

# Ondes mécaniques progressives périodiques

## Introduction :

<http://ph-chmzrh.e-monsite.com/>

Les vagues créées par l'action du vent sur une mer calme, peuvent continuer à se propager loin de la zone où elles sont générées en formant la houle, considérée comme une onde mécanique progressive périodique. Lorsque la houle rencontre un obstacle immergé ou poreux, dont la largeur est faible par rapport aux caractéristiques de la houle, elle se propage dans une large partie au-delà de l'obstacle par effet de diffraction.

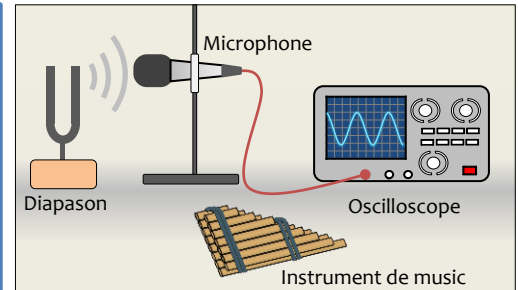
- Comment caractériser une onde progressive périodique ? Que se passe-t-il quand elle rencontre un obstacle ?

## I. Onde mécanique progressive périodique :

### 1. Périodicité temporelle d'une onde:

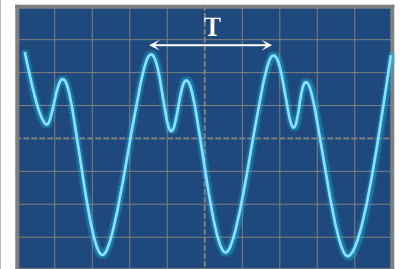
#### Activité 1 :

- Brancher le microphone sur l'une des voies de l'oscilloscope.
- Produire un son avec un instrument de musique et visualiser le signal sonore.
- Remplacer l'instrument de musique avec un diapason et visualiser à nouveau le signal sonore.
  1. Les ondes visualisées sont-elles périodiques?
  2. Comparer les oscillogrammes obtenus.

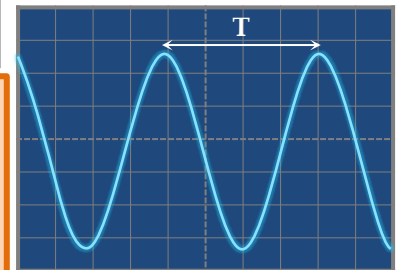


Doc.1 Dispositif expérimental.

- Les deux oscillogrammes obtenus sont sous forme de courbes périodiques de période  $T$ . Les ondes visualisées sont périodiques.
- Dans le cas du diapason la courbe est une sinusoïde. Le son émis par le diapason est une onde sinusoïdale.
- La source sonore communique à l'air des vibrations, traduites par des petites variations de pression de l'air, qui se propagent et qui arrivent sur la membrane du microphone et la font vibrer de la même manière. Il apparaît une tension variable aux bornes du microphone qu'on visualise par l'oscilloscope.
- La courbe périodique de période  $T$  obtenue montre que le son est une onde périodique de même période  $T$ .



Doc.2 Onde émise par l'instrument.



Doc.3 Onde émise par le diapason.

- L'onde périodique est caractérisée par sa période  $T$  ou sa fréquence  $\nu$ , indépendant du milieu de propagation, tel que :  $\nu = 1/T$ .  
 $T$  s'exprime en second (s) et  $\nu$  en hertz (Hz).
- La **période temporelle  $T$**  de l'onde progressive périodique est la plus petite durée au bout de laquelle un point du milieu de propagation se retrouve dans le même état vibratoire.

## Conclusion

- L'**onde mécanique progressive périodique** est une onde dont l'évolution temporelle de la perturbation de chaque point de milieu de propagation est périodique.
- L'**onde progressive sinusoïdale** est l'onde dont l'évolution temporelle de la grandeur physique qui lui est associée est une fonction sinusoïdale.

$$y(t) = A \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \varphi\right)$$

$A$  : l'amplitude.  
 $T$  : la période temporelle.  
 $\varphi$  : la phase à  $t = 0$ .

