

Terminale S. devoir n°1: propagation des ondes

Le texte ci-dessous est composé d'extraits d'un cours d'océanographie, que l'on peut découvrir sur le site web de l'IFREMER (édité par son laboratoire de physique des océans): "Les ondes dans l'océan".

En océanographie, les ondes de surface se matérialisent par une déformation de l'interface entre l'océan et l'atmosphère, appelée "surface de l'eau". Les particules d'eau mises en mouvement au passage d'une onde se déplacent avec un petit mouvement vertical qui leur est propre, mais restent en moyenne à la même position.

La houle est une onde mécanique progressive formée par le vent: c'est un phénomène périodique, se présentant sous l'aspect de vagues parallèles et rectilignes avec une longueur d'onde λ de l'ordre de 80m au large, où la profondeur moyenne h_1 de l'océan est d'environ 4000m.

On peut classer les ondes de surface, en fonction de leurs caractéristiques et de celles du milieu de propagation, en "ondes courtes" et en "ondes longues".

- Ondes courtes: lorsque la longueur d'onde λ est faible par rapport à la profondeur h de l'océan ($\lambda < 0,5.h$).

Leur célérité v peut être calculée par la relation: $v = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2\pi}}$.

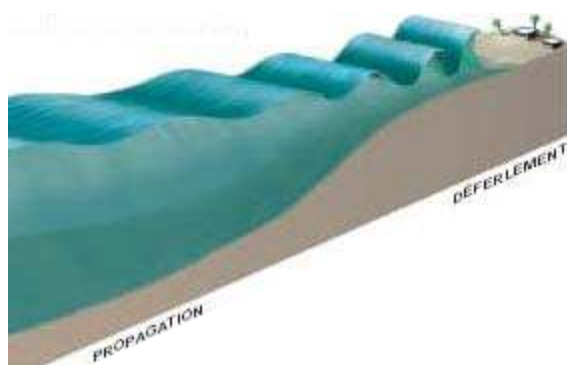
- Ondes longues: lorsque la longueur d'onde λ est très grande par rapport à la profondeur h de l'océan ($\lambda > 10.h$).

Leur célérité v peut être calculée par la relation: $v = \sqrt{g \cdot h}$.

g est l'intensité du champ de pesanteur terrestre.

On prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ (unité équivalente à N.kg^{-1})

On peut montrer que le ralentissement des vagues provoque une augmentation importante de leur amplitude.



I – Questions sur le texte à propos de la houle.

1.a. Le document affirme que « la houle est une onde mécanique progressive ». Qu'est-ce que cela signifie ?

1.b. D'après le texte, la houle correspond-elle à une onde transversale ou longitudinale?

1.c. Quelle propriété de l'onde est mise en évidence par le morceau de phrase souligné dans le texte ci-dessus?

2. Montrer pour l'une des deux expressions de la célérité de la houle données dans le texte de l'IFREMER que la relation est homogène (du point de vue des unités).

3.a. Au large, la houle doit-elle être classée en ondes courtes ou longues? Justifier

3.b. Calculer la célérité v_1 de cette houle au large.

4.a. En arrivant près d'une côte sablonneuse où la profondeur d'eau est $h_2 = 3,0 \text{ m}$ la longueur d'onde de la houle diminue et sa valeur devient $\lambda_2 = 39\text{m}$.

Vérifier que dans ces conditions la célérité v_2 de la houle est égale à $5,5\text{m.s}^{-1}$.

4.b. Quelle est alors la fréquence F_2 des vagues ?

Vérifier qu'elle n'a pas varié depuis le large en s'approchant des côtes.

5. Un milieu de propagation est dispersif si la célérité des ondes qui s'y propagent dépend des caractéristiques de cette onde : amplitude, forme ou longueur d'onde.

Montrer à partir des informations données dans le texte ci-dessus que la surface de l'eau est un milieu dispersif pour la houle au large, mais pas près des côtes.

6. Justifiez à partir de vos calculs et des informations données dans le document ci-dessus que la houle peut provoquer des dégâts importants en arrivant sur certains rivages.

7. Il est possible de simuler la houle dans un bassin de profondeur 3,0m en utilisant un dispositif vibrant qui crée à la surface de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence $f = 0,14 \text{ Hz}$.

Quelle doit être la forme de ce dispositif en contact avec la surface de l'eau ? Justifier.

8. On effectue dans ce bassin des mesures de vitesse de propagation des vagues qui sont répertoriées dans le tableau ci-contre, exprimées en $m.s^{-1}$:

5,4	5,3	5,4	5,5	5,3	5,2	5,3	5,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Calculer la valeur moyenne pour cette vitesse

ainsi que l'écart type S_{exp} pour cet ensemble de mesures.

