

# Avant d'aborder le chapitre EN AUTONOMIE

## LES ACQUIS INDISPENSABLES

■ Un signal sonore est une **vibration** qui se propage de proche en proche dans un **milieu matériel**.

■ Sa **vitesse de propagation** est donnée par la relation :

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

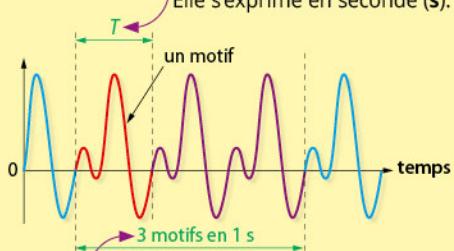
vitesse de propagation du son (en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) →  $d$  : distance parcourue par le son (en m) ← durée de propagation du son (en s)

■ La fréquence et la période d'un signal périodique sont liées par la relation :

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

■ Un signal sonore est **périodique** si son enregistrement présente la répétition régulière d'un même **motif**.

La durée du motif est la **période  $T$** . Elle s'exprime en seconde (s).



Le nombre de motifs enregistrés en une seconde est la **fréquence  $f$**  du signal périodique qui s'exprime en **hertz (Hz)**.

## POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

Pour chaque situation, rédiger une réponse qui explique en quelques lignes le raisonnement. → Vérifiez vos réponses en flashant la page ou sur le site [lycee.editions-bordas.fr](http://lycee.editions-bordas.fr)

### SITUATION 1

Lors de l'éruption d'un volcan, un observateur entend le bruit généré par l'éruption de laves avec un décalage de 5,0 s.

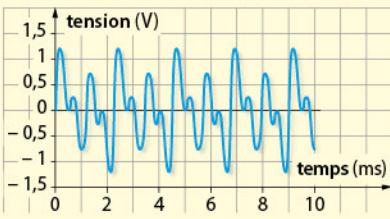
**À quelle distance se trouve-t-il du volcan ?**

On donne la vitesse du son dans l'air à 20 °C :  $v_{son} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

### SITUATION 2

Le signal observé est celui d'un enregistrement d'un son.

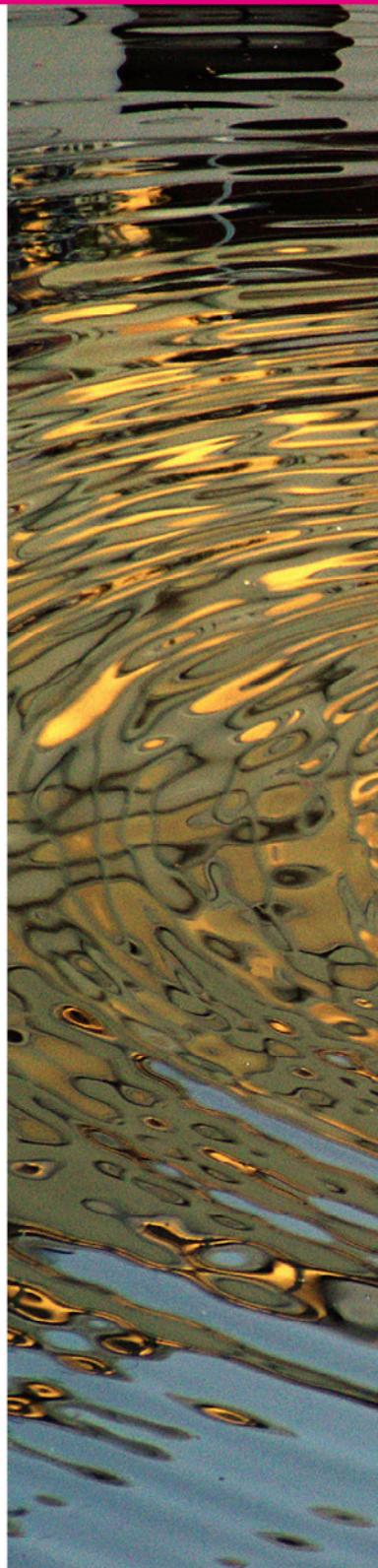
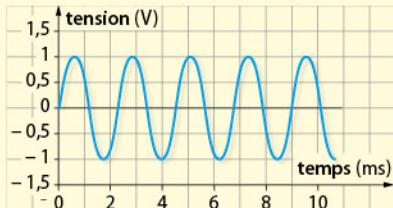
**Quelle est la nature du signal sonore enregistré ?**



### SITUATION 3

On enregistre le son émis par un diapason qui donne le *la* 440 Hz.

**Montrer que le signal enregistré correspond bien à la note du diapason.**



# Ondes mécaniques



Quel lien existe-t-il entre le mouvement des oiseaux et l'écart entre les rides circulaires créées à la surface de l'eau ?

→ EXERCICE 34

## NOTIONS ET CONTENUS

- ▶ Ondes mécaniques progressives et grandeurs physiques associées. Célérité. Retard.
- ▶ Onde mécanique périodique, onde sinusoïdale.
- ▶ Période et longueur d'onde. Relation entre ces grandeurs et la célérité.

## CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES

- ▶ Déterminer une distance avec une onde sonore  
→ ACTIVITÉ 2
- ▶ Produire, visualiser et simuler une perturbation d'une onde périodique → ACTIVITÉ 3
- ▶ Déterminer la période, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale  
→ ACTIVITÉ 4

# 1. ACTIVITÉ DE DÉCOUVERTE

## COMPÉTENCES :

(APP) Rechercher et organiser l'information

(COM) Utiliser un vocabulaire adapté

## Le phénomène de la « ola »

La « ola » ressemble à une vague humaine qui fait le tour du stade.  
Comment caractériser ce phénomène ?

### DOC 1 Commentaire d'un spectateur sur les réseaux sociaux

« Au changement de côté, à l'autre bout du stade, des spectateurs se sont levés ensemble et ont tendu et bougé leurs bras, puis ils se sont assis. Les personnes à côté d'eux ont fait de même et puis, petit à petit, la vague est arrivée vers moi, sur ma droite. Je me suis levé quand mon voisin se rasseyait, j'ai tendu mes bras et je me suis rassis. Tous mes voisins ont fait comme moi sur une rangée allant de bas en haut du court. Il y a eu trois olas complètes, l'ambiance était super et le match aussi ! :-) »

### VOCABULAIRE

Une perturbation qui se propage dans un milieu matériel est qualifiée d'**onde mécanique progressive**.

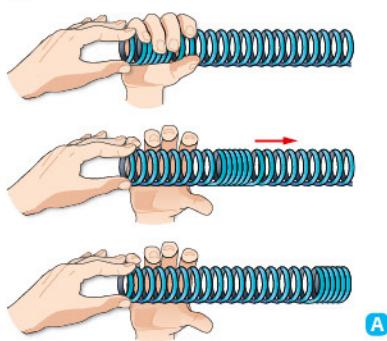
### DOC 2 Qu'est-ce qu'une ola ?

Lors d'une ola, les spectateurs d'un événement sportif se lèvent les uns après les autres.



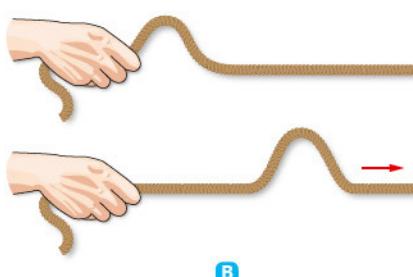
### DOC 3 Onde longitudinale ou onde transversale ?

Lorsque la perturbation a la même direction que celle de la propagation de l'onde, on dit qu'elle est longitudinale :



A

Lorsque la perturbation a une direction perpendiculaire à celle de la propagation de l'onde, on dit qu'elle est transversale :



B

### EXPLOITATION ET ANALYSE

- 1 a. Comment est créée la perturbation générant une ola ?  
b. Dans quel milieu se propage-t-elle ?  
c. Cette « vague » se déplace-t-elle avec ou sans transport de matière ?
- 2 a. Quelle est la direction de propagation de la ola ?  
b. Le mouvement des spectateurs est-il parallèle ou perpendiculaire à cette direction ?  
c. La propagation de la perturbation est-elle longitudinale ou transversale ?

### SYNTHÈSE

- 3 a. Une ola peut-elle être considérée comme une onde mécanique progressive ?  
b. Dégager les caractéristiques principales d'une onde mécanique progressive.

### Je réussis si...

- J'ai compris ce qu'est une onde mécanique progressive.
- Je sais caractériser une onde mécanique progressive.

## 2. DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

TP

COMPÉTENCES :

**AN/RAI** Choisir, élaborer, justifier un protocole

**RÉA** Mettre en œuvre les étapes d'une démarche

### Principe du sonar

Comment un sonar permet-il de déterminer une distance par l'utilisation d'ondes ultrasonores ?

#### DOC 1 Du matériel utile

- Un émetteur ultrasonore en mode salve et un récepteur ultrasonore
- Un oscilloscope
- Une règle ou un mètre-ruban et un écran

#### DONNÉES

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

#### DÉMARCHE EXPÉRTE

À l'aide du matériel décrit (doc. 1), élaborer un protocole expérimental permettant d'illustrer le principe du sonar (doc. 2).

