

Exercices 1 Ondes mécaniques

Les bases : propagation, célérité et retard, période, fréquence, longueur d'onde

5 exercices · niveau ●○○ · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Décrire une onde mécanique progressive (perturbation, transport d'énergie sans transport de matière) ; distinguer onde transversale et onde longitudinale.
- Exploiter la relation entre retard, distance et célérité ; savoir que la célérité dépend du milieu.
- Déterminer une période sur une représentation temporelle et une longueur d'onde sur une représentation spatiale ; exploiter $\lambda = vT = v/f$.

■ RAPPEL — L'essentiel du chapitre

- Une **onde mécanique progressive** est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel ; elle transporte de l'énergie **sans transport de matière**. Elle est **transversale** si la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation, **longitudinale** si elle lui est parallèle.
- **Célérité** : $v = \frac{d}{\Delta t}$ (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). Un point situé à la distance d de la source reproduit la perturbation de la source avec un **retard** $\tau = \frac{d}{v}$. La célérité dépend du milieu (nature, température, tension d'une corde...), pas de la forme de la perturbation.
- Une onde **périodique** présente une double périodicité : temporelle (période T en s, fréquence $f = 1/T$ en Hz) et spatiale (**longueur d'onde** λ en m, distance parcourue par l'onde pendant une période) : $\lambda = vT = \frac{v}{f}$. Deux points distants de $k\lambda$ (k entier) vibrent en phase.

Exercice 1 Qu'est-ce qui se propage ?

●○○

- 1.1 On jette un caillou dans un étang où flotte un bouchon. Quand les rides l'atteignent, le bouchon monte puis redescend, mais il n'est pas emporté vers la rive. Qu'est-ce qui se propage ? Qu'est-ce qui ne se propage pas ?
- 1.2 Lors d'une « ola » dans un stade, chaque spectateur se lève puis se rassoit. Les spectateurs font-ils le tour du stade ? La ola est-elle transversale ou longitudinale ?
- 1.3 On secoue verticalement l'extrémité d'une corde horizontale tendue ; on comprime brusquement les premières spires d'un long ressort horizontal. Dans chaque cas, décrire le mouvement du milieu au passage de la perturbation et en déduire la nature de l'onde.
- 1.4 Pourquoi le son, onde longitudinale, ne se propage-t-il pas dans le vide ?

Exercice 2 Le milieu impose sa célérité

●○○

Le tableau donne la célérité du son dans quelques milieux.

Milieu	air à 0 °C	air à 20 °C	hélium à 20 °C	eau à 20 °C	acier (rail)
$v \text{ (m}\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$	331	343	1 007	1 482	5 200

- 2.1 Dans quel type de milieu le son est-il le plus rapide ? Sa célérité dans l'air dépend-elle de la température ?
- 2.2 Un ouvrier donne un coup de marteau sur un rail. Une personne située à 1,04 km de là, l'oreille collée au rail, entend deux sons (air à 20 °C). Calculer le retard de chacun d'eux par rapport au coup de marteau. Lequel arrive en premier ? Quelle durée sépare les deux sons ?

- 2.3** Le long d'une même corde tendue par une force de valeur F , on mesure $v = 10, 15$ et $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pour $F = 20, 45$ et 80 N . Comment évolue v quand la corde est plus tendue ? v est-elle proportionnelle à F ?

Exercice 3 Une secousse le long d'une corde



Une longue corde est tendue horizontalement dans un gymnase. À la date $t = 0$, le professeur imprime une brève secousse verticale à son extrémité S. Deux élèves repèrent le passage du début de la perturbation : au point A, situé à $1,50 \text{ m}$ de S, à la date $t_A = 0,10 \text{ s}$; au point B, situé à $6,00 \text{ m}$ de S, à la date $t_B = 0,40 \text{ s}$.

