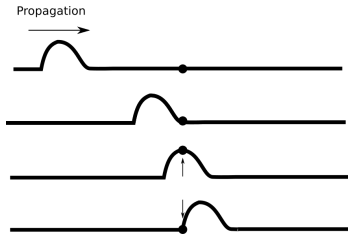


## P6 : Ondes mécaniques

### 1 Ondes mécaniques progressives.

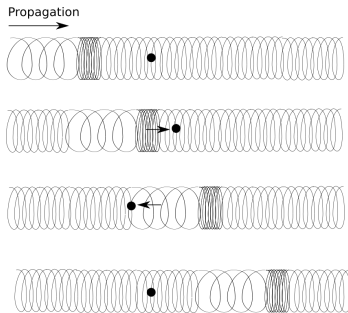
**Exemple :** Propagation d'une onde sur une corde.



- Une perturbation est créée à l'extrémité d'une corde, puis se propage.
- Le point touché par l'onde commence par monter, puis il redescend et retrouve sa position initiale.

Ce type d'onde est appelée **transversale** car la direction de propagation est perpendiculaire à celle de déplacement d'un point du milieu

**Exemple :** Propagation d'une onde le long d'un ressort



Le point touché par l'onde avance puis il recule pour retrouver sa position de départ.

Ce type d'onde est appelée **longitudinale** car la direction de propagation est perpendiculaire la même que celle de déplacement d'un point du milieu

#### Définition Onde mécanique

Une onde mécanique progressive est un phénomène de propagation d'une déformation dans un milieu matériel sans transport global de matière.

Exemples d'ondes

- **mécaniques :** Ondes sonores – ultrasons – ondes sismiques – houle en mer
- **non mécaniques :** ondes électromagnétiques ( radio / X / lumière / WiFi )

**Remarque :** Une onde transporte de l'énergie. Par exemple une onde sonore peut faire vibrer le tympan dans l'oreille, une onde sismique provoquer des destructions.

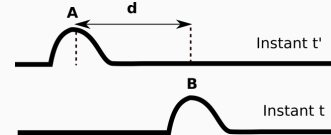
### 2 Célérité et temps de retard.

#### Définition Célérité

La **célérité**  $v$  d'une onde est la vitesse de déplacement de la perturbation.

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

où  $d$  est la distance parcourue par la **perturbation** et  $\Delta t$  la durée correspondante.



On peut dire que la perturbation qui existe en B à l'instant  $t$  est la même que celle qui existait en A à l'instant  $t'$ . On dit que  $\tau = t - t' = \frac{d}{v}$  est le temps de retard de B par rapport à A.

### 3 Ondes progressives périodiques.

**Rappels :**

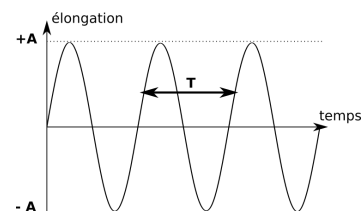
- Un phénomène est périodique lorsqu'il se répète à intervalle régulier au cours du temps.
- Celui-ci est caractérisé par sa période  $T$  qui la plus petite durée au bout de laquelle il se répète.
- La fréquence  $f$  est le nombre de répétitions du phénomène, généralement en une seconde, elle s'exprime alors en hertz (Hz)

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

#### A. Périodicité temporelle.

Une onde mécanique est **périodique** lorsque la source de l'onde est animée d'un mouvement périodique

**Exemple :** L'onde **sinusoïdale**.



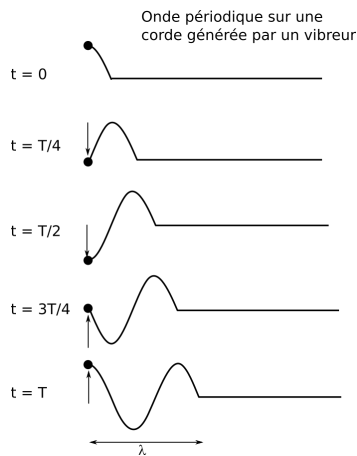
Elle est caractérisée par :

- sa période **temporelle**  $T$
- son amplitude  $A$
- sa **phase**  $\varphi$  (nulle ici)

Mathématiquement en un point donné à un instant  $t$  l'onde est modélisée par une fonction de type  $y = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$

#### B. La périodicité spatiale.

- Une onde sinusoïdale se propage sur une corde.