#### DÉMARCHE AVANCÉE

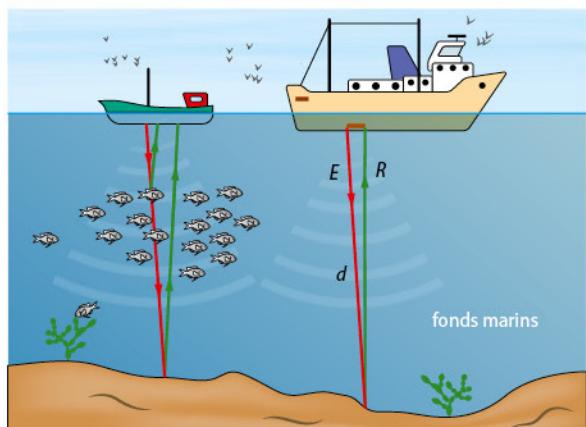
- Placer l'émetteur et le récepteur côté à côté dirigés vers l'écran afin de visualiser à l'oscilloscope (**FICHE PRATIQUE** p. 395) des signaux similaires à ceux du document 3.
- En quoi ce montage illustre le principe du sonar ?
- Déterminer le retard de la salve entre son émission et sa réception.
- Déduire la distance entre le sonar constitué et l'écran.
- Comparer le résultat avec la valeur mesurée directement ou à l'aide d'un smartphone (doc. 4).

#### DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

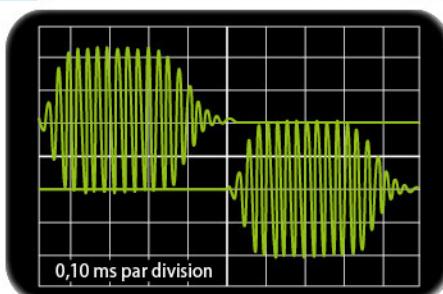
- Placer l'émetteur et le récepteur côté à côté dirigés vers l'écran. Mesurer la distance  $d$  qui sépare le couple émetteur-récepteur à l'écran.
- Alimenter l'émetteur ultrasonore et le mettre en mode salve. Relier l'émetteur à une voie de l'oscilloscope et le récepteur à l'autre voie. Régler l'oscilloscope pour visualiser des signaux similaires à ceux du document 3.
- Reproduire les signaux observés et identifier le retard  $\tau$  entre ces deux signaux.
- À l'aide de la base de temps de l'oscilloscope, déterminer le retard  $\tau$ .
- Exprimer la relation entre  $v_{\text{son}}$ ,  $\tau$  et  $d$  en veillant au fait que la salve a fait un aller-retour.
- Retrouver la valeur de  $d$ .

#### DOC 2 Principe du sonar

Le sonar est utilisé par exemple pour évaluer la distance qui sépare un bateau des fonds marins ou pour localiser des bancs de poissons. Il est constitué à la fois d'un émetteur et d'un récepteur ultrasonores qui sont côté à côté et dirigés vers l'objet dont on veut estimer la distance.

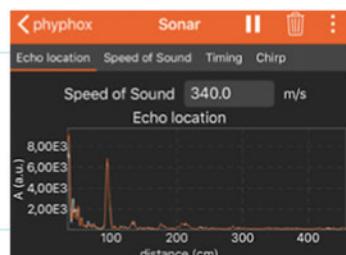


#### DOC 3 Visualisation de salves ultrasonores



#### DOC 4 Utilisation du smartphone

Avec une appli adaptée, il est possible de mesurer une distance selon le principe du sonar.



#### Je réussis si...

- Je sais réaliser le montage expérimental.
- Je détermine la durée de propagation de la salve ultrasonore.
- Je détermine une distance en utilisant le principe du sonar.
- DÉMARCHE EXPÉRTE** Je décris le protocole expérimental avec du texte et des schémas.

### 3. ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE

#### CLASSE INVERSÉE

##### COMPÉTENCES :

(APP) Rechercher et organiser l'information

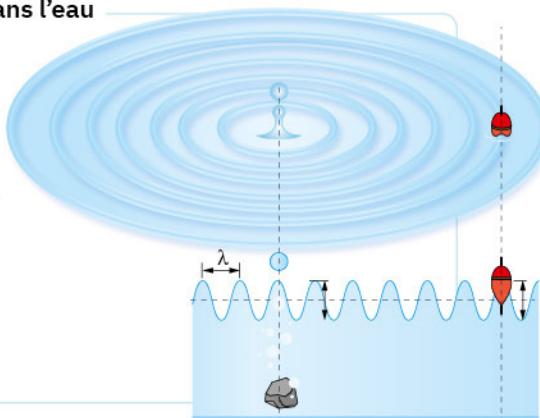
(REA) Utiliser un modèle

## Faire des vagues

Quand on jette périodiquement des cailloux dans l'eau, il se forme des ronds à la surface. Comment caractériser ce phénomène ?

### DOC 1 Un caillou dans l'eau

Quand on jette périodiquement des cailloux dans l'eau, ils coulent et génèrent une perturbation qui se propage. Celle-ci peut faire osciller une bouée qui se trouve sur son passage sans pour autant la déplacer.



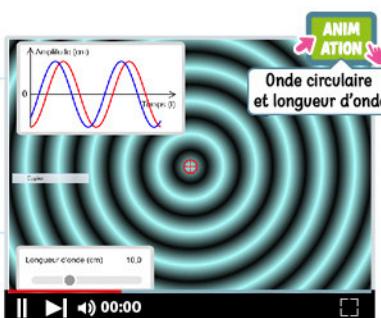
### DOC 2 Cuve à ondes

À l'aide d'une cuve à ondes, on peut générer des ondes mécaniques circulaires périodiques à la surface d'une eau. Il suffit de faire vibrer régulièrement un objet à la surface de l'eau. Si l'objet est fin, on peut générer une onde circulaire.



### DOC 3 Simulation

Pour apprêhender la notion de longueur d'onde, il peut être utile d'avoir recours à une simulation.

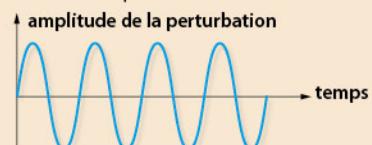


#### EXPLOITATION ET ANALYSE

- 1 a. Des vagues à la surface de l'eau déplacent-elles une bouée lors de leur passage ?
- 1 b. L'onde générée à la surface de l'eau se répète-t-elle en un point de façon périodique ? Est-elle sinusoïdale ?
- 2 Comment repérer les points de la surface de l'eau qui vibrent en phase ?
- 3 a. Dans ce programme quelle fonction mathématique du temps de l'espace est utilisée pour représenter l'onde ?
- 3 b. Parmi les paramètres présents dans cette fonction, lesquels peut-on modifier dans le programme proposé ?

#### VOCABULAIRE

► Une onde mécanique est **sinusoïdale** si la perturbation qu'elle génère en un point est une fonction sinusoïdale du temps :



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

### DOC 4 Simuler à l'aide du langage informatique

Le programme en langage Python ci-dessous permet de simuler la propagation d'une onde périodique.

```
from math import sin, pi
from matplotlib import pyplot, animation
Xmax=10.0
Tmax=10.0
fig = pyplot.figure()
ax = pyplot.axes(xlim=(0, Xmax), ylim=(-2, 2))
NbEchantillons=100
positionsx=[i*Xmax/NbEchantillons for i in range(NbEchantillons)]
temps=[i*Tmax/NbEchantillons for i in range(NbEchantillons)]
T=2.0
v=1.0
mescourbes=[[sin(2*pi/T*(t-x/v)) for x in positionsx] for t in temps]
courbe, =ax.plot(positionsx, mescourbes[0])
def incrementtemps(i):
    courbe.set_ydata(mescourbes[i])
    return courbe,
ax.set_xlabel('X')
ax.set_ylabel('Y')
ax.set_title('propagation d'une onde périodique')
line_ani = animation.FuncAnimation(fig, incrementtemps, 100, interval=50, blit=False)
pyplot.show()
```



#### SYNTHÈSE

- 4 a. Caractériser une onde périodique qui se propage à la surface de l'eau.
- 4 b. Comment évolue la longueur d'onde en fonction de la fréquence ?

#### Je réussis si...

► Je sais ce qu'est une onde mécanique sinusoïdale.

► Je montre qu'il existe un lien entre la longueur d'onde et la fréquence.

# 4. DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

TP

COMPÉTENCE :

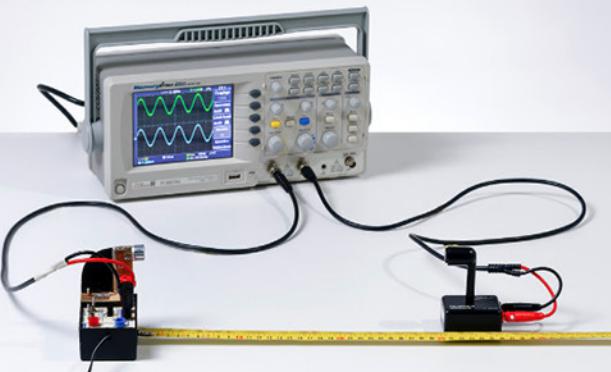
(RÉA) Mettre en œuvre un protocole expérimental

## Longueur d'onde ultrasonore

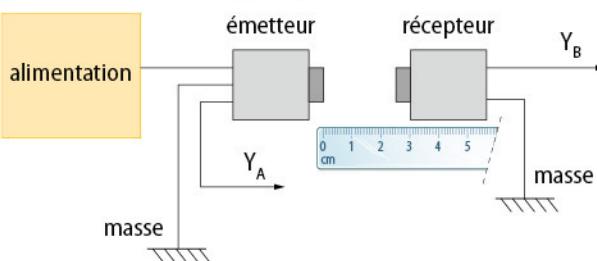
Les ultrasons ont une fréquence de 20 kHz et plus. Leur longueur d'onde est de l'ordre de grandeur du centimètre. Il y a-t-il une relation entre ces grandeurs ?