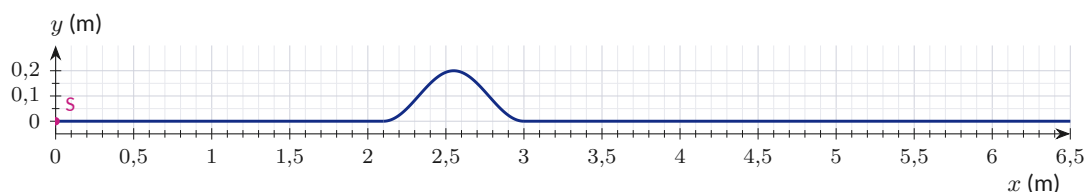


Figure 1 — Aspect de la corde à la date $t_1 = 0,20 \text{ s}$ (x : distance à S ; y : élongation)

- 3.1** Cette onde est-elle transversale ou longitudinale ? Sa célérité dépend-elle de l'amplitude de la secousse ?
- 3.2** Calculer la célérité v de l'onde à l'aide des mesures faites en A et en B.
- 3.3** Vérifier que la position du début de la perturbation sur la figure 1 est cohérente avec la valeur de v . Déterminer la longueur de la perturbation, puis la durée de la secousse imprimée par le professeur.
- 3.4** Le point C est situé à $10,5 \text{ m}$ de S. Calculer son retard par rapport à S. Entre quelles dates C est-il en mouvement ?

Exercice 4 Lire un oscillogramme



Un smartphone émet un son sinusoïdal. Un microphone, relié à un oscilloscope, fournit l'oscillogramme de la figure 2 ; la sensibilité horizontale (base de temps) est de 1 ms par division.

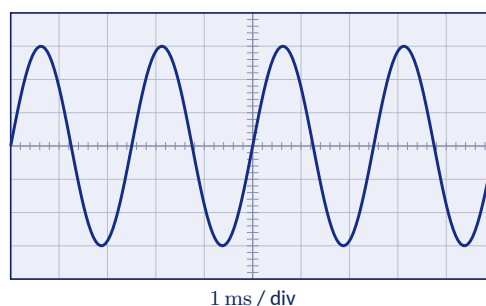


Figure 2 — Oscillogramme du son capté

- 4.1** S'agit-il d'une représentation temporelle ou spatiale ? Mesurer la durée de plusieurs périodes, puis en déduire la période T et la fréquence f du son. Pourquoi mesurer plusieurs périodes plutôt qu'une seule ? Ce son est-il audible ?
- 4.2** Calculer la longueur d'onde λ de ce son dans l'air (célérité $343 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).
- 4.3** Ce son est émis sous l'eau (célérité $1482 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Sa fréquence est-elle modifiée ? Calculer sa longueur d'onde.

Exercice 5 La photographie d'une corde



Un vibreur impose à une longue corde des oscillations sinusoïdales de fréquence $f = 25 \text{ Hz}$ (figure 3).

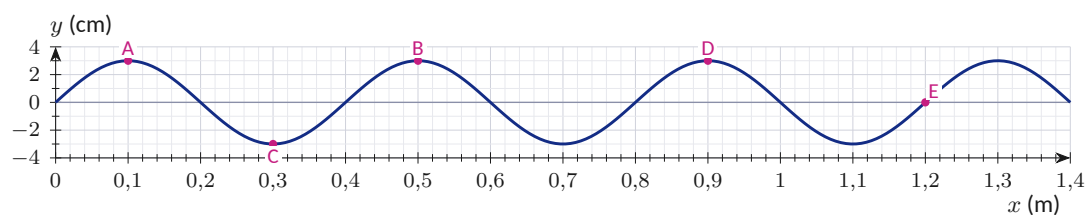


Figure 3 — Aspect de la corde à un instant donné

- 5.1** S'agit-il d'une représentation temporelle ou spatiale ? Déterminer la longueur d'onde λ en mesurant la plus grande distance possible égale à un nombre entier de λ .
- 5.2** Calculer la célérité v de l'onde le long de la corde, puis la période T des oscillations.
- 5.3** Parmi B, C, D et E, quels points vibrent en phase avec A ? en opposition de phase ? Justifier.