

# Vagues dues au vent de sud-ouest sur le Petit Lac (Léman)

Autor(en): **Merzi, Nuri / Graf, Walter H. / Perrinjaquet, Claude**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **111 (1985)**

Heft 26

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75675>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Vagues dues au vent de sud-ouest sur le Petit Lac (Léman)

par Nuri Merzi, Walter H. Graf et Claude Perrinjaquet, Lausanne

## Résumé

Une plate-forme a été construite à 100 mètres de la côte, là où l'eau atteint une profondeur de 3 mètres; les instruments installés ont permis de mesurer la répartition de vitesse du vent et celle de la température de l'air, ainsi que la hauteur des vagues. Les données prises, entre le 26 et le 29 mars 1984, ont été analysées afin d'étudier les phénomènes à l'interface air-eau pour des épisodes de vent du sud-ouest, auxquels correspondent, pour le petit lac, les fetchs maxima.

Les variations de l'énergie adimensionnelle ( $Eg^2/u_{10}^4$ ) et de la fréquence adimensionnelle ( $u_{10}f_p/g$ ) en fonction du fetch adimensionnel ( $Eg/u_{10}^2$ ) ont révélé que dans les lacs profonds la génération des vagues est similaire à celle des océans (voir fig. 4 et 5). On a constaté que l'âge des vagues  $u_{10}/c_0$  est un important paramètre pour caractériser l'état du lac. D'autre part on a conclu que la distribution de l'énergie des vagues dans le domaine fréquentiel obéit mieux à la loi de  $f^{-4}$  qu'à la loi de  $f^{-5}$  de Phillips et qu'elle est représentée par une forme analytique modifiée de Hasselmann et al. [9]<sup>1</sup> (équations 3.5, 3.6, 3.7).

## 1. Introduction

Pour mieux comprendre les mouvements de l'eau dans un lac (mouvements externes et internes), il faut connaître la quantité de mouvement (et d'énergie) entrant dans le lac. La recherche concernant l'aérodynamique de la basse couche de surface que nous poursuivons a pour but de déterminer les mécanismes d'interaction air-eau, c'est-à-dire le calcul du transfert de la quantité de mouvement (et d'énergie). Les études liées aux interactions air-eau nécessitent également l'observation systématique des vagues dues au vent, l'examen de leurs caractéristiques et la comparaison avec les modèles utilisés pour les océans. Cet article donne une

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

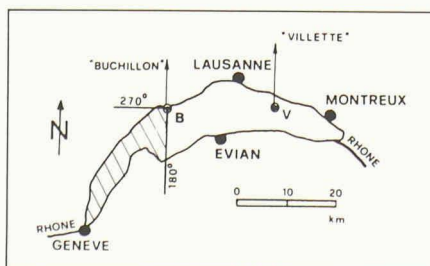


Fig. 1. Le Léman. Les sites des campagnes de mesures: «Buchillon», la plate-forme fixe (1984); «Villetta», la bouée (1977-1978). Les vagues se propageant vers la plate-forme fixe, dans la zone ombrée, ont été étudiées.

description du champ des vagues dues au vent et du champ de vent, à partir des données obtenues à Buchillon, au Léman, en 1984 (fig. 1).

## 2. Programme expérimental

L'étude récente de Graf et Prost [8] a montré que la majorité des vents relativement forts ( $u_{10} > 7$  m/s) viennent soit du sud-ouest (Vent) soit du nord-est (Bise) et que ces mêmes vents soufflent durant les mois d'hiver. Il a été conclu qu'il serait utile d'étudier ces deux vents puisqu'ils sont presque exclusivement responsables du transfert de la quantité de mouvement et d'énergie entre l'air et l'eau, donc également de la génération des vagues et de leur développement. Le choix qui a été fait pour déterminer la location de l'installation nous a amenés à examiner le vent seulement [13].

### 2.1 Description du site de Buchillon

Il s'agit d'une plate-forme fixe à environ 100 mètres de la côte, reliée à cette dernière par un tuyau en plastique contenant tous les câbles électriques nécessaires (fig. 2); voir [8] pour une description détaillée. Nous ne parlerons ici que de la campagne de mesures de 1984. Le même type d'étude a déjà été effectué [7], mais avec des données considérablement limitées.

### 2.2 Instrumentation

Le mât supporte les instruments suivants: a) Quatre anémomètres à couplets

## Summary

A fixed platform was constructed 100 m from the shoreline in 3 meter water depth in the Lake of Geneva; it was instrumented with velocity, temperature and wave height sensors. The data obtained between 26 and 29 March 1984 have been analysed in order to study the phenomena at the air-sea interface during the south-west wind which corresponds to maximum fetchs.

