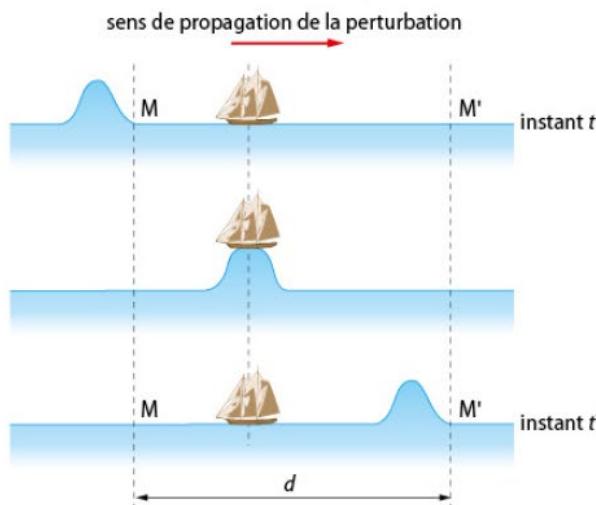


1 Propagation d'une onde mécanique progressive

- Une **onde mécanique progressive** est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel (sans transport de matière).



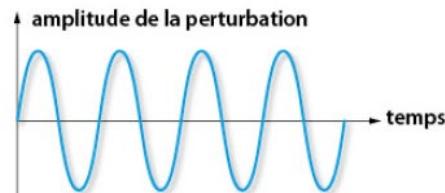
- Une perturbation se propage d'un point M, atteint à un instant t , à un point M', atteint à un instant t' . La grandeur $\tau = t' - t$ est appelée le **retard**.
- La **célérité** (ou vitesse de propagation) d'une onde mécanique progressive est donnée par la relation :

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

distance parcourue par la perturbation (en m)
durée pour parcourir la distance d ou retard (en s)

2 Onde mécanique périodique, onde sinusoïdale

- Une onde mécanique progressive est **périodique** si la perturbation qu'elle génère en un point du milieu de propagation est périodique. Elle est **sinusoïdale** si cette perturbation est une fonction sinusoïdale du temps.



Évolution de la perturbation en un point

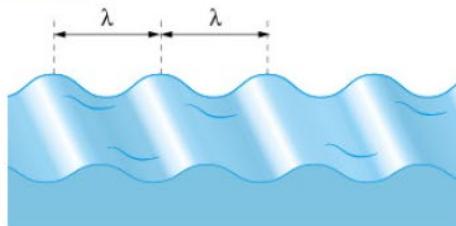
- La **période T** d'un phénomène périodique est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se reproduit identique à lui-même. Elle s'exprime en seconde (s).
- Sa **fréquence f** est le nombre de fois que le phénomène se reproduit à l'identique en 1 seconde. Elle s'exprime en hertz (Hz).
- La fréquence et la période d'un phénomène périodique sont liées par la relation :

$$f = \frac{1}{T}$$

fréquence (en Hz) ————— $f = \frac{1}{T}$ ————— période (en s)

3 Longueur d'onde

- La **longueur d'onde λ** est la plus petite distance séparant deux points qui vibrent en phase (de la même manière et en même temps).



- Une onde mécanique progressive périodique, de période T , qui se déplace avec une célérité v , se propage d'une distance $v \cdot T$ pendant une durée T . Cette distance est la longueur d'onde λ .
- La **célérité** d'une onde mécanique progressive périodique, sa période et sa longueur d'onde sont reliées par la relation :

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

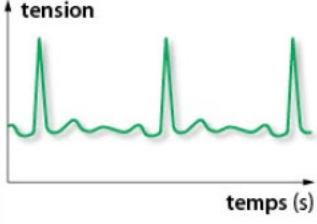
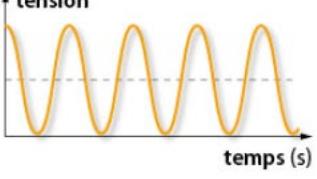
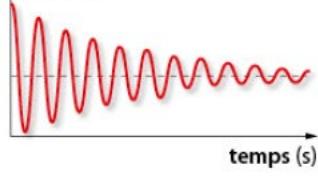
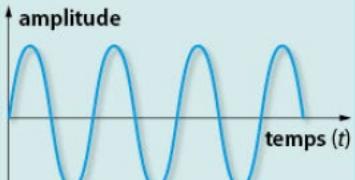
célérité de l'onde périodique (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) ————— $v = \frac{\lambda}{T}$ ————— longueur d'onde (en m)
période (en s)