### DOC 1 Montage expérimental



### DOC 2 Schéma du montage expérimental



### EXPÉRIMENTATION ET MESURES

1 Alimenter l'émetteur d'ultrasons par une source de tension externe, puis le relier aux bornes de l'oscilloscope. Régler l'oscilloscope afin d'obtenir à l'écran une ou deux période(s) (**FICHE PRATIQUE** p. 395).

Déterminer la fréquence du signal émis et en déduire qu'il s'agit bien d'un signal ultrasonore.

2 Réaliser le montage représenté dans le **document 2**. Régler l'oscilloscope de manière à obtenir les mêmes sensibilités pour les deux voies.

La fréquence du signal reçu au niveau du récepteur est-elle la même que celle du signal émis ?

3 Déplacer le récepteur afin que les deux signaux coïncident : ils sont alors en phase. Noter la graduation  $x_1$  correspondant à cette situation.

4 Éloigner le récepteur vers la droite, parallèlement à la règle. Noter la position  $x_2$  quand les deux signaux sont à nouveau en phase.

5 Proposer un protocole expérimental et le mettre en œuvre pour déterminer avec le maximum de précision la longueur d'onde  $\lambda$  du signal ultrasonore.

### EXPLOITATION ET ANALYSE

6 a. Quel est le retard, par rapport à  $x_1$ , de l'onde ultrasonore quand le récepteur est en  $x_2$  ?  
b. À quoi correspond la distance  $x_2 - x_1$  ?

### CONCLUSION

La célérité des ultrasons dans l'air est  $v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  à 20 °C.

7 a. Quelle est la durée mise par l'onde pour parcourir une distance égale à sa longueur d'onde ?  
b. Déduire de l'expérience la relation entre la célérité d'une onde, sa période et sa longueur d'onde.

### Je réussis si...

- Je sais mesurer une période et en déduire une fréquence.
- Je sais déterminer une longueur d'onde.
- Je sais faire le lien entre célérité, période et longueur d'onde.



# 1 Propagation d'une onde mécanique progressive

## ► Onde mécanique progressive

Une onde mécanique est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel dit « compressible » ou « élastique » pour permettre une perturbation.

**Remarque.** Par définition, une onde mécanique ne peut exister que dans un milieu matériel contrairement à une onde électromagnétique, comme la lumière visible, qui peut se propager dans le vide : la lumière du Soleil traverse le vide de l'espace avant de nous parvenir.

On parlera d'onde mécanique progressive quand la perturbation se propage de proche en proche.

Il est important de noter que c'est bien une perturbation qui se propage dans un milieu et non la matière qui se propage (FIG. 1).

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

### APPROFONDISSEMENT SCIENTIFIQUE

Lorsque la perturbation a la même direction que celle de la propagation de l'onde, on dit qu'elle est **longitudinale** (FIG. 2 A). Lorsqu'elle a une direction perpendiculaire on dit qu'elle est **transversale** (FIG. 2 B).

## ► Célérité

Le terme « **célérité** » est employé pour désigner la vitesse d'une onde. Il permet d'insister sur le fait qu'il n'y a pas propagation de matière.

La relation entre la **célérité**  $v$  d'une onde mécanique progressive, onde sonore, la distance  $d$  parcourue par la perturbation et la durée  $\Delta t$  de propagation est la suivante :

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

Diagramme détaillant les symboles :  
 - **célérité de l'onde** (en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 - **distance parcourue par la perturbation (en m)**  
 - **durée pour parcourir la distance  $d$  (en s)**

## ► Retard

Une perturbation qui se propage selon une seule direction atteint un point M à l'instant  $t$ , puis elle atteint un point  $M'$  à l'instant  $t'$ . La grandeur  $\tau = t' - t$  est appelée le **retard** (FIG. 3).

Le retard est la **différence de temps** ou durée que met une perturbation pour se propager dans une direction donnée d'un point à un autre.

On parle de retard car la perturbation se transmet de proche en proche et le mouvement du point  $M'$  est le même que celui de M mais avec un décalage dans le temps.

La **célérité** peut s'écrire alors :

$$v = \frac{MM'}{\tau}$$

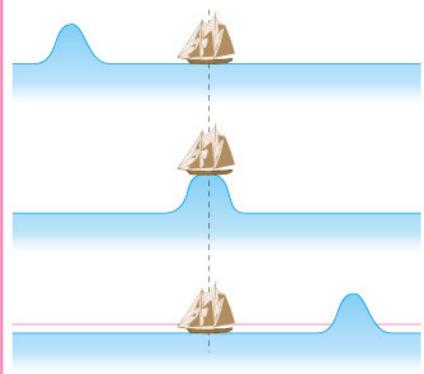


FIG. 1 La perturbation s'est propagée à la surface, l'objet flottant a retrouvé sa position initiale.

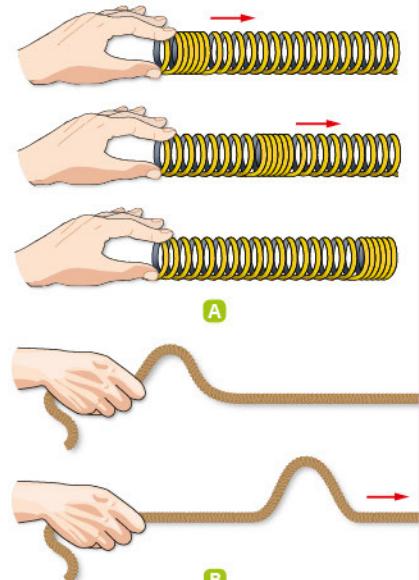


FIG. 2 Propagation d'une onde le long d'un ressort A et le long d'une corde B.

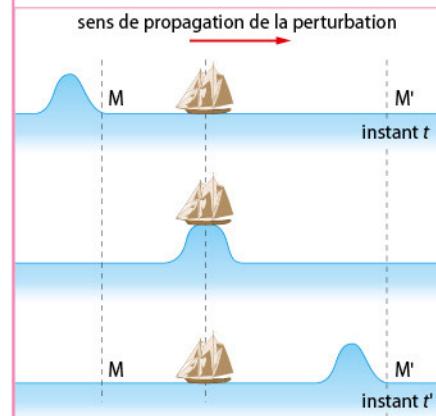


FIG. 3 La grandeur  $\tau = t' - t$  est appelée le **retard**.



## 2 Onde mécanique périodique, onde sinusoïdale

### ► Onde périodique

Un phénomène périodique se reproduit régulièrement.

Une onde mécanique progressive est qualifiée de périodique si la **perturbation** qu'elle génère en un point quelconque du milieu de propagation est **périodique**.

Un phénomène périodique est caractérisé par la durée au bout de laquelle il se répète. Cette durée s'appelle la période.

On parle d'onde mécanique sinusoïdale quand la **perturbation** qu'elle génère en un point quelconque du milieu de propagation est une **fonction sinusoïdale du temps**.

Un ébranlement à la surface de l'eau peut provoquer la propagation d'une onde sinusoïdale sur une certaine durée (FIG. 4).

### ► Période et fréquence

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. La période s'exprime en **seconde (s)**.

Sa **fréquence  $f$**  est le nombre de fois que le phénomène se reproduit en 1 seconde. La fréquence s'exprime en **Hertz (Hz)**.

La fréquence est l'inverse de la période. On a la relation suivante :

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

En chaque point du milieu de propagation, la perturbation créée par une onde mécanique progressive périodique a la **même période** que la vibration de la source qui émet l'onde.

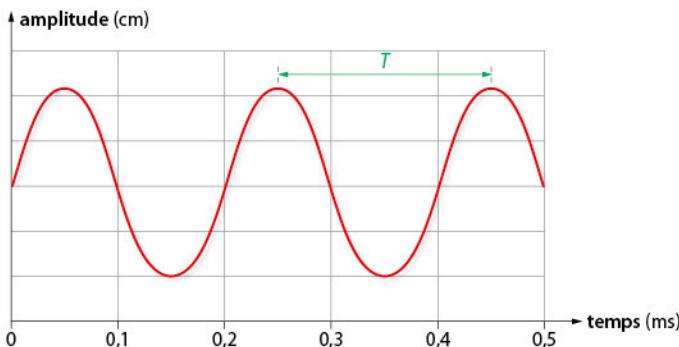
#### EXEMPLE

Un papillon tombé à l'eau bat des ailes à raison de 5 battements par seconde, générant ainsi une onde progressive de fréquence 5 Hz (FIG. 5).

La période correspondante est donnée par l'inverse de la fréquence :

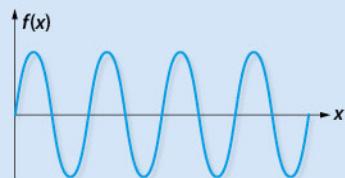
$$T = \frac{1}{f}$$

$$\text{AN : } T = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ s.}$$



### UN PONT VERS LES MATHS

Une courbe est dite sinusoïdale lorsqu'elle a l'allure suivante :



Une telle courbe peut être décrite par la fonction sinus :  $f(x) = \sin x$ .

Le tracé d'une tension sinusoïdale en fonction du temps est une courbe sinusoïdale.



