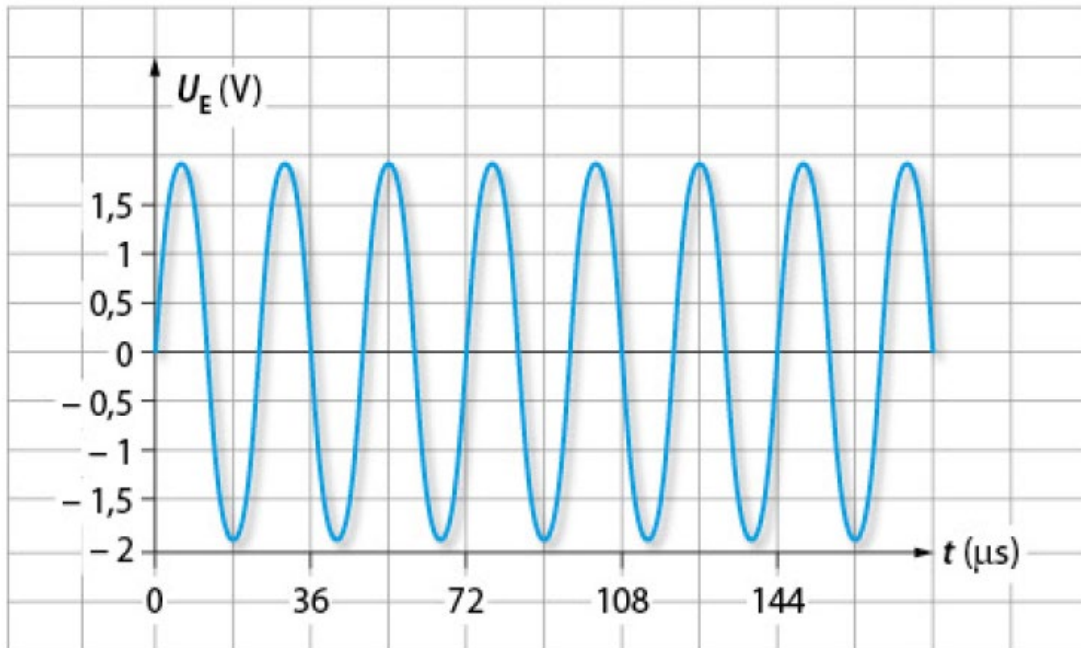


14 Émetteur à ultrasons

On souhaite étudier les ondes émises par un émetteur à ultrasons. À cet effet, on visualise le signal émis à l'aide d'un capteur relié à un oscilloscope. Les mesures sont faites dans l'air à la température de 20 °C. On obtient le signal suivant :



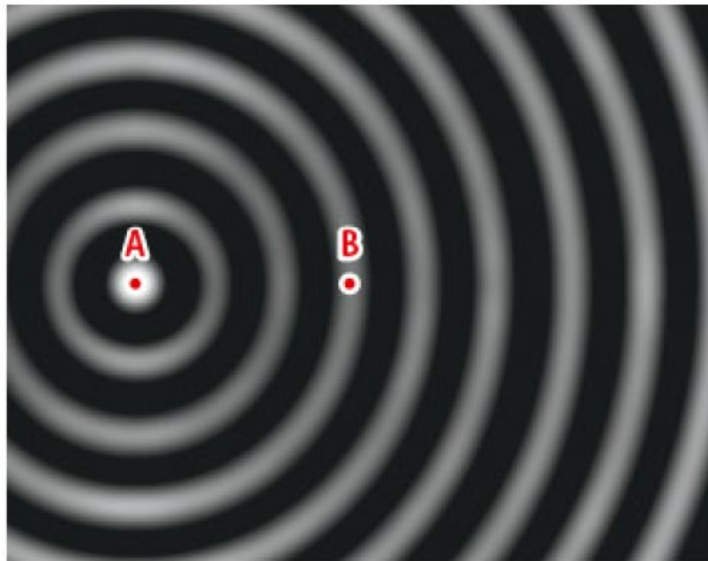
Pour une fréquence supérieure ou égale à 20 kHz, on parle d'ultrason.

