

Physique : Thème : Les Ondes mécaniques Progressives

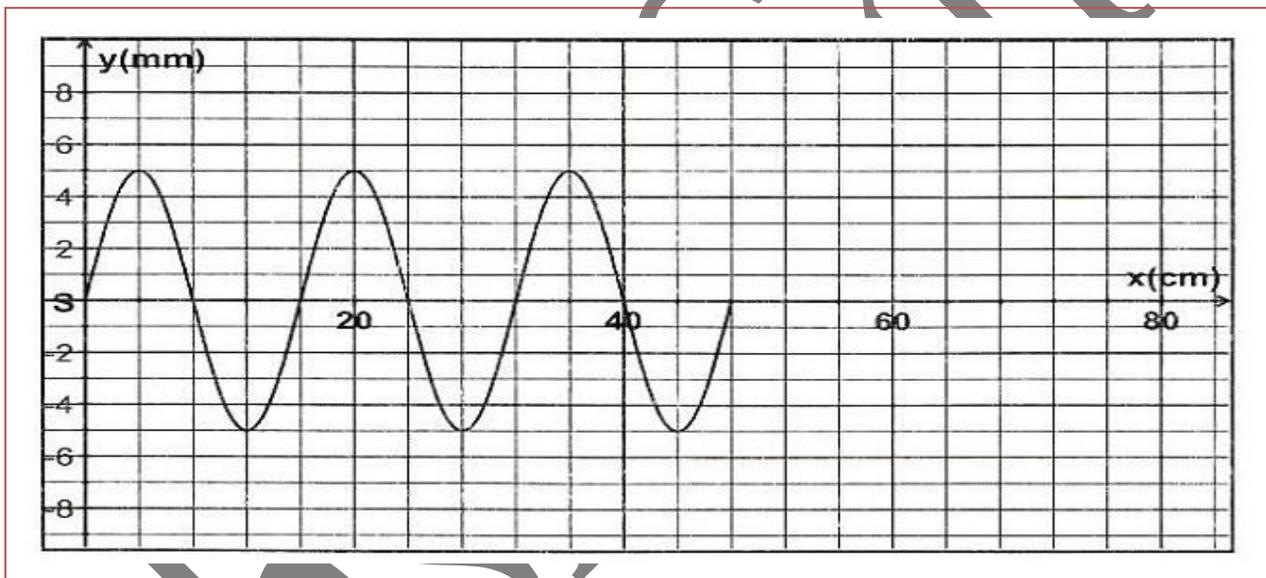
Exercice n°1 :

Une corde élastique de longueur $L= 80 \text{ cm}$ est tendue horizontalement . Son extrémité S est liée à une lame vibrante en mouvement sinusoïdal vertical d'équation : $y_s(t) = a.\sin(\omega t + \varphi_s)$ pour $t \geq 0$.

L'autre extrémité est munie d'un dispositif qui empêche la réflexion des ondes .

L'amortissement est supposé nul.

1°) L' aspect de la corde à un instant t_0 donné est représenté dans la figure 1 .



a°) Définir la longueur d'onde λ .

b°) A l'aide de la figure 1 :

* Déterminer l'amplitude de vibration des différents points de la corde atteints par l'onde ainsi que la valeur de la longueur d'onde λ .

* Montrer que la phase initiale du mouvement de la source est $\varphi_s = \pi \text{ rad}$.

2°) a°) Sachant qu'un point M_1 de la corde d'abscisse $x_1 = 24 \text{ cm}$ au repos , est atteint par le front d'onde à l'instant $t_1 = 12 \text{ ms}$:

* Calculer la célérité de l'onde .

* En déduire la valeur de la période de vibration de la lame excitatrice.

b°) Déterminer en fonction de λ , la distance séparant le point M_1 de la source S et en déduire la phase initiale du point M_1 .

c°) Ecrire l'équation horaires du mouvement du point M_1 de la corde.

3°) a°) Déterminer la valeur de l'instant t_0 auquel correspond l'aspect de la corde , représenté dans la figure 1.

b°) Déduire de l'aspect de la corde t_0 , son aspect à l'instant $t_2 = 36 \text{ ms}$.

Exercice n°2 :

La pointe S d'un vibreur , de fréquence N réglable , excite la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes en un point O. Ainsi , une onde mécanique circulaire prend naissance et se propage à la surface de l'eau avec une célérité v .

Pour assurer l'immobilité du phénomène et mesurer la longueur d'onde λ , on utilise une lumière stroboscopique de fréquence convenable à celle du vibreur. On supposera que les bords de la cuve à ondes empêchent toute réflexion.