**FIG. 4** Propagation d'une onde sinusoïdale sur une certaine durée.



**FIG. 5** La fréquence de l'onde générée par le papillon est égale à celle du battement de ses ailes.



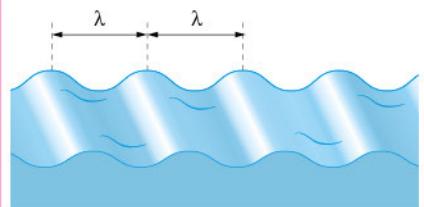
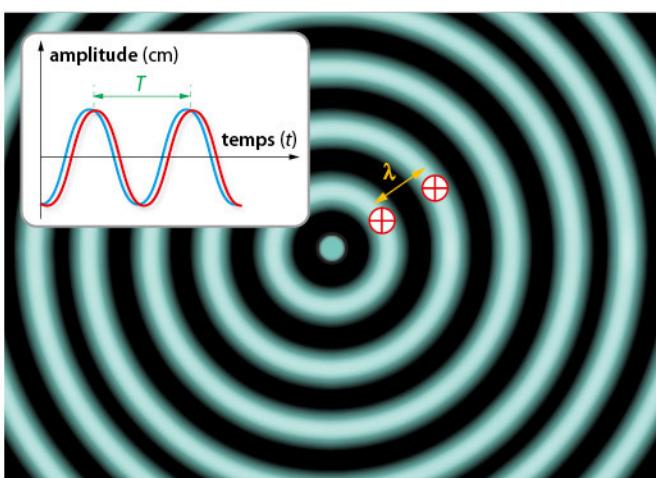
### 3 Longueur d'onde

#### ► Période temporelle et période spatiale

On considère un milieu matériel compressible dans lequel se propage une onde mécanique progressive périodique. (FIG. 6).

La longueur d'onde  $\lambda$  est la **plus petite distance** séparant deux points qui vibrent **en phase** (de la même manière et en même temps) (FIG. 6). Deux points du milieu de propagation distants d'une longueur d'onde vibrent en phase. C'est pourquoi on qualifie la longueur d'onde de **période spatiale**.

#### EXEMPLE



**FIG. 6** Longueur d'onde  $\lambda$  d'une onde progressive sinusoïdale à la surface de l'eau.

#### ► Célérité, période et longueur d'onde

On considère une onde mécanique progressive périodique se déplaçant avec une célérité constante  $v$ .

Au cours d'une période  $T$ , elle a parcouru une distance  $v \cdot T$ .

Cette distance est la longueur d'onde  $\lambda$ .

La célérité d'une onde progressive, sa période et sa longueur d'onde sont reliées par la relation :

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

#### EXEMPLE

Les dauphins sont capables d'émettre et de capter des ultrasons leur permettant de se localiser par écho (FIG. 7).

Ils émettent ainsi des ondes progressives sinusoïdales de fréquence 50 kHz, qui se propagent dans l'eau avec une célérité de  $1\,500\,m \cdot s^{-1}$ .

La longueur d'onde correspondante est :  $\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$

$$\text{AN : } \lambda = 1\,500 \times \frac{1}{(50 \times 10^3)} = 3,0 \times 10^{-2}\,m = 3,0\,cm.$$

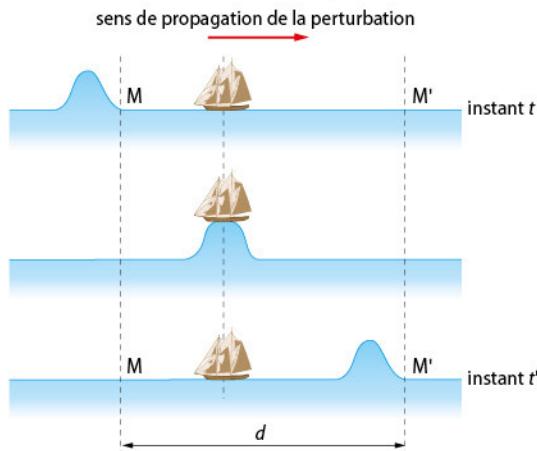
*Remarque :* Comme la longueur d'onde d'une onde ultrasonore est de l'ordre de grandeur du centimètre, on parle aussi d'onde centimétrique pour la qualifier.



**FIG. 7** Un dauphin se repère dans l'espace grâce à des ondes progressives sinusoïdales.

## 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 :

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

célérité de l'onde (en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )      distance parcourue par la perturbation (en m)  
 (en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )      durée pour parcourir la distance  $d$  ou retard (en s)

## 3 Longueur d'onde

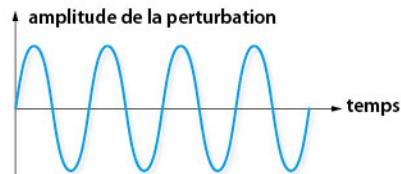
- La **longueur d'onde** est la plus petite distance séparant deux points qui vibrent en phase (de la même manière et en même temps).
- Une onde mécanique progressive périodique, de période  $T$ , qui se déplace avec une célérité  $v$ , se propage d'une distance  $v \cdot T$  pendant une durée  $T$ . Cette distance est la longueur d'onde  $\lambda$ .
- 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  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )      longueur d'onde (en m)  
 (en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )      période (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)

### POUR VISUALISER



Une animation pour illustrer le cas d'une onde progressive à une dimension.

## Vérifier l'essentiel EN AUTONOMIE

Pour chaque question, choisir la ou les bonnes réponses. ➔ SOLUTIONS EN PAGE 423



### 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 :	 tension temps (s)	 tension temps (s)	 tension temps (s)
5 Du signal de la perturbation, on peut dire que :	 amplitude temps (t)	La perturbation est périodique.	La perturbation se propage de gauche à droite. La perturbation est une fonction sinusoïdale du temps.

### 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 :	$v = \lambda \cdot T$	$\lambda = v \cdot T$	$v = \frac{\lambda}{T}$

# Acquérir les notions

## 1 Propagation d'une onde mécanique progressive

### Notions du programme

Onde mécanique progressive.

→ EXERCICES 8  
9, 10 et 11

### Ce qu'on attend de moi

- Définir une onde mécanique progressive.

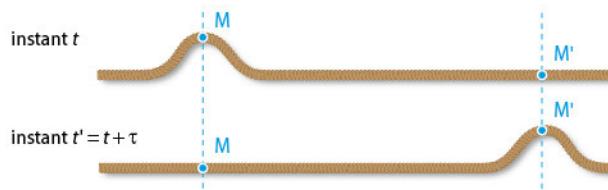
Retard.  
Célérité.

→ EXERCICES 8  
9, 10 et 11

- Définir et déterminer un retard  $\tau$ .
- Connaître l'expression  $v = d/\tau$ .
- Exprimer chaque grandeur en fonction des deux autres.
- Associer à chaque grandeur son nom et son unité.

### 8 Notion de retard

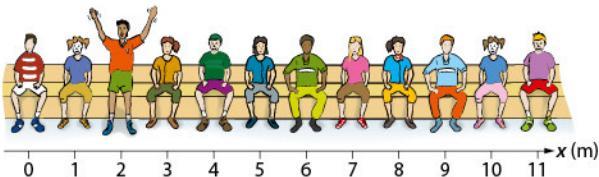
Le document suivant présente la propagation d'une perturbation le long d'une corde.



- Pourquoi peut-on parler d'onde progressive à une dimension ?
  - Dans quel sens se déplace l'onde ?
  - On appelle  $d$  la distance séparant les points  $M$  et  $M'$ . Que faudrait-il connaître pour pouvoir calculer  $d$  ? Comment est alors calculer  $d$  ?
  - Que représente la durée  $\tau$  ?
  - La perturbation au point  $M'$  est celle qui se trouvait en  $M$  à l'instant :
- $$t' = t + \tau \quad t' = t - \tau \quad t = t' - \tau \quad t = t' + \tau$$
- Pourquoi  $\tau$  est-il appelé « retard » de l'onde ? Justifier votre réponse.
  - 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 :



- 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 ?

- Avec quelle célérité se déplace la ola ?

### 10 Célérité d'une onde le long d'une corde

Une onde se propage le long d'une corde élastique tendue horizontalement. On représente la situation à deux instants **A** et **B**, séparés d'une durée  $\Delta t = 165$  ms.

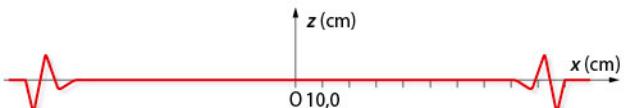


- Que peut-on dire du mouvement d'un point de la corde ?
- Comment qualifie-t-on ce type d'onde ?
- Mesurer la distance parcourue par l'onde progressive au cours de la durée  $\Delta t$ .
- Calculer la célérité  $v$  de l'onde le long de la corde.

### 11 À la pêche

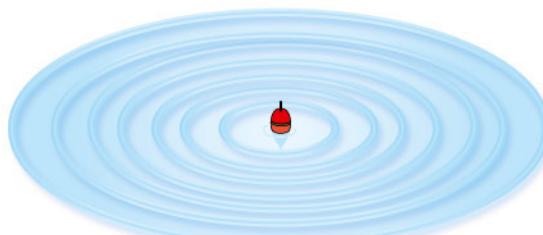
Un pêcheur lance sa ligne. Le plot arrive dans l'eau au point 0 à l'issue du lancer. La date de l'impact est notée  $t_0 = 0$ .

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.

- La feuille sera-t-elle transportée par l'onde ?
- Déterminer la célérité  $v$  de l'onde considérée.



## 2 Onde mécanique périodique, onde sinusoïdale

### Notions du programme

Onde mécanique périodique, onde sinusoïdale.

→ EXERCICES 12  
13, 14 et 15

### Ce qu'on attend de moi

- Définir une onde mécanique périodique.
- Reconnaitre une onde mécanique sinusoïdale.
- Définir et déterminer une période et une fréquence et connaître la relation  $f = 1/T$ .

## 12 Des ronds dans l'eau

Un petit caillou est jeté à l'eau.