1. L'onde ultrasonore peut-elle être qualifiée d'onde mécanique périodique sinusoïdale ?
2. a. Comment déterminer le plus précisément la période T correspondante à l'onde ultrasonore ?
3. En déduire la fréquence des ultrasons émis et vérifier que la réponse est cohérente.

18 Longueur d'onde et fréquence

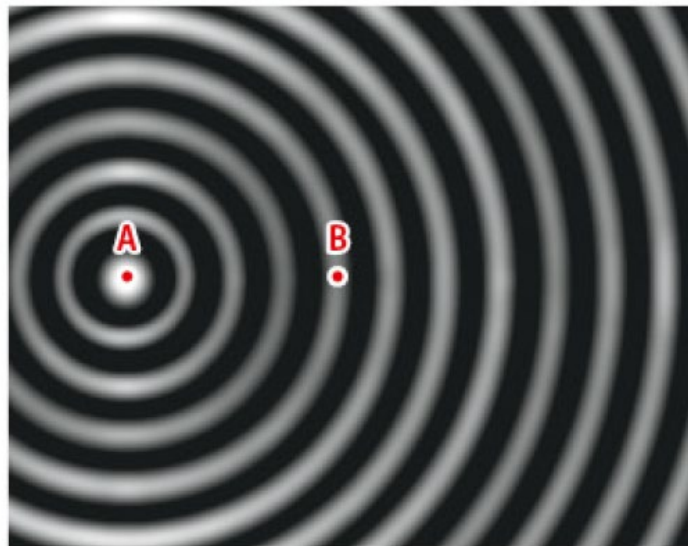
Un vibreur provoque des ondes progressives sinusoïdales de fréquence f à la surface de l'eau. Le phénomène observé possède une longueur d'onde λ .

1. Dans une première expérience, la fréquence du vibreur est réglée sur $f_1 = 8,0$ Hz. Une photographie de la surface est prise à un instant quelconque (voir ci-dessous).
 - a. Déterminer le plus précisément possible la longueur d'onde λ_1 .
 - b. Calculer la célérité v_1 des ondes.



Expérience 1

Donnée :
échelle : $AB = 3$ cm



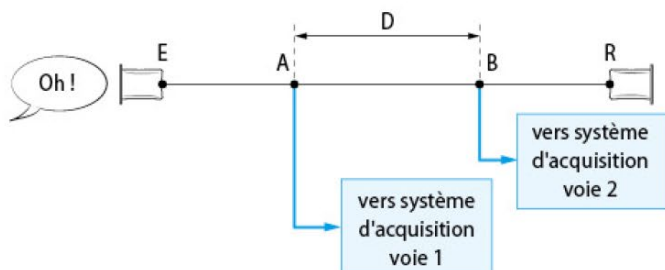
Expérience 2

2. Dans une deuxième expérience, la fréquence du vibreur est réglée sur $f_2 = 17,0$ Hz. Une deuxième photographie de la surface est prise à un instant quelconque (voir ci-dessus). Montrer, à l'aide du document, que la célérité des ondes varie avec leur fréquence.

20 Le téléphone « pot de yaourt »

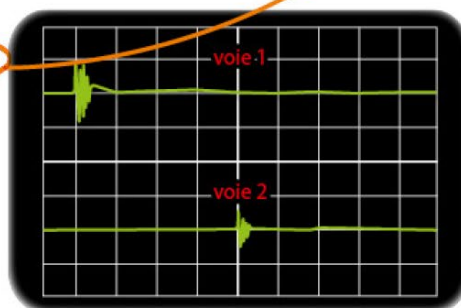
À l'ère du téléphone portable, il est encore possible de communiquer avec un système bien archaïque : deux pots de yaourt reliés par un fil.

Afin de mesurer la célérité des ondes mécaniques progressives qui peuvent se propager dans le fil du dispositif, on réalise un montage avec deux capteurs connectés en deux points A et B du fil reliant le pot de yaourt émetteur E au pot de yaourt récepteur R. Ces deux points A et B sont séparés d'une distance $D = 20,0 \text{ m}$. Les capteurs enregistrent l'amplitude de cette perturbation au cours du temps.



