Propagation des ondes

Bac S 2005 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Vrai ou faux, avec justification : la célérité de l'infrason dans l'air vaut $34{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ (1.1), $340\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ (1.2), $340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (1.3).

Données utiles $L = 24{,}0$ km ; $\Delta t = 70{,}6$ s

L'onde parcourt la distance L pendant la durée Δt : $v = \dfrac{L}{\Delta t}$, avec $L = 24{,}0 \times 10^3$ m.

$$v = \frac{24{,}0 \times 10^3}{70{,}6} = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = 0{,}340\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$$

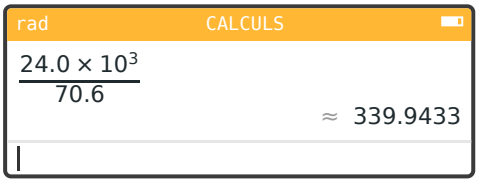
- **1.1** : faux.
- **1.2** : faux.
- **1.3** : vrai.

$v = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$: seule la proposition 1.3 est exacte.

PIÈGE
Diviser 24,0 par 70,6 donne 0,340 : ce résultat est en $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$. Sans conversion de L en mètres, on se laisse tenter par 1.2, qui a les bons chiffres mais la mauvaise unité.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme L et Δt. On retrouve la célérité du son dans l'air : un infrason est une onde sonore de basse fréquence, il se propage à la même célérité qu'un son audible.

À LA CALCULATRICE



2.1 Vrai ou faux, avec justification : l'onde créée par la goutte à la surface de l'eau est une onde mécanique (2.1.1), longitudinale (2.1.2), transversale (2.1.3).

- **2.1.1** : vrai. La perturbation se propage dans un milieu matériel, l'eau, sans transport de matière : c'est une onde mécanique.
- **2.1.2** : faux.
- **2.1.3** : vrai. La surface de l'eau se déforme verticalement alors que l'onde progresse horizontalement : la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

Onde mécanique transversale : 2.1.1 et 2.1.3 vraies, 2.1.2 fausse.

MÉTHODE
Comparer deux directions : celle du déplacement des points du milieu et celle de la propagation. Perpendiculaires : onde transversale (corde, surface de l'eau). Parallèles : onde longitudinale (son, ressort comprimé).

2.2 Vrai ou faux, sans justification : lorsque l'onde l'atteint, le polystyrène se déplace parallèlement à la direction de propagation (2.2.1), perpendiculairement à celle-ci (2.2.2), monte et descend verticalement (2.2.3), reste immobile (2.2.4).

- **2.2.1** : faux.
- **2.2.2** : vrai.
- **2.2.3** : vrai.
- **2.2.4** : faux.

Le flotteur monte puis redescend sur place : 2.2.2 et 2.2.3 vraies.

PIÈGE
Plusieurs propositions peuvent être exactes : 2.2.2 et 2.2.3 décrivent le même mouvement, la verticale étant perpendiculaire à la direction de propagation, qui est horizontale.

COMPRENDRE
Le flotteur suit le point de la surface sur lequel il repose. L'onde transporte de l'énergie, pas de matière : il n'est pas emporté vers le bord et retrouve sa position une fois l'onde passée.

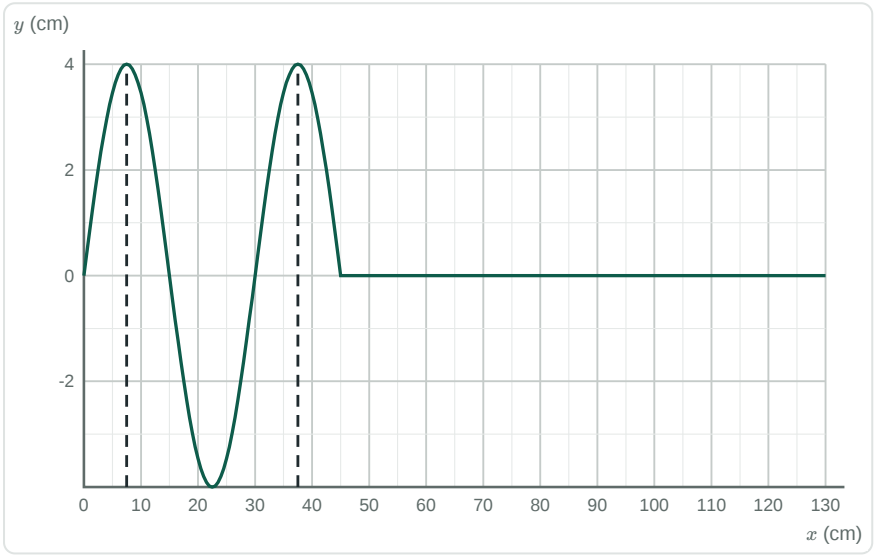
3.1 Vrai ou faux, avec justification : d'après le graphique 2, la longueur d'onde vaut 20 cm (3.1.1), 30 cm (3.1.2), 46 cm (3.1.3).