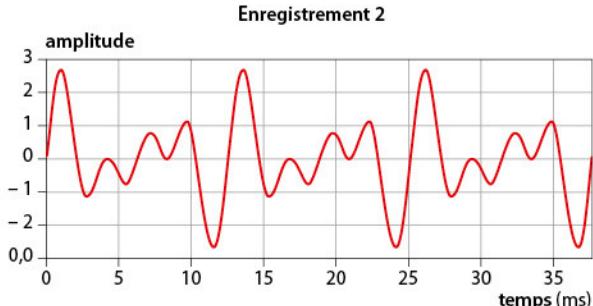
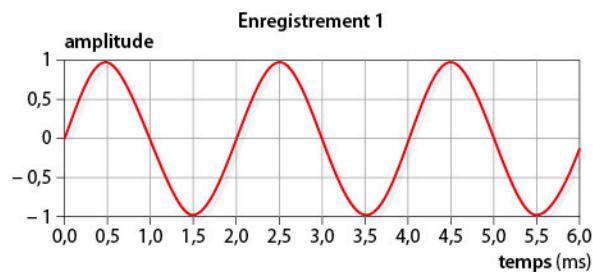


- Qu'observe-t-on à la surface de l'eau ?
- L'onde qui se propage peut-elle être qualifiée d'onde mécanique périodique sinusoïdale ?

## 13 Ondes mécaniques

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

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

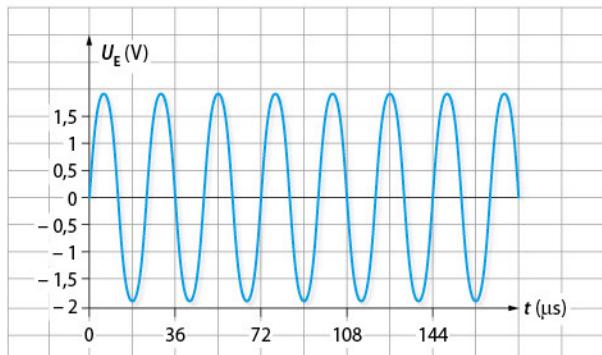


- Ont-elles la même période ?
- Déterminer leur fréquence.

## 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 :

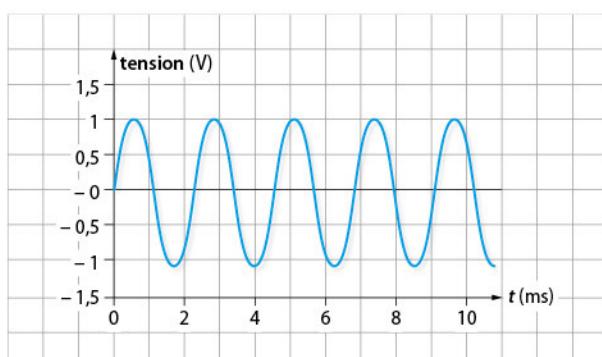


Pour une fréquence supérieure ou égale à 20 kHz, on parle d'ultrason.

- 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 (FICHE MÉTHODE → p. 399).
- 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.

### 3 Longueur d'onde

#### Notions du programme

Onde mécanique périodique, onde sinusoïdale.

→ EXERCICES 12  
13, 14 et 15

#### Ce qu'on attend de moi

- Définir et déterminer une longueur d'onde.
- Différencier périodicité temporelle et périodicité spatiale.
- Connaître la relation  $v = \lambda/T$ .
- Exprimer chaque grandeur en fonction des deux autres.
- Associer à chaque grandeur son nom et son unité.

### 16 Des vagues à la surface de la mer

1. La photographie ci-dessous a été prise, à un instant précis, depuis un hélicoptère au-dessus de la mer. Les vagues constituent une onde mécanique progressive.



- a. Que peut-on dire de la disposition relative des crêtes des vagues ?
- b. Comment appelle-t-on la distance entre deux crêtes ?
2. L'hélicoptère, tout en faisant du surplace, descend un sauveteur par l'intermédiaire d'un treuil et d'un câble dans l'eau. Le sauveteur reçoit donc sur le corps, au cours du temps, les vagues les unes après les autres.
- a. Que peut-on dire de la durée qui sépare deux vagues successives pour le sauveteur ?
- b. Comment appelle-t-on cette durée ?
3. Quelle relation existe-t-il entre la période spatiale et la période temporelle de l'onde mécanique progressive périodique que constituent les vagues ?

### 17 Longueur d'onde

À l'aide d'un vibreur, on crée des ondes progressives sinusoïdales de fréquence  $f$  à la surface de l'eau. Le phénomène observé possède une longueur d'onde  $\lambda$ .

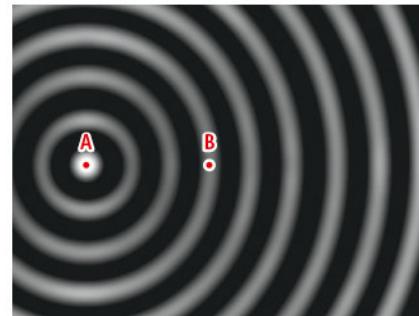
1. Définir la longueur d'onde  $\lambda$ .
2. Quelle relation existe-t-il entre la longueur d'onde  $\lambda$ , la fréquence  $f$  et la célérité  $v$  des ondes observées ?

### 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  $\lambda$ .

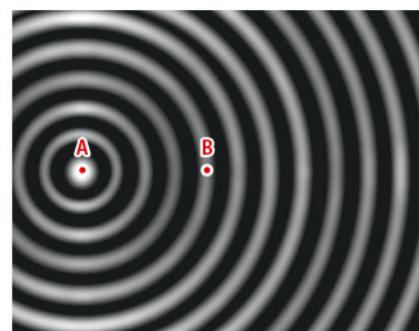
1. Dans une première expérience, la fréquence du vibreur est réglée sur  $f_1 = 8,0 \text{ Hz}$ . Une photographie de la surface est prise à un instant quelconque (voir ci-dessous).

- a. Déterminer le plus précisément possible la longueur d'onde  $\lambda_1$ .
- b. Calculer la célérité  $v_1$  des ondes.



Expérience 1

**Donnée :**  
échelle :  $AB = 3 \text{ cm}$

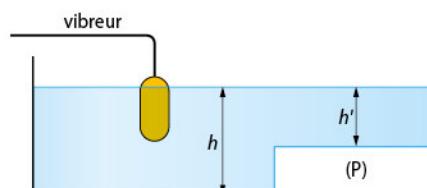


Expérience 2

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

### 19 Longueur d'onde et profondeur

Pour étudier l'influence de la profondeur de l'eau sur la célérité des ondes, on place dans le fond d'une cuve à ondes une plaque de plexiglas transparent (P). On délimite ainsi deux zones de profondeurs différentes.



À l'aide d'un vibreur, on génère des ondes incidentes planes sinusoïdales à une certaine fréquence  $f$ . On observe la situation suivante.



zone où le plexiglas (P)  
est au fond

Montrer que la célérité des ondes dépend de la profondeur.

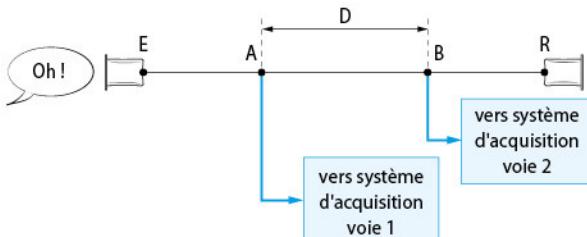
## Exercice résolu EN AUTONOMIE

### 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.



#### LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

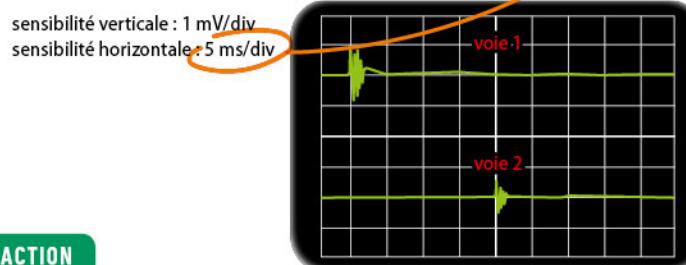
► La **distance** parcourue par l'onde mécanique progressive entre les deux points A et B est connue.

► 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.



#### EXEMPLE DE RÉDACTION

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

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

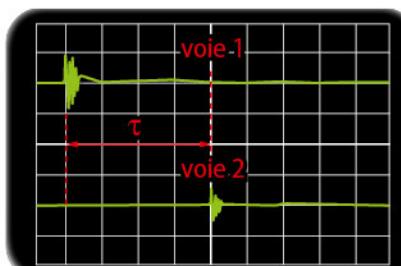
Donc  $\tau = 20 \text{ ms}$ .

2. On calcule la célérité  $v$  :

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

$$v = \frac{D}{\tau} = \frac{20,0 \text{ m}}{0,020 \text{ s}} = 1000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

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



#### QUELQUES CONSEILS

1. Pour déterminer le retard, on compte le nombre de divisions qui sépare les deux signaux sur l'enregistrement et on multiplie par la sensibilité horizontale.

2. Pour déterminer la célérité en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , il faut exprimer la durée en s. On veillera au nombre de chiffres significatifs (ici 2).

#### EXERCICE SIMILAIRE

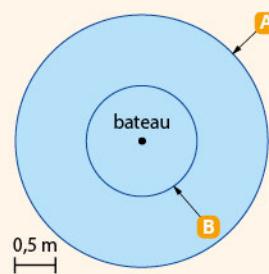
### 21 Jeter l'ancre

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.