1. **Déterminer** avec quel retard τ , par rapport au point A, le point B est atteint.
2. **Calculer** la valeur de la célérité v de l'onde dans le fil.

sensibilité verticale : 1 mV/div
sensibilité horizontale : 5 ms/div



LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- ▶ La **distance** parcourue par l'onde mécanique progressive entre les deux points A et B est connue.
- ▶ L'enregistrement est donné avec une échelle de temps qui peut renseigner sur le **retard**.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

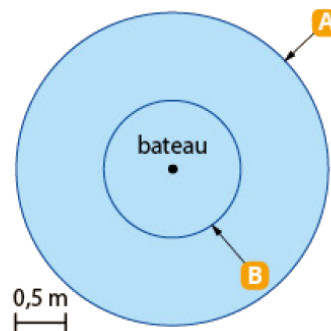
- ▶ **Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- ▶ **Calculer** : faire un calcul avec des valeurs pour trouver un résultat numérique.

21 Jeter l'ancre

Arrivant dans le port, un bateau jette l'ancre, entraînant ainsi la formation d'ondes circulaires.

Le schéma ci-contre représente la position du front de l'onde (début de la déformation de l'eau) à deux instants t_1 et t_2 tels que : $t_2 - t_1 = 3,0 \text{ s}$.

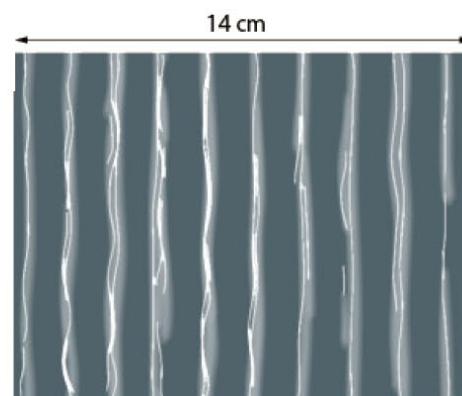
1. Associer à chaque position **A** ou **B** du front d'onde l'instant t_1 ou t_2 correspondant.
2. Déterminer la célérité v de l'onde.



23 Cuve à ondes et lame vibrante

À l'aide d'une cuve à ondes et en utilisant une lame vibrante, on crée à la surface de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence $f = 23 \text{ Hz}$. On réalise une photographie du phénomène observé. ▶

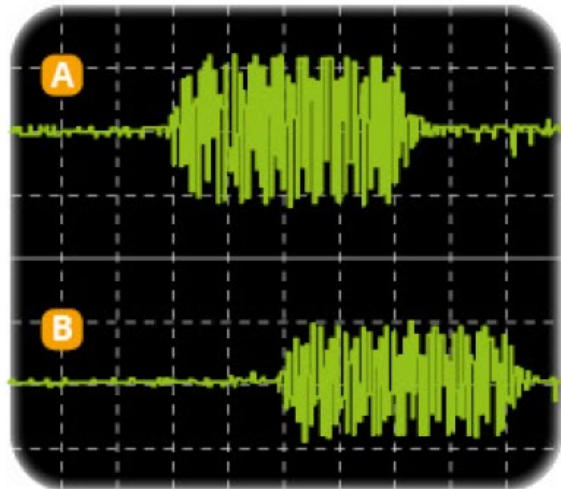
Déterminer, en explicitant la méthode utilisée, la célérité de l'onde progressive sinusoïdale générée par le vibreur.



27 Émission et réception ultrasonores

Un émetteur et un récepteur d'ultrasons sont placés côte à côte face à une paroi réfléchissante. L'émetteur émet des salves d'ultrasons.

Les tensions de sortie de l'émetteur **A** et du récepteur **B** sont observées sur l'écran d'un oscilloscope et sont données sur la figure ci-contre.



Données :

Échelle de l'axe horizontal
des temps : $1,0 \text{ ms/div}$.

Vitesse du son dans l'air à $20 \text{ }^\circ\text{C}$ est $v_{\text{son}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. En quoi une onde ultrasonore est-elle une onde mécanique progressive ?
2. **a.** Quel signal observé à l'oscilloscope correspond à l'émetteur ? au récepteur ?
b. Quel est le retard entre le récepteur et l'émetteur ?
3. **a.** Déterminer la distance qui sépare l'émetteur et le récepteur de la paroi réfléchissante.
b. En déduire une application possible des ultrasons.