QCM

1 Propagation d'une onde mécanique progressive

	A	B	C
1 Une onde mécanique progressive :	a une vitesse de propagation.	est un phénomène de propagation qui se fait sans transport de matière.	est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel.
2 On appelle retard :	la différence de temps nécessaire à une perturbation pour aller d'un point M à un point M'.	la durée nécessaire à une perturbation pour commencer à se propager.	la durée de propagation perdue par une perturbation par rapport à une autre.
3 La célérité d'une onde mécanique progressive :	s'exprime en m.	est égale au rapport de la distance parcourue sur le retard.	est la vitesse de propagation de la perturbation.

2 Onde mécanique périodique, onde sinusoïdale

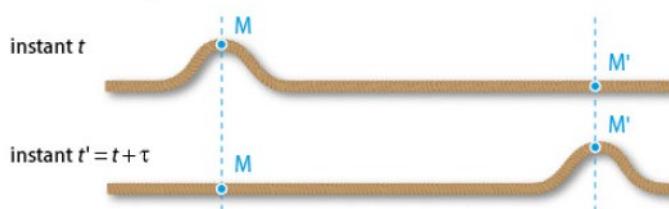
	A	B	C
4 L'enregistrement d'une onde périodique sinusoïdale peut avoir l'allure suivante :			
5 Du signal de la perturbation, on peut dire que :	 <p>amplitude</p> <p>La perturbation est périodique.</p>	<p>La perturbation se propage de gauche à droite.</p>	<p>La perturbation est une fonction sinusoïdale du temps.</p>

3 Longueur d'onde

	A	B	C
6 La longueur d'onde :	est le plus petit intervalle de temps au bout duquel un phénomène se reproduit identique à lui-même.	est la distance parcourue par une onde progressive périodique pendant une période.	est la plus petite distance séparant deux points qui vibrent en phase.
7 La célérité d'une onde mécanique progressive périodique est reliée à sa longueur d'onde et à sa période par la relation :	$v = \lambda \cdot T$	$\lambda = v \cdot T$	$v = \frac{\lambda}{T}$

8 Notion de retard

Le document suivant présente la propagation d'une perturbation le long d'une corde.



1. a. Pourquoi peut-on parler d'onde progressive à une dimension ?

b. Dans quel sens se déplace l'onde ?

2. On appelle d la distance séparant les points M et M'. Que faudrait-il connaître pour pouvoir calculer d ? Comment est alors calculer d ?

3. a. Que représente la durée τ ?

b. La perturbation au point M' est celle qui se trouvait en M à l'instant :

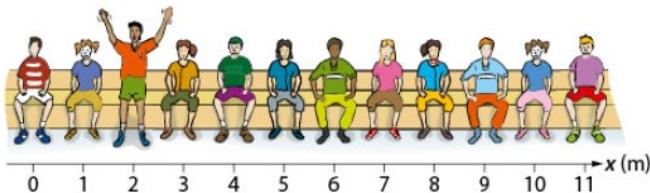
$$t' = t + \tau \quad t' = t - \tau \quad t = t' - \tau \quad t = t' + \tau$$

c. Pourquoi τ est-il appelé « retard » de l'onde ? Justifier votre réponse.

d. Comment calculer ce retard entre deux points M et M' ?

9 La ola

Dans des gradins, les milieux de chaque siège sont distants d'un mètre. Une ola est générée à la date $t = 0$: le personnage assis à la position $x = 0$ déclenche la ola en se levant, puis en s'essayant. À la date $t = 2$ s, elle a parcouru 2 m. On obtient la situation suivante :



1. Avec quel retard par rapport à l'instant initial le personnage placé à la position $x = 7$ m va-t-il se lever et s'asseoir ?

2. a. Reproduire la situation du dessin, en ne représentant que les nombrils des différents personnages par des croix. On admettra que les personnages ont la même taille. Les nombrils des spectateurs assis sont sur la même droite.

b. Représenter, les uns au-dessus des autres, les positions des nombrils aux dates $t_1 = 2$ s, $t_2 = 7$ s et $t_3 = 11$ s.

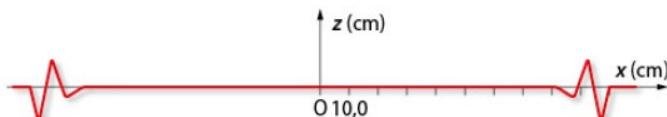
c. La progression de la ola simule-t-elle la propagation d'une onde mécanique progressive ?

