Les sons chez les dauphins

Bac S 2005 Liban (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Partie A. Définir une onde mécanique.

Une onde mécanique est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel, **sans transport de matière** mais avec transport d'énergie.

PIÈGE
Oublier « sans transport de matière » ou « milieu matériel » : ce sont les deux expressions attendues. Une onde mécanique ne se propage pas dans le vide.

2 Partie A. a) D'après le modèle des chariots et des ressorts, l'onde sonore est-elle longitudinale ou transversale ? b) De quelle propriété du milieu, modélisée par le ressort, dépend la célérité ? c) Même question pour la masse d'un chariot.

a) Chaque chariot se déplace le long de la file, donc parallèlement à la direction dans laquelle l'onde avance. La perturbation et la propagation ont la même direction : l'onde sonore est **longitudinale**.

b) Le ressort représente la capacité du milieu à se comprimer puis à se détendre : la célérité dépend de l'**élasticité** (rigidité, compressibilité) du milieu. Plus le ressort est raide, plus la perturbation est transmise vite au chariot suivant.

c) La masse du chariot représente l'**inertie** du milieu, liée à sa masse volumique. Plus un chariot est lourd, plus il tarde à se mettre en mouvement et plus l'onde est lente.

a) onde longitudinale ; b) élasticité (rigidité) du milieu ; c) inertie (masse volumique) du milieu.

COMPRENDRE
L'oscillateur masse-ressort ne figure plus au programme actuel de spécialité. Retenir l'idée : la célérité augmente avec la rigidité du milieu et diminue avec son inertie.

MÉTHODE
Longitudinale ou transversale : comparer la direction du déplacement d'un point du milieu à la direction de propagation. Parallèles : longitudinale. Perpendiculaires : transversale, comme sur une corde.

1 Partie B. À quelles fréquences se situent les ultrasons ?

Données utiles sons audibles : de 20 Hz à 20 kHz

Les ultrasons sont plus aigus que les sons audibles : leur fréquence dépasse la limite supérieure du domaine audible.

Ultrasons : $f > 20\ \text{kHz}$

PIÈGE
Confondre avec les infrasons, dont la fréquence est inférieure à 20 Hz.

2 Partie B. a) Déterminer la fréquence des ondes ultrasonores émises. b) Déterminer le retard du récepteur 2 sur le récepteur 1 (inférieur à la période), puis la célérité des ultrasons dans l'eau. c) Définir puis calculer la longueur d'onde.

Données utiles $d = 12\ \text{mm}$; figure 2 : U en fonction de t (µs) pour les deux récepteurs

a) Sur la figure 2, trois périodes occupent $60\ \mu\text{s}$: $T = \dfrac{60}{3} = 20\ \mu\text{s} = 2{,}0 \times 10^{-5}\ \text{s}$.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}0 \times 10^{-5}} = 5{,}0 \times 10^{4}\ \text{Hz} = 50\ \text{kHz}$$

b) Le récepteur 1 passe par un maximum à $t_1 = 5\ \mu\text{s}$, le récepteur 2 passe par le maximum suivant à $t_2 = 13\ \mu\text{s}$:

$\tau = t_2 - t_1 = 13 - 5 = 8\ \mu\text{s}$, bien inférieur à T.

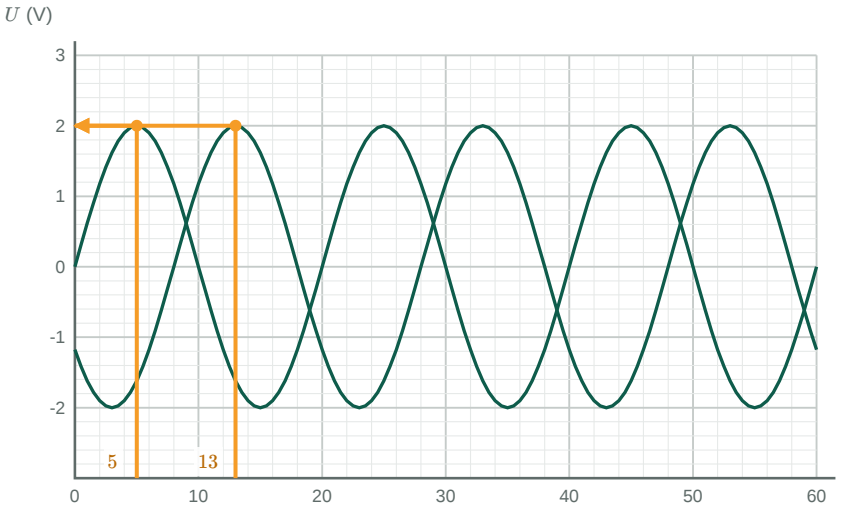
L'onde parcourt la distance d pendant la durée τ :

$$v = \frac{d}{\tau} = \frac{12 \times 10^{-3}}{8 \times 10^{-6}} = 1{,}5 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

c) La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période T (c'est sa période spatiale).