The variation of the dimensionless energy, ( $Eg^2/u_{10}^4$ ), and that of the dimensionless frequency, ( $u_{10}f_p/g$ ), have shown that the phenomenon of wave generation at deep lakes is similar to that at oceans. It has been observed that the wave age,  $u_{10}/c_0$ , is an important parameter for the definition of the wave development stage. Finally, it has been concluded that the distribution of the wave energy is described better by a  $f^{-4}$  law instead of Phillips'  $f^{-5}$  law. It is represented by a modified form of the Hasselmann et al. [9] relation (eqs. 3.5, 3.6, 3.7).

les (Alcyon), An, mesurant la vitesse du vent à quatre niveaux différents entre  $z_1 = 12,20$  m et  $z_4 = 1,90$  m dans un ordre logarithmique; b) une girouette (Alcyon), NEZ, installée à 10 mètres, qui mesure la direction du vent; c) deux capteurs de température (Schildknecht, Pt 500),  $T_1$  et  $T_s$ , mesurant la température aux niveaux  $z_1$  et à l'interface air-eau, ainsi que d) une sonde capacitive de 3 mètres de long et de 5 millimètres de diamètre, WG, pour mesurer les vagues (construite au LHYDREP), montée sur la plate-forme.

### 2.3 Système d'acquisition des données

Ce système étant déjà décrit en détail [8], nous n'en donnerons donc ici que les grandes lignes. Le micro-ordinateur «Datac» se trouve à terre; il enregistre sur cassettes les données provenant de la plate-forme. Le programme d'acquisition permet de mesurer les vagues jusqu'à 5 Hz, alors que les autres paramètres sont enregistrés pour des périodes de 10 minutes. Les cassettes produites à

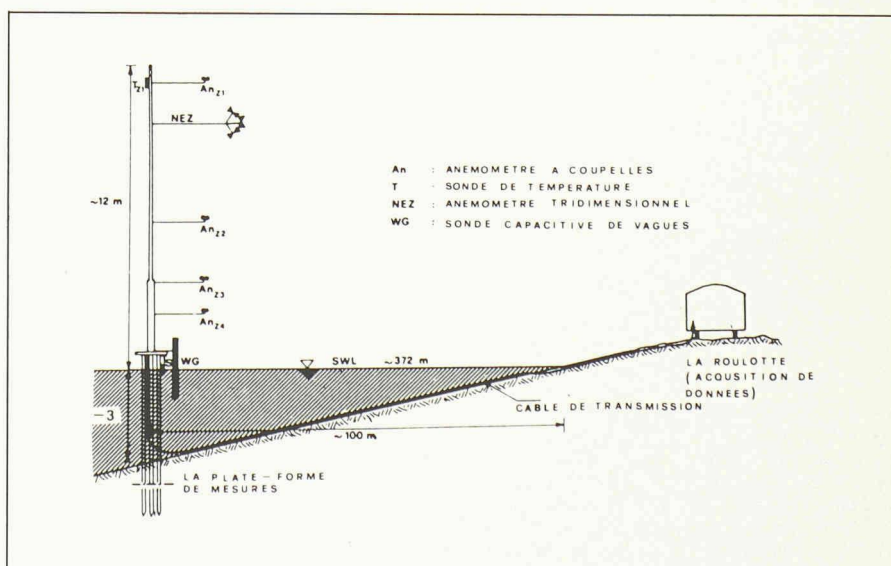


Fig. 2. La station de mesures à Buchillon. La plate-forme fixe à environ 100 mètres de la côte, et la roulotte contenant le système d'acquisition des données. Le vent, la température et les vagues ont été mesurés à la plate-forme.

Buchillon sont ensuite lues sur un ordinateur de l'EPFL.

2.4 Sélection des données

La campagne de mesures a été effectuée du 1<sup>er</sup> mars au 1<sup>er</sup> mai 1984. Durant cette période plusieurs épisodes de différentes longueurs ont été retenus. Ce tri avait pour critère: a) vent du sud-ouest entrant dans une fenêtre de 180° à 270° (où 0° indique le nord); b) force du vent supérieure à 5 m/s; c) élimination des vents instables, c'est-à-dire que soit la direction du vent changeait de plus de 25°, soit que sa force variait de plus de 2 m/s entre deux mesures consécutives et d) élimination des profils de répartition de la vitesse du vent, lorsque la mesure faite à un niveau était plus basse que celle faite au niveau en dessous.

