Les ondes mécaniques

Exercice N° 1 :

Dans cet exercice le milieu de propagation est un liquide contenu dans une cuve à onde.

Les ondes se propagent avec la même vitesse dans toutes les directions sans amortissement et sans réflexion sur les bords de la cuve à onde. Leur longueur d'onde est $\lambda = 8mm$.

Une pointe verticale exite la surface libre du liquide au repos en un point S_1.

Elle produit des vibrations verticales sinusoïdales d'équation $y_{S1}(t) = 2.10^{-3} \sin(200\pi.t + \pi)$ pour $t \geq 0$; y est en mètre et t en seconde.

1°/
- Décrire l'aspect de la surface libre du liquide observé en lumière ordinaire.
- Expliquer brièvement pourquoi cet aspect est-il particulièrement plus net au voisinage de S_1.
- Montrer que les points M_1 situé à la distance $d_1 = 16cm$ de S, vibrent en phase avec S.

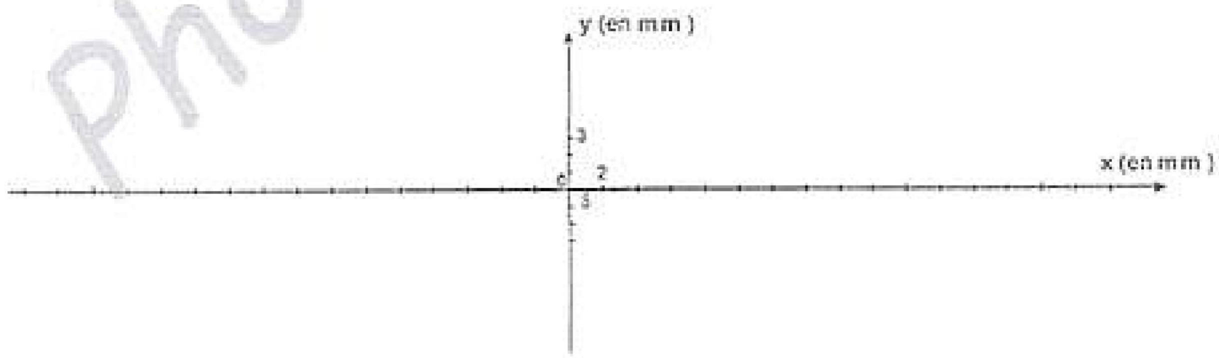
2°/ a) Soit M un point appartenant à la surface du liquide et situé à une distance d de S_1.
Montrer que l'équation horaire du mouvement de M lorsqu'il est atteint par l'onde issue de S_1 s'écrit : $y_M(t,d) = 2.10^{-3} \sin(200\pi.t - 250\pi.d + \pi)$ pour $t \geq 1{,}25.d$, et telle que y et d sont en mètre et t en seconde.

b) Représenter l'aspect d'une coupe fictive de la nappe du liquide par un plan vertical contenant S_1 à l'instant de date $t_1 = 3.10^{-2}s$.
Le travail demandé sera schématisé sur la figure ci dessous conformément à l'échelle indiquée.

3°/ a) Déterminer les lieux des points de la surface de l'eau qui vibrent en opposition de phase avec S à l'instant t_1.

b) Préciser en le justifiant, si les points qui sont en en opposition de phase avec S, à l'instant t_1, vont vibrer, juste après t_1, verticalement dans le sens ascendant supposé positif, ou bien dans le sens descendent.

4°/ La surface libre du liquide est éclairée par une lumière stroboscopique de fréquence N_e réglable.
Décrire l'aspect de la surface du liquide lorsque N_e prend les valeurs :
- $N_e = 100$ Hz.
- $N_e = 49$ Hz.



Exercice N°2 :

Une corde élastique de longueur L = 80 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.