L'ensemble des points , dont l'élongation est maximale , constituent les lignes de crêtes de cette onde qui se propage à la surface libre de l'eau.

A un instant donné, ces lignes de crêtes sont schématisées, sur la figure 4 , par des traits pleins.

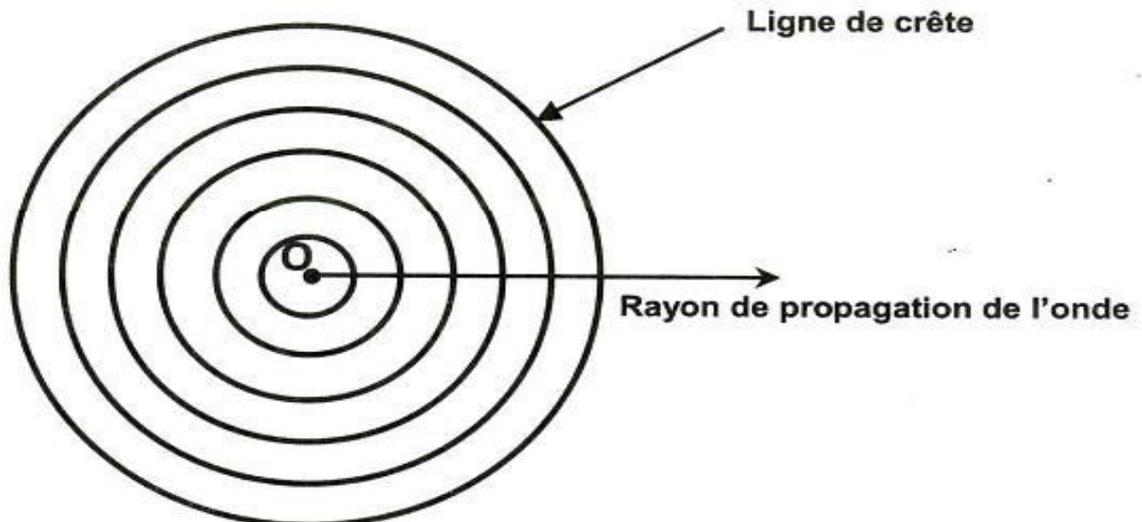


Figure 4

1°) Pour une fréquence N_1 de N égale à **20Hz** et selon un rayon de propagation de l'onde , la mesure de la distance d_1 qui sépare cinq crêtes consécutives donne $d_1 = 32\text{mm}$.

a°) déterminer la valeur de la longueur d'onde λ_1 de l'onde qui se propage .

b°) En déduire la valeur de la célérité v_1 de l'onde.

2°) Pour une fréquence N_2 de N égale **30Hz** et selon un rayon de propagation , une nouvelle mesure de la valeur de la longueur d'onde donne $\lambda_2 = 6\text{mm}$.

a°) En déduire la valeur de la célérité v_2 de l'onde.

b°) Justifier que l'eau est un exemple de milieu dispersif.

3°) Pour la fréquence $N_2 = 30\text{Hz}$, l'élongation d'un point A , appartenant à la deuxième ligne de crête de l'onde qui se propage , a pour expression : $y_A(t) = a \cdot \sin(2\pi Nt)$ pour $t \geq 0$.

L'élongation d'un point B , situé sur le même rayon de propagation que A et à une distance $AB = 3,5\lambda_2$, a pour expression : $y_B(t) = a \cdot \sin(2\pi Nt + \varphi)$ pour $t \geq \theta$, avec $\theta = \frac{AB}{v_2}$.

a°) Déterminer la valeur de la phase φ de l'élongation y_B .

b°) En déduire la nature de mouvement du point B par rapport à celle de A.