En application de ces critères, 92 profils de vitesse du vent ont été retenus, ainsi que des mesures de vagues correspondantes, ceci pour des périodes de 10 minutes, entre le 26 et le 29 mars 1984.

3. Notre expérience à Buchillon

Il est connu que la résolution de plusieurs problèmes pratiques concernant l'action des vagues sur divers types de constructions côtières nécessite l'utilisation de méthodes de prévision de la densité spectrale d'énergie  $S(f)$  où  $f$  est la fréquence. En général ce sont la hauteur significative des vagues  $H_{1/3}$  et la période de la vague dominante  $T_p$  qui intéressent l'ingénieur civil impliqué dans ce genre de constructions. Cependant, la distribution de l'énergie des vagues doit être étudiée ainsi que la réponse dynamique des structures côtières (digues flottantes, etc.) afin de déterminer leur interaction avec l'énergie contenue dans chaque bande de fréquence.

Durant ces études nous avons admis que les vagues avaient toutes la même direction de propagation. Etant donné que le Léman est plus petit que les systèmes météorologiques, nous allons nous limiter au spectre d'énergie dans l'intervalle

où il n'y a pas de «swell», dans le sens océanique.

Nous nous proposons de traiter les données de deux différents points de vue: a) investigation du contenu du spectre d'énergie; b) investigation de la forme analytique du spectre d'énergie.

3.1 Contenu du spectre d'énergie

La représentation d'un spectre d'énergie des vagues obtenues pendant la campagne de mesures est donnée à la figure 3. Les données des vagues obtenues avec ce spectre ont été comparées avec des relations bien établies, telles que Hasselmann et al. [9] — tirées d'une étude à la mer du Nord (Jonswap) —, de SMB — tirées des travaux de Sverdrup et Munk [14] et de Bretschneider [1, 2] (fig. 4 et 5). La fréquence dominante adimensionnelle ( $u_{10}f_p/g$ ) est une fonction du fetch adimensionnel ( $Fg/u_{10}^2$ ) où  $f_p$  est la fréquence dominante,  $u_{10}$  la composante de la vitesse du vent dans la direction des vagues à 10 mètres,  $F$ , le fetch et  $g$  la pesanteur. Selon [9], on a:

