

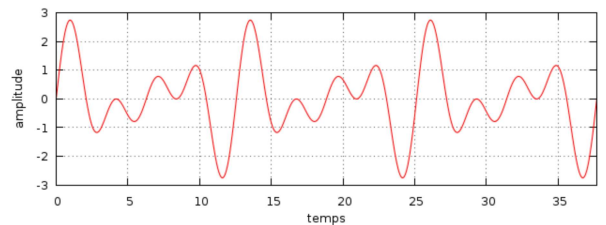
## 1 L'onde mécanique progressive périodique

### 1.1 Définition.

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

Exemple :

- Le son émis par l'instrument musique est une onde progressive périodique.

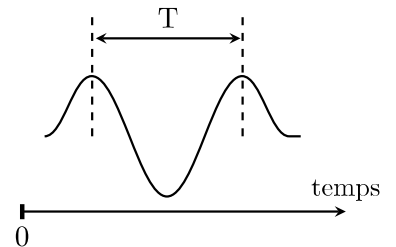


### 1.2 Double périodicité du phénomène.

#### 1.2.1 périodicité temporelle

L'onde mécanique progressive périodique se caractérise par une **périodicité temporelle** :

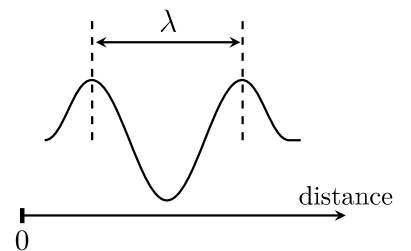
- La durée séparant l'arrivée de deux perturbation successives en un point.
- La durée nécessaire pour parcourir une distance égale à la longueur d'onde  $\lambda$



#### 1.2.2 périodicité spatiale

L'onde mécanique progressive périodique se caractérise aussi par une **périodicité spatiale** :

- La distance parcourue pendant un intervalle de temps égal à la période  $T$ .
- La distance entre deux crêtes (sommets) consécutifs (ou entre de fonds consécutifs).
- La distance séparant deux perturbations consécutives.



**Remarque :** Lorsqu'on éclaire une onde périodique de fréquence  $N$ , par un **stroboscope** réglé à une fréquence  $N_e$ .

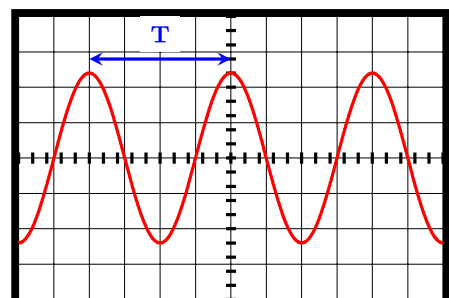
La corde affiche une **immobilité apparente** pour :  $N = k.N_e$  avec  $k$  un entier naturel.

Exemple :

Déterminer pour la figure ci-contre la période  $T$  et la fréquence  $N$ .

**On donne :**  $S_h = 5 \text{ ms.div}^{-1}$ .

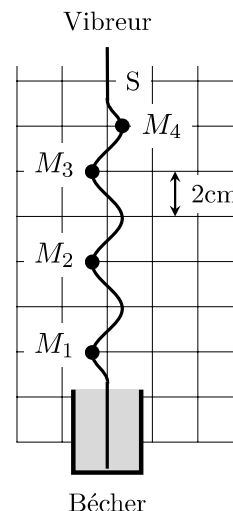
**Réponse :**  $T = 4 \text{ div} \cdot S_h = 20 \text{ ms} \Rightarrow N = \frac{1}{T} \Rightarrow N = 50 \text{ Hz}$



## 2 L'onde mécanique progressive sinusoïdale

### 2.1 Activité.

On fixe l'une des extrémités de la corde à la lame d'un vibreur où son mouvement rectiligne sinusoïdale de fréquence  $\nu = 100$  Hz, et l'autre extrémité à une masse marquée plongée dans un bûcher plein d'eau pour absorber l'onde. On fait fonctionner le vibreur et on éclaire la corde avec un stroboscope. La courbe ci-contre représente la forme de la corde à l'instant  $t$ .



