

## Les ondes hollandaises

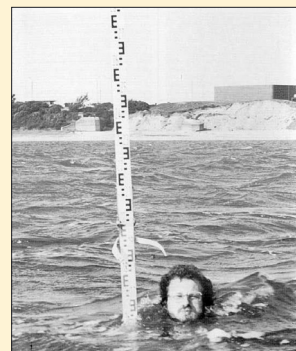
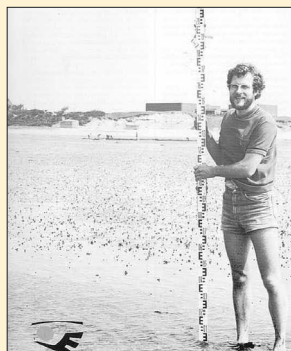
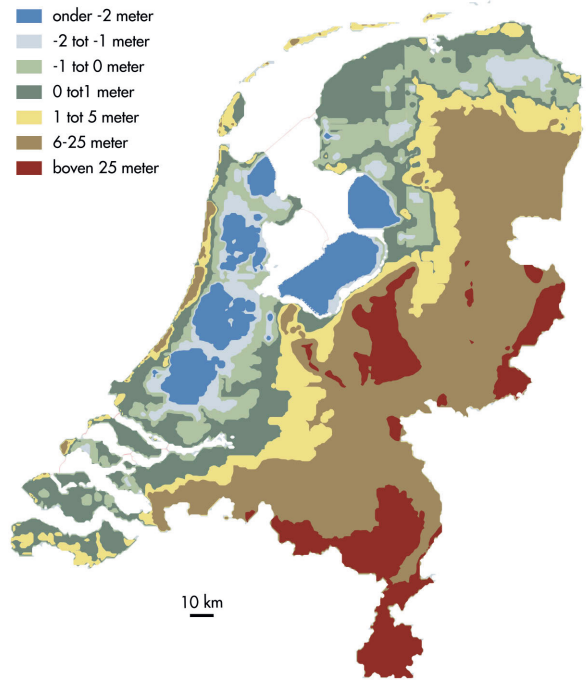
1

Un tiers des Pays-Bas est situé sous le niveau de la mer,

et est, de ce fait, menacé par les marées,

Eenderde Nederland onder zeeniveau

- onder -2 meter
- -2 tot -1 meter
- -1 tot 0 meter
- 0 tot 1 meter
- 1 tot 5 meter
- 6-25 meter
- boven 25 meter



par les tempêtes,

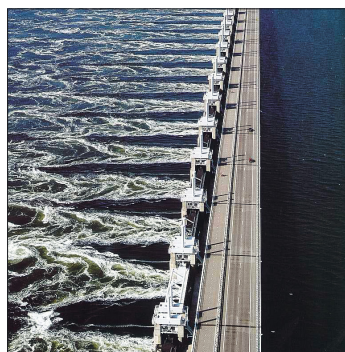


et par les crues des rivières.



Et les Hollandais ?

Ils ont construit, contre vents et marées, des digues pour protéger leur pays, faisant ainsi naître une nouvelle terre : les Polders.



La "huitième merveille du monde" : les écluses dans l'estuaire de l'Escaut, ouvertes par beau temps, fermées pour cause de tempête.

## Les ondes hollandaises

### Appareils de mesure

Les Ponts et Chaussées ont placé tout le long de la côte des Pays-Bas des appareils de mesure qui permettent des recherches sur les propriétés ayant trait aux vagues : hauteur et direction des vagues, direction et force des vents, profondeur, courants, profil des fonds et transport de sable.

Dans les eaux de la Mer du Nord, Waddenzee et IJsselmeer, les mesures sont faites au moyen de bouées et de pieux de mesure.

Sur certaines digues, on étudie, à l'aide de vidéo, comment se brisent les vagues. Le ressac peut en effet affaiblir une digue.

Il y a aussi un "Water en Strand Profiler" (WESP), véhicule de 40 mètres de hauteur, capable de se déplacer sur les fonds marins, pour mesurer leur profondeur et leur profil. Les pneus de 1,5 mètre de diamètre ne sont pas remplis d'air mais de liquide. Sinon, le WESP serait déséquilibré.