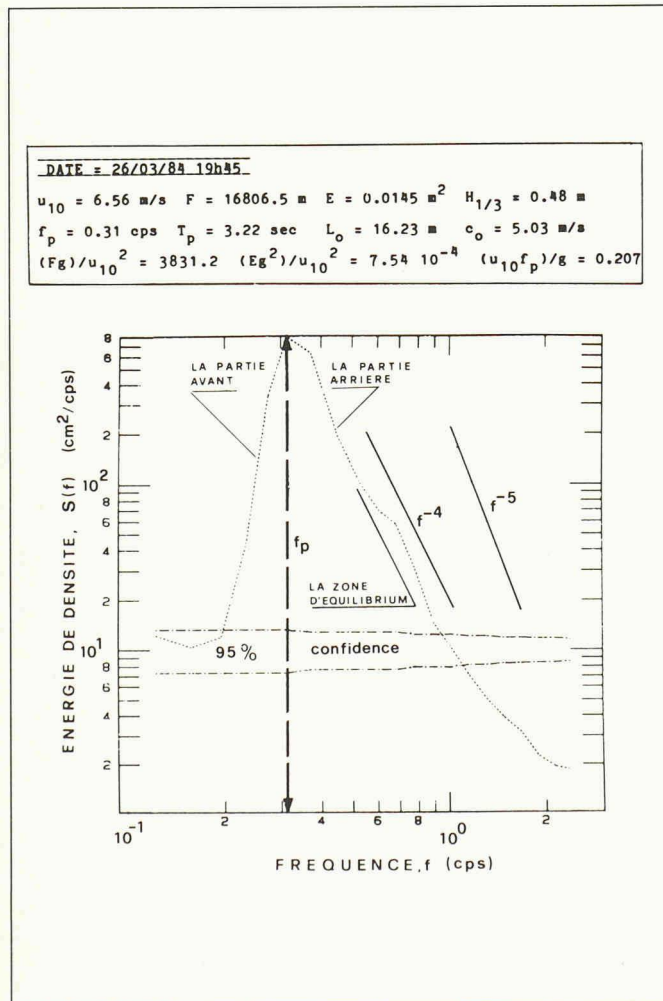


Fig. 3. La représentation d'un spectre des vagues dues au vent enregistré à Buchillon (Date = 26 mars 1984 à 19 h. 45). Le vent avec une vitesse mesurée à 10 mètres,  $u_{10}$  avec un fetch,  $F$  (calculé d'après Merzi et Graf, 1985) a produit ce spectre d'énergie,  $S(f) = fct(f)$ . Les paramètres caractéristiques de l'état du lac ont été tirés de ces informations: l'énergie totale,  $E$ ; la hauteur significative des vagues,  $H_{1/3}$ ; la fréquence de la vague dominante,  $f_p$ ; la période de la vague dominante,  $T_p$ ; la longueur de la vague dominante,  $L_o$ ; la célérité de la vague dominante,  $c_o = L_o/T_p$ . Les nombres adimensionnels caractéristiques du fetch,  $Fg/u_{10}^2$ , l'énergie adimensionnelle,  $Eg^2/u_{10}^4$  et de la fréquence dominante  $u_{10}f_p/g$  ont été présentés (Section 3.1).

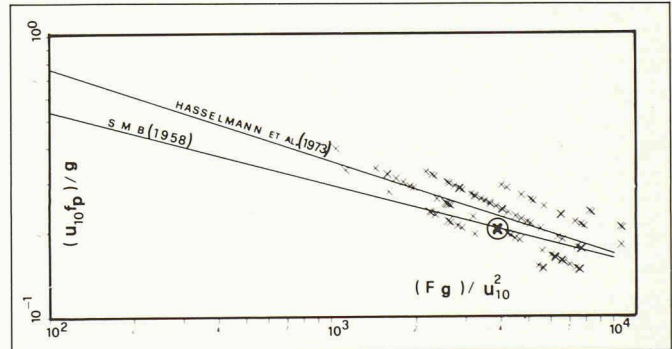


Fig. 4. Evolution de la fréquence  $f_p$  de la vague dominante en fonction du fetch  $F$ , et de la vitesse du vent  $u_{10}$ , sous la forme adimensionnelle, pour les données enregistrées à Buchillon. Elles sont comparées avec la relation de Hasselmann et al. (1973) et celle de SMB (1958). Le symbole (x) correspond au spectre d'énergie présenté dans la figure 3.

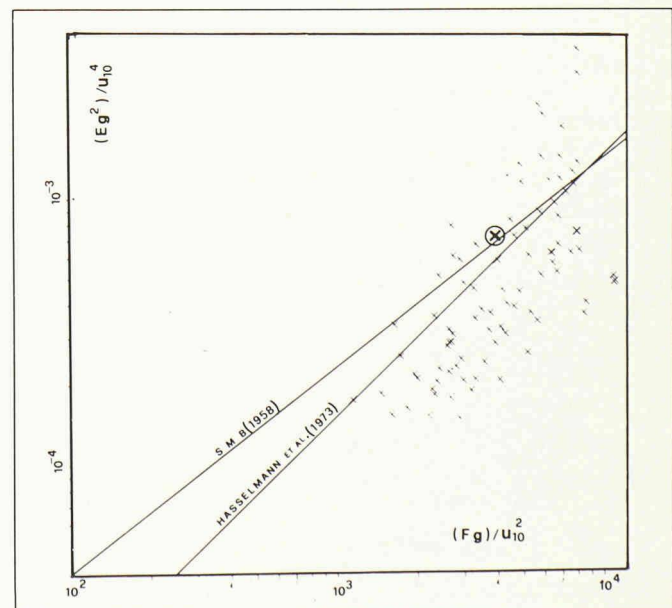


Fig. 5. Evolution de l'énergie totale  $E$ , des vagues en fonction du fetch  $F$ , et de la vitesse du vent  $u_{10}$ , sous la forme adimensionnelle, pour les données enregistrées à Buchillon. Elles sont comparées avec la relation de Hasselmann et al. (1973) et celle de SMB (1958). Le symbole (x) correspond au spectre d'énergie présenté dans la figure 3.

$$(u_{10}f_p/g) = 3,5 (Fg/u_{10}^2)^{-0,33} \quad (3.1)$$

L'énergie adimensionnelle ( $Eg^2/u_{10}^4$ ) est aussi une fonction du fetch adimensionnel ( $Fg/u_{10}^2$ ) où  $E$  est l'énergie totale des amplitudes au carré des vagues. Selon [9], on a :

$$(Eg^2/u_{10}^4) = 1,6 \cdot 10^{-7} (Fg/u_{10}^2) \quad (3.2)$$

L'énergie totale  $E$  peut être liée à la hauteur significative  $H_{1/3}$  de la façon suivante :

$$E = \int_0^{\infty} S(f) df \quad \text{et} \quad H_{1/3} \cong 4 E^{1/2} \quad (3.3)$$

