

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

Devoir bilan Ondes mécaniques

Célérité des ultrasons dans l'eau, bouée houlomotrice, départ d'un 100 mètres

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 3 exercices indépendants · barème sur 20



R. RINGUET · 2026 – 2027

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Exercices indépendants. Toute réponse doit être justifiée; expression littérale avant chaque application numérique; résultats avec un nombre adapté de chiffres significatifs et leur unité.

Formulaire : énergie cinétique $E_c = \frac{1}{2}mv^2$; énergie potentielle de pesanteur $E_{pp} = mgz$; puissance $P = E/\Delta t$; rendement $\eta = P_{\text{utile}}/P_{\text{reçue}}$; relation approchée $\sum \vec{F} \approx m \Delta \vec{v}/\Delta t$; écart normalisé $z = |x - x_{\text{réf}}|/u(x)$, résultat jugé compatible avec la référence si $z \leq 2$.

Exercice 1 La célérité des ultrasons dans l'eau

8 pts ●●○

Un émetteur E et un récepteur R d'ultrasons étanches sont immergés face à face dans une cuve d'eau à 20 °C. L'émetteur produit de brèves salves d'ultrasons de fréquence $f = 40,0 \text{ kHz}$. Un oscilloscope affiche le signal de commande de l'émetteur (voie 1) et le signal du récepteur (voie 2).

■ **DONNÉES** célérité du son à 20 °C : dans l'eau $1482 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (référence) • dans l'air $343 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

- 1.1** Les ultrasons sont-ils des ondes mécaniques ? transversales ou longitudinales ? Pourquoi ne les entend-on pas ?
- 1.2** La figure 1 correspond à une distance $d = ER = 40,0 \text{ cm}$. Mesurer le retard τ de la réception par rapport à l'émission, puis calculer la célérité v des ultrasons.

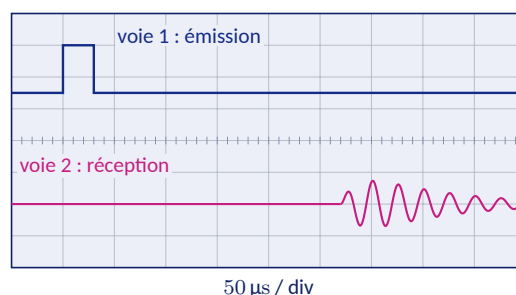


Figure 1 — Oscillogramme pour $d = 40,0 \text{ cm}$ ($t = 0$ au bord gauche)

Pour améliorer la précision, on mesure le retard τ pour plusieurs distances d et on exploite les mesures avec le programme suivant.

```
1 import numpy as np
2 d = np.array([0.100, 0.200, 0.300, 0.400, 0.500]) # distances ER (m)
3 tau = np.array([68, 134, 203, 270, 337]) * 1e-6 # retards mesurés (s)
4 a, b = np.polyfit(tau, d, 1) # modélisation affine : d = a * tau + b
5 print(round(a), round(b, 4)) # affiche : 1484 -0.0003
```

- 1.3** Pourquoi la relation entre d et τ devrait-elle être linéaire ? Quelle grandeur physique le coefficient a représente-t-il ? La valeur de b est-elle cohérente avec le modèle ?
- 1.4** L'incertitude-type associée à la valeur de a est estimée à $u(v) = 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Écrire le résultat de la mesure et le comparer à la valeur de référence.
- 1.5** Calculer la longueur d'onde des ultrasons dans l'eau, puis dans l'air. Laquelle des grandeurs f , v et λ ne dépend pas du milieu ?
- 1.6** On remplace les salves par une émission continue sinusoïdale. En partant d'une position où les signaux E et R sont en phase, de quelle distance faut-il éloigner R pour que les signaux se retrouvent en phase pour la cinquième fois ? Pourquoi cette méthode est-elle plus facile à mettre en œuvre dans l'eau que dans l'air ?

Exercice 2 Une bouée houlomotrice

7 pts ●●○

Au large des côtes, une bouée houlomotrice transforme l'énergie de la houle en énergie électrique : un flotteur de masse $m = 2,0 \text{ t}$ monte et descend avec la surface de l'eau et entraîne un alternateur. La figure 2 donne l'altitude z du flotteur par rapport au niveau moyen de la mer. On admet qu'au large, la célérité de la houle de période T vaut $v = 1,56 T$ (v en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, T en s).

■ DONNÉES $g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$

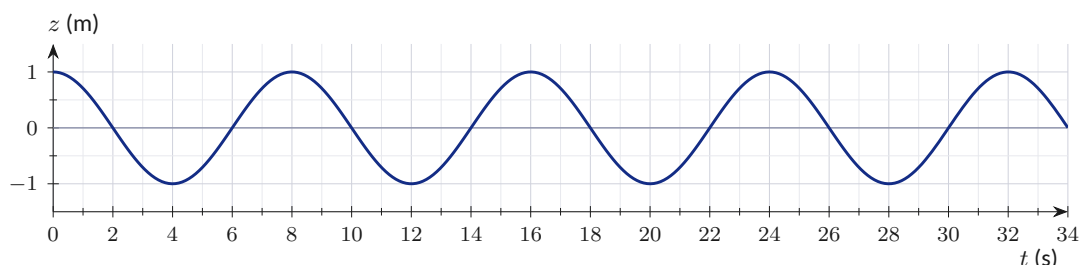


Figure 2 — Altitude du flotteur au cours du temps

Partie A — La houle

- 2.1 Déterminer la période T de la houle, en utilisant plusieurs périodes. Calculer sa célérité v et sa longueur d'onde λ .
- 2.2 Une seconde bouée est située 250 m plus loin, dans la direction de propagation de la houle. Calculer son retard sur la première bouée. Comparer les mouvements des deux flotteurs.

Partie B — L'énergie récupérée

- 2.3 Calculer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur du flotteur lorsqu'il passe d'un creux à une crête.
- 2.4 On admet que, à chaque période, le dispositif récupère une énergie mécanique égale à cette variation. Calculer la puissance mécanique moyenne récupérée.
- 2.5 L'alternateur et l'électronique associée ont un rendement de 75 %. Calculer la puissance électrique fournie, puis l'énergie électrique produite en une journée, en kWh.
- 2.6 Un foyer consomme en moyenne 4 500 kWh d'électricité par an. Combien de foyers une bouée peut-elle alimenter ?

Exercice 3 Le départ d'un 100 mètres

5 pts ●●○

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

- 3.1 Lors d'un 100 mètres, le starter tire un coup de pistolet sur la ligne de départ. Autrefois, les chronométristes manuels, placés sur la ligne d'arrivée à 100 m du starter, déclenchaient leur chronomètre en entendant le coup de pistolet. Calculer le retard du son. Le temps mesuré était-il trop long ou trop court ? De combien ?
- 3.2 Sans haut-parleur, un coureur situé à 12 m du starter entend le coup de pistolet plus tard qu'un coureur situé à 2 m. Calculer ce décalage et le comparer à l'écart qui sépare souvent les deux premiers d'une finale (quelques centièmes de seconde). Justifier l'installation d'un haut-parleur derrière chaque bloc de départ.
- 3.3 Un sprinteur de masse 80 kg passe de 0 à $10,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en $2,5 \text{ s}$ et parcourt $12,5 \text{ m}$ pendant cette phase, en ligne droite. Déterminer la valeur de la somme des forces qui s'exercent sur lui à l'aide de la relation approchée ; préciser sa direction et son sens.
- 3.4 Calculer l'énergie cinétique acquise par le sprinteur. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, retrouver la valeur moyenne de la résultante des forces horizontales qui s'exercent sur lui pendant ces $12,5 \text{ m}$.