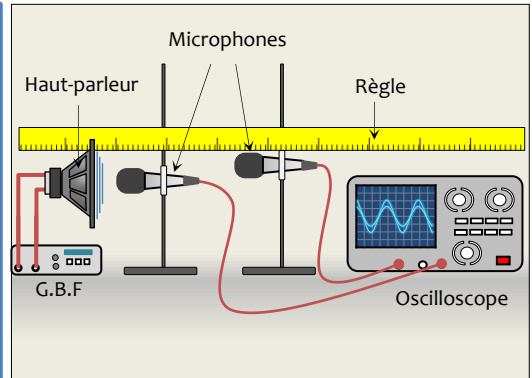
## 2. Périodicité spatiale d'une onde :

### Activité 2 :

- Reprendre le montage de l'activité 1 et brancher un second microphone sur l'autre voie de l'oscilloscope.
- Relier un haut-parleur à un générateur à basse fréquence (G.B.F), réglé sur une fréquence de 3 kHz.
- Placer les deux microphones  $M_1$  et  $M_2$  côte à côte.
- Garder le microphone  $M_1$  fixe et éloigné lentement le microphone  $M_2$  du haut-parleur, le long d'une règle graduée, en gardant l'alignement de  $M_1$  et  $M_2$  et le centre du haut-parleur.

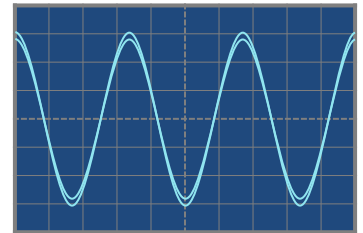
1. *Qu'observe-t-on sur l'écran de l'oscilloscope lorsque :*

- *les microphones  $M_1$  et  $M_2$  sont côte à côte?*
- *on éloigne progressivement le microphone  $M_2$ ?*

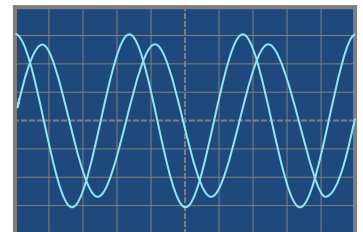


Doc.4 Dispositif expérimental.

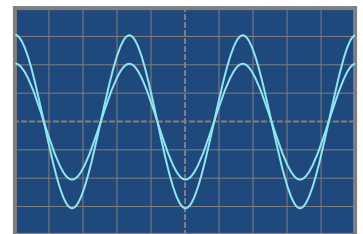
- Lorsque les microphones sont côte à côte, on observe deux sinusoïdes de même période, qui atteignent leurs maximums et leurs minimums en même temps: elles sont en phase.
- Lorsqu'on éloigne le microphone  $M_2$ , on observe un décalage entre les deux sinusoïdes qui augmente avec la distance entre les deux microphones.
- Lorsqu'on continue de déplacer  $M_2$ , on retrouve les deux sinusoïdes en phase pour des positions de  $M_2$  consécutives séparées de la même distance notée  $\lambda$  qui joue le rôle d'une période dans l'espace.
- L'onde sonore présente une périodicité spatiale de période  $\lambda$ .



Doc.5  $M_1$  et  $M_2$  sont côte à côte.



Doc.6  $M_1$  et  $M_2$  distant de  $d$ .



Doc.7  $M_1$  et  $M_2$  distant de  $\lambda$ .

- L'onde progressive périodique présente une périodicité spatiale de période  $\lambda$ , appelée la longueur d'onde.

$\lambda$  s'exprime en mètre (m) et dépend du milieu de propagation.

- La **période spatiale**  $\lambda$  est la distance parcourue par l'onde pendant une période  $T$ .
- Deux points, du milieu de propagation, distants de  $d$  vibrent :
  - en phase si  $d = n \cdot \lambda$  tel que  $n \in \mathbb{IN}^*$
  - en opposition de phase si  $d = n \cdot \lambda + \frac{\lambda}{2} = (2n + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$  tel que  $n \in \mathbb{IN}$

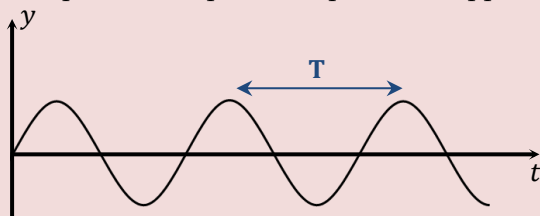
### Conclusion

Toute onde progressive périodique présente une double périodicité:

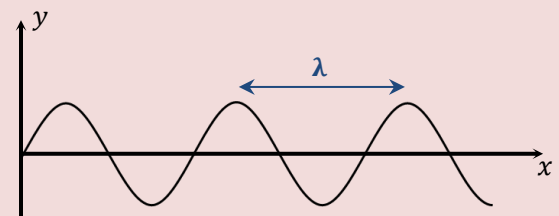
- Une périodicité temporelle de période  $T$ ;
- Une périodicité spatiale de période  $\lambda$ , appelée longueur d'onde.

Avec:

$$\lambda = v \cdot T$$



Évolution temporelle du grandeur associé à l'onde



Aspect du milieu de propagation  $\lambda$  à un instant donné

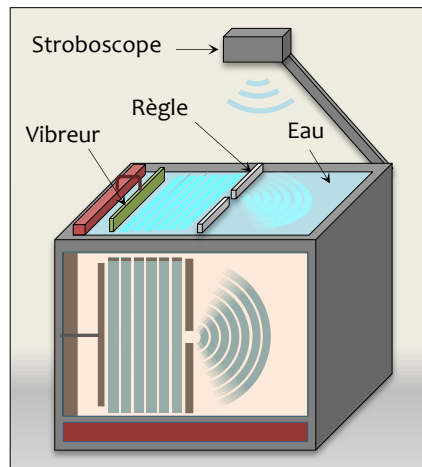
## II. Propriétés spécifiques aux ondes : diffraction et dispersion.

### 1. Diffraction d'une onde :

#### Activité 3 :

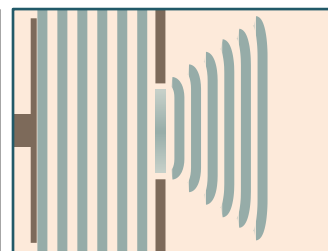
- Produire une onde périodique rectiligne à la surface de l'eau dans une cuve à ondes.
- Éclairer la surface de l'eau avec un stroboscope et régler la valeur de sa fréquence sur celle de la fréquence de l'onde.
- Disposer sur le trajet des ondes deux règles permettant de créer une ouverture de largeur réglable  $a$ .
- Diminuer la largeur de l'ouverture et observer.

1. *Qu'observe-t-on? Comment interpréter ces observations?*
2. *Dans quel cas, le phénomène de diffraction est-il plus marqué?*
3. *Comparer la fréquence et la longueur d'onde de l'onde diffractée à celles de l'onde incidente.*



Doc.8 Dispositif expérimental.

- En absence d'obstacle sur le trajet des ondes, on observe une immobilité apparente des rides rectilignes équidistantes.
- Après avoir traversé l'ouverture de l'obstacle, l'onde devient circulaire, centrée sur l'ouverture, lorsque la largeur  $a$  est très petite.
- L'étalement de l'onde à la sortie de l'ouverture illustre le phénomène de diffraction. Dans ce cas l'ouverture joue le rôle d'une source ponctuelle d'une onde circulaire affectant tous les points situés derrière l'obstacle.
- Le phénomène de diffraction est important lorsque la largeur  $a$  de l'ouverture est inférieure ou égale à la longueur d'onde  $\lambda$  ( $a \leq \lambda$ ).
- L'onde diffractée et l'onde incidente ont la même fréquence et la même longueur d'onde.



Doc.9 Cas de  $a > \lambda$ .



Doc.10 Cas de  $a \leq \lambda$ .

- Le phénomène de diffraction se manifeste lorsque la largeur d'une ouverture est inférieure ou voisine de la longueur d'onde :  $a \leq \lambda$
- L'onde diffractée a la même fréquence et la même longueur d'onde que l'onde incidente.

### 2. Dispersion d'une onde :

#### Activité 4 :

- Produire une onde rectiligne sur la surface de l'eau d'une cuve.
- Mesurer la longueur d'onde  $\lambda$  pour différentes fréquences  $\nu$  de l'onde et regrouper les résultats dans un tableau.
  1. *Compléter le tableau ci-contre.*
  2. *La vitesse de propagation dépend-elle de la fréquence de l'onde?*

$\nu$ (Hz)	20	25	30	35
$\lambda$ (cm)	1	0,9	0,8	0,7
$v$ (m/s)				

Doc.11 Tableau des résultats obtenus.

- Lorsque on change la fréquence  $\nu$  de l'onde, la longueur d'onde  $\lambda$  change et la vitesse de propagation  $v = \lambda \cdot \nu$  change aussi.
- La vitesse de propagation de l'onde dans l'eau dépend de sa fréquence. L'eau est un milieu dispersif.

- Un milieu dispersif est un milieu dans lequel la vitesse de propagation d'une onde dépend de sa fréquence.