Quant à la période de la vague dominante  $T_p$ , c'est l'inverse de la fréquence dominante  $T_p = f_p^{-1}$ . La longueur  $L_o$  et la célérité  $c_o$  des vagues en eau profonde sont calculées de la façon suivante :

$$L_o = (g/(2 \Pi)) T_p^2 \quad \text{et} \quad c_o = L_o/T_p \quad (3.4)$$

Cette théorie linéaire des vagues peut être utilisée pour calculer la longueur  $L$  et la vitesse des vagues  $c$  dans des zones côtières [4]. A l'installation de Buchillon ( $d = 3,0$  m) cependant, la période  $T_p$  ainsi que l'énergie totale  $E$  — cette dernière façon relativement moindre — restent peu changées pendant le passage de la zone d'eau profonde à la zone d'eau moins profonde. Pour notre travail, l'influence de la profondeur sur la hauteur des vagues était peu prononcée et n'a donc pas été prise en considération. L'évolution de la fréquence adimensionnelle ( $u_{10}f_p/g$ ) et celle de l'énergie adimensionnelle ( $Eg^2/u_{10}^4$ ) ont été examinées en fonction du fetch adimensionnel ( $Fg/u_{10}^2$ ) (fig. 4 et 5). On constate que les résultats obtenus dans nos expériences suivent relativement bien la relation de Hasselmann et al. [9] et celle de SMB [14]. Les hauteurs significatives des vagues maximum et minimum qu'on a enregistrées sur le petit lac pendant cette cam-

pagne de mesures sont  $H_{1/3} \text{ max} = 80,4$  cm et  $H_{1/3} \text{ min} = 23,7$  cm avec des périodes correspondantes  $T_{\text{max}} = 3,70$  sec ( $L_o = 21,36$  m) et  $T_{\text{min}} = 2,22$  sec ( $L_o = 7,69$  m). L'intervalle de la vitesse du Vent (vent du sud-ouest,  $197,4^\circ < \delta(^\circ) < 269^\circ, 0$ ), qui a été enregistré durant cette période était le suivant :  $4,75 < u_{10}$  (m/s)  $< 12,09$ . Graf et al. [7] présentent les mêmes variations aux figures A1 et A2, mais la gamme du fetch adimensionnel y est plus large. Bruschin et Schneiter [3] avaient aussi mesuré le vent et les vagues pour la Bise (vent de nord-est) à une station près de Genève. Ils avaient obtenu des résultats dans une gamme plus large que la nôtre, qui suivait assez bien la relation de SMB.

Nous concluons que, pour le Léman, les relations bien acceptées de Hasselmann et al. [9] et de SMB [14] — bien qu'elles n'aient été vérifiées que pour une gamme limitée — restent à la disposition des ingénieurs et chercheurs pour la gamme entière, jusqu'à ce qu'on ait la preuve qu'elles ne sont pas valables.

3.2. *Forme analytique du spectre d'énergie*

C'est la représentation analytique du spectre d'énergie de Jonswap [9] qui peut être utilisée dans les projets de génie civil ainsi que dans les modèles de prévision des vagues. Selon Hasselmann, on a :

$$S(f) = \alpha g^2 f^{-5} \exp[-(5/4)(f_p/f)^4] \times \gamma \exp[-(f-f_p)^2 / 2\sigma^2 f_p^2] \quad (3.5)$$

où  $f_p$  est la fréquence de la vague dominante,  $\alpha$  le paramètre d'équilibre dans la zone d'équilibre (partie arrière du spectre d'énergie, fig. 3),  $\gamma$  le facteur d'accroissement de la valeur maximale du spectre d'énergie et  $\sigma$  le facteur de largeur du spectre aux points d'inflexion. Selon

Hasselmann et al. [9], les valeurs numériques de ces paramètres peuvent être considérées comme suit :

