

# Cours N°P 2 : Les ondes mécaniques progressives périodiques

**Introduction :** La houle (onde de la mer) peut être considérée comme une onde mécanique périodique.

- Qu'est-ce qu'une onde mécanique périodique ?
- Quelles sont les caractéristiques d'une onde mécanique périodique ?



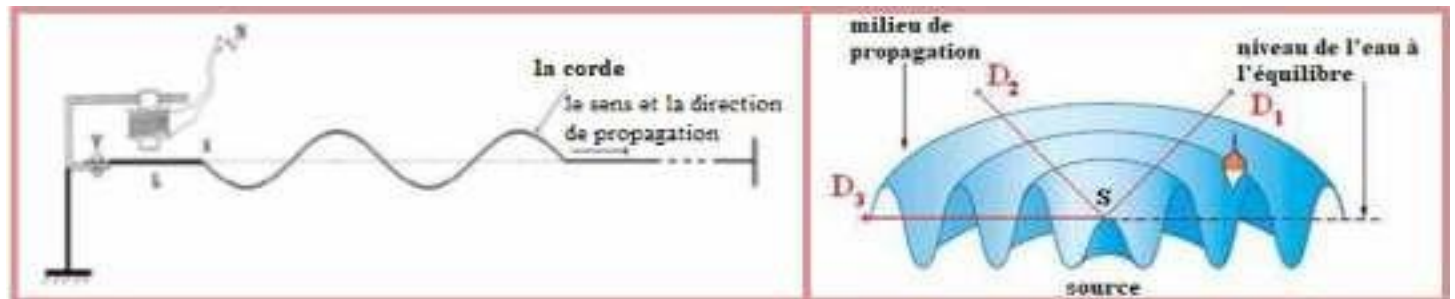
## I. Les ondes mécaniques progressives périodiques :

### 1. Définition :

Une onde progressive est dite périodique si l'évolution temporelle de chaque point du milieu de propagation est périodique.

### Exemples :

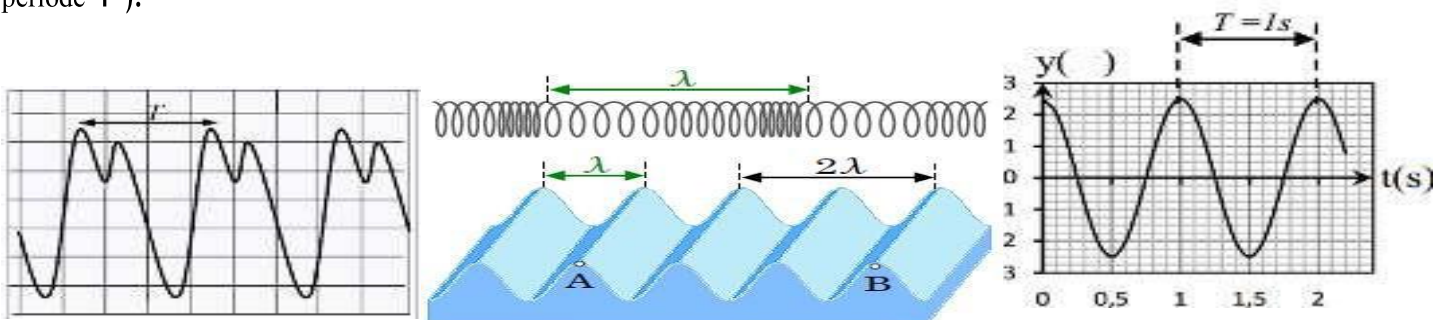
L'onde propagée le long d'une corde ou à la surface d'eau peut être périodique si la source a un mouvement.



### 2. La double périodicité temporelle et spatiale :

L'onde mécanique progressive périodique se caractérise par :

- Une périodicité temporelle (période  $T$ ) : C'est la petite durée au bout de laquelle la perturbation se reproduit identique à elle-même.
- Une périodicité spatiale (longueur d'onde  $\lambda$ ) : C'est la petite distance séparant 2 points successifs ayant le même état de vibration. (ou : c'est la distance parcourue par l'onde pendant une période  $T$ ).



### Remarque :

La fréquence  $\nu$  : C'est le nombre de périodes par unité de temps. il est lié à la période par la relation :

.....

### ❖ Application 1 :

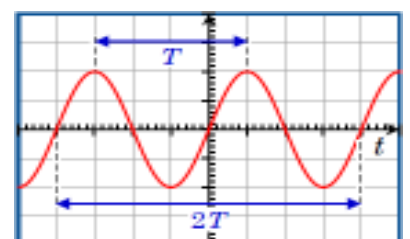
Déterminer la période et la fréquence pour la figure ci-contre :

On donne :  $S_h = 5 \text{ ms/div}$

.....

.....

.....