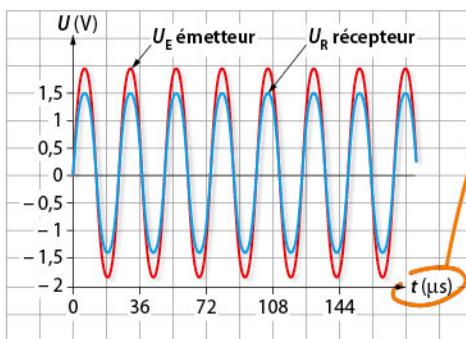
## Exercice résolu EN AUTONOMIE

### 22 Longueur d'onde des ultrasons

Afin de déterminer la longueur d'onde des ultrasons, on visualise, à l'aide d'un oscilloscope, à la fois le signal émis par un émetteur appliqué sur la voie 1 et le signal reçu par un récepteur connecté à la voie 2. On part d'une situation où les signaux délivrés par l'émetteur et par les récepteurs sont en phase. On s'aperçoit que si l'on éloigne le récepteur (tout en restant en face de l'émetteur), la courbe qui correspond au récepteur se décale vers la droite. Les signaux obtenus sont représentés sur la figure ci-contre lorsque les courbes reviennent pour la première fois en phase.

On détermine la distance dont on a déplacé le récepteur lorsqu'on obtient la figure ci-contre, et on mesure **8,2 mm**.

- Déterminer** la longueur d'onde  $\lambda$  à partir de l'expérience faite. Qu'aurait dû-t-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?
- En déduire** la célérité  $v$  des ondes ultrasonores.



#### LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

► L'enregistrement est donné avec une échelle de temps qui peut renseigner sur les caractéristiques des sons émis : **période** du signal et **fréquence** associée.

► La distance donnée permet d'accéder à une **longueur**.

#### LES QUESTIONS À LA LOUPE

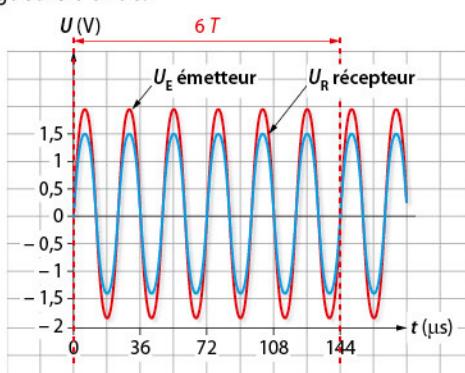
- **Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- **En déduire** : intégrer le résultat précédent pour répondre.

#### EXEMPLE DE RÉDACTION

- La longueur d'onde  $\lambda$  est la plus petite distance séparant deux points qui vibrent phase. Donc  $\lambda = 8,2 \text{ mm}$ .

Pour augmenter la précision, il aurait fallu mesurer la distance correspondant à plusieurs longueurs d'onde.

- On sait que :  $v = \frac{\lambda}{T}$   
On mesure  $T$ .  
 $6T = 144 \mu\text{s}$ .  
Donc  $T = 24,0 \mu\text{s}$   
On en déduit que :  
 $v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .



#### QUELQUES CONSEILS

- La définition d'une longueur d'onde doit être connue.

Pour augmenter la précision sur la mesure d'une longueur d'onde, il faut mesurer la distance correspondant à plusieurs longueurs d'onde.

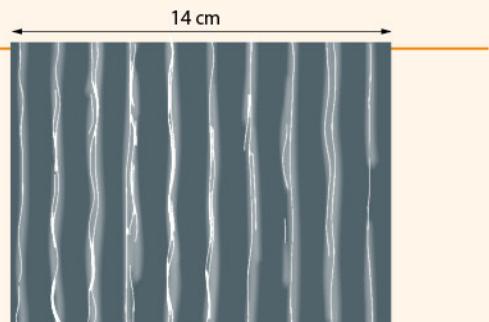
- On prend un grand nombre de motifs représentés pour mesurer plusieurs  $T$ .  
Pour déterminer  $v$  en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , on exprime  $\lambda$  en m et  $T$  en s. On veillera au nombre de chiffres significatifs (ici 2).

#### EXERCICE SIMILAIRE

### 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.



## Croiser les notions

### 24 Mesure de la vitesse du son HISTOIRE DES SCIENCES

L'une des expériences historiques permettant de déterminer la célérité du son dans l'air a été réalisée en 1822 près de Paris, sur ordre du Bureau des Longitudes. Présenté ci-dessous, l'extrait du *Traité élémentaire de physique* (1836) de Monsieur l'abbé Pinault relate cette expérience.

« Les deux stations que l'on avait choisies étaient Villejuif et Monthéry. À Villejuif, le capitaine Boscary fit déposer, sur un point élevé, une pièce de six<sup>(1)</sup> avec des gargousses<sup>(2)</sup> de deux et trois livres de poudre.

À Monthéry, le capitaine Pernetty fit déposer une pièce de même calibre avec des gargousses de même poids. Les expériences furent faites de nuit et commencèrent à onze heures du soir [...].

De Villejuif, on apercevait très distinctement le feu de l'explosion de Monthéry et vice versa : le ciel était serein et à peu près calme. La température de l'atmosphère était de 15,9 degrés Celsius. Les coups de canon des deux stations opposées étaient réciproques, de sorte que les résultats ne fussent pas influencés par le vent.

Chacun des observateurs notait sur son chronomètre le temps qui s'écoulait entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du son. On peut prendre 54,6 secondes entre le temps moyen que le son mettait à passer d'une station à l'autre. Les deux canons étaient à une distance de 9 549,6 toises<sup>(3)</sup>. »

(1) Charge de poudre

(2) Pièce de canon

(3) Unité de longueur ancienne qui correspond à 1,949 m

- Les ondes sonores sont des ondes mécaniques. Définir ce qu'est une onde mécanique.
- En utilisant les valeurs mesurées par les observateurs, calculer la valeur de la célérité des ondes sonores, notée  $v_{\text{exp}}$ .
- D'après le texte, pour les observateurs de quel(s) paramètre(s) dépend *a priori* la célérité du son ?

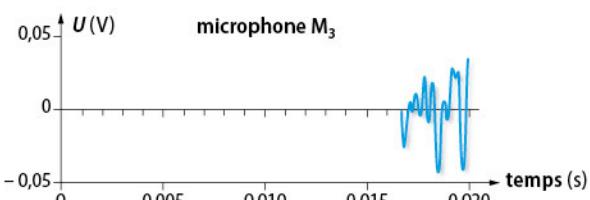
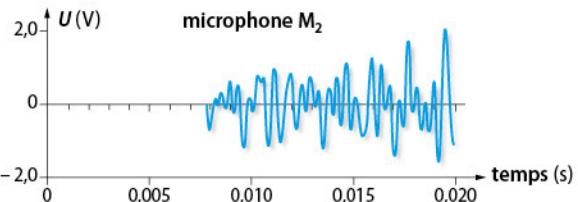
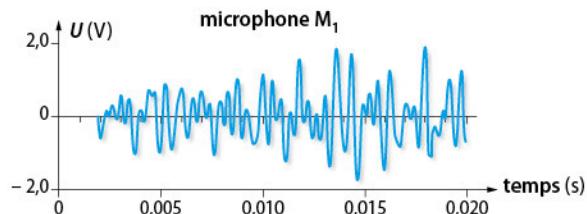
### 25 Coup de cymbale

Trois microphones  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$  sont alignés de telle manière que les distances  $M_1M_2$  et  $M_2M_3$  valent respectivement 2,00 m et 3,00 m.

Les signaux correspondant aux sons reçus par les microphones sont enregistrés grâce à un ordinateur.

On donne un coup de cymbale devant le premier micro puis on lance immédiatement l'enregistrement.

Les courbes obtenues sont représentées ci-après :

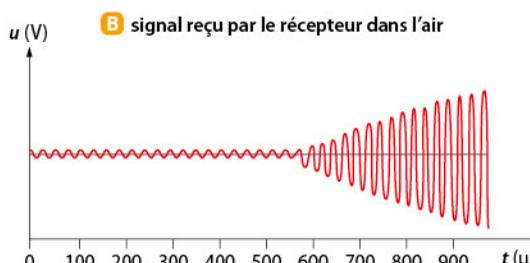
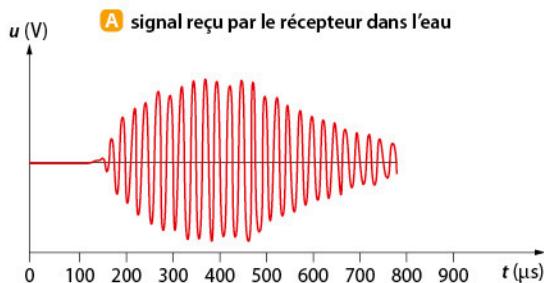


- Expliquer par quelle stratégie il est possible de déterminer la célérité de l'onde sonore à l'aide des courbes obtenues.
- Effectuer le calcul de la célérité de l'onde sonore sur la distance  $M_1M_2$  puis sur la distance  $M_2M_3$ .
  - Les résultats sont-ils cohérents ?

### 26 Vitesse et milieu de propagation

Un émetteur ultrasonore est relié à un générateur de salves. L'émetteur est le siège d'oscillations très brèves. Le récepteur transforme l'onde ultrasonore reçue en signal électrique de même fréquence que cette onde. L'émetteur et le récepteur, placés dans un même milieu, en regard l'un de l'autre et à une distance donnée  $L = 20,0$  cm, sont reliés à un oscilloscope à mémoire. Les acquisitions sont transférées vers un tableur grapheur.

Les graphes qui suivent donnent le signal capté par le récepteur. L'origine des dates  $t = 0$  s est l'instant de l'émission. Selon les milieux traversés on obtient les deux enregistrements ci-dessous.



- Sans faire de calcul, expliquer à l'aide des graphiques dans quel milieu la propagation des ultrasons est la plus rapide.
- Calculer la vitesse de propagation des ultrasons dans l'eau.