$$\alpha = 0,076 (Fg/u_{10}^2)^{-0,22} \quad (3.6a)$$

$$\gamma = 3,3 \quad (3.6b)$$

$$\sigma = \sigma_a = 0,07 \text{ pour } f < f_p$$

$$\text{et } \sigma = \sigma_b = 0,09 \text{ pour } f > f_p \quad (3.6c)$$

Habituellement les spectres d'énergie des vagues de vent ont une coupure aiguë dans les fréquences basses, c'est-à-dire sur la face avant (fig. 3). Par contre, ils ont une pente relativement douce dans la partie arrière (fig. 3). Il est argumenté que les vagues courtes sur cette partie du spectre sont limitées dans leur ampleur à travers des déferlements. Phillips [12], qui a donné une description de cette partie du spectre basée sur des considérations dimensionnelles, propose de considérer l'énergie de la partie arrière comme proportionnelle à la fréquence de cinquième puissance,  $f^{-5}$ . Il a d'autre part argumenté que cette augmentation doit s'effectuer par le développement des vagues longues — sans changement des vagues courtes — bien que l'énergie des vagues puisse augmenter en fonction du fetch ou de la durée. En d'autres termes, la partie arrière devrait être décrite par une loi  $\alpha f^{-5}$ , où  $\alpha$  est une constante universelle. Hasselmann et al. [9] ont étudié la variation de  $\alpha$  comme une fonction du fetch adimensionnel (voir eq. 3.6a). Sur proposition de Donelan [5] nous avons observé l'influence de l'inverse de l'âge des vagues  $u_{10}/c_o$  ( $c_o$  est calculée selon 3.4) — qui donne l'information sur le stade de développement du lac — sur  $\alpha$ . Trois différents spectres représentant les différents stades de développement

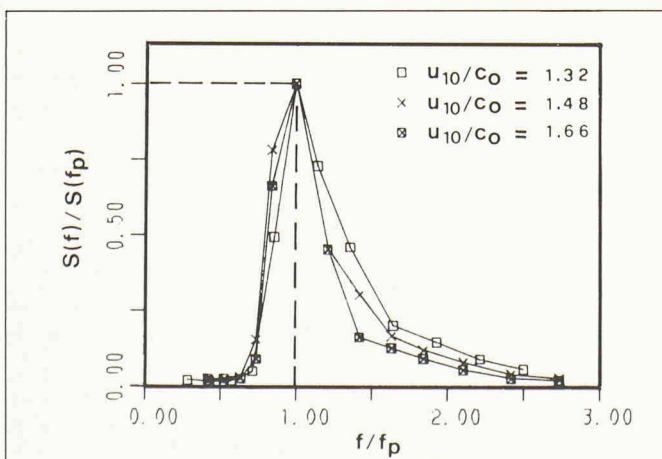


Fig. 6. Les spectres d'énergie normalisés par leurs composantes dominantes,  $S(f)/S(f_p)$  vs.  $f/f_p$ . Ils sont stratifiés par le paramètre, l'inverse de l'âge des vagues,  $u_{10}/c_o$ . Les données utilisées sont obtenues à la plate-forme fixe de Buchillon en 1984.

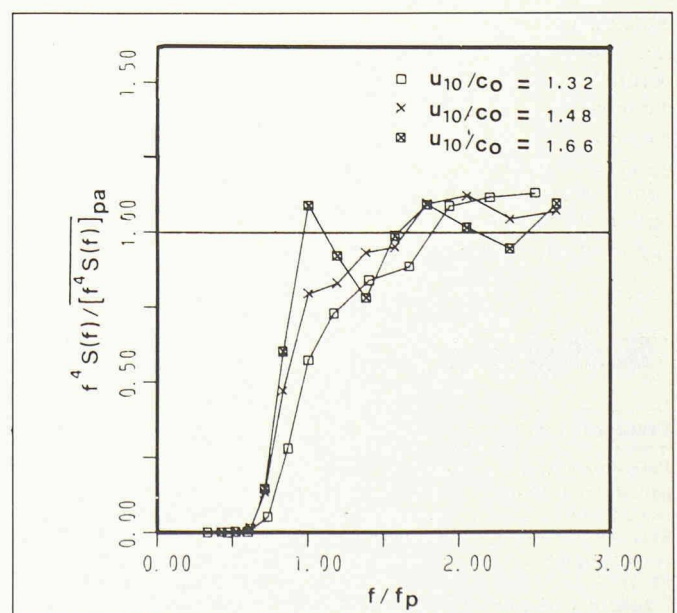


Fig. 7. Les spectres d'énergie normalisés par l'énergie moyenne dans l'intervalle  $f_p < f < 3f_p$  (partie arrière, pa) et la quatrième puissance de la fréquence,  $(f^4 S(f)) / (f^4 S(f))_{pa}$  vs.  $f/f_p$ . Ils sont stratifiés par le paramètre, l'inverse de l'âge des vagues,  $u_{10}/c_o$ . Les données utilisées sont obtenues à la plate-forme fixe de Buchillon en 1984.

