7 %). Les essais ont été réalisés à l'échelle du 1/45.

#### 1.1.3. Les conditions de houle

Plusieurs périodes de pic de houle ont été considérées, allant de 10 s à 17,5 s. Le synthétiseur de houle permet de générer des houles aléatoires durant des séquences de durée variable et suivant un spectre énergétique de consigne donnée. Dans le cas présent, le spectre du JONSWAP a été retenu.

#### 1.1.4. Mode de génération de la houle

Le batteur est constitué d'un volet plan articulé au fond du canal. Un vérin hydraulique asservi permet ses mouvements. Le signal de commande est généré par un synthétiseur électronique qui réalise le produit de convolution d'un bruit blanc (signal dont l'énergie est constante quelle que soit la fréquence) par une réponse impulsionnelle respectant le spectre énergétique de consigne.

Une fonction de transfert propre aux caractéristiques physiques du canal permet de transformer préalablement le spectre énergétique de la houle en spectre de consigne de mouvement du batteur. Le synthétiseur permet la génération de signaux totalement aléatoires pendant une durée pouvant atteindre plusieurs heures.

### 1.2. Méthodes d'analyse de la houle

#### 1.2.1. Les moyens

Pour analyser la houle sur l'ouvrage, les variations du niveau d'eau sont mesurées à l'aide de sondes capacitives. Le signal est ensuite digitalisé et transmis à un ordinateur qui effectue les calculs :

- Histogramme amplitude-période
- Analyse spectrale de la houle incidente

#### 1.2.2. Histogramme amplitude-période

Pour l'analyse de l'histogramme, une sonde capacitive est mise en place à une longueur d'onde (associée à la période

de pic de la houle) de l'ouvrage et se déplace sur un quart de longueur d'onde pendant la durée de l'analyse (de l'ordre de quelques minutes). Chaque vague est ensuite extraite du signal par la méthode dite du « zero-up crossing » et classée sur un tableau amplitude-période. De cette population de vague sont calculées les valeurs caractéristiques de la houle :  $H1/3$ ,  $H1/10$ ,  $Hmq$ .

#### 1.2.3. Analyse spectrale de la houle incidente

L'analyse spectrale [1] de la houle nécessite l'utilisation de trois sondes capacitives mises en place à 5/4 de longueur d'onde (associée à la période de pic de la houle) de l'ouvrage. Elle consiste à analyser, suivant l'analyse spectrale de Tukey, les variations de la surface libre en 3 sections précises du canal. Ces trois sections sont situées entre un nœud et un ventre d'agitation dans le réseau d'onde stationnaire associé à la période de pic d'énergie du spectre de consigne. L'utilisation de cette méthode permet de dissocier la houle incidente et la houle réfléchie.

## 2. Présentation des résultats

### 2.1. Modification de l'histogramme des amplitudes

Au cours de ces essais, nous avons pu étudier l'évolution de l'histogramme des amplitudes avant et à la limite du déferlement. Il apparaît que, à la limite du déferlement, la répartition statistique des amplitudes ne suit plus une répartition de Rayleigh (voir figure 1). En effet, on note un accroissement du nombre des vagues comprises entre 0,5  $Hmq$  et  $Hmq$ , accroissement compensé par la réduction du nombre des fortes vagues ( $H > 1.2 Hmq$ ).

L'étude consistait à soumettre l'ouvrage à la houle la plus violente, c'est pourquoi, l'amplitude était choisie de façon à maximiser  $Hs/d$ . L'évolution de l'histogramme des amplitudes après le déferlement n'a donc pas été étudiée.

### 2.2. Amplitude de déferlement

Comme il est rappelé dans la présentation des études, l'amplitude de la houle est augmentée jusqu'à atteindre le maximum de l'amplitude significative. Pour une meilleure exploitation des résultats, ceux-ci sont présentés sous forme adimensionnelle :

$$\frac{H}{d} = f\left(\frac{d}{gTp^2}\right) \text{ (voir figures 2 et 3)}$$

avec :

- $Hs$  : hauteur significative
- $H1/10$  : moyenne du dixième supérieur des vagues
- $Hmq$  : hauteur quadratique moyenne
- $d$  : profondeur d'eau
- $Tp$  : période de pic du spectre d'énergie

Cette présentation a déjà été adoptée par Seelig [2] pour différentes cambrures de la houle au large, c'est-à-dire en profondeur infinie. Dans le cas présent, les points placés correspondent à deux cambrures différentes au large pour des périodes de pic de 12 et 15 s.

Les valeurs de  $d/gTp^2$  étaient comprises entre  $5.10^{-3}$  et  $16.10^{-3}$ .

On peut remarquer que l'ensemble des valeurs de  $Hs/d$  se situe entre 0,55 et 0,6.

Pour les mêmes valeurs de  $d/gTp^2$ , les valeurs de  $Hmq/d$  varient entre 0,4 et 0,45 et  $H1/10/d$  entre 0,65 et 0,70.

Aucune différence notable n'est apparue entre les mesures effectuées en présence d'un ouvrage réfléchissant ou d'un ouvrage peu réfléchissant. Cette concordance vient du fait que, dans un cas comme dans l'autre, les résultats portent sur la houle locale sans référence à la houle au large.

**2.3. Remarque :** Si l'on se réfère aux publications de Seelig [2], [3], les résultats obtenus sont comparables pour les houles au large se situant dans les mêmes gammes de cambrure et les mêmes pentes de fonds. En effet, pour une cambrure donnée au large, il apparaît que le rapport  $Hs/d$  est une fonction décroissante de  $d/gTp^2$ . On pourrait regretter de ne pas disposer de points de mesure susceptibles de confirmer que, pour les faibles valeurs de  $d/gTp^2$  ( $10^{-3}$  environ), le rapport  $Hs/d$  serait de l'ordre de 1. Ces cas, s'ils offrent un intérêt théorique certain, ne sont que rarement envisagés pour la conception d'ouvrage maritime car ils s'appliquent à des ouvrages situés à faible profondeur soumis à des houles de très longues périodes.

### 3. Conclusion

Les résultats des essais obtenus confirment les résultats récemment publiés sur le sujet qui provenaient en grande partie du modèle mathématique basé sur la théorie de Goda.

Les courbes qui résultent de ces essais par leur formulation adimensionnelle peuvent être exploitées dans des cas similaires en vue du prédimensionnement d'un ouvrage. De plus, dans les cas où la houle de projet ne peut

être connue avec suffisamment de précision, la connaissance de l'amplitude maximale compatible avec les fonds permet de se prémunir de cette incertitude. Toutefois, la configuration particulière de chaque projet (pente des fonds, type de spectre...) nécessitera une investigation plus poussée de la houle (essai en canal ou en bassin) qui permettra d'intégrer tous les paramètres entrant en jeu (forme du déferlement, réfraction) qu'aucune formule n'a pu encore résoudre dans son intégralité.

### Bibliographie

- [1] P. GAILLARD, M. GAUTHIER et F. HOLLY. — Method of Analysis of random wave experiments with reflecting coastal structures, *Proc. 17th Coastal Engineering Conf.* 1980, p. 204-220.
- [2] WN. SEELIG. — *Estimating nearshore significant wave height for irregular waves*, CETA. 79.5, October 1979, CERC.
- [3] WN. SEELIG. — *Maximum wave heights and critical water depths for irregular waves in the surf zone*, CETA 80-1, February 1980, CERC.