3. Avec quelle célérité se déplace la ola ?

11 À la pêche

Un pêcheur lance sa ligne. Le plot arrive dans l'eau au point 0 à l'issue du lancer. La date de l'impact est notée $t_0 = 0$.

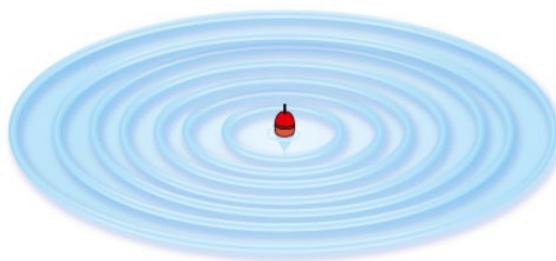
On observe alors un phénomène se propageant à la surface de l'eau dont une vue en coupe, à une date t , est schématisée ci-dessous :



L'onde atteint une feuille située en $x_1 = 20$ cm à la date $t_1 = 2,0$ s.

1. La feuille sera-t-elle transportée par l'onde ?

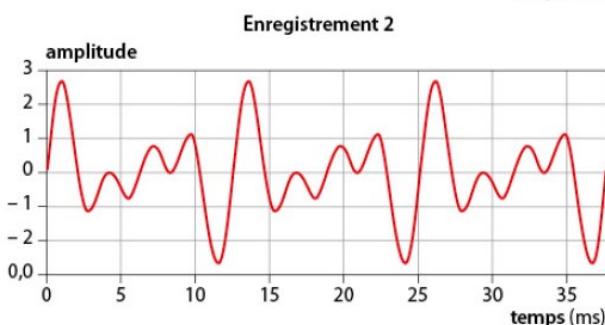
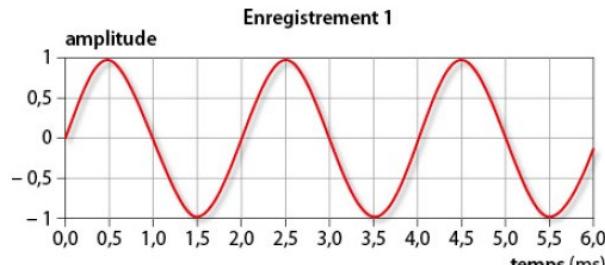
2. Déterminer la célérité v de l'onde considérée.



13 Ondes mécaniques

On considère les enregistrements ci-dessous d'ondes sonores se propageant dans la matière (la base de temps est en ms).

1. Dans les deux cas, s'agit-il d'ondes mécaniques sinusoïdales ?



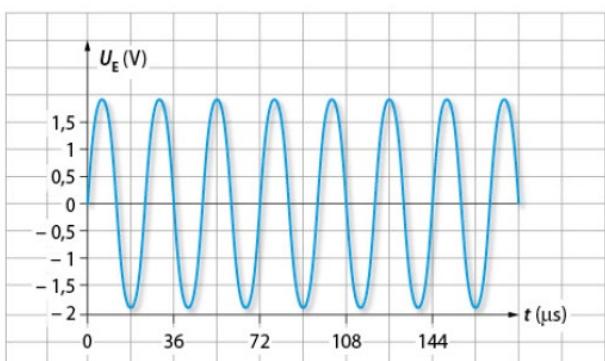
2. a. Ont-elles la même période ?

b. Déterminer leur fréquence.

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 :

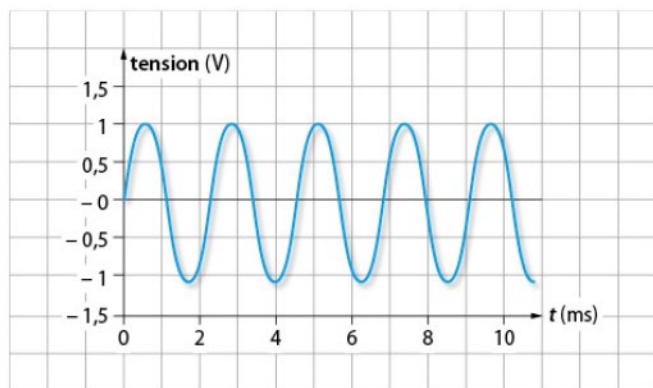


Pour une fréquence supérieure ou égale à 20 kHz, on parle d'ultrason.