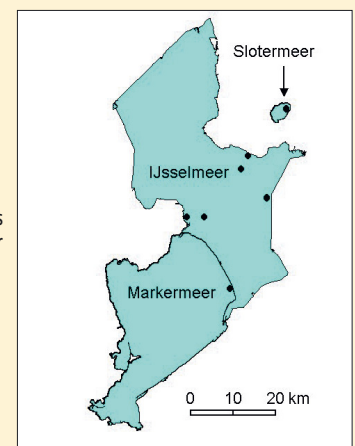


Bouée de mesure sur le IJsselmeer



WESP

Positions des bouées sur le IJsselmeer



## Les ondes hollandaises

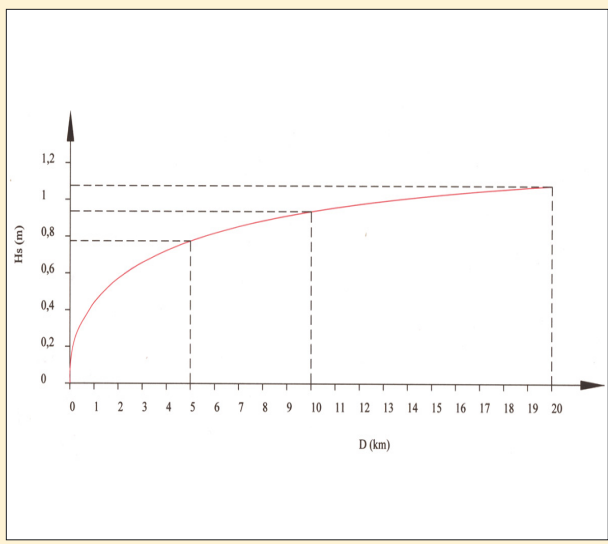
*Une traversée à la voile sur un IJsselmeer agité*

Pierre et Stéphanie font de la voile sur le IJsselmeer. Ils partent d'Enkhuizen et vont à Stavoren, sur la rive opposée. La distance est assez grande : 20 km. En outre, le vent est important : 7 Beaufort. Au début, il y a de petites vagues mais elles grandissent de plus en plus. Quelle hauteur atteignent les vagues au fur et à mesure que les jeunes s'éloignent d'Enkhuizen ?

Tu peux calculer cela grâce à la formule :

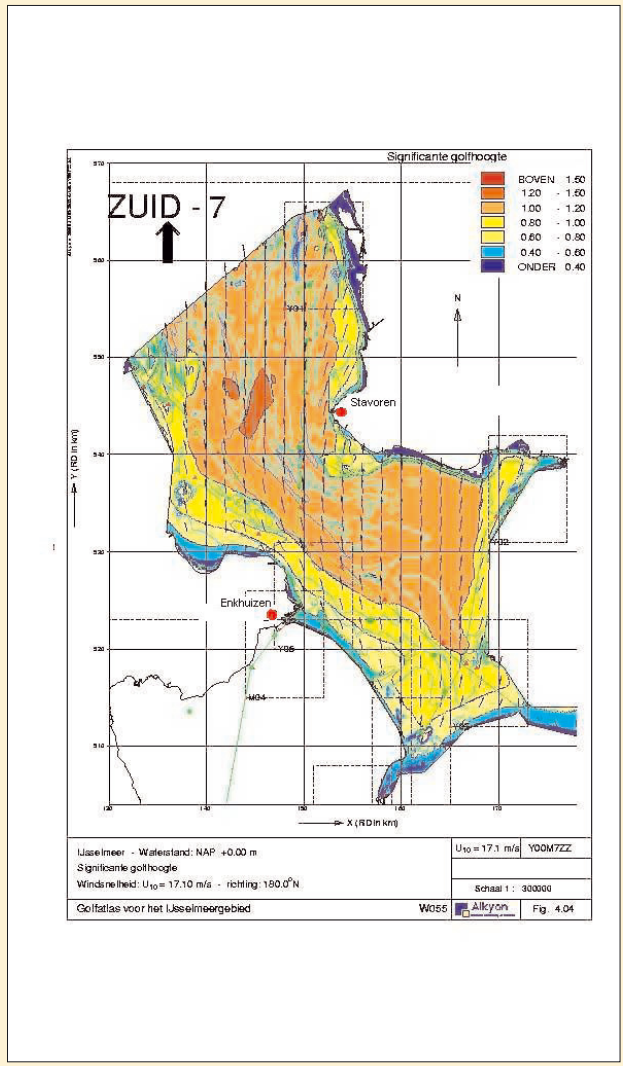
$$H_s = 0,283 \cdot \tanh \left[ 0,53 \left( \frac{p \cdot g}{v^2} \right)^{0,75} \right] \tanh \left[ \frac{0,0125 \left( \frac{D \cdot g}{v^2} \right)^{0,42}}{\tanh \left[ 0,53 \left( \frac{p \cdot g}{v^2} \right)^{0,75} \right]} \right] \frac{v^2}{g}$$

- Hs: hauteur significative de la vague
- p: profondeur moyenne le long du trajet (5,5m).
- g: accélération de la pesanteur = 9,8 m/s<sup>2</sup>
- v: vitesse du vent à une hauteur de 10 m (17,1 m/s par 7 Beaufort).
- D: distance séparant le bateau de la côte.