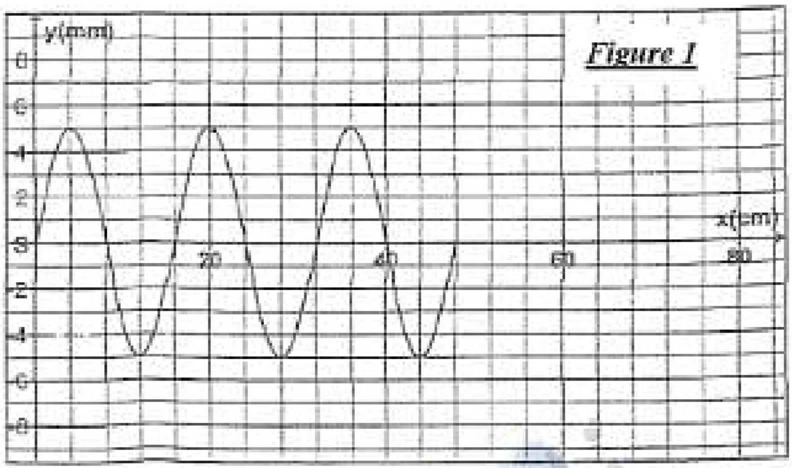


Figure 1

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 : $\varphi_s = \pi\ rad$.

2°/ a) Sachant qu'un point M_1 de la corde d'abscisse x_1 = 24 cm au repos, est atteint par le front d'onde à l'instant t_1 = 12 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 horaire 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 figure1.

b) Déduire de l'aspect de la corde à l'instant t_0, son aspect à l'instant t_2 = 36 ms.

Exercice N°3 :

Une corde élastique de longueur L = 0,6 m tendue horizontalement est attachée par son extrémité S au bout d'une lame vibrante qui lui communique des vibrations sinusoïdales transversales, d'amplitude a = 4 mm et de fréquence N (voir figure 1). Une onde progressive transversale de même amplitude a se propage le long de la corde à partir de S avec la célérité v = 10 m.s^{-1}.

On suppose qu'il n'y a ni amortissement ni réflexion des ondes.

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

$$y_s(t) = 4.10^{-3}\sin(200\pi t + \pi).$$

Figure 1

1°/ Déterminer la valeur de la fréquence N, puis celle de la longueur d'onde λ.

a) Soit M un point de la corde d'abscisse x = SM dans le repère (S, $\vec{i}$). Etablir l'équation horaire du mouvement de ce point.

b) Montrer que les deux points A et B de la corde d'abscisses respectives x_A = 2,5cm et x_B = 22,5cm vibrent en phase.

2°/ *L'aspect de la corde à un instant t_1 est représenté sur la figure 2.*

Figure 2

a) Déterminer graphiquement la valeur de t_1.

b) *Déterminer les positions des points N_i de la corde ayant, à l'instant t_1, l'élongation $y_{Ni} = \frac{a}{2}$.*

c) Parmi ces points, déduire celui qui vibre en phase avec le point N_1 d'abscisse $x_1 = 3{,}33$ cm.

Exercice N°4 :

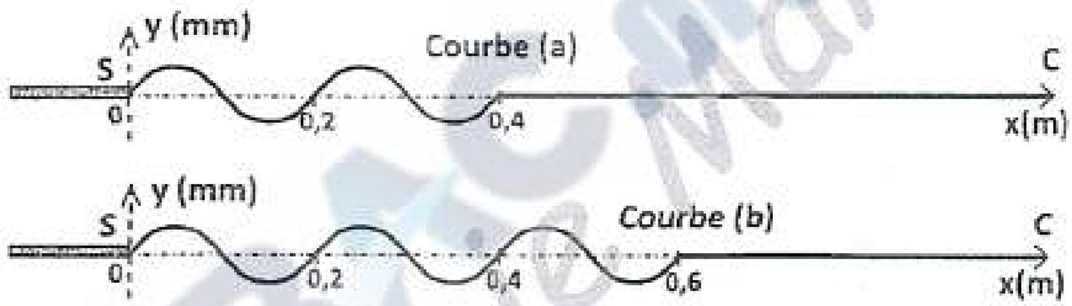
Considérons une corde élastique SC de longueur L = SC = 1 m, tendue horizontalement. Son extrémité S est reliée à une lame qui vibre perpendiculairement à la direction SC (Figure 3). Elle est animée d'un mouvement rectiligne sinusoïdal d'amplitude a = 3 mm, de fréquence N et d'élongation instantanée $y_s = 3.10^{-3}\sin(2\pi Nt + \varphi_s)$ exprimée en m. Le mouvement de S débute à l'instant t = 0.