ont été stratifiés par  $u_{10}/c_0$  pour nos données (fig. 6). Il faut remarquer que les spectres normalisés deviennent plus minces, tandis que  $u_{10}/c_0$  croît, impliquant aussi la variation de  $\alpha$  comme une fonction de ce dernier. Dans l'étude de Donelan et dans celle de Liu [10],  $\alpha$  est défini comme une fonction de l'inverse de l'âge des vagues,

$$\alpha = 0,006 (u_{10}/c_0)^{0,55} \quad (3.7a)$$

Selon Donelan, le facteur de croissance  $\gamma$  est défini par les équations suivantes, également comme une fonction de l'inverse de l'âge des vagues,

$$\gamma = 2,2 \text{ pour } 0,83 < u_{10}/c_0 < 1 \quad (3.7b)$$

$$\gamma = 2,2 + 7,7 \log_{10}(u_{10}/c_0) \text{ pour } 1 < u_{10}/c_0 < 6$$

Donc les équations (3.7) présentent des améliorations par rapport aux équations (3.6).

Récemment on a posé la question de la validité de la loi  $f^{-5}$  de la partie arrière de «la zone d'équilibre». Dans certaines études sur la forme analytique du spectre d'énergie, la partie arrière est caractérisée par une pente,  $f^{-4}$  [6]. La figure 7 montre les trois spectres déjà présentés dans la figure 6, normalisés cette fois par l'énergie moyenne dans l'intervalle  $f_p < f < 3f_p$ , multipliée par la quatrième puissance de la fréquence. Ils ont été stratifiés par  $u_{10}/c_0$ . Une convergence vers la quatrième puissance de la fréquence  $f^{-4}$  est visible (voir fig. 7). En même temps, de hautes valeurs de  $u_{10}/c_0$  impliquent des spectres relativement plus développés.

A la suite de cette étude nous conseillons d'utiliser le spectre de Hasselmann et al., donc de prendre les équations (3.5), de remplacer  $f^{-5}$  par  $f^{-4}f_p$  et de déterminer les valeurs numériques de  $\alpha$ ,  $\gamma$  et  $\sigma$  par les équations (3.7a), (3.7b) et (3.6c).

Les équations (3.5), (3.6) et (3.7) nous permettent de construire le spectre d'énergie des vagues à partir de la connaissance du fetch  $F$ , de la vitesse du vent  $u_{10}$  et de la fréquence de la vague dominante  $f_p$  ainsi que de déterminer la contribution de chaque composante dans le spectre d'énergie.

#### 4. Conclusion

Les résultats que nous avons présentés révèlent que dans les lacs profonds la génération des vagues est similaire à celle des océans (fig. 4 et 5). Cette conclusion est en accord avec une étude antérieure sur le Léman [3].

On peut déterminer le fetch,  $F$ , et la composante du vent dans la direction des vagues [11, App. 1] avec une carte géographique décrivant le site de construction et la partie concernée du lac et la vitesse du vent à 10 mètres. Après avoir obtenu ces deux paramètres, on peut utiliser les équations (3.1) et (3.2) qui ont été représentées dans les figures 4 et 5 afin de déterminer l'énergie  $E$  et la fréquence de la vague dominante  $f_p$ . En conséquence on peut calculer la hauteur significative  $H_{1/3}$ , la période dominante  $T_p$ , la longueur  $L_0$  et la célérité  $c_0$  des vagues en utilisant les équations (3.3) et (3.4). Au besoin, on peut faire des corrections pour l'eau non profonde suivant la méthode pratique de Merzi et Graf [11, App. 2].

Après avoir calculé la fréquence dominante  $f_p$  en utilisant la forme analytique du spectre d'énergie des vagues — proposée par Hasselmann et al. (eq. 3.5) — on peut déterminer la distribution de l'énergie dans le domaine fréquentiel.

En même temps on a montré que l'inverse de l'âge des vagues, donné par  $u_{10}/c_0$ , est un important paramètre pour stratifier les spectres d'énergie des vagues (fig. 6 et 7). D'autre part, on a constaté qu'il y a certaines déviations de la loi en  $f^{-5}$  prévue par Phillips [12] (fig. 3 et 7), concernant la distribution de l'énergie des vagues dans le domaine fréquentiel. Il faut noter qu'une dépendance de  $f^{-4}$  dans le domaine spectral ainsi qu'une paramétrisation indiquant le stade de développement de la surface de l'eau semblent décrire l'état du Léman de manière assez réaliste.