En faisant un graphique de la hauteur des vagues Hs en fonction de la distance D, on obtient le graphique suivant :

On constate que Pierre et Stéphanie n'étaient pas du tout gênés par la houle au départ d'Enkhuizen mais, devant Stavoren, ils ont eu à affronter des vagues de 1,1 mètre. Cela concorde avec le modèle de calcul du Ministère des Ponts et Chaussées.



## Les ondes hollandaises

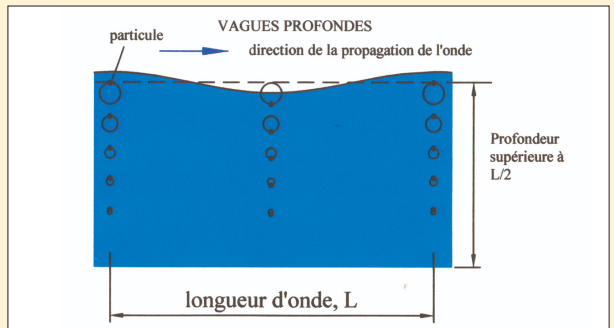
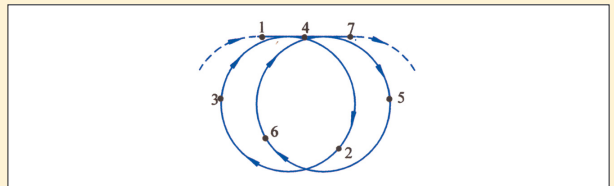
### La forme des vagues

Que se passe-t-il quand les vagues s'approchent de la plage? Elles deviennent plus étroites et plus hautes à la fois, pour finalement déferler sur la plage.

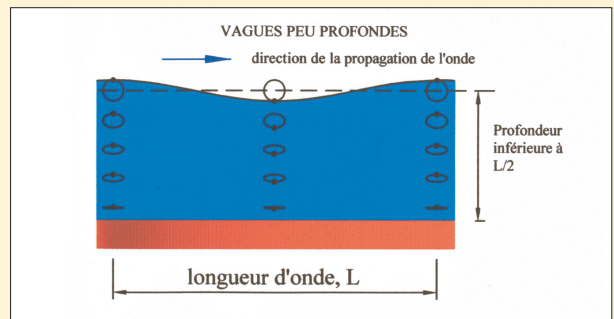
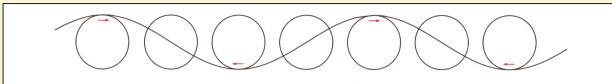
d'eau s'approchent du fond, plus elles sont ralenties! Elles ne se déplacent plus en cercles, mais en ellipses.



Sombres et menaçantes, les lames pointues déferlent sur la grève



La vague la plus simple a la forme d'un sinus. Lorsqu'une telle vague se développe, les particules d'eau décrivent des mouvements circulaires, du moins en eau profonde.

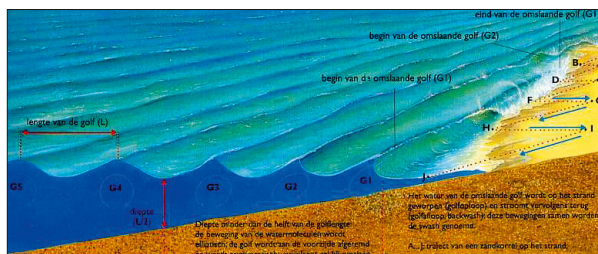


Par contre, en eau peu profonde, la vitesse au sommet de la vague déferlante est plus grande que la vitesse de flux au creux de la même vague. En effet, plus les particules

Voilà une des raisons pour laquelle les vagues, en réalité, n'ont pas la forme exacte d'un sinus mais plutôt celle d'une lame. Plus la profondeur diminue, plus les particules d'eau ressentent le fond. Si la vitesse de déferlement des molécules d'eau au sommet de la vague est plus grande que la vitesse de la vague même, les molécules à l'avant du rouleau sont éjectées hors de la vague et la vague déferle.



Vague déferlante.



Vagues sur la plage.



Surfeur dans le ressac.