- Au bout d'une période pour la source de l'onde, on voit apparaître un motif se dessiner sur la corde.
- La longueur de ce motif est appelée la longueur d'onde et notée  $\lambda$

### Définition Longueur d'onde

La distance parcourue par une onde pendant une **période**  $T$  est appelée longueur d'onde donc :

$$\lambda = v \times T$$

où  $\lambda$  est la longueur d'onde

$v$  est la célérité

$T$  est la période

**Interprétation :** La longueur d'onde est une mesure de la périodicité de l'onde dans l'espace.

### Ce qu'il faut savoir faire

- ✓ Décrire, dans le cas d'une onde mécanique progressive, la propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu dans l'espace et au cours du temps : houle, ondes sismiques, ondes sonores, etc.
- ✓ Expliquer, à l'aide d'un modèle qualitatif, la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel.
- ✓ Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde.
- ✓ Distinguer périodicité spatiale et périodicité temporelle. Justifier et exploiter la relation entre période, longueur d'onde et célérité.
- ✓ Déterminer les caractéristiques d'une onde mécanique périodique à partir de représentations spatiales ou temporelles.

## P6 : Activité et Exercices

### ⚠ Méthode de travail à suivre :

- **Lire** la partie cours et suivre les **explications** du professeur.
- **Rédiger** les réponses aux questions **Q1**.. sur une feuille de travail. Ne pas attendre la correction pour commencer !
- **Réaliser** une carte mentale (ou un résumé) du cours
- **Faire les exercices** dans l'ordre (sur une feuille)

**Q1.** Quelles sont les propositions justes ?

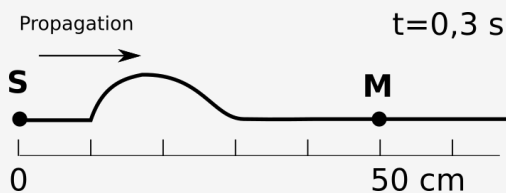
- une onde transporte de l'énergie.
- la lumière est une onde mécanique.
- la célérité d'une onde dépend du milieu de propagation.
- une onde mécanique ne se propage pas dans le vide.
- le vent est une onde.

**Q2.** Quelles sont les propositions justes ?

- Toutes les ondes sont périodiques.
- Sans changer de milieu, si la fréquence d'une onde est doublée, la longueur d'onde est aussi doublée.

### Exercice 1: Onde sur une corde

Une onde sur une corde est créée à l'instant  $t=0$  à partir du point S. Un point M se trouve à 50 cm de S. Le schéma montre la situation à l'instant  $t=0,30$  s



- 1) Décrire le mouvement du point M lors du passage de l'onde.
- 2) Définir puis calculer la célérité de l'onde.
- 3) Faire un schéma de la corde à  $t=0,60$  s.
- 4) Pendant combien de temps le point M est-il en mouvement ?

### Exercice 2: Ondes sismiques

Parmi les ondes sismiques, on distingue :



- les ondes P ou ondes primaires, qui sont des ondes de compression ou ondes longitudinales ; leur célérité vaut en moyenne  $v_p = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$ .

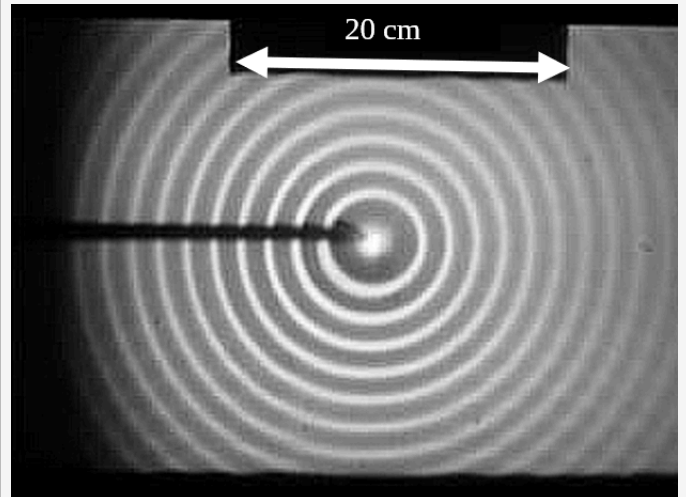
- les ondes S ou ondes secondaires, appelées également ondes de cisaillement ou ondes transversales ; leur célérité  $v_s$  vaut en moyenne  $v_s = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$ .