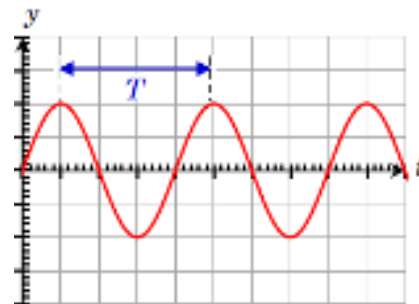
## II. L'onde mécanique progressive sinusoïdale :

### 1. Définition :

Une onde mécanique progressive périodique est dite sinusoïdale si l'évolution temporelle de la source peut être associée à une fonction sinusoïdale et l'élongation d'un point du milieu de propagation s'écrit de la manière suivante :

.....

$\left\{ \begin{array}{l} A : \dots\dots\dots \\ T : \dots\dots\dots \\ v : \dots\dots\dots \end{array} \right.$



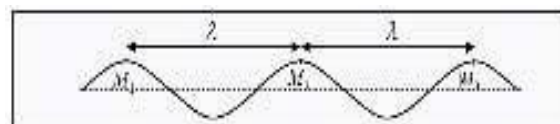
### 2. Comparaison de l'état vibratoire de deux points du milieu de propagation :

- Si : .....

On dit que **M** et **M'** vibrent en .....

- Si : .....

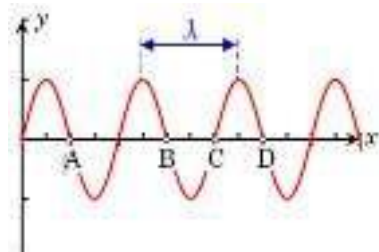
On dit que **M** et **M'** vibrent en .....



### Application 2 :

Comparer l'état vibratoire de point **A** et **B** , **A** et **D** , **A** et **C**.

.....  
 .....  
 .....



### 3. La vitesse de propagation d'une onde mécanique progressive sinusoïdale :

On définit la vitesse de propagation d'une onde par la relation suivante :

$\left\{ \begin{array}{l} V : \dots\dots\dots \\ \lambda : \dots\dots\dots \\ T : \dots\dots\dots \\ v : \dots\dots\dots \end{array} \right.$

.....

**Application 3 :** Un vibreur de fréquence  $N = 100$  Hz génère une onde progressive sinusoïdale le long d'une corde élastique.

1. Calculer la période  $T$  de l'onde.

.....

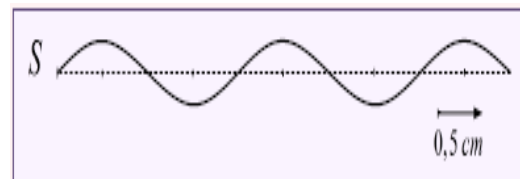
2. Calculer la vitesse  $V$  de l'onde.

.....

3. On éclaire la corde avec un stroboscope de fréquence réglable  $N_e$ . et on règle la fréquence du stroboscope sur les valeurs 100 Hz, 99 Hz et 101 Hz. Décrire l'aspect de la corde pour chaque fréquence.

**Remarque :** La stroboscopie est une méthode d'observation d'un mouvement en utilisant le stroboscope qui est un appareil qui émet des éclairs périodiques selon des fréquences réglables.

.....  
 .....  
 .....  
 .....



### III. Les ondes sonores Les ondes ultra-sonores

#### 1. Définition

**Les ondes sonores :** sont des ondes mécaniques périodiques longitudinales résultant de la compression et la dilatation des constituants du milieu de propagation. La célérité d'une onde sonore est d'autant plus grande que la densité du milieu est élevée  $V_{\text{gaz}} < V_{\text{liquide}} < V_{\text{solide}}$ ,

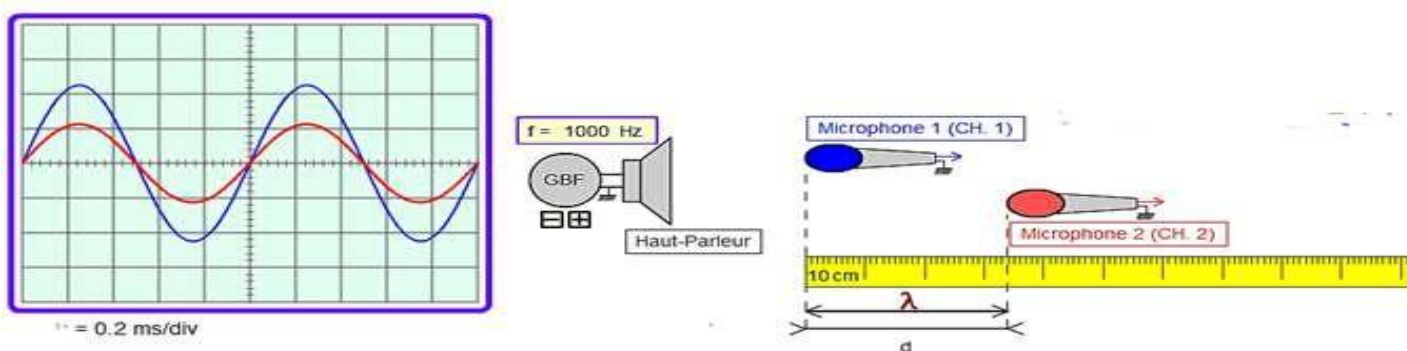
**Les ondes ultrasonores** sont des ondes sonores dont la fréquence est supérieure à 20kHz, ils sont inaudibles et ils se réfléchissent partiellement sur un obstacle.