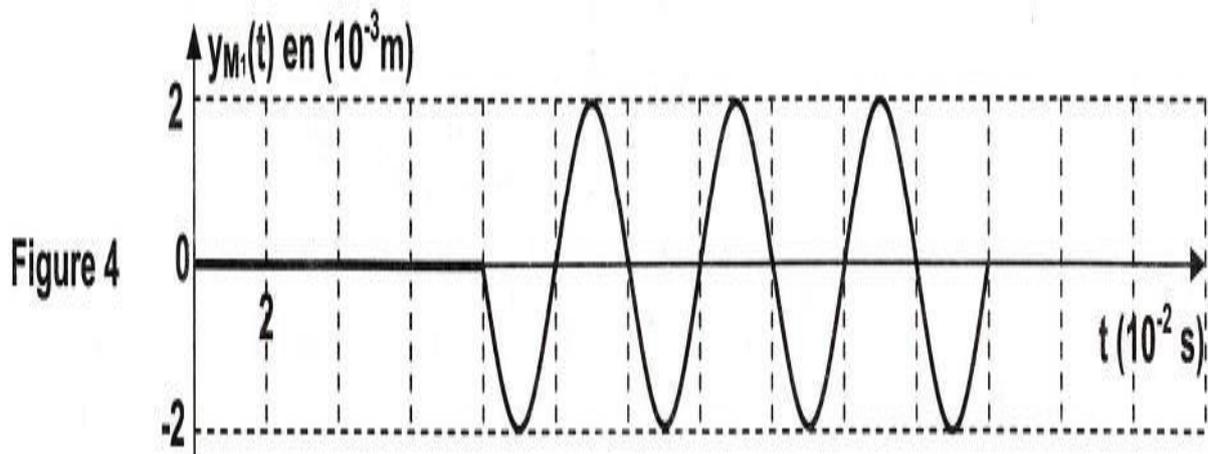
c°) Préciser, sur la distance AB et par rapport au point A, les positions des points qui vibrent en opposition de phase avec A.

Exercice n°3 :

En un point S, de la surface d'une nappe d'eau d'une cuve à ondes, une source ponctuelle produit des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude $a = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ et de fréquence N.

A l'instant $t=0$, le point S débute son mouvement en partant de l'état de repos. La sinusoïde du temps traduisant l'évolution de l'élongation d'un point M_1 de la surface de l'eau située à la distance $x_1 = 4 \text{ cm}$ de S, lorsque M_1 et S sont au repos, est donnée par la figure 4.

La réflexion et l'amortissement des ondes sont supposés négligeables.



1°) a°) Déterminer, à partir du graphe, la fréquence N et montrer que la célérité de propagation de l'onde est $v = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

b°) Définir la longueur d'onde λ , calculer sa valeur.

2°) a°) Montrer que les points M_1 et S, de la surface de l'eau, **vibrent en phase**.

b°) Déduire que l'équation horaire du mouvement de la source S s'écrit :

$$y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(50\pi t + \pi) \quad \text{exprimée en m.}$$

3°) a°) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M de la surface de l'eau situé, au repos à une distance $SM = x$ de S.

b°) Représenter une coupe de la surface de l'eau, à l'instant $t_0 = 8 \cdot 10^{-2} \text{ s}$, suivant un plan vertical passant par S.

4°) a°) Déterminer les lieux des points de la surface de l'eau qui vibrent en opposition de phase avec S à l'instant t_0 .

b°) Préciser, en le justifiant, si les points qui sont en opposition de phase avec S, à l'instant t_0 vont vibrer, juste après t_0 , verticalement dans le sens ascendant supposé positif ou bien dans le sens descendant.

Exercice n°4 : Un vibreur provoque à l'extrémité S d'une corde élastique un mouvement vibratoire sinusoïdal d'équation : $y_S(t) = a \cdot \sin(2\pi Nt + \varphi)$; a, N et φ désignent respectivement , l'amplitude , la fréquence et la phase initiale de S.

La source S débute son mouvement à l'instant de date $t_0 = 0$ s.

On néglige toute atténuation de l'amplitude et toute réflexion de l'onde issue de S.

1°) a°) Qu'appelle-t-on onde ?

b°) L'onde se propageant le long de la corde est -elle transversal ou longitudinale ?

2°) A l'instant $t_0 = 2 \cdot 10^{-2}$ s, le point M_1 de la corde d'abscisse $x_1 = 10$ cm entre en vibration. Montrer que la célérité de l'onde le long de la corde est $v = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3°) La courbe représentant l'aspect de la corde à un instant t_2 est donnée par la figure 3.

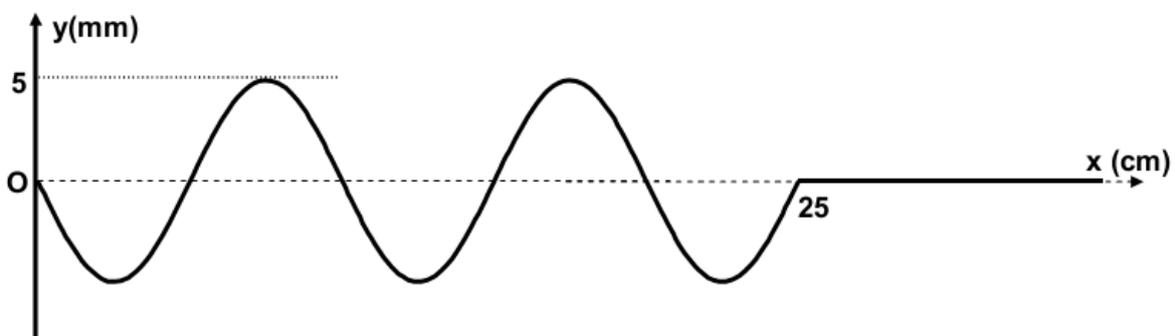


Figure 3

a°) En exploitant cette courbe , déterminer les valeurs de :

* L' amplitude a ;

* La longueur d'onde λ .