- L'onde ultrasonore peut-elle être qualifiée d'onde mécanique périodique sinusoïdale ?
- a. Comment déterminer le plus précisément la période T correspondante à l'onde ultrasonore ?
- b. Proposer un encadrement raisonnable de la valeur de la période T et en déduire un estimateur de l'incertitude-type associée
- En déduire la fréquence des ultrasons émis et vérifier que la réponse est cohérente.

15 Son émis par un diapason

À l'aide d'un logiciel de traitement, l'enregistrement du son émis par un diapason qui donne le *la* 440 Hz permet d'obtenir la courbe suivante.

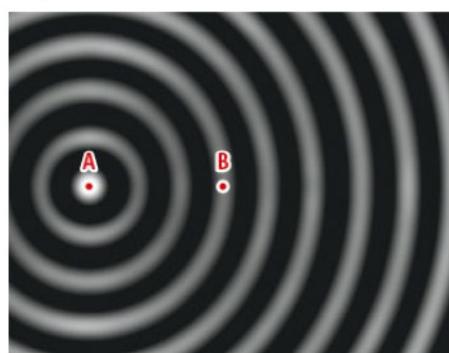


- Que représente la valeur 440 Hz associée à la note du diapason ?
- a. Déterminer la période du signal enregistré.
b. En déduire sa fréquence et dire si elle caractérise bien la note du diapason.
- On double la fréquence du son enregistré mais on ne change pas la base de temps au niveau de l'enregistrement.
a. Comment évolue la courbe présente sur l'enregistrement ?
b. Déterminer la nouvelle valeur de la période.

18 Longueur d'onde et fréquence

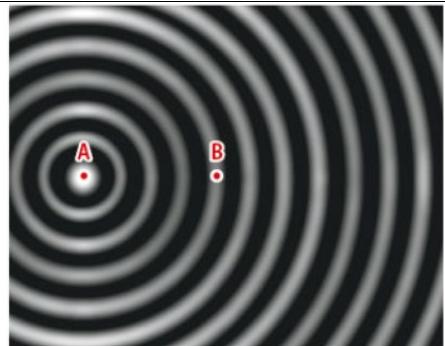
Un vibreur provoque des ondes progressives sinusoïdales de fréquence f à la surface de l'eau. Le phénomène observé possède une longueur d'onde λ .

- 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 : $AB = 3 \text{ cm}$



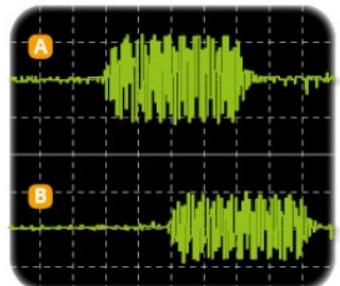
Expérience 2

- 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.

27 Émission et réception ultrasonores

Un émetteur et un récepteur d'ultrasons sont placés côté à côté 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°C est $v_{son} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

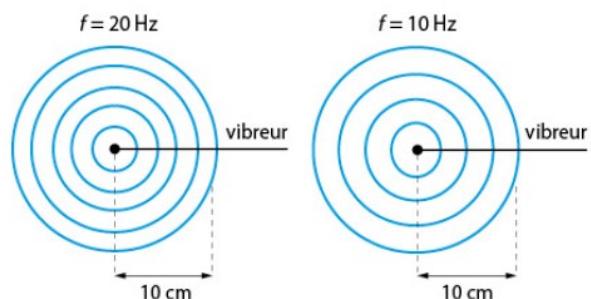
- En quoi une onde ultrasonore est-elle une onde mécanique progressive ?
- a. Quel signal observé à l'oscilloscope correspond à l'émetteur ? au récepteur ?
b. Quel est le retard entre le récepteur et l'émetteur ?
- a. Déterminer la distance qui sépare l'émetteur et le récepteur de la paroi réfléchissante.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

31 Dispersif ou non ?

Un milieu matériel est qualifié de dispersif si la célérité d'une onde mécanique progressive qui s'y propage dépend de la fréquence.

À l'aide d'une cuve à ondes, on génère des ondes à la surface de l'eau pour deux valeurs de fréquence du vibreur.

- Pour chaque fréquence du vibreur :
 - déterminer la longueur d'onde λ ;
 - en déduire la célérité de l'onde.



- L'eau est-elle un milieu dispersif ?