27 À chacun son rythme

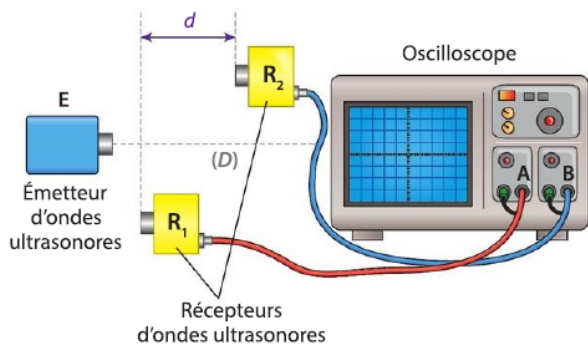
Célérité d'une onde ultrasonore

Extraire l'information ; estimer une incertitude de mesure.

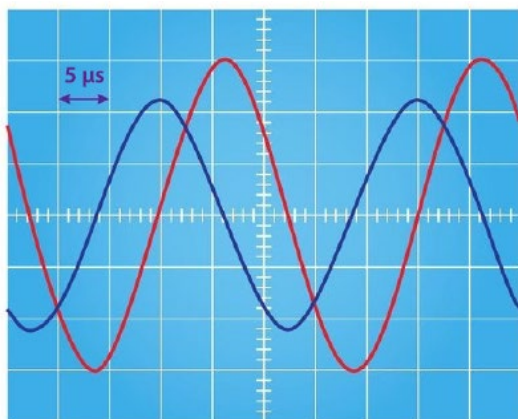
Commencer par résoudre l'énoncé compact. En cas de difficultés passer à l'énoncé détaillé.

On souhaite connaître la célérité d'une onde ultrasonore qui se propage dans l'air.

On réalise le montage ci-dessous :



Pour une certaine position des récepteurs, on obtient l'oscillogramme suivant :



Les sensibilités verticales des deux voies de l'oscilloscope sont identiques. La courbe rouge correspond au signal du récepteur R_1 et la courbe bleue à celui du récepteur R_2 .

Lorsque les récepteurs sont à égale distance de l'émetteur, les courbes sont confondues. Le récepteur R_1 restant fixe, on éloigne le récepteur R_2 le long de l'axe (D) en comptant le nombre de fois où les abscisses des maxima sont confondues. Lorsque la distance d est égale à 8,5 cm, les abscisses des maxima se sont retrouvées confondues 10 autres fois.

Énoncé compact

- Calculer la célérité v de l'onde ultrasonore dans l'air.

Énoncé détaillé

1. Calculer la période T des ondes ultrasonores à partir de l'oscillogramme.
2. Déterminer la longueur d'onde λ de l'onde ultrasonore à partir de la distance d .
- 3.a. Rappeler la relation entre la longueur d'onde λ et la période T de l'onde.
- b. Calculer la célérité v de l'onde ultrasonore dans l'air.

14 1. Il s'agit d'une onde mécanique car l'onde ultrasonore se propage dans la matière et est périodique sinusoïdale car on observe une courbe qui est une fonction sinusoïdale du temps (avec un motif qui se répète régulièrement).

2. a. Pour mesurer le plus précisément la période T , on cherche à mesurer la durée correspondant un maximum de périodes présentes sur l'enregistrement.

b. On a $6T = 144 \mu\text{s} \rightarrow T = 144 \mu\text{s}/6 = 24 \mu\text{s}$.

En tenant compte de l'épaisseur du signal et d'une lecture approximative, on peut proposer l'encadrement suivant $23 \mu\text{s} \leq T \leq 25 \mu\text{s}$.

La demi-largeur de l'intervalle défini est, en première approximation, un estimateur de l'incertitude-type : $u(T) = 1 \mu\text{s}$.

3. On en déduit la fréquence :

$$f = \frac{1}{T} = 42 \text{ kHz.}$$

Donc $f = 42 \text{ kHz}$.

On a bien un signal qui a une fréquence supérieure à 20 kHz.