Calculer l'incertitude de répétabilité $\Delta M = k \times \frac{S_{exp}}{\sqrt{n}}$
pour un taux de confiance de 95% .

valeurs de k en fonction du nombre n de mesures et du taux de confiance t

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{95\%}$	12,7	4,3	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26
$t_{99\%}$	63,7	9,93	5,84	4,6	4,03	3,71	3,5	3,36	3,25

9. Donner le résultat de ce mesurage. Est-il compatible avec la valeur théorique calculée à la question 4.a. ?
Calculer l'écart relatif entre le résultat expérimental et la valeur théorique.

Corrigé ci-dessous

Corrigé : Questions sur le texte à propos de la houle.

1.a. Une **onde mécanique** correspond à la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière mais avec transport d'énergie.

Cette onde est **progressive** car la déformation qu'elle provoque en un point A du milieu de propagation se retrouve à l'identique plus tard en un point B plus éloigné de la source de l'onde.

1.b. La direction de propagation de l'onde est horizontale puisqu'elle se produit à la surface de l'eau, tandis que le texte parle d'un "petit mouvement vertical de l'eau", donc l'onde est **transversale** (direction de la propagation perpendiculaire à la direction de la perturbation).

1.c. La phrase soulignée rappelle que l'onde se propage **sans transport de matière**.

$$2. v = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2\pi}} \text{ avec } [v] = \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{or } [g] = \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{et } [\lambda] = \text{m} \quad \text{donc } [g \cdot \lambda] = \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$2\pi \text{ étant un nombre sans unité, on vérifie que } \left[\sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2\pi}} \right] = \sqrt{\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = [v]$$

3.a. D'après le texte, les ondes sont appelées courtes si $\lambda < 0,5 \cdot h$ et longues si $\lambda > 10 \cdot h$

Au large $h_1 = 4000 \text{ m}$ et λ_1 de l'ordre de 80 m , on a donc $\lambda_1 < 0,5 \cdot h_1$. Il s'agit d'**ondes courtes**.

$$3.b. v_1 = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda_1}{2\pi}} = \sqrt{\frac{10 \times 80}{2\pi}} = 11,28 \text{ arrondi à } \mathbf{11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \quad \text{en conservant 2 chiffres significatifs}$$

4.a. Il s'agit maintenant d'ondes "longues" car $\lambda_2 = 39 \text{ m} > 10 \cdot h_2$ puisque $h_2 = 3,0 \text{ m}$.

$$\text{On a donc } v_2 = \sqrt{g \cdot h_2} = \sqrt{10 \times 3,0} = \mathbf{5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

4.b. La fréquence F_2 des vagues se calcule à partir des relations : $F_2 = 1/T_2$ et $v_2 = \lambda_2/T_2$ donc $F_2 = v_2/\lambda_2$
 $F_2 = v_2/\lambda_2 = 5,5/39 = \mathbf{0,14 \text{ Hz}}$

Calculons sa valeur au large sachant que λ_1 est de l'ordre de 80 m et $v_1 = 11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (voir question **3.b.**)

$F_1 = v_1/\lambda_1 = 11/80 = \mathbf{0,14 \text{ Hz}}$. On vérifie ainsi que la fréquence de la houle n'a pas varié : $F_2 = F_1$.

5. Au large, les ondes sont « courtes » et $v_1 = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda_1}{2\pi}}$ donc la célérité de l'onde dépend de la longueur d'onde qui est une propriété de l'onde et non pas du milieu de propagation : le milieu est dispersif.

Près des côtes, les ondes sont « longues » et la célérité devient $v_2 = \sqrt{g \cdot h_2}$

Elle ne dépend plus que de la hauteur d'eau et du champ de pesanteur terrestre, mais pas des caractéristiques de l'onde, donc le milieu de propagation n'est pas dispersif.

6. D'après nos calculs, on constate un ralentissement des vagues de $11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à $5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ lorsqu'elles s'approchent des côtes.

Or le document nous apprend que le ralentissement des vagues provoque une augmentation importante de leur amplitude, en accord avec le schéma donné dans l'énoncé.

Ces vagues de grande amplitude peuvent donc provoquer des dégâts importants en arrivant sur certains rivages.

7. Le document nous apprend que les vagues sont rectilignes et parallèles entre elles. Il faut donc un vibreur constitué par une règle étroite et perpendiculaire à la surface de l'eau.

8. Valeur moyenne $v = \mathbf{5,31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$ écart type $S_{\text{exp}} = \mathbf{0,12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$

$$\text{Incertitude de répétabilité : } \Delta v = 2,37 \times \frac{0,12}{\sqrt{8}} = \mathbf{0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \text{ pour } n = 8 \text{ mesures et un taux de confiance de 95\%}$$

9. Le résultat de ce mesurage est donc : $v = \mathbf{5,3 \pm 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$ en ne conservant qu'un chiffre significatif dans l'incertitude. Cette méthode conduit ainsi à $\mathbf{5,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < v < 5,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$

Ce mesurage n'est pas compatible avec la valeur théorique car l'intervalle possible pour le résultat de la mesure ne contient pas la valeur théorique égale à $5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

L'**écart absolu** est égal à $5,5 - 5,3 = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et l'**écart relatif** à $0,2/5,5 = 0,04$ soit en pourcentage : 4%.