1. Qu'observez-vous lorsqu'on varie la fréquence du stroboscope ?
2. Quelle est la forme de la corde ?
3. La corde se caractérise par une périodicité spatiale appelée longueur d'onde  $\lambda$ , mesurer la longueur d'onde  $\lambda$ .
4. Calculer  $\frac{\lambda}{T}$ , quelle est son unité ? Que représente cette grandeur ?
5. Exprimer les distances  $M_1M_2$ ,  $M_2M_3$ ,  $M_1M_3$  et  $M_1M_4$  en fonction de  $\lambda$ , et comparer les états vibratoires de  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$ .

### Réponses :

1. Les points de la corde apparaissent en mouvement ralenti lorsqu'on change la fréquence du stroboscope, et apparaissent immobiles lorsque la fréquence de la corde est égale à la fréquence du stroboscope.
2. La forme de la corde correspond à une fonction sinusoïdale.
3. On a :  $\lambda = 4$  cm .
4. On a :  $\frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 100 = 4$  m/s. Elle représente la vitesse de l'onde  $V = \frac{\lambda}{T}$ .
5. On a :  $M_1M_2 = M_2M_3 = \lambda$  et  $M_1M_3 = 2\lambda$ , on remarque que ces points ont le même mouvement au même instant.

### 2.2 Définition.

la **longueur d'onde**  $\lambda$  est la distance parcourue par l'onde progressive sinusoïdale pendant une durée égale à sa période  $T$ , tel que :

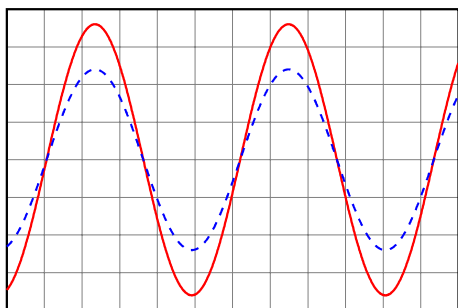
$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\nu}$$

- ☞  $\lambda$  : la longueur d'onde (m).
- ☞  $T$  : la période d'onde (s).
- ☞  $\nu$  : la fréquence (Hz).
- ☞  $v$  : vitesse de propagation (m/s)

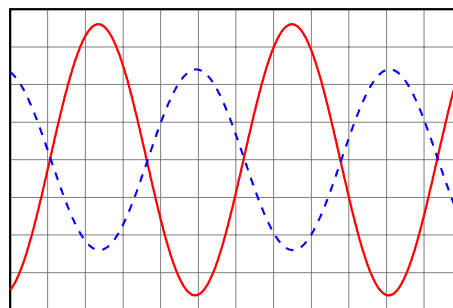
### Remarque :

On considère deux points M et N sur une corde vibrante.

- ☞ Si  $MN = k \cdot \lambda$  avec  $k \in \mathbb{Z}$ , les deux points M et N **vibrent en phase**.
- ☞ Si  $MN = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$  avec  $k \in \mathbb{Z}$ , les deux points M et N vibrent **opposition de phase**.



Deux ondes en phase



Deux ondes opposition en phase

### 3 Phénomène de diffraction

#### 3.1 Activité

On produit des ondes rectilignes dans la cuve à ondes qui se propagent à une vitesse  $v = 2 \text{ m.s}^{-1}$ , puis on éclaire la surface de l'eau avec un stroboscope telle que sa fréquence soit égale à celle des ondes ( $10 \text{ Hz}$ ), et on constate que tous les points de la surface d'eau apparaissent immobiles. On place deux plaques parallèles dans la cuve de manière à former une fente de largeur  $a$  variable. On varie  $a$  et on obtient les deux figures suivantes :

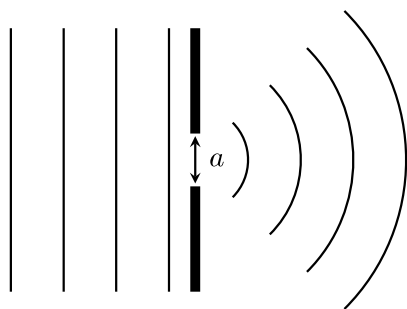
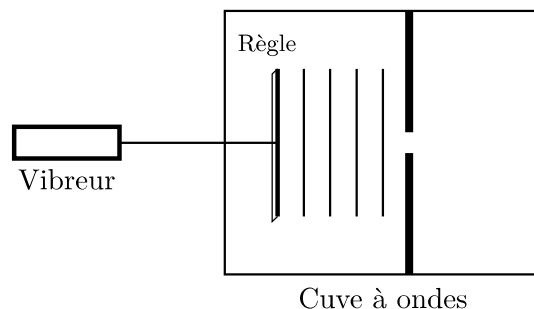