* l'instant t_2 .

b°) Déterminer la valeur de la fréquence N.

c°) Montrer que la phase initiale φ de S est égale à π .

4°) a°) Représenter, sur la figure suivante , le diagramme du mouvement du point M_1 .

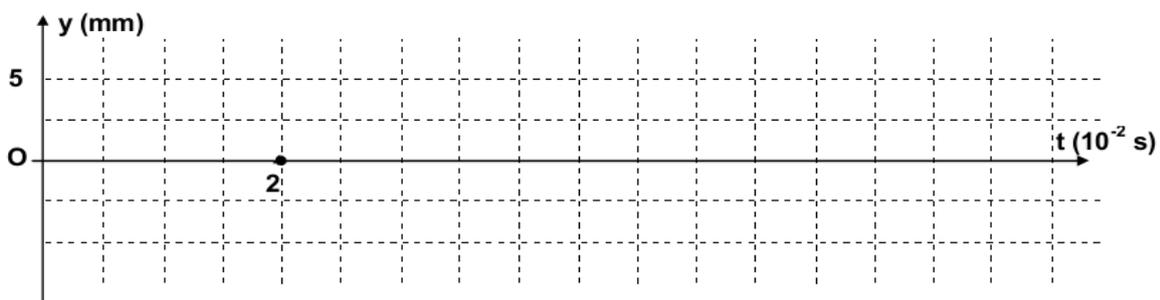


Figure 4

b°) Préciser le signe de la vitesse de ce point à l'instant t_2 .

c°) Déterminer , à l'instant t_2 , les abscisses des points de la corde ayant la même elongation et la même vitesse que M_1 .

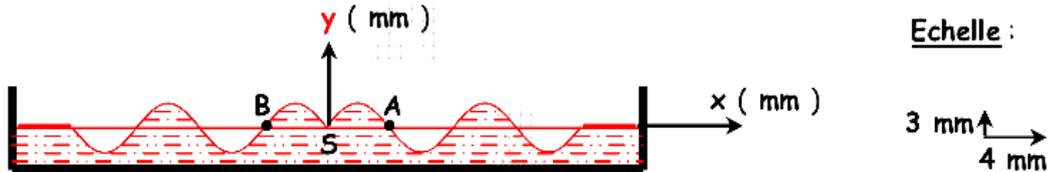
Exercice n°5 :

En un point S de la surface de l'eau d'une cuve à ondes, une source ponctuelle produit des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude $a = 3 \text{ mm}$ et de fréquence N . Des ondes circulaires transversales de même amplitude a se propagent à la surface de l'eau à partir de S avec la célérité v . On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni amortissement des ondes.

Le mouvement de S débute à l'instant $t = 0$ et admet comme équation horaire :

$$y_S(t) = a \sin(2\pi Nt + \pi)$$

Le graphe de la figure ci-dessous représente une coupe de l'aspect que prend la surface de la nappe d'eau, à l'instant $t_1 = 0,2 \text{ s}$, suivant un plan vertical passant par S .



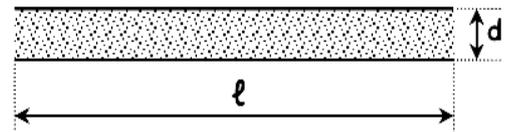
- 1°) Décrire ce que l'on observe à la surface de l'eau, en lumière ordinaire.
- 2°) Déterminer à partir du graphe de la figure ci-dessus :
 - a) La longueur d'onde λ .
 - b) Le célérité v de l'onde à la surface de l'eau et en déduire la valeur de la fréquence N .
- 3°) a) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M , d'abscisse x , de la surface de la nappe d'eau atteint par l'onde.
b) Comparer les mouvements des points A et B de la surface de la nappe d'eau.