**Remarque :** Les ultrasons ne peuvent pas être entendus par l'homme, mais certains animaux comme les chauves-souris, les dauphins ou les baleines sont capables de les percevoir.

#### 3. Détermination expérimentale de la vitesse de propagation d'une onde sonore :

##### a- Expérience des deux microphones:

Pour déterminer la vitesse de propagation du son émis par un haut-parleur dans l'air on utilise le montage suivant: Après avoir activé le haut-parleur on visualise sur l'écran de l'oscilloscope le signal correspondant à chacun des microphones  $M_1$  et  $M_2$ .



Lorsque les deux microphones sont placés côte à côte face au haut-parleur et à la même distance de lui, les deux signaux correspondant à  $M_1$  et à  $M_2$  sont en phase.

Pour un son de fréquence de  $10^3$  Hz émis, on laisse le microphone  $M_1$  à sa place et on déplace le microphone  $M_2$  lentement et parallèlement à l'axe du haut-parleur (HP).

On indique la distance  $d$  chaque fois que les deux signaux sont en phase et on obtient les résultats suivants:

$d$ (cm)	34	68	102	136
----------	----	----	-----	-----

Or deux points du milieu de propagation vibrent en phase si la distance qui les sépare est un multiple de la longueur d'onde  $d = k\lambda$

**Déterminer la longueur d'onde, La période et déduire la vitesse de propagation d'onde sonore émise par le HP.**

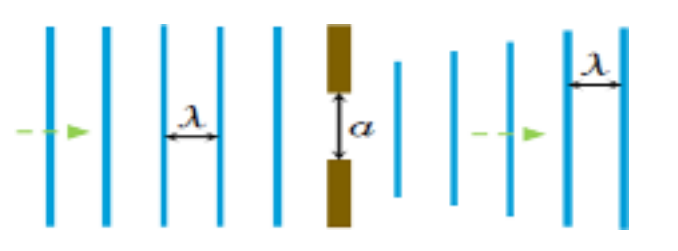
### III. Phénomène de diffraction :

**Activité 1 :** On fait créer des ondes rectilignes dans la cuve à ondes qui se propagent avec une vitesse  $V = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , puis on éclaire la surface de l'eau avec un stroboscope de tel sorte que sa fréquence soit égale à celle des ondes  $N_e = 10 \text{ Hz}$ , et on voit que tous les points de la surface de l'eau apparaissent immobiles. On Place deux plaques parallèles dans la cuve de manière à former une fente de largeur  $a$  modifiable. On varie  $a$  et on obtient les deux figures suivantes :

Figure 1 :  $a = 0.05 \text{ m}$



Figure 2 :  $a = 0.3 \text{ m}$



1. Calculer la longueur d'onde incidente.

2. Comparer la longueur d'onde incidente  $\lambda$  à la largeur  $a$  de la fente dans chaque figure.

3. Décrire, pour chaque figure, ce qui arrive aux ondes lorsqu'elles traversent la fente.

4. L'onde circulaire est appelée l'onde diffractée et le phénomène s'appelle phénomène de diffraction. Quelle sont les conditions pour que les ondes soient diffractées ?

5. Comparer la longueur d'onde diffractée avec la longueur de l'onde incidente.

#### Conclusion

Lorsqu'une onde progressive sinusoïdale rencontre.....avec ouverture de largeur ....., une modification de la structure de l'onde se produit (c.-à-d. un changement de direction de sa propagation), si .....où  $\lambda$  est la longueur d'onde incidente sur l'obstacle, ce phénomène s'appelle .....

### IV. Le milieu dispersif :

**Activité 2 :** On fait créer une onde circulaire dans la cuve à ondes, on ajuste la fréquence  $\nu$  de l'onde circulaire à différentes valeurs, et à chaque fois on éclaire la surface de l'eau avec un stroboscope réglé à la même fréquence de l'onde, on observe que tous les points de la surface de l'eau apparaissent immobiles, puis on mesure la longueur d'onde correspondante.