L'autre extrémité C est reliée à un support fixe à travers une pelote de coton. L'amortissement de l'onde, le long de la corde, est supposé négligeable.

Figure 3

Les courbes (a) et (b) de la figure 4 représentent respectivement les aspects de la corde aux instants t_a et t_b tel que $\Delta t = t_b - t_a = 0{,}02$ S.

Figure 4



1°/ a) Qu'appelle-t-on onde.

b) L'onde se propage le long de la corde est-elle transversale ou longitudinale ? Expliquer pourquoi.

c) Indiquer le rôle de la pelote de coton.

2°/ a) Déterminer graphiquement la valeur de la longueur d'onde λ.

b) Montrer que la célérité de l'onde est $v = 10\ m.s^{-1}$. En déduire la valeur de la fréquence N de la lame vibrante.

c) Déterminer les instants t_a et t_b.

3°/ a) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M de la corde tel que $S_M = x$ au repos.

b) Montrer que la phase $\varphi_s = \pi\ rad$.

c) Préciser, en le justifiant, la valeur de l'instant t_f à partir duquel l'onde atteint toute la corde.

d) Déterminer, à cet instant t_f, le nombre et les positions des points P_i, de, la corde qui vibrent en quadrature retard de phase par rapport à la source S.

Exercice N°5 :

En un point O de la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes, une source ponctuelle (S) impose, à partir de t = 0s, des oscillations sinusoïdales verticales d'amplitude a = 2 mm et de fréquence N. A un instant t donné et pour la fréquence N de la source, l'immobilité apparente de la surface de l'eau est obtenue pour une fréquence maximale Ne du stroboscope égale à 20Hz

Le mouvement du point O obéit à la loi horaire : $y_0(t) = a\sin(2\pi Nt + \varphi_0)$ pour $t \geq 0s$; où φ_0 est la phase à t = 0 s.

On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni amortissement de l'onde au cours de la propagation.

1°/ a) Décrire l'aspect de la surface libre de l'eau éclairée en lumière stroboscopique pour la fréquence Ne maximale.

b) Donner la valeur de la fréquence N de la source (S)

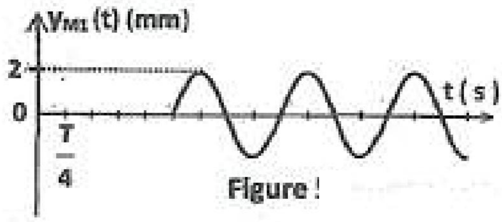


Figure !

2°/ On donne, sur la figure 1, le diagramme du mouvement d'un point M_1 de la surface ... ué à la distance $1{,}25.10^{-2}$m de O. En exploitant la figure 1 :

a) Déterminer l'équation horaire du mouvement du point M_1 et déduire celle de O;

b) Calculer la valeur de la célérité v de l'onde crée à la surface de l'eau ;

c) déduire la valeur de la longueur d'onde λ.