Sur un sismogramme on observe que les ondes S arrivent à un instant  $t_p$  et les ondes S arrivent à un instant  $t_s$ , 5,0 s plus tard.

Déterminer la distance  $d$  à laquelle se trouve la source des ondes.

### Exercice 3: Célérité d'ondes périodiques sur l'eau

Un vibreur génère des ondes périodique de fréquence 25 Hz sur l'eau. La situation est visible sur la photo. Attention le document n'est pas à taille réelle !

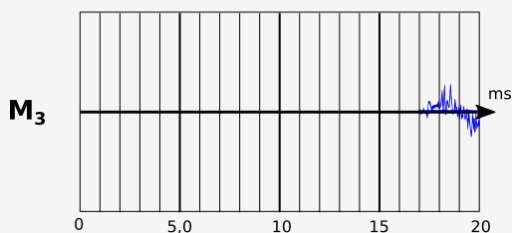
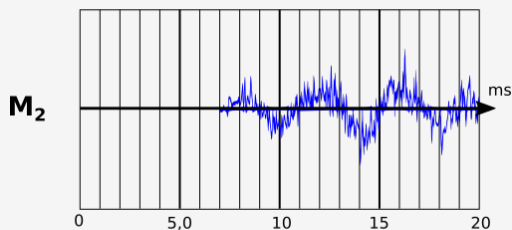
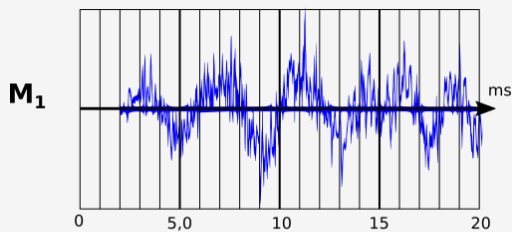


- 1) Mesurer la longueur d'onde sur le document. La valeur doit être précise.
- 2) Rappeler la relation entre longueur d'onde et fréquence.
- 3) En déduire la célérité des ondes sur l'eau.

### Exercice 4: Célérité du son dans l'air.

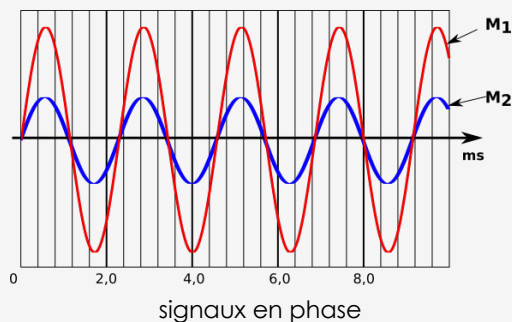
Trois micros  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$  sont alignés de telle manière que les distances  $M_1M_2$  et  $M_2M_3$  valent respectivement 2,00 m et 3,00 m. Les signaux électriques correspondant aux sons reçus par les micros sont enregistrés grâce à un ordinateur.

On donne un coup de cymbale devant le premier micro  $M_1$  puis lance immédiatement l'enregistrement.



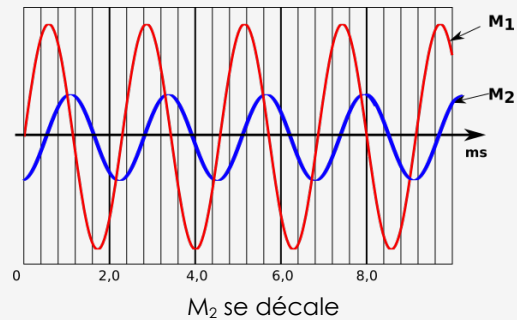
- 1) Quel est le temps de retard de l'onde sonore en  $M_2$  par rapport à  $M_1$  ?
- 2) En déduire la valeur de la célérité du son dans l'air.
- 3) À l'aide d'une autre mesure faire un deuxième calcul de la célérité du son.