Exercice n°6 :

L'extrémité O d'une corde OA de longueur $\ell = 50 \text{ cm}$, tendue horizontalement, est liée à une lame vibrant verticalement avec une fréquence $N = 100 \text{ Hz}$ et d'amplitude a . L'autre extrémité A est liée à un dispositif d'absorption évitant toute réflexion de l'onde. Celle-ci se propage le long de la corde avec une célérité $v = 10 \text{ m.s}^{-1}$.

- 1°) En lumière ordinaire, la corde prend l'aspect d'une bande floue de largeur $d = 4 \text{ mm}$, comme l'indique la figure ci-contre.

- a) Déduire la valeur de l'amplitude a .
- b) Montrer que l'amortissement est négligeable.
- c) Déterminer la longueur d'onde λ .



- 2°) a) Ecrire l'équation horaire du mouvement de O , ainsi que celle du mouvement d'un point M du fil situé au repos à la distance $OM = x = 17,5 \text{ cm}$.
On suppose qu'à la date $t = 0 \text{ s}$, la source O débute son mouvement en allant dans le sens positif.

- b) Comparer le mouvement du point **M** avec celui de la source **O** .
 c) Représenter sur le même système d'axes le diagramme du mouvement de **O** et celui de **M** sur l'intervalle $[0 ; 3T]$.
- 3°) a) Représenter l'aspect de la corde à la date $t_1 = 2,75 \cdot 10^{-2} \text{ s}$.
 b) Placer sur le graphe précédent , les points qui , à la date t_1 ont une elongation égale à -10^{-3} m , se déplaçant dans le sens descendant .
- 4°) La corde est éclairée par une lumière stroboscopique de fréquence N_e réglable .
 Décrire ce que l'on observe lorsque N_e prend les valeurs :
 * $N_e = 25 \text{ Hz}$.
 * $N_e = 51 \text{ Hz}$.
 * $N_e = 98 \text{ Hz}$.

Exercice n°7 :

Dans tout l'exercice , on néglige l'amortissement tout au long de la propagation .
 On dispose d'un vibreur dont la pointe affleure au repos un point **O** de la surface d'une nappe d'eau initialement au repos . Le mouvement de **O** débute à $t = 0 \text{ s}$.

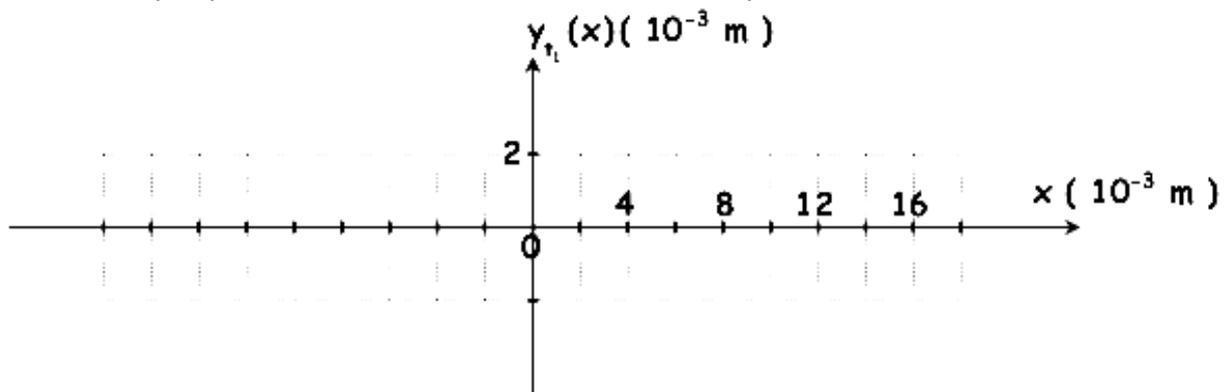
1°) Ecrire l'équation horaire $y_O(t)$ du mouvement du point **O** sachant que celui-ci est animé d'un mouvement vertical sinusoïdal de fréquence $N = 100 \text{ Hz}$ et d'amplitude 2 mm , et à l'instant $t = 0 \text{ s}$, il débute son mouvement dans le sens négatif .

On donne : la vitesse de propagation de l'onde est $v = 0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2°) Calculer la valeur de la longueur d'onde λ .

3°) Ecrire l'équation horaire $y_M(t)$ du mouvement d'un point **M** de la surface du liquide d'abscisse x .

4°) a) Tracer , en respectant l'échelle adoptée , une coupe de la surface du liquide par un plan vertical passant par **O** à la date $t_1 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ s}$ sur la figure ci-dessous « à remplir par le candidat et à remettre avec la copie » .



b) Placer sur le tracé précédent les points possédant à l'instant t_1 une elongation égale à -1 mm et se déplaçant dans le sens descendant .