## 27 Émission et réception ultrasonores

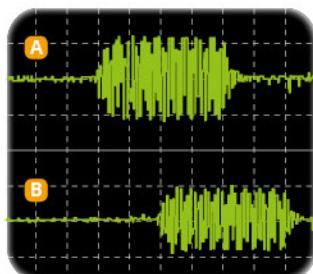
Un émetteur et un récepteur d'ultrasons sont placés côté à côté face à une paroi réfléchissante. L'émetteur émet des salves d'ultrasons.

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 ms/div.

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



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.

### JE VÉRIFIQUE QUE J'AI...

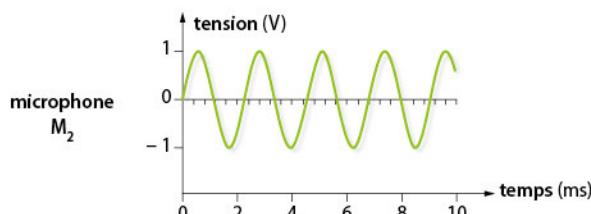
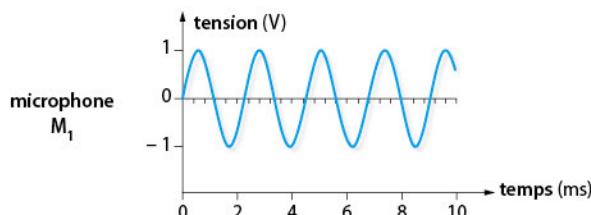
- tenu compte de l'aller-retour de l'onde ;
- exprimé le retard en s.

## 28 Être en phase

### DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

On dispose de deux microphones  $M_1$  et  $M_2$  placés à la même distance  $d$  d'un diapason que l'on frappe. On obtient les courbes représentées ci-dessous et l'on remarque que les signaux sont en phase, c'est-à-dire qu'ils sont superposables.

On cherche à calculer la célérité de l'onde. On éloigne le microphone  $M_2$  peu à peu, jusqu'à ce que les courbes soient de nouveau en phase. On réitère l'opération jusqu'à compter cinq positions pour lesquelles les courbes sont en phase. Un encadrement de la distance  $D$  entre les deux microphones est  $3,80 \text{ m} < D < 3,90 \text{ m}$ .



### DÉMARCHE AVANCÉE

Déterminer la célérité de l'onde en détaillant la méthode utilisée (FICHE MÉTHODE p. 399).

### DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

1. a. Définir la longueur d'onde.
- b. Pourquoi compte-t-on plusieurs positions plutôt qu'une seule dans l'expérience décrite ?
- c. À partir de l'expérience, calculer la valeur numérique de la longueur d'onde.
2. Déterminer la période du signal en étant le plus précis possible.
3. En déduire la célérité de l'onde.

## 29 Characteristics of waves



Consider a wave with a wavelength  $\lambda = 2.5 \text{ cm}$  traveling at a speed of  $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

1. How long does it take for the wave to travel a distance of one wavelength?

2. a. How many wavelengths are completed in 1 second?

b. What is the value of the wave frequency?

3. What can you conclude regarding the relationship between wavelength and frequency?

## 30 Cuve à ondes

### CALCUL MENTAL

Dans une cuve à ondes, on utilise un vibreur et on visualise des cercles concentriques à un instant  $t$ .



1. a. Définir ce qu'on appelle une longueur d'onde.

b. Proposer une stratégie pour déterminer la valeur d'une longueur d'onde  $\lambda$ .

c. Déterminer la valeur de  $\lambda$ .

2. On appelle  $T$  la période de l'onde mécanique progressive qui se propage à la surface de l'eau.

Représenter l'allure de la surface avec des cercles concentriques :

- à l'instant  $t + T$ ;

- à l'instant  $t + \frac{T}{2}$ .

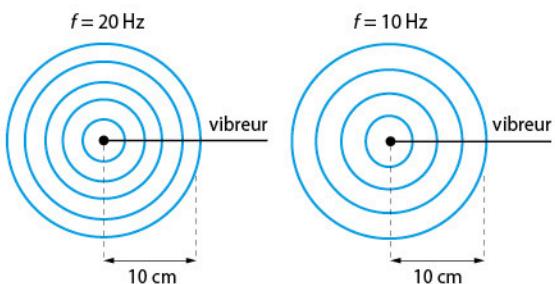
### 31 Dispersif ou non ?

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.

1. Pour chaque fréquence du vibreur :

- a. déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  ;
- b. en déduire la célérité de l'onde.



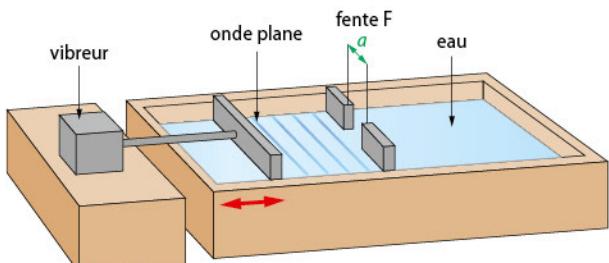
2. L'eau est-elle un milieu dispersif ?

### 32 Phénomène de diffraction

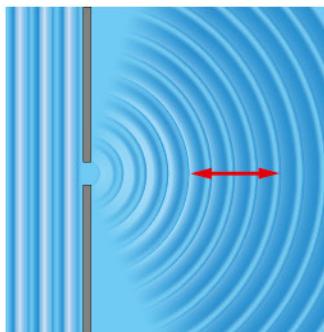
Sur la photographie ci-dessous, après le passage d'une ouverture, les vagues, initialement rectilignes, deviennent circulaires. Ce phénomène est appelé diffraction.



À l'aide d'une cuve à ondes, on cherche à modéliser ce phénomène. On réalise le montage suivant et on visualise à la surface de l'eau le phénomène de diffraction.



La double flèche rouge fait 3 cm en réalité.



1. Déterminer le plus précisément possible la longueur d'onde de l'onde mécanique progressive à la surface de l'eau :

- a. avant l'ouverture ;
- b. après l'ouverture.

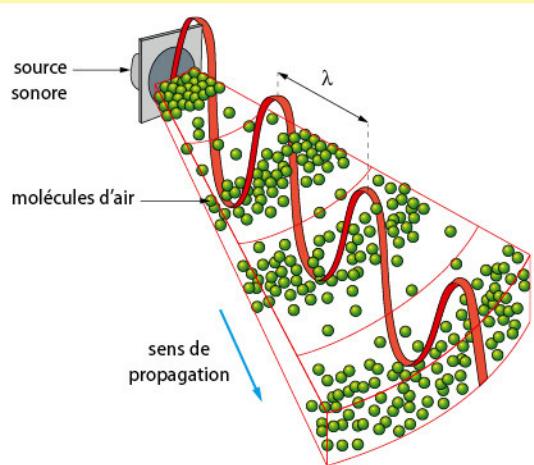
2. Conclure sur une propriété possible du phénomène de diffraction.

3. Que peut-on dire sur la célérité ?

### À L'ORAL

#### 33 Son émis par un haut-parleur

Préparer un exposé oral permettant d'expliquer l'illustration suivante :



Cet exposé de quelques minutes devra utiliser les mots clés suivants :

- onde mécanique progressive ;
- onde sonore dans l'air ;
- zones de compression ;
- fréquence de vibration ;
- longueur d'onde ;
- célérité du son.

Ce court exposé devra pouvoir être réalisé sans note écrite.

#### 34 RETOUR SUR LA PAGE D'OUVERTURE

Préparer un exposé oral expliquant quel lien existe entre le mouvement des oiseaux et l'écart entre les rides circulaires créées à la surface de l'eau.



## Acquérir des compétences

### 35 Surfer sur la vague DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

**COM** Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente

*La houle est un train de vagues régulières généré par un vent soufflant sur une grande étendue de mer sans obstacle. En arrivant près du rivage, la houle déferle au grand bonheur des surfeurs.*



#### DOC 1 Déferlement des vagues sur la côte

En arrivant près de la côte, la houle atteint des eaux peu profondes. Dès que la profondeur est inférieure à la moitié de la longueur d'onde, les particules d'eau sont freinées par frottement avec le sol. La houle est alors ralentie et sa longueur d'onde diminue. Ces modifications des caractéristiques de l'onde s'accompagnent d'une augmentation d'amplitude. La période de l'onde ne change pas à l'approche de la côte.

Ainsi en arrivant près du rivage, la vitesse des particules sur la crête est plus importante que celle des particules dans le creux de l'onde et, lorsque la crête n'est plus en équilibre, la vague déferle.

#### DOC 2 Vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau

- Cas des ondes dites « courtes » (en eau profonde)

La longueur d'onde  $\lambda$  est faible devant la profondeur  $h$  de l'océan ( $\lambda < 0,5 h$ ) :

$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$$

- Cas des ondes dites « longues » (eau peu profonde)

La longueur d'onde  $\lambda$  est très grande devant la profondeur de l'océan ( $\lambda > 10 h$ ) :

$$v = \sqrt{gh}$$

où  $g$  est l'intensité du champ de pesanteur terrestre.



#### DONNÉES

►  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

► Les surfeurs sont près du rivage où la profondeur est  $h = 4 \text{ m}$ .

#### DÉMARCHE EXPÉRTE

- Proposer une méthode pour déterminer la célérité de la houle présente sur la photographie en eau profonde de même lorsque celle-ci arrivera au niveau de la côte où attendent les surfeurs.
- Déterminer la fréquence des vagues près du rivage.