$$\lambda = v\,T = 1{,}5 \times 10^{3} \times 2{,}0 \times 10^{-5} = 3{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$f = 50\ \text{kHz}$; $\tau = 8\ \mu\text{s}$; $v = 1{,}5 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\lambda = 3{,}0\ \text{cm}$



2 · Figure 2 du sujet : deux maximums voisins, récepteur 1 puis récepteur 2

PIÈGE
Lire le retard dans le mauvais sens (de la courbe 2 vers la courbe 1 suivante) donne $12\ \mu\text{s}$. Sans calculatrice, convertir µs et mm avant de diviser.

COMPRENDRE
Les lectures graphiques et d ont deux chiffres significatifs : les résultats aussi. On vérifie que $d = 12\ \text{mm}$ est plus petit que $\lambda = 30\ \text{mm}$, ce qui s'accorde avec $\tau < T$.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser : la lecture est plus précise. Pour le retard, repérer deux points identiques (deux maximums) sur les deux courbes.

3 Partie B. Comparer la durée totale d'un clic et la durée entre deux clics d'un train. Justifier la représentation d'un train de clics (figure 4).

Données utiles figure 3 : un clic, t en µs ; figure 4 : train de clics, t en ms

Figure 3 : le clic débute vers $20\ \mu s$ et s'achève vers $70\ \mu s$ (cinq oscillations de $10\ \mu s$), donc $\Delta t_1 \approx 50\ \mu s$.

Figure 4 : huit clics, soit sept intervalles, entre $10\ ms$ et $360\ ms$: $\Delta t_2 = \dfrac{360-10}{7} = 50\ ms$.

$$\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{50\times10^{-3}}{50\times10^{-6}} = 1{,}0\times10^{3}$$

À l'échelle de la figure 4 (en millisecondes), un clic de quelques dizaines de microsecondes a une largeur invisible : il se réduit à un trait vertical.

La durée d'un clic est environ 1000 fois plus petite que la durée entre deux clics, d'où les traits verticaux.

PIÈGE
Les deux figures n'ont pas la même unité de temps : µs pour la figure 3, ms pour la figure 4. Comparer 50 et 50 sans convertir conduit à une conclusion fausse.

COMPRENDRE
En comptant les faibles ondulations avant et après le clic, on peut lire jusqu'à $60\ \mu s$: le rapport reste voisin de 1000 et la conclusion ne change pas.

4 Partie B. a) Déterminer l'intervalle de temps Δt entre l'émission d'un clic et la réception de son écho (inférieur à la durée entre deux clics). b) En déduire la distance H du dauphin au fond marin.

Données utiles clics espacés de $220\ ms$; $v = 1530\ m\cdot s^{-1}$; figure 5 : émission et réception, t en ms

a) Figure 5 : le premier clic est émis à $220\ ms$ et le premier écho est reçu à $420\ ms$.

$\Delta t = 420 - 220 = 200\ ms = 0{,}20\ s$, bien inférieur à $220\ ms$.

b) Pendant Δt, l'onde fait un aller-retour entre le dauphin et le fond : elle parcourt $2H$.

$$v = \frac{2H}{\Delta t} \quad \text{donc} \quad H = \frac{v\,\Delta t}{2} = \frac{1530\times0{,}20}{2} = 153\ m$$

$\Delta t = 0{,}20\ s$; $H \approx 1{,}5\times10^{2}\ m$

PIÈGE
Oublier l'aller-retour et écrire $H = v\,\Delta t$: on trouve $306\ m$, le double de la profondeur.

COMPRENDRE
Δt est lu sur le graphique avec deux chiffres significatifs : H s'arrondit à $1{,}5\times10^{2}\ m$. L'écho (trait fin) revient juste avant l'émission du clic suivant.