On dispose maintenant les deux micros  $M_1$  et  $M_2$  à la même distance d'un diapason. Les signaux sonores obtenus sont alors en phase.



- 4) Déterminer la période puis la fréquence du son émis par le diapason.

On éloigne le microphone  $M_2$  et la courbe correspondante se décale progressivement pour revenir en phase. On répète l'opération jusqu'à compter cinq positions pour lesquelles les courbes sont à nouveau en phase. La distance entre les deux microphones est alors égale à 3,86 m.

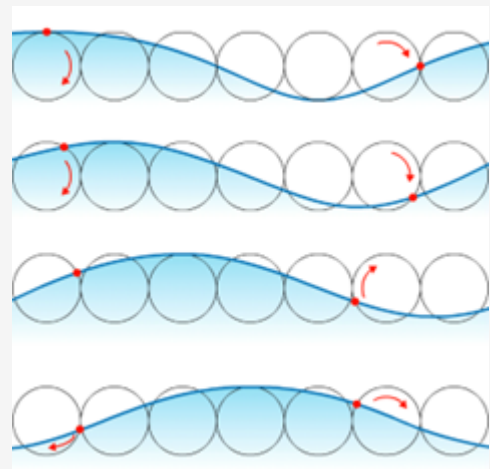


- 5) Définir la longueur d'onde. Déduire sa valeur numérique de l'expérience
- 6) Calculer la célérité du son dans l'air et comparer aux valeurs précédentes.

#### Exercice 5: La houle

La houle est un mouvement ondulatoire de la surface de la mer dû au frottement d'un vent éloigné de la zone d'observation. En l'absence de vent les vagues continuent à se propager librement.

Si on observe un objet flottant à la surface de la mer: les vagues le soulèvent, puis il revient à sa position initiale. Si l'eau est assez profonde, ce déplacement vertical lors du passage de la vague est accompagné d'un mouvement de va-et-vient horizontal de même amplitude. Le savant allemand F Gerstner a démontré que les « particules d'eau » décrivent des trajectoires circulaires dont le diamètre est égal à la hauteur de la vague.



mouvement d'une particule d'eau

- 1) Décrire le mouvement d'un bateau sous l'effet de la houle.

- Lorsque la profondeur  $h$  de la mer est supérieure à la longueur d'onde, on parle de vague en eau profonde, la vitesse se calcule alors par la formule :

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

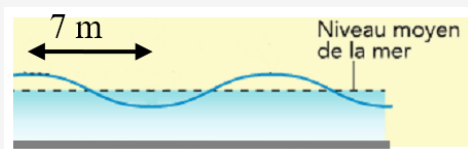
où  $g$  est l'accélération de la pesanteur  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$  et  $\lambda$  la longueur d'onde

- Lorsque la profondeur  $h$  de la mer est petite par rapport à la longueur d'onde, la vitesse de l'onde devient :

$$v = \sqrt{gh}$$

avec  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$  et  $h$  est la profondeur de l'eau.

- 2) La vague représentée sur le document suivant est-elle en eau profonde ? (Bien justifier)



- 3) Calculer la célérité de cette onde.
- 4) En déduire la durée qui sépare l'arrivée de deux vagues successives en un même point.
- 5) Lors d'un tsunami, la longueur d'onde créée par le séisme peut atteindre 100 km. Sachant que la profondeur moyenne de l'océan Pacifique est de l'ordre de 4 km, déterminer la vitesse de l'onde.
- 6) En déduire sa période. Pourquoi le tsunami passe-t-il inaperçu en haute mer ?
- 7) Le document suivant montre l'évolution de la houle à l'approche du rivage. Comment évolue sa célérité ?