3°/ A l'instant t_1, l'aspect de la surface libre de l'eau est représenté par la figure 2 ; où les cercles tracés en lignes continues représentent les crêtes et ceux tracés en lignes discontinues représentent les creux.

a) Montrer que $t_1 = 16{,}25.10^{-2}$s.

b) En justifiant la réponse, comparer les états vibratoires des points M_2 et M_3 de la surface de l'eau.

c) Déterminer les lieux géométriques des points M de la surface libre de l'eau qui vibrent à l'instant t_1 en quadrature avance de phase par rapport au point M_2.

d) Représenter l'ensemble de ces points sur la figure 2.

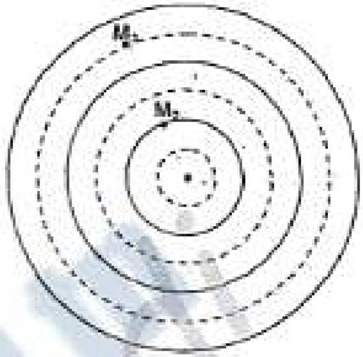


Figure 2

Exercice N°6 :

Une corde élastique de longueur infinie, tendue horizontalement, est attachée par son extrémité S à une lame vibrante qui lui communique, à partir de l'instant de date $t_0 = 0$ s, des vibrations sinusoïdales de fréquence N. On suppose qu'il n'y a aucun amortissement.

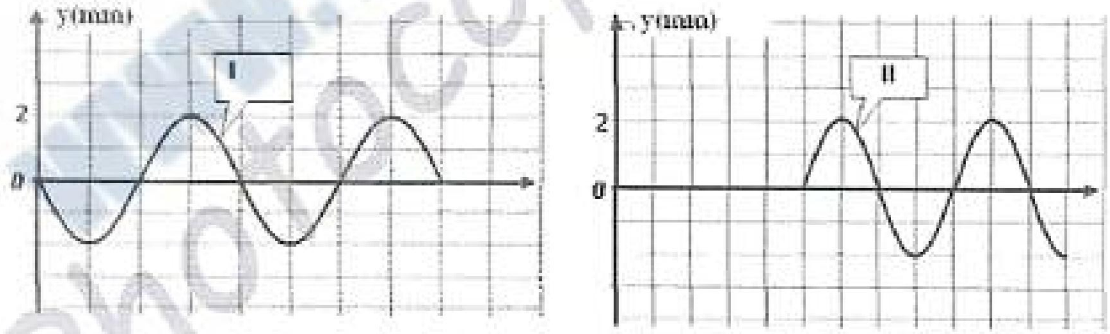
1- Le phénomène résultant de la propagation des déformations le long de la corde est appelé onde mécanique transversale. Justifier cette appellation.

2- Décrire brièvement ce qu'on observe:

a- en lumière ordinaire.

b- en lumière stroboscopique, pour une période T_e légèrement supérieure à la période T du vibreur.

3- L'une des courbes de la figure 3 représente le diagramme du mouvement d'un point A de la corde situé à une distance x_A de l'extrémité source. L'autre représente l'aspect de la corde à un instant de date t_1.



Echelle des abscisses : 1 div $\rightarrow$ t=2.10^{-3}s
1 div $\rightarrow$ x=5cm

Figure 3

Identifier les courbes (I) et (II) en justifiant la réponse. En déduire les valeurs de la période temporelle T et spatiale λ de l'onde, ainsi que celle de son amplitude a.

4- Déterminer graphiquement la célérité de l'ébranlement, la distance x_A et l'instant de date t_1.

5- Établir l'équation horaire des vibrations du point A de la corde et déduire celle de la source S.

6- Représenter l'aspect de la corde à l'instant de date $t_2 = 2{,}8.10^{-2}$ s.

7- Déterminer la distance parcourue par la source S entre les dates $t_0 = 0$ s et $t_2 = 2{,}8.10^{-2}$ s.

Exercice N°7 :

Une pointe, vibrant à une fréquence N, frappe un point (S) de la surface libre d'une nappe d'eau étendue, initialement au repos, supposée élastique et homogène.
Le mouvement de (S) ayant débuté à **t = 0 s** .une onde progressive prend naissance.

