

QU'EST-CE QU'UNE ONDE MÉCANIQUE PROGRESSIVE ?



Lorsqu'on jette un caillou dans un étang dont la surface est bien lisse, on voit apparaître un cercle, centré sur l'endroit de contact du caillou avec l'eau, se propager à sa surface. Un bouchon flottant à la surface de l'eau se soulève verticalement puis retrouve sa place initiale sans s'être déplacé horizontalement.

On en déduit que :

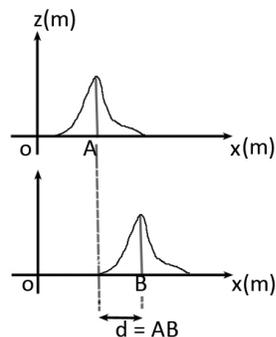
- l'eau ne s'est pas déplacée ;
- qu'elle s'est déformée pour former ce « cercle » qui s'est propagé progressivement du centre vers l'extérieur ;
- qu'elle possède assez d'énergie pour soulever le bouchon.

De manière générale, une « onde mécanique progressive » est une déformation (on peut également trouver le mot « perturbation ») qui se déplace dans un milieu matériel, avec transport d'énergie et sans transport de matière.

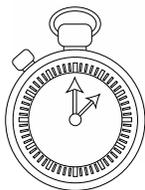
Une onde n'est donc pas un objet au sens où nous l'entendons usuellement, c'est-à-dire quelque chose que nous pouvons tenir dans les mains.

Voici quelques caractéristiques de l'onde.

- L'amplitude d'une onde est associée à la valeur maximale de déformation du milieu matériel. Ici, c'est la hauteur maximale de la crête d'eau qui se déplace.
- Le front d'onde est la partie avant de l'onde.
- Lorsque la direction de la déformation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde, cette dernière est dite « transversale ». Si les deux directions sont parallèles, alors l'onde est dite « longitudinale ».



- la célérité d'une onde est sa vitesse de déplacement. On la calcule par exemple en mesurant le temps τ qu'il faut à l'onde pour atteindre le point B depuis le point A. On a alors $v_{\text{onde}} = \frac{AB}{\tau}$, la vitesse v_{onde} est exprimée en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, la distance AB entre les points A et B en m et τ en s.



TOP CHRONO

C'est l'interro !

Exercice 63.1 (2 points)

 4 min

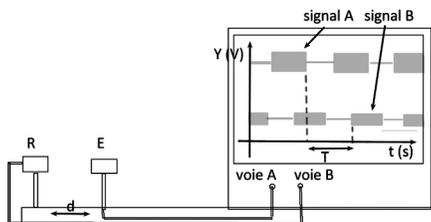
Compléter le tableau ci-dessous en cochant les cases adéquates et en indiquant le milieu de propagation lorsqu'il s'agit d'une onde mécanique progressive.

	Onde mécanique progressive		Milieu matériel de propagation	Onde longitudinale	Onde transversale
	Oui	Non			
Onde utilisée par les chauve-souris					
Tsunami					
Onde utilisée par les GPS					

Exercice 63.2 (6 points)

 6 min

On mesure la vitesse des ultrasons dans l'air à l'aide d'un montage utilisant un oscilloscope. Un émetteur d'ultrasons, émettant des salves, est placé face à un récepteur d'ultrasons, et la distance entre les deux appareils est mesurée à l'aide d'un rail gradué sur lequel ils coulissent.



L'expérience est effectuée par dix groupes d'élèves et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	Gr5	Gr6	Gr7	Gr8	Gr9	Gr10
d (cm)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
T (ms)	1,45	1,47	1,47	1,44	1,47	1,45	1,46	1,47	1,45	1,46

Déterminer la valeur de la célérité des ultrasons dans l'air en faisant apparaître l'incertitude liée aux mesures.

QU'EST-CE QU'UNE ONDE MÉCANIQUE PÉRIODIQUE ?



Lorsqu'on jette un caillou à la surface d'un étang, il apparaît une onde progressive matérialisée par un cercle qui s'agrandit depuis le point d'impact. Imaginons qu'on jette à intervalle de temps réguliers un caillou à la surface de ce même étang et au même endroit. On observe alors qu'une onde progressive apparaît au point d'impact à intervalles de temps réguliers et se propage : on dit alors que l'onde mécanique (elle a lieu dans un milieu matériel) est périodique.

Ses caractéristiques sont les suivantes.

- Sa période T est la durée minimale pour laquelle l'onde progressive apparaît au point d'impact, elle s'exprime en s.
- Sa fréquence correspond au nombre de fois où l'onde progressive apparaît pendant 1 seconde. Elle s'exprime en Hz et est reliée à T par la relation : $f = \frac{1}{T}$.
- La longueur d'onde λ est la distance minimale pour laquelle 2 points de l'onde progressive se trouvent dans le même état (par exemple, c'est la distance entre deux crêtes appartenant à 2 cercles concentriques différents qui s'agrandissent au cours du temps). La longueur d'onde λ s'exprime en m.
- Il existe une relation entre ces caractéristiques : $\lambda = v_{\text{onde}} \times T = \frac{v_{\text{onde}}}{f}$, v_{onde} est la célérité de l'onde et s'exprime en m.s^{-1} .