#### DÉMARCHE AVANCÉE

- Quelle grandeur caractérisant l'onde ne change pas à l'approche de la côte ?
- a. Sur la photographie, quelle est la longueur d'onde de la houle en eau profonde ?
  - Calculer sa célérité  $v$  et en déduire sa période  $T$ .
- À quelle vitesse arrivent les vagues au niveau de la côte, là où attendent les surfeurs ?  
Tous les combien de temps arrive une nouvelle vague ?

**36** L'aide au stationnement

## RÉSOLUTION DE PROBLÈME

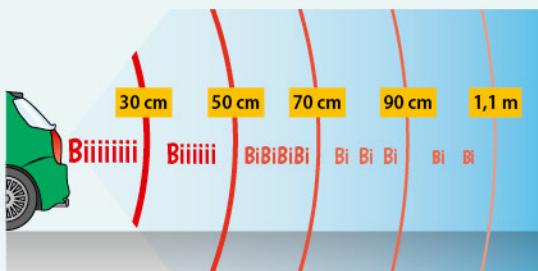
## AN/RAT Proposer une stratégie de résolution

Le radar de recul est une aide au stationnement. Il permet au conducteur qui fait une manœuvre d'identifier des obstacles et d'en évaluer la distance.

## DOC 1 Notice constructeur

En marche arrière, le radar de recul se met automatiquement en fonctionnement. L'afficheur indique la distance de l'obstacle détecté pour des valeurs comprises entre 0,3 m et 2 m.

L'afficheur dispose d'un buzzer intégré qui émet un signal sonore dont la fréquence évolue en fonction de la distance à l'obstacle.



## QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

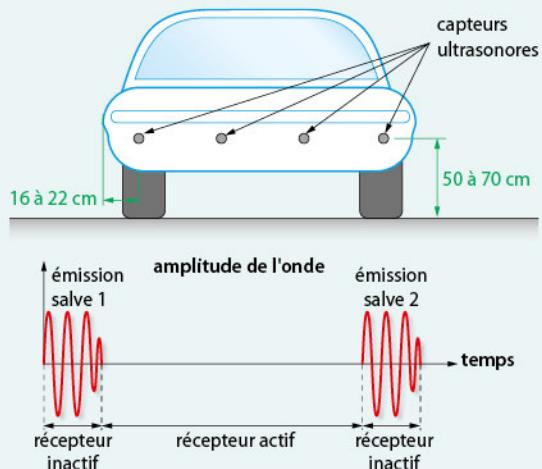
- Vérifier que, pour la distance  $d_{\min}$  entre le capteur et l'obstacle, la durée entre l'émission et la réception est égale à  $\Delta t_1$ .
- Si la durée que met l'onde émise pour revenir au capteur est inférieure à  $\Delta t_1$ , pourquoi le capteur ne peut-il pas détecter l'obstacle de manière satisfaisante ? Justifier la réponse.

**Donnée :**

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

## DOC 2 Principe du capteur utilisé

Le capteur est constitué d'un matériau piézo-électrique utilisé à la fois pour fonctionner en mode émetteur et en mode récepteur. Il ne peut fonctionner correctement en récepteur que lorsqu'il a fini de fonctionner en émetteur. Pour cette raison, le capteur génère des salves ultrasonores de durée  $\Delta t_1 = 1,7 \text{ ms}$  avec une périodicité  $\Delta t_2 = 12 \text{ ms}$ .



## LE PROBLÈME À RÉSOUVRRE

Comment expliquer la valeur de la portée maximale du capteur de l'aide au stationnement ?

**37** Célérité des ultrasons

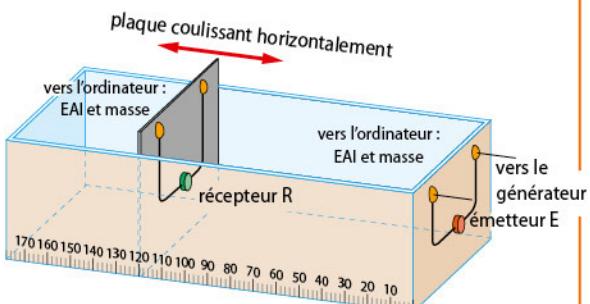
## DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

## VAL Comparer à une valeur de référence

On cherche à comparer la célérité des ultrasons dans différents milieux. On dispose pour cela d'une boîte transparente, étanche et graduée. Un émetteur d'ultrasons E est fixé sur une face. Le récepteur R est fixé sur une plaque verticale qui coulisse à l'intérieur de la boîte. E et R sont protégés par un film étanche.

Grâce à un système d'acquisition, on peut lire le retard de l'onde ultrasonore lorsqu'elle arrive au récepteur. On réalise deux séries de mesures dans l'eau et dans l'air.

- Déterminer, à l'aide des résultats expérimentaux, la célérité des ultrasons dans l'eau puis dans l'air (FICHE MÉTHODE p. 399).
- Comparer ces résultats aux valeurs présentes dans les tables.



A Dispositif expérimental

L (m)	1,60	1,50	1,40	1,20	1,00	0,80	0,60
Liquide $\tau_{\text{liq}}$ (ms)	1,08	1,00	0,92	0,80	0,66	0,52	0,40
Air $\tau_{\text{air}}$ (ms)	4,60	4,36	4,06	3,42	2,94	2,28	1,68

B Résultats expérimentaux

Vitesse du son dans l'air à 20 °C	$V_{\text{air}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Vitesse du son dans l'eau à 20 °C	$V_{\text{eau}} = 1 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

C Valeurs de référence

# DES PISTES POUR L'ORAL TERMINAL

Un projet sur les ondes sismiques et leurs conséquences (tsunami,...) permet de réinvestir des notions diverses de physique (ondes, énergie,...) mais aussi de mathématiques ou de géologie.

## UNE SITUATION À L'ORIGINE DE MON PROJET

Le 28 septembre 2018, un séisme de magnitude 7,5 suivi d'une vague meurtrière a dévasté une partie de l'Indonésie.

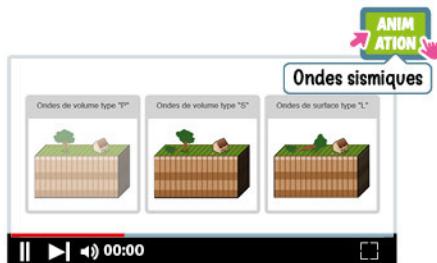


## DES DOCUMENTS POUR M'AIDER À L'ORIENTER

### Les ondes sismiques

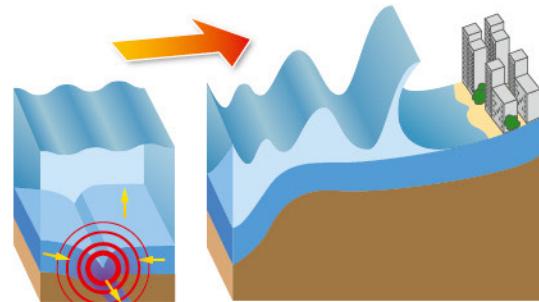
Les ondes sismiques sont des ondes mécaniques progressives. On en distingue de trois types :

- ▶ les ondes P (primaires) qui sont des **ondes longitudinales**, elles ont la plus grande **célérité** ;
- ▶ Les ondes S (secondaires) qui sont des **ondes transversales** ;
- ▶ Les ondes L de **surface** ou **ondes de torsions** ou de **cisaillement**, ce sont celles qui produisent le plus de dégâts.

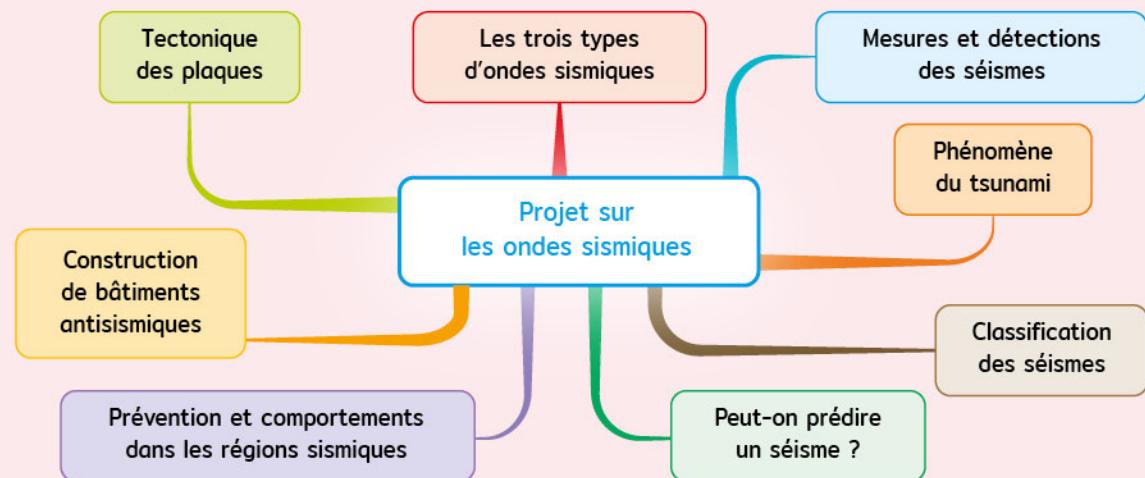


### Un tsunami

Un **tsunami** se forme dans les mers ou les océans touchés par un séisme. Les vagues formées au large ont une très faible amplitude, de l'ordre d'une dizaine de centimètres. À l'approche des côtes, leur période et leur célérité diminuent mais leur amplitude augmente pour atteindre une hauteur de plusieurs dizaines de mètres.



## DES PISTES DE RECHERCHE À EXPLORER



### Le vocabulaire scientifique à utiliser

- onde mécanique progressive
- période
- célérité
- amplitude