I/ 1) Cette onde créée est dite onde mécanique. Justifier cette appellation.
2) Dire, en le justifiant, si cette onde est transversale ou longitudinale ?
3) bien que l'amortissement soit négligeable. L'aspect de la surface du liquide montre que l'amplitude de l'onde diminue en s'éloignant de la source (S). A quoi est due cette diminution ?
4) a- Définir la longueur d'onde λ.
b- On suppose dans ce cas que le liquide est <u>non dispersif</u>. On double la fréquence **N** du vibreur :
- La célérité resterait-elle la même ? Justifier.
- La longueur d'onde λ' resterait-elle la même ? si non préciser sa nouvelle valeur en fonction de λ .

II/ La fréquence est à présent fixée à **25 Hz**. La figure (-1-) suivante représente une coupe transversale de la surface du liquide suivant une direction passant par (s) à une date t_1:

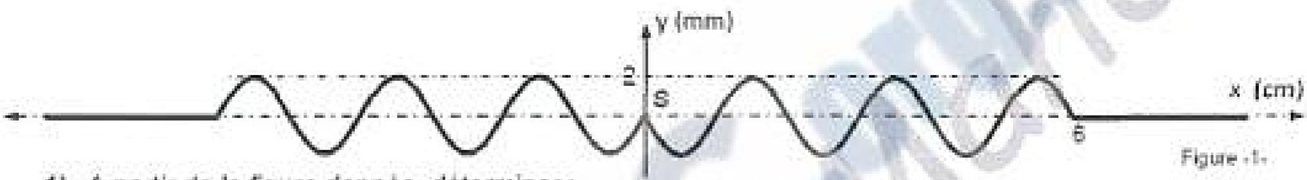


Figure -1-

1) A partir de la figure donnée déterminer :
a- La longueur d'onde λ.
b- La date t_1.
c- La célérité v de propagation de l'onde.
d- Indiquer sur le figure (-2-) de la feuille annexe les points de la surface du liquide ayant un décalage horaire de $\frac{3T}{4}$ avec la source sur un diamètre de 16 cm et préciser leurs élongations à la date t_1.
2) Représenter sur la figure-3- de la feuille annexe, en une autre couleur, l'aspect qu'avait la surface du liquide suivant la même coupe transversale à la date t_2 = 0,10 s. justifier.
3) a- Donner l'expression de la loi horaire de la source $y_s(t)$ en précisant son amplitude, sa pulsation et sa phase initiale.

b- Ecrire l'expression de la loi horaire du mouvement d'un point **M** de la surface du liquide situé à une distance r de la source (S), en supposant que l'amplitude de son mouvement est la même que celle du point source(S).
c- Représenter sur la figure -4- le diagramme du mouvement du point M_1 situé à r_1 = 3 cm de la source S.

(Echelle) { Axe des abscisses 1 cm ⟶ T/2 ; Axe des ordonnées 1 cm ⟶ 2 mm }

II/ 1° d-

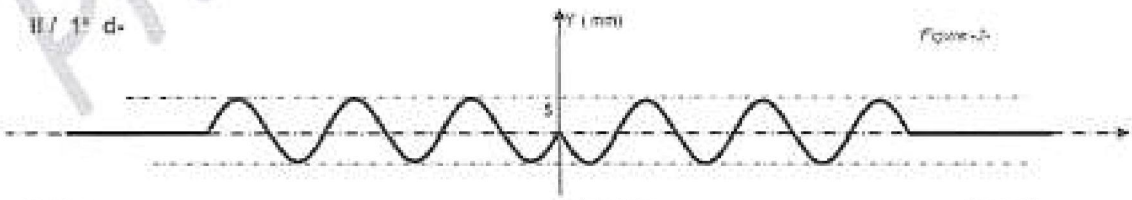


Figure -2-

II/ 2°

