

PREMIÈRE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · ONDES ET SIGNAUX · CHAPITRE 16

Contrôle B Ondes mécaniques

Vrai ou faux, cuve à ondes, échographie, la ola du stade

Durée : 1 h · calculatrice autorisée · 4 exercices indépendants · barème sur 20



R. RINGUET · 2026 – 2027

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Toute réponse doit être justifiée. Une expression littérale est attendue avant chaque application numérique ; les résultats sont donnés avec un nombre adapté de chiffres significatifs et leur unité. Dans l'exercice 4, toute démarche, même non aboutie, sera valorisée.

Formulaire — incertitudes : pour une grandeur $G = k X$ (k connu exactement), $u(G) = k u(X)$; pour $v = \lambda f$ avec f connue avec précision, $u(v)/v = u(\lambda)/\lambda$; écart normalisé $z = |x - x_{\text{réf}}|/u(x)$, résultat jugé compatible si $z \leq 2$.

Exercice 1 Vrai ou faux ?

4 pts ●●○

Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse, en justifiant la réponse (une réponse non justifiée ne rapporte aucun point).

■ **DONNÉES** célérité du son à 20 °C : dans l'air $343 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ • dans l'eau $1\,482 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

- 1.1 « Une onde mécanique peut se propager dans le vide. »
- 1.2 « Un son de fréquence 1,0 kHz a une longueur d'onde plus grande dans l'eau que dans l'air. »
- 1.3 « Si l'on double la fréquence du vibreur qui fait osciller une corde, la célérité de l'onde le long de la corde double. »
- 1.4 « Deux points d'une corde parcourue par une onde sinusoïdale, distants de trois longueurs d'onde, vibrent en phase. »

Exercice 2 Une échographie de la cuisse

5 pts ●●○

Lors d'une échographie, une sonde posée sur la peau (avec un gel) émet de brèves salves d'ultrasons de fréquence 3,0 MHz et reçoit les échos produits à chaque interface entre deux tissus. La figure 1 montre le signal reçu par la sonde : l'écho A provient de l'interface graisse/muscle et l'écho B de l'interface muscle/os. Célérité des ultrasons : dans la graisse $1\,450 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; dans le muscle $1\,580 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

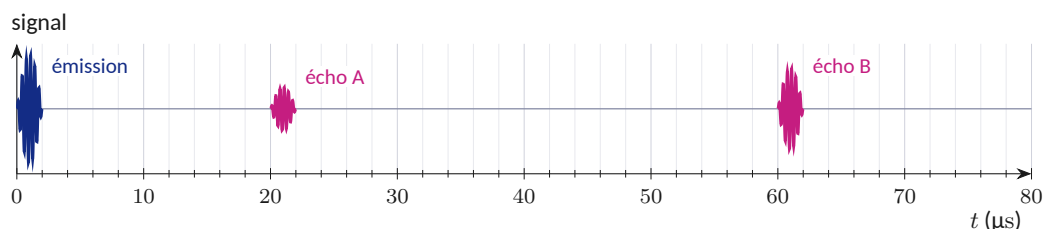


Figure 1 — Signal reçu par la sonde ($t = 0$: début de l'émission ; les oscillations ne sont pas à l'échelle)

- 2.1 Les ultrasons pourraient-ils se propager dans le vide ? On admet qu'une couche d'air entre la sonde et la peau renverrait presque tous les ultrasons : quel est le rôle du gel ?
- 2.2 Déterminer l'épaisseur de la couche de graisse.
- 2.3 Déterminer l'épaisseur du muscle.

- 2.4** Calculer la longueur d'onde des ultrasons dans le muscle. On admet que les plus petits détails visibles ont une taille de l'ordre de la longueur d'onde : pourquoi n'utilise-t-on pas des ondes de fréquence 30 kHz ?

Exercice 3 La cuve à ondes

7 pts ●●○

Une règle, fixée à un vibreur de fréquence $f = 20,0 \text{ Hz}$, frappe périodiquement la surface de l'eau d'une cuve à fond transparent. Une lampe stroboscopique éclaire la cuve par-dessus ; les crêtes des rides, qui se comportent comme des lentilles, donnent des lignes brillantes sur un écran placé sous la cuve (figure 2). La figure 3 reproduit l'écran ; la règle est graduée en centimètres réels de la surface de l'eau.

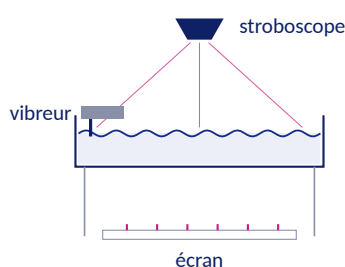


Figure 2 — Le dispositif (vue de côté)

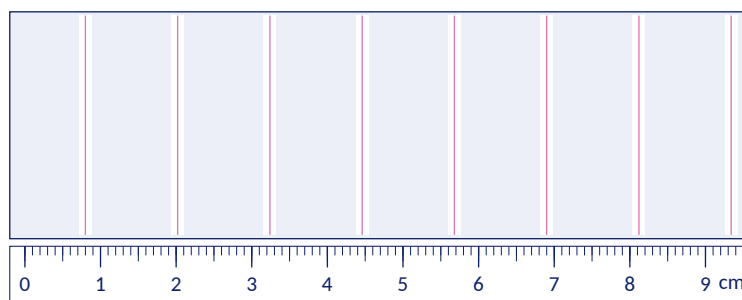


Figure 3 — Les lignes brillantes sur l'écran (vue de dessus)

- 3.1** L'onde qui se propage à la surface de l'eau est-elle transversale ou longitudinale ?
- 3.2** Lorsque la fréquence des éclairs du stroboscope est égale à $20,0 \text{ Hz}$, les lignes brillantes paraissent immobiles. Expliquer pourquoi. En serait-il de même pour une fréquence des éclairs de $10,0 \text{ Hz}$?
- 3.3** Mesurer sur la figure 3 la distance entre la première et la sixième ligne brillante ; en déduire la longueur d'onde λ . L'incertitude-type sur la distance mesurée est de $0,1 \text{ cm}$: calculer $u(\lambda)$.
- 3.4** Calculer la célérité v des ondes et son incertitude-type $u(v)$.
- 3.5** Pour la profondeur d'eau utilisée, un modèle prévoit une célérité de $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. La mesure est-elle compatible avec ce modèle ?
- 3.6** On place une plaque de verre au fond d'une partie de la cuve, où l'eau devient moins profonde : les lignes brillantes y sont plus serrées, cinq longueurs d'onde mesurant $4,5 \text{ cm}$. Comment évolue la célérité ? Quelle propriété des ondes cette expérience illustre-t-elle ?

Exercice 4 La ola du stade

4 pts ●●●

Lors d'un match, les spectateurs lancent une ola. Une vidéo montre qu'elle fait le tour complet de la tribune, longue de 540 m , en 45 s . Chaque spectateur reste debout pendant environ $1,5 \text{ s}$ avant de se rasseoir ; sur une rangée, les sièges sont espacés de 50 cm .

- 4.1** Justifier que la ola est un modèle d'onde progressive transversale.
- 4.2** Calculer la célérité de la ola. Une amie est assise sur la même rangée, 96 m plus loin dans le sens de propagation : quel est son retard sur vous ?
- 4.3** Estimer le nombre de spectateurs d'une même rangée qui sont debout en même temps.
- 4.4** Chaque spectateur se lève avec un léger décalage après son voisin. Estimer ce décalage. Comment serait modifiée la célérité de la ola si les spectateurs réagissaient plus lentement ?