figure 1 :  $a = 0,1 \text{ m}$

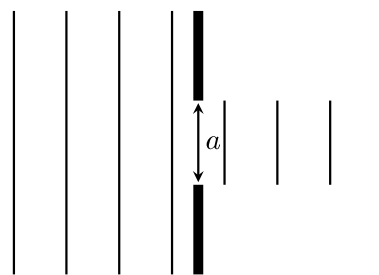


figure 2 :  $a = 0,3 \text{ m}$

1. Calculer la longueur d'onde incidente et la comparer à la largeur  $a$  de la fente dans chaque figure.
2. Décrire, pour chaque figure, ce qui arrive aux ondes lorsqu'elles traversent la fente.
3. L'onde circulaire est appelée l'onde diffractée et le phénomène s'appelle phénomène de diffraction. Quelle est la condition pour que les ondes soient diffractées ?
4. Comparer la longueur d'onde diffractée avec la longueur de l'onde incidente.

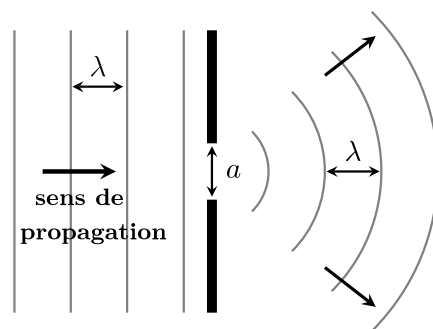
#### Réponses :

1. On a :  $\lambda = \frac{v}{\nu} = 0,2 \text{ m}$ . Dans la figure 1 on constate que  $a = \lambda$  et dans la figure 2 on remarque que  $a > \lambda$
2. Dans la figure 1, on obtient une onde circulaire après avoir traversé la fente tandis que dans la figure 2, l'onde reste rectiligne après avoir traversé la fente.
3. Pour que le phénomène se produise, il faut que :  $a \leq \lambda$ .
4. On remarque qu'elles ont la même longueur d'onde.

#### 3.2 Définition

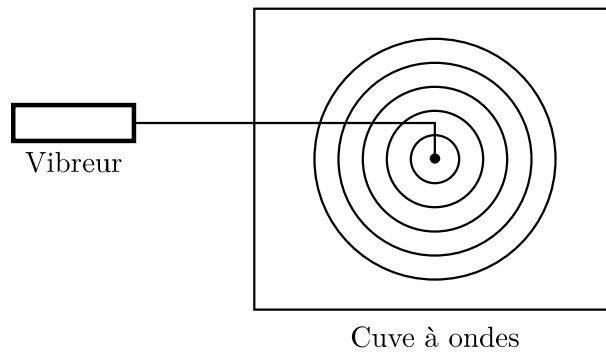
Lorsqu'une onde progressive sinusoïdale rencontre un obstacle avec ouverture de largeur  $a$ , une modification de la structure de l'onde se produit (c-à-d un **changement de direction de sa propagation**), si  $a \leq \lambda$  où  $\lambda$  est la longueur d'onde incidente sur l'obstacle, ce phénomène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

👉 Les ondes incidente et diffractée ont la même **longueur d'onde**, la même **fréquence** et la même **vitesse** si le milieu de propagation n'est pas changé.



#### Remarque

On peut également obtenir des ondes circulaires sur une cuve à ondes lorsque la source des vibrations est une pointe.



## 4 Le milieu dispersif

### 4.1 Définition

On dit que **le milieu est dispersif**, si la vitesse de propagation de l'onde dans ce milieu dépend de sa fréquence.

👉 Exemples :

Fréquence (Hz)	20	25	30	35
La vitesse (m/s)	0,245	0,240	0,225	0,200

Tableau 1 : vitesse de propagation d'une onde à la surface d'eau.

Fréquence (Hz)	400	2000	6300	125000
La vitesse (m/s)	343,56	343,56	343,56	343,56

Tableau 2 : vitesse de propagation d'une onde sonore dans l'air.

- 👉 La surface de l'eau est un milieu dispersif.
- 👉 L'air est un milieu non dispersif pour les ondes sonores.