1. Compléter le tableau suivant :

$\nu \text{ (Hz)}$	20	25	30	35
$\lambda \text{ (m)}$	1	0,9	0,8	0,7
$V \text{ (m/s)}$				

2. On dit qu'un milieu est dispersif si la vitesse de propagation d'une onde dans ce milieu dépend de sa fréquence. L'eau est-elle un milieu dispersif ?

## Conclusion :

**Exemples :** - L'eau est un milieu ..... - L'air est un milieu ..... pour les ondes sonores.

## Série N°2 : Ondes mécaniques progressives périodiques

**Exercice 1 :** On crée, à l'instant  $t = 0$ , en un point S de la surface de l'eau, une onde mécanique progressive sinusoïdale de fréquence  $N=50\text{Hz}$ . La figure ci-dessous représente une coupe verticale de la surface de l'eau à un instant  $t$ . La règle graduée sur le schéma indique l'échelle utilisée.

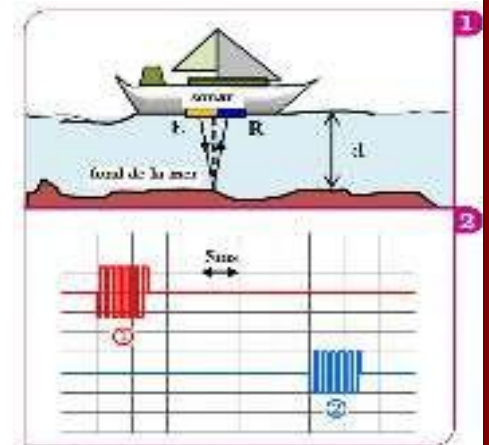


- 1) Déterminer la longueur d'onde.
- 2) Quelle est la vitesse de propagation de l'onde à la surface de l'eau.
- 3) Que est l'instant  $t$ , où la coupe de la surface de l'eau est représentée ;
- 4) On considère un point M de la surface de l'eau, éloigné de la source S d'une distance  $SM = 6\text{ cm}$ . Le point M reprend le même mouvement que celui de S avec un retard temporel  $\tau$ .
- 5) Ecrire la relation entre l'élongation du point M et celle de la source S.

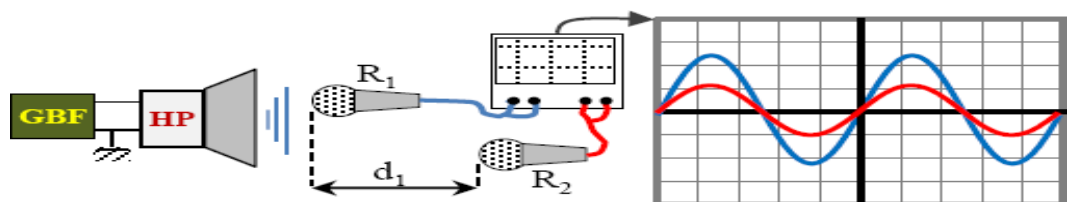
**Exercice 2 :** Le sonar est un capteur formé d'une sonde qui contient un émetteur E et un récepteur R des ultrasons. il est utilisé dans la navigation maritime pour connaître la profondeur d'eau et permet aux navires de s'approcher de la cote en toute confiance. Pour déterminer la profondeur l'émetteur E émet des ultrasons sinusoïdaux vers le fond de la mer, une partie de ces ultrasons réfléchissent et sont captés par le récepteur R.

Le graphe ci-contre représente le signal émis par E et le signal reçu par R.

- 1- Définir une onde mécanique progressive.
- 2- L'onde sonore est-elle longitudinale ou transversale ?
- 3- On utilise des ultrasons de fréquence  $N = 200\text{kHz}$  qui se propagent dans l'eau de mer avec une célérité  $V_{\text{eau}} = 1500\text{ m.s}^{-1}$ .
  - a- Calculer la période  $T$  et la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde sonore.
  - b- À partir du graphe déterminer la durée  $\Delta t$ .
  - c- On suppose que les ultrasons suivent une trajectoire verticale, exprimer la profondeur  $d$  en fonction de  $\Delta t$  et  $V_{\text{eau}}$ . calculer la valeur de  $d$ .



**Exercice 3 :** Pour déterminer la célérité de propagation des ondes sonores dans l'air on réalise le montage expérimental suivant. -Le graphe représente les variations de tension entre les bornes de chaque microphone pour une distance  $d_1 = 41\text{cm}$ . (voir la figure ci-dessous)



- La distance qui sépare  $R_1$  et  $R_2$  est  $d_1$
- La sensibilité horizontale est  $0.1\text{ ms/div}$ .

- 1- Définir la longueur d'onde  $\lambda$  et la période  $T$ .
- 2- Donner la différence entre l'onde mécanique longitudinale et l'onde mécanique transversale.