18 1. a. Pour mesurer le plus précisément la longueur d'onde λ , on cherche à mesurer la longueur correspondant un maximum de longueurs d'onde présentes sur l'enregistrement.

On a $7 \lambda_1 = 7,1 \text{ cm}$.

Donc $\lambda_1 = 1,0 \text{ cm}$.

b. $v_1 = \lambda_1 \times f = 1,0 \times 8,0 = 8,0 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. On a maintenant $9 \lambda_2 = 6,7 \text{ cm}$.

Donc $\lambda_2 = 0,75 \text{ cm}$.

Donc $v_2 = \lambda_2 \times f = 0,75 \times 17 = 13 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

La célérité des ondes varie bien avec la fréquence puisque $v_2 \neq v_1$.

Exo.20

1. On observe un décalage dans le temps entre les deux signaux enregistrés. Ce décalage correspond au retard.

$$\tau = (4,0 \times 5)$$

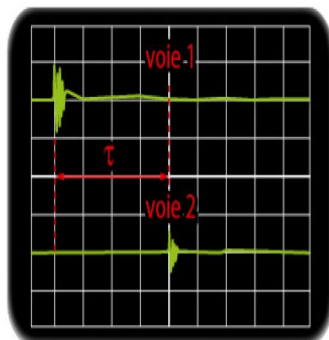
Donc $\tau = 20 \text{ ms}$.

2. On calcule la célérité v :

On prendra $\tau = 0,020 \text{ s}$

$$v = \frac{D}{\tau} = 1\,000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

C'est une valeur importante mais on est dans de la matière.



21 1. Les ondes circulaires se déplacent du centre où il y a la perturbation vers les extrémités.

Donc le front d'onde est en b à $t = t_1$ et en a à $t = t_2$.

$$2. v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{1,0}{3,0} = 3,0 \times 10^1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (environ } 30 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}\text{).}$$

23 On cherche la célérité de l'onde sinusoïdale générée par le vibreur.

On visualise à la surface de l'eau, des crêtes qui se forment à intervalle régulier. Cet intervalle est la longueur d'onde.

Pour être précis, on mesure la longueur de plusieurs longueurs d'onde :

On a $9 \lambda = 13 \text{ cm}$.

Donc $\lambda = 1,5 \text{ cm}$.

Or $v = \lambda \cdot f$.

Donc $v = 1,5 \times 23 = 35 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

27 1. Une onde ultrasonore est une onde mécanique progressive car elle est une perturbation qui se propage dans un milieu matériel.

2. a. Le signal A correspond à celui de l'émetteur, et celui plus en retard, le signal B, correspond au récepteur.

b. On peut déterminer le retard grâce à l'oscilloscope : $\tau = 2 \text{ div} \times 1,0 \text{ ms/div} = 2,0 \text{ ms}$

3. a. $D = v \times \tau$

Et comme l'onde a fait un aller-retour :

$$2d = D = v \times \tau$$

$$\text{Donc } d = \frac{(340 \times 0,002)}{2} = 0,34 \text{ m} = 34 \text{ cm}.$$

b. Les ultrasons peuvent être utilisés pour déterminer des distances « à distance » c'est le cas pour un sonar par exemple.

27 À chacun son rythme
Célérité d'une onde ultrasonore

1. Sur l'oscillogramme, on mesure qu'une période des ondes ultrasonores correspond à 5,0 divisions et qu'une division correspond à 5 μs .

On a donc $T = 5,0 \times 5 \mu\text{s} = 25 \mu\text{s} = 25 \times 10^{-6} \text{ s}$.

2. La distance d correspond à 10 longueurs d'onde puisque les maxima des deux courbes se sont retrouvés confondus 10 autres fois.

$$\text{On a donc } \lambda = \frac{d}{10} = \frac{8,5 \text{ cm}}{10} = 0,85 \text{ cm} = 8,5 \times 10^{-3} \text{ m}.$$

$$3. a. v = \frac{\lambda}{T}.$$

$$b. v = \frac{8,5 \times 10^{-3} \text{ m}}{25 \times 10^{-6} \text{ s}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

La célérité de l'onde ultrasonore dans l'air est $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.