► Compléments d'informations

Un haut-parleur émettant continuellement le même son produit une onde mécanique périodique. La déformation du milieu mécanique consiste en une variation de pression de l'air. Cette déformation a la même direction que celle de propagation, il s'agit donc d'une onde longitudinale.

- La célérité de l'onde sonore augmente avec la densité du milieu matériel dans lequel l'onde se déplace. Le son se propage donc plus vite dans le métal ou béton que dans l'eau.
- La longueur d'onde balaie un intervalle très large de valeurs, tout comme la fréquence.
- Il existe des ondes mécaniques non périodiques. Les ondes sismiques en sont un exemple. Le milieu matériel de propagation est la croûte terrestre.



TOP CHRONO

C'est l'interro !

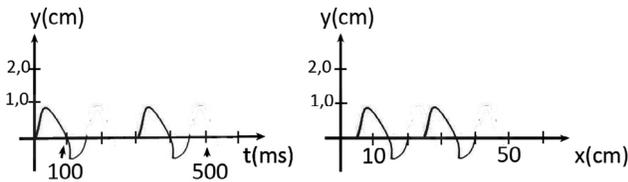
Exercice 64.1 (5 points)



6 min

On utilise un système comprenant une corde de longueur 120 cm soutenue par deux potences. On accroche à l'une des extrémités de la corde un moteur permettant d'exciter la corde de manière périodique et l'autre extrémité est lestée par une masselotte.

On obtient le schéma suivant, décrivant la forme de la corde au cours du temps et dans l'espace, selon l'axe de la corde.



1. Déterminer la période T de l'onde et sa fréquence ν .
2. Déterminer sa longueur d'onde λ .
3. Calculer la célérité de l'onde.

Exercice 64.2 (5 points)



6 min

On utilise à nouveau le montage de l'exercice précédent.

La forme de l'onde est la même.

Dessiner l'allure des courbes $y = f(t)$ et $y = f(x)$ sachant que la fréquence d'excitation du moteur est 5,0 Hz et sa célérité est $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

QUELLES SONT LES CARACTÉRISTIQUES D'UNE ONDE SINUSOÏDALE ?



Une onde périodique est dite sinusoïdale si la forme de la déformation peut être décrite par une fonction sinusoïdale au cours du temps et dans l'espace.

Ce type d'onde est très important car il peut servir par exemple à décrire des ondes complexes en tant que combinaisons de ces ondes sinusoïdales.

En étudiant cette onde dans un plan, on peut repérer les états de l'onde à l'aide d'un repère avec l'axe des abscisses (Ox) et l'axe des ordonnées (Oy) à chaque instant.

L'axe des abscisses est confondu avec la droite matérialisant la direction de propagation de l'onde. L'abscisse x repère donc la position de l'onde dans l'espace.

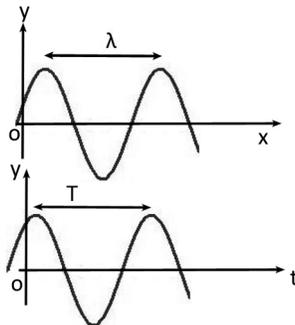
La période spatiale ou longueur d'onde de cette onde est repérée selon l'axe des abscisses.

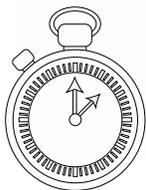
L'axe des ordonnées est une droite perpendiculaire à la droite de propagation de l'onde. L'ordonnée repère l'importance de la déformation. La valeur maximale prise par l'ordonnée y_m est appelé « amplitude de l'onde ».

Si on appelle « élongation » l'ordonnée de cette onde, on peut dire qu'elle est décrite par une fonction sinusoïdale du temps et de l'abscisse x :

$$y = f(x, t).$$

Cette fonction admet une double périodicité : temporelle de période T relativement au temps t et spatiale de période λ relativement à l'abscisse x .





TOP CHRONO

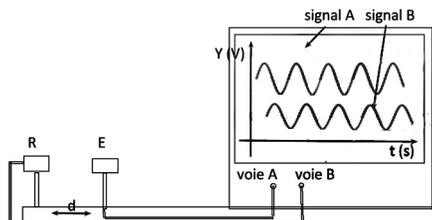
C'est l'interro !

Exercice 65.1 (5 points)

 8 min

On reprend le montage de l'exercice 63.2 afin d'étudier une onde sonore émise en continu par l'émetteur (un haut-parleur) à une fréquence $\nu = 10$ kHz.

L'émetteur est placé face à un récepteur, et la distance entre les deux appareils est mesurée à l'aide d'un rail gradué sur lequel ils coulissent.