Adresse des auteurs :

Nuri Merzi, Walter H. Graf et  
Claude Perinjaquet  
Laboratoire d'hydraulique, EPFL  
1015 Lausanne

#### Bibliographie

- [1] BRETSCHEIDER C. L., *Revised wave forecasting relationships*, Proceedings, 2nd Coastal Engineering Conference, pp. 1-5, 1952.
- [2] BRETSCHEIDER C. L., *Revisions in wave forecasting deep and shallow water*, Proceedings, 6th Coastal Engineering Conference, pp. 30-67, 1958.
- [3] BRUSCHIN J. et SCHNEITER L., *Caractéristiques des vagues dans les lacs profonds*, Bull. techn. de la Suisse romande, sept. (1-9), 1978.
- [4] CERC (Coastal Engineering Research Center), *Shore Protection Manual*, Dept. of the Army Corps of Eng., 1977.
- [5] DONELAN M. A., *Similarity theory applied to the forecasting of wave heights, periods, and directions*, Canadian Coastal Conference, Apr. 22-24, 1980.
- [6] DONELAN M. A., HAMILTON J., HUI W. H., *Directional spectra of wind-generated waves*, Rep. Int. CCIW (Centre canadien des eaux intérieures), 1983.
- [7] GRAF W. H., MERZI N., PERRINJAQUET C., *Aerodynamic drag: Measured at a nearshore platform on Lake of Geneva*, Arch. Met. Geophys. Biokl., Ser. A, Vol. 33 (151-173), 1984.
- [8] GRAF W. H., PROST P., *Aerodynamic drag and its relation to the sea state: With data from Lake of Geneva*, Arch. Met. Geophys. Biokl., Ser. A, Vol. 29 (67-87), 1980.
- [9] HASSELMANN K. et al., *Measurements of wind-wave growth and swell decay during the JONSWAP*, Deut. Hydrogr. Inst. Hamburg, Reihe A (80), No. 12, 1973.
- [10] LIU P. C., *A representation for the frequency spectrum of wind-generated waves*, Ocean Eng., Vol. 10, No. 6, pp. 429-441, 1983.
- [11] MERZI N. et GRAF W. H., *Evaluation of the drag coefficient considering the effects of mobility of the roughness elements*, Annales Geophysicae (à imprimer), 1985.
- [12] PHILLIPS O. M., *The equilibrium range in the spectrum of wind generated waves*, J. of Fl. Mech., 4 (426-434), 1958.
- [13] PROST P. et al., *Campagne de mesures de la basse couche atmosphérique sur le Léman*, Ingénieurs et architectes suisses, 13 nov. (345-355), 1980.
- [14] SVERDRUP H. U. et MUNK W. H., *Wind, sea and swell. Theory of relations for forecasting*, U.S. Hydrogr. Off. Wash., Publ. 601:44 pp, 1947.

## Bibliographie

### Procédures de tri

Programme en Basic et en Pascal par Roland Guihur. — Un vol. 16x24 cm, 212 pages, Editions Masson, Paris 1985. 2<sup>e</sup> édition revue et augmentée. Prix, broché : FF 117.—

L'auteur a découpé ce livre en quatre chapitres. Dans chaque chapitre, il décrit plusieurs méthodes. Roland Guihur propose une procédure détaillée pour chacune de ces méthodes, à l'aide d'un langage algorithmique

qu'il décrit et dont il donne en annexe les règles de traduction dans les langages Pascal et Basic. Les procédures manipulent des objets de type élément. Chaque objet est composé d'une clé de tri et des informations associées à la clé. Les procédures sont traduites à la fin des chapitres. L'auteur donne des formules très rapides de calcul de grandeur du temps mis par les méthodes afin de les évaluer. Il étudie la stabilité des méthodes, c'est-à-dire le respect de l'ordre chronologique de deux

éléments qui ont des clés de même valeur. Une méthode stable est préférable à une méthode instable quand on veut préserver un ordre mineur.

Dans cette deuxième édition, le chapitre IV sur les méthodes de tri dites «distributives» et sur le hash-coding qui en est une généralisation a été entièrement ajouté.

Les méthodes les plus caractéristiques ont été programmées sur un micro-ordinateur Fontaine en Basic sous système CPM et en Pascal sous système UCSD. Le lecteur trouvera en annexe un récapitulatif des méthodes exposées dans ce livre.

### Sommaire

I. La structure de tableau : 1. Les tableaux de petite dimension. — 2. Les tableaux de grande dimension. — 3. Le tri suivant plusieurs clés. — 4. Les usages d'un tableau ordonné. — II. La structure de liste : 1. Les listes linéaires chaînées dans le langage Pascal. — 2. Les listes linéaires chaînées dans le langage Basic. — III. La structure de fichier : 1. Les fichiers en accès direct. — 2. Les fichiers en accès séquentiel. — IV. Les méthodes distributives : 1. La fonction de répartition. — 2. La construction des casiers. — 3. Méthodes récursives et méthodes hybrides. 4. Hash-coding.