La longueur d'onde est la plus petite distance séparant deux points de la corde dans le même état vibratoire. Sur le graphique 2, les deux sommets sont en $x \approx 7{,}5$ cm et $x \approx 37{,}5$ cm ; de même, la corde repasse par $y = 0$ en montant en $x = 0$ et en $x = 30$ cm.

- **3.1.1** : faux.
- **3.1.2** : vrai.
- **3.1.3** : faux.

$\lambda = 30$ cm : seule la proposition 3.1.2 est exacte.

PIÈGE
46 cm est à peu près l'abscisse du front de l'onde (45 cm), c'est-à-dire la longueur de corde déjà atteinte, soit $1{,}5\,\lambda$. Entre deux passages consécutifs par $y = 0$, il n'y a que $\lambda/2 = 15$ cm.



3.1 · Graphique 2 ($t_2 = 90$ ms) : deux sommets consécutifs (tirets) sont séparés de $\lambda = 30$ cm

3.2 Vrai ou faux, avec justification : d'après les graphiques 1 et 2, la période vaut 30 ms (3.2.1), 60 ms (3.2.2), 18 ms (3.2.3).

Données utiles $t_1 = 30$ ms ; $t_2 = 90$ ms ; $\lambda = 30$ cm (3.1)

Le front de l'onde est en $x = 15$ cm à la date t_1 et en $x = 45$ cm à la date t_2 : l'onde a progressé de 30 cm, soit une longueur d'onde. Or l'onde avance de λ pendant une période :

$$T = t_2 - t_1 = 90 - 30 = 60 \text{ ms}$$

- **3.2.1** : faux.
- **3.2.2** : vrai.
- **3.2.3** : faux.

$T = 60$ ms : seule la proposition 3.2.2 est exacte.

COMPRENDRE
Autre lecture : à $t_1 = 30$ ms, la corde ne dessine qu'une demi-sinusoïde. Le vibreur, parti à $t_0 = 0$, n'a effectué qu'une demi-oscillation : $T/2 = 30$ ms.

3.3 Vrai ou faux, avec justification : la célérité de l'onde dans la corde vaut $5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.3.1), $10{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.3.2), $15{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.3.3).

Données utiles $\lambda = 30$ cm (3.1) ; $T = 60$ ms (3.2)

$v = \dfrac{\lambda}{T}$ avec $\lambda = 30 \times 10^{-2}$ m et $T = 60 \times 10^{-3}$ s :

$$v = \frac{30 \times 10^{-2}}{60 \times 10^{-3}} = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

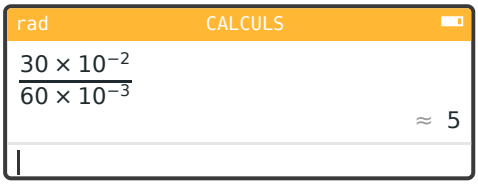
- **3.3.1** : vrai.
- **3.3.2** : faux.
- **3.3.3** : faux.

$v = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$: seule la proposition 3.3.1 est exacte.

PIÈGE
Avec $T = 30$ ms (erreur de la question 3.2), on trouve $10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, qui figure parmi les propositions.

MÉTHODE
Vérification sans λ ni T : sur le graphique 1, le front a parcouru 15 cm en 30 ms, soit $\dfrac{0{,}15}{0{,}030} = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



3.4 Vrai ou faux, sans justification : l'aspect de la corde à la date $t = 180$ ms est représenté par le graphe 3 (3.4.1), 4 (3.4.2), 5 (3.4.3), 6 (3.4.4).

Données utiles $v = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.3) ; $\lambda = 30$ cm (3.1)

À la date t, le front de l'onde a parcouru $d = v\,t = 5{,}0 \times 180 \times 10^{-3} = 0{,}90$ m, soit 90 cm $= 3\lambda$.

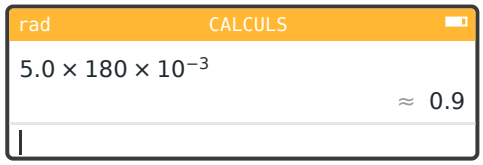
- **3.4.1** : faux. Le front n'y est qu'à 60 cm.
- **3.4.2** : faux. L'abscisse est un temps : ce graphe n'est pas une photographie de la corde.
- **3.4.3** : vrai. Front en $x = 90$ cm, trois longueurs d'onde tracées.
- **3.4.4** : faux. La corde y est au repos près du vibreur, alors que les oscillations sont entretenues.

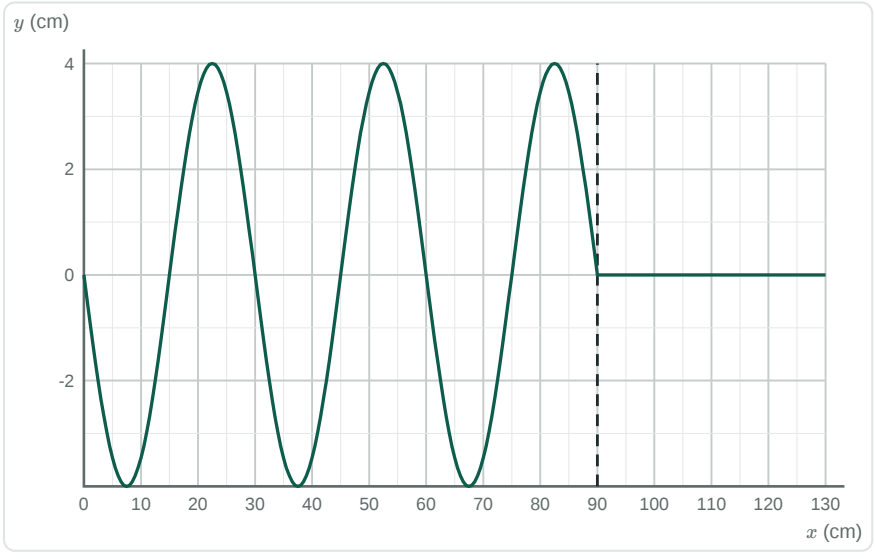
Le graphe 5 convient : seule la proposition 3.4.3 est exacte.

COMPRENDRE
Aucune justification n'est exigée ici ; le calcul de d suffit au brouillon. Le graphe 3 correspond à la date $\dfrac{0{,}60}{5{,}0} = 0{,}12$ s, soit 120 ms.

MÉTHODE
Pour reconnaître l'aspect d'une corde à une date donnée : 1) vérifier que l'axe horizontal est bien x ; 2) placer le front en $x = v\,t$; 3) vérifier que la corde vibre depuis la source jusqu'au front.

À LA CALCULATRICE





3.4 · Graphique 5 : à $t = 180$ ms, le front de l'onde (tirets) est en $x = 90$ cm, soit trois longueurs d'onde

4.1 Vrai ou faux, avec justification : la propagation de la lumière visible montre que c'est une onde mécanique (4.1.1) ; elle est moins rapide dans l'eau que dans le vide (4.1.2) ; dans un milieu dispersif donné, sa célérité est la même pour toutes les fréquences (4.1.3).

Données utiles indice de réfraction de l'eau : $n = 1{,}3$

- **4.1.1** : faux. La lumière se propage dans le vide, sans milieu matériel : c'est une onde électromagnétique.
- **4.1.2** : vrai. Dans un milieu d'indice n, la célérité est $v = \dfrac{c}{n}$. Pour l'eau, $n = 1{,}3 > 1$, donc $v < c$.
- **4.1.3** : faux. Un milieu est dit dispersif lorsque la célérité de l'onde y dépend de sa fréquence.

Seule la proposition 4.1.2 est exacte.

COMPRENDRE
C'est parce que le verre est dispersif qu'un prisme sépare les couleurs : l'indice n dépend de la fréquence, donc chaque radiation est déviée différemment.

4.2 Vrai ou faux, avec justification : la lumière rouge a des longueurs d'onde plus grandes que la lumière bleue (4.2.1) ; ses fréquences sont plus petites que celles de l'infrarouge (4.2.2) ; elle est moins énergétique que la lumière bleue (4.2.3).

- **4.2.1** : vrai. Dans le vide, le visible s'étend d'environ 400 nm (violet) à 800 nm (rouge) : $\lambda_{\text{rouge}} > \lambda_{\text{bleu}}$.
- **4.2.2** : faux. L'infrarouge correspond à $\lambda > 800$ nm, donc $\lambda_{\text{IR}} > \lambda_{\text{rouge}}$. Comme $\nu = \dfrac{c}{\lambda}$, on a $\nu_{\text{rouge}} > \nu_{\text{IR}}$.
- **4.2.3** : vrai. L'énergie d'un photon est $E = h\,\nu = \dfrac{h\,c}{\lambda}$. Puisque $\lambda_{\text{rouge}} > \lambda_{\text{bleu}}$, on a $E_{\text{rouge}} < E_{\text{bleu}}$.

4.2.1 et 4.2.3 vraies, 4.2.2 fausse.

PIÈGE
Fréquence et longueur d'onde varient en sens inverse. « Infra » signifie « en dessous » en fréquence : l'infrarouge a des fréquences plus petites que le rouge, donc des longueurs d'onde plus grandes.

4.3 Vrai ou faux, avec justification : la diffraction est plus marquée avec une fente de 0,5 µm que de 5 µm (4.3.1) ; l'écart angulaire est proportionnel à la largeur de la fente (4.3.2) ; il est plus petit pour le rouge que pour le bleu (4.3.3).

Pour une fente de largeur a éclairée par une radiation de longueur d'onde λ, l'écart angulaire du faisceau diffracté est $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$.

- **4.3.1** : vrai. À λ fixée, θ augmente quand a diminue : la fente la plus fine diffracte le plus.
- **4.3.2** : faux. θ est inversement proportionnel à a.
- **4.3.3** : faux. À a fixée, θ est proportionnel à λ ; or $\lambda_{\text{rouge}} > \lambda_{\text{bleu}}$, donc $\theta_{\text{rouge}} > \theta_{\text{bleu}}$.

Seule la proposition 4.3.1 est exacte.

COMPRENDRE
Dans $\theta = \lambda/a$, l'angle est en radians, λ et a dans la même unité. Sur un écran, la tache centrale est donc plus large en lumière rouge qu'en lumière bleue.