On place initialement les deux appareils de telle manière que les deux courbes soient en phase, c'est-à-dire que les maxima par exemple soient à la verticale les uns des autres : la distance est d_1 . Ensuite, on fait coulisser le récepteur afin de décaler dix fois les deux courbes et on note d_2 .

La distance $d_2 - d_1$ est égale à dix fois la longueur d'onde : $d_2 - d_1 = 10 \times \lambda$. En effet, lorsque les courbes sont superposées, cela signifie que l'émetteur et le récepteur sont placés en deux points de telle manière qu'ils captent un état analogue de l'onde en ces points. Le décalage d'un motif sur l'écran correspond au décalage d'une longueur d'onde entre l'émetteur et le récepteur dans l'espace.

L'expérience est effectuée par dix groupes d'élèves et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	Gr5	Gr6	Gr7	Gr8	Gr9	Gr10
$d_2 - d_1$ (cm)	34,0	33,8	34,0	34,1	33,9	33,9	34,1	34,0	33,9	34,0

1. Donner la nature de l'onde sonore. Préciser en particulier sa forme.
2. Donner la valeur de la longueur d'onde λ de cette onde.
3. En déduire la vitesse v de l'onde sonore émise par l'émetteur/haut-parleur en précisant l'incertitude liée au résultat de l'expérience.

QU'EST-CE QU'UNE LENTILLE ?



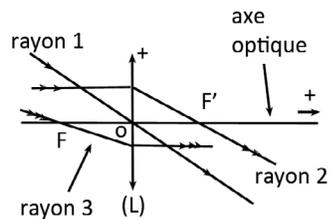
Une lentille est un objet constitué par un matériau transparent (par exemple du verre ou une matière plastique) délimité par deux surfaces de séparation avec l'air (ces surfaces sont appelées « dioptries »). Les lunettes pour corriger les défauts de vision sont fabriquées à partir de deux lentilles par exemple.

Il existe plusieurs types de lentille, mais nous n'étudierons que les lentilles convergentes dont les caractéristiques sont les suivantes :

- l'épaisseur au centre est plus grande que celle des bords ;
- il existe un centre de symétrie « O » de la lentille, appelé « centre optique » ;
- il existe un axe de symétrie passant par le centre optique O et horizontal, appelé « axe optique » ;
- il existe deux points spécifiques, symétriques l'un par rapport à l'autre par rapport au centre optique O appelés « foyer image F' » et « foyer objet F » et disposés sur l'axe optique ;
- la distance entre le centre optique O et le foyer image F' est appelée « distance focale » et notée « f ». Elle a toujours une valeur positive si l'axe optique est orienté dans le sens de propagation de la lumière traversant la lentille.

Un rayon traversant la lentille subit le phénomène de réfraction (c'est la déviation du rayon lumineux lorsqu'il passe d'un milieu transparent à un autre milieu transparent) deux fois du fait de sa traversée de deux dioptries successifs (ce sont les dioptries air/matériau et matériau/air). Les points spécifiques O, F' et F confèrent des propriétés intéressantes à la lentille convergente :

- un rayon de lumière passant par le centre optique O n'est pas dévié (cf. rayon 1) ;
- un rayon de lumière arrivant parallèlement à l'axe optique et traversant la lentille émerge en passant par le foyer image F' (cf. rayon 2) ;
- un rayon qui traverse la lentille en passant d'abord par le foyer objet F émerge parallèlement à l'axe optique (cf. rayon 3).





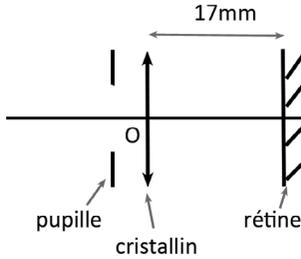
TOP CHRONO

C'est l'interro !

Exercice 66.1 (3 points)

 5 min

Un œil humain peut être modélisé par le montage ci-contre.



Les rôles tenus par chaque partie du montage sont mis en correspondance avec les parties de l'œil. Le cristallin joue le rôle de lentille mince convergente avec une distance focale variable (ce sont les muscles ciliaires qui font varier la courbure du cristallin et donc sa distance focale).

Organes	Rôle similaire à	Description
Pupille	Diaphragme	Contrôle de la quantité de lumière pénétrant dans l'œil.
Cristallin	Lentille convergente	Convergence des rayons lumineux sur la rétine, afin de former l'image de l'objet observé.
Rétine	Écran	Lieu de formation des images. Transmission des informations au cerveau par l'intermédiaire du nerf optique.

1. Sachant que l'image d'un objet à l'infini (c'est-à-dire placé à une distance très grande devant la distance focale) se trouve sur la rétine lorsque l'œil est au repos, donc sans déformation du cristallin, préciser la distance entre le cristallin et la rétine.
2. Sur le schéma ci-dessus, placer les trois points caractéristiques d'une lentille mince convergente, à savoir les points O, F et F'.