Surfer sur la vague

Bac S 2013 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Pourquoi peut-on dire que la houle est une onde mécanique progressive ?

La houle est une déformation de la surface de l'eau (perturbation) qui se déplace de proche en proche dans un milieu matériel, l'eau : c'est une onde **mécanique**.

Elle se propage depuis le large jusqu'au rivage sans transport de matière, mais avec transport d'énergie : elle est **progressive**.

Perturbation qui se propage dans un milieu matériel, sans transport de matière : onde mécanique progressive.

PIÈGE
Oublier l'un des trois mots-clés attendus : perturbation, milieu matériel, absence de transport de matière. Un bouchon posé sur l'eau monte et descend, il n'avance pas avec la vague.

1.2 Déterminer, en expliquant la méthode utilisée, la vitesse de propagation v de l'onde sinusoïdale créée par le vibreur dans la cuve à ondes.

Données utiles $f = 23$ Hz ; document 1 : largeur de la photographie 14 cm

La longueur d'onde λ est la distance entre deux crêtes consécutives (lignes claires). Pour limiter l'incertitude de lecture, on mesure la distance entre la première et la dernière crête : 10 crêtes, soit $9\,\lambda$.

Échelle : la flèche de 14 cm réels mesure 5,9 cm sur le document, et les neuf intervalles 5,35 cm (ces longueurs dépendent de l'impression, leur rapport non).

$$9\,\lambda = 14 \times \frac{5{,}35}{5{,}9} = 12{,}7 \text{ cm} \quad \text{donc} \quad \lambda = \frac{12{,}7}{9} = 1{,}4 \text{ cm} = 1{,}4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Relation entre célérité, longueur d'onde et fréquence : $v = \lambda f$.

$$v = 1{,}4 \times 10^{-2} \times 23$$

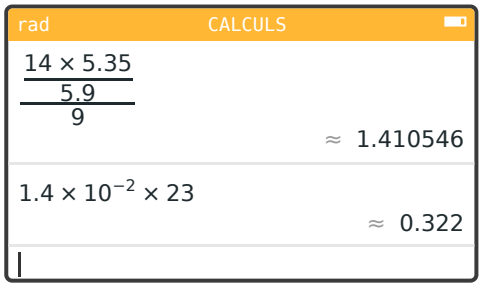
$v = 0{,}32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

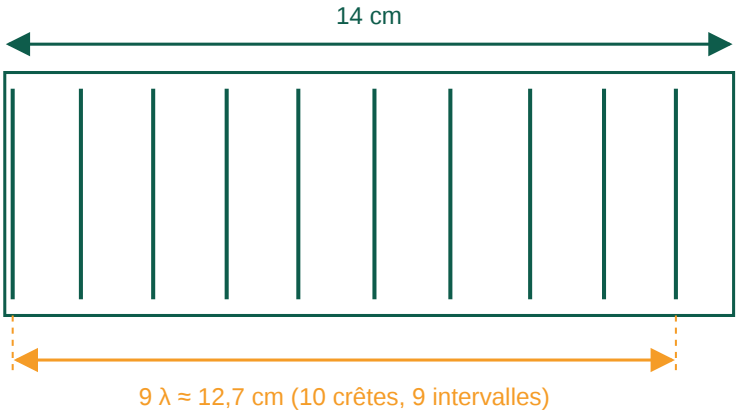
PIÈGE
Compter 10 longueurs d'onde pour 10 crêtes : il n'y a que 9 intervalles. Ne pas oublier non plus l'échelle du document, ni la conversion des centimètres en mètres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $f = 23$ Hz et la largeur de 14 cm : écrire 0,322 laisserait croire à une précision que la mesure à la règle n'a pas.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs longueurs d'onde d'un coup puis diviser : l'erreur de lecture à la règle est répartie sur neuf intervalles au lieu d'un seul.

À LA CALCULATRICE





1.2 · Document 1 schématisé : mesure de neuf longueurs d'onde entre la première et la dernière crête

1.3 Calculer la vitesse de propagation v_1 de la houle formée au large, puis en déduire sa période T.

Données utiles $\lambda = 60$ m ; $h = 3000$ m ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; document 2

$0{,}5\,h = 1500$ m et $\lambda = 60$ m : on a $\lambda < 0{,}5\,h$, il s'agit d'une onde « courte » (eau profonde). D'après le document 2 :

$$v_1 = \sqrt{\frac{g\,\lambda}{2\pi}} = \sqrt{\frac{9{,}8 \times 60}{2\pi}} = 9{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

La longueur d'onde est la distance parcourue pendant une période : $\lambda = v_1\,T$, donc

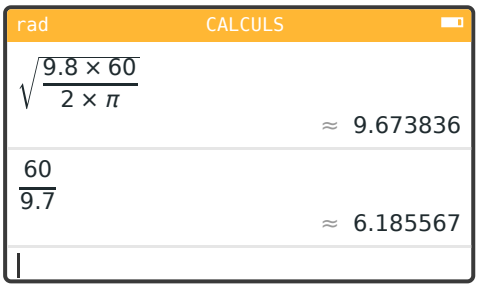
$$T = \frac{\lambda}{v_1} = \frac{60}{9{,}7} = 6{,}2\ \text{s}$$

$v_1 = 9{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $T = 6{,}2$ s

PIÈGE
Appliquer une formule du document 2 sans justifier le choix : la comparaison de λ à $0{,}5\,h$ fait partie de la réponse.

COMPRENDRE
Une période d'environ 6 s est du même ordre que les périodes des vagues annoncées dans le document 5 (4 à 8 s) : le résultat est réaliste.

À LA CALCULATRICE



1.4.1 Quel phénomène observe-t-on sur la photographie aérienne du document 3 ? Quelle est la condition nécessaire à son apparition ?

Avant la passe, les vagues sont rectilignes ; après l'ouverture, elles deviennent des arcs de cercle qui s'étalent dans toute la baie : l'onde change de direction de propagation en franchissant l'ouverture. C'est le phénomène de **diffraction**.

Condition : la largeur a de l'entrée de la baie doit être du même ordre de grandeur que la longueur d'onde λ de la houle, ou plus petite.

Diffraction de la houle ; elle apparaît si la largeur de l'ouverture est de l'ordre de la longueur d'onde ou inférieure.

COMPRENDRE
Plus l'ouverture est étroite devant λ, plus l'onde s'étale derrière elle. La diffraction ne modifie ni la fréquence ni la longueur d'onde.

1.4.2 Citer un autre type d'onde pour lequel on peut observer le même phénomène.

La diffraction est une propriété commune à toutes les ondes.

La lumière (onde électromagnétique), diffractée par une fente fine ou un fil ; le son (onde mécanique) se diffracte aussi, par exemple à travers une porte entrouverte.

2.1 Calculer la vitesse de propagation v_2 de la houle lorsque la profondeur vaut $4{,}0$ m, ainsi que sa nouvelle longueur d'onde λ_2. Les résultats sont-ils conformes au document 4 ?

Données utiles $h = 4{,}0$ m ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $T = 6{,}2$ s et $v_1 = 9{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (1.3) ; $\lambda = 60$ m

La houle est une onde « longue » (eau peu profonde). D'après le document 2 :

$$v_2 = \sqrt{g\,h} = \sqrt{9{,}8 \times 4{,}0} = 6{,}3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

D'après le document 4, la période ne change pas à l'approche de la côte : $T = 6{,}2$ s.

$$\lambda_2 = v_2\,T = 6{,}3 \times 6{,}2 = 39\ \text{m}$$

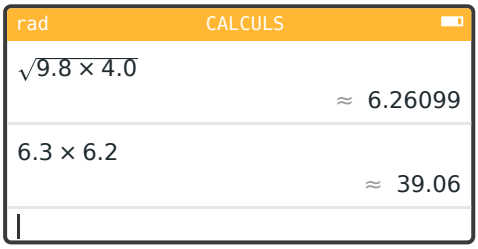
Comparaison : $v_2 < v_1$ ($6{,}3 < 9{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), la houle est ralentie ; $\lambda_2 < \lambda$ ($39 < 60$ m), la longueur d'onde diminue.

$v_2 = 6{,}3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $\lambda_2 = 39$ m : résultats conformes au document 4 (houle ralentie, longueur d'onde plus courte).

PIÈGE
Recalculer une période avec la nouvelle vitesse et l'ancienne longueur d'onde. C'est T qui se conserve : λ change en même temps que v.

COMPRENDRE
La profondeur ($4{,}0$ m) est bien inférieure à la moitié de la longueur d'onde, condition du freinage citée par le document 4. Avec $\lambda_2 \approx 10\,h$, on est à la limite du domaine des ondes longues.

À LA CALCULATRICE



2.2 Proposer, en justifiant, un créneau favorable à la pratique du surf entre le jeudi 21 et le samedi 23 juin 2012.

Données utiles document 5 : prévisions de vent et tableau des marées ; configuration optimale : marée montante et vent venant du Sud-Ouest

Marée montante (de la basse mer à la pleine mer suivante), en journée : jeudi de 13 h 10 à 19 h 08 ; vendredi de 13 h 46 à 19 h 44 ; samedi de 14 h 24 à 20 h 22. Le matin, la mer monte aussi jusqu'à 6 h 54 jeudi, 7 h 31 vendredi et 8 h 08 samedi.

Vent venant du Sud-Ouest : la flèche doit pointer vers le Nord-Est. C'est le cas jeudi à 5 h et à 14 h, et samedi de 8 h à 14 h environ (ensuite le vent vient du Sud-Sud-Ouest). Vendredi, le vent vient de l'Ouest : journée écartée.

Les deux conditions sont réunies samedi après la basse mer de 14 h 24, avec un vent modéré (13 à 14 nœuds) et des vagues de $1{,}5$ m.

Créneau proposé : samedi 23 juin, de 14 h 24 à 17 h environ.

PIÈGE
Lire la flèche à l'envers : elle indique vers où souffle le vent. Un vent « venant du Sud-Ouest » est une flèche dirigée vers le Nord-Est.

COMPRENDRE
Jeudi de 13 h 10 à 15 h environ convient aussi pour la marée et la direction du vent, mais le vent y est fort (23 nœuds, rafales à 28 signalées en gras). Toute proposition justifiée par les deux critères est recevable.

MÉTHODE
Traiter un critère à la fois (marée, puis vent), noter les plages qui conviennent, puis chercher leur intersection.

2.3 Le mascaret passe à Arcins à 17 h 58. À quelle heure arrivera-t-il en un point situé à 13 km en amont ?

Données utiles $v = 5{,}1\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $d = 13\ \text{km} = 13 \times 10^3\ \text{m}$

Le mascaret atteint le second point avec un retard τ tel que $v = \dfrac{d}{\tau}$, soit

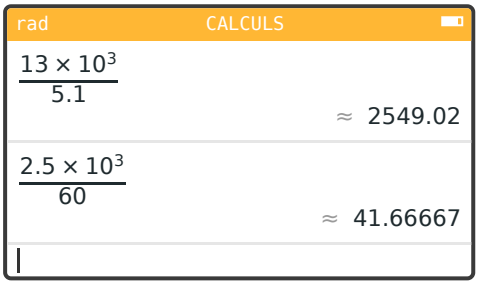
$$\tau = \frac{d}{v} = \frac{13 \times 10^3}{5{,}1} = 2{,}5 \times 10^3\ \text{s}$$

soit $\dfrac{2{,}5 \times 10^3}{60} \approx 42$ min.

Heure d'arrivée : 17 h 58 min + 42 min = 18 h 40 min.

Le mascaret arrive vers 18 h 40.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Laisser d en kilomètres avec v en mètres par seconde, ou ajouter $0{,}71$ h à 17 h 58 comme s'il s'agissait de 71 minutes.

COMPRENDRE
La vitesse est donnée « de l'ordre de » $5{,}1\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et d avec deux chiffres significatifs : l'heure d'arrivée est connue à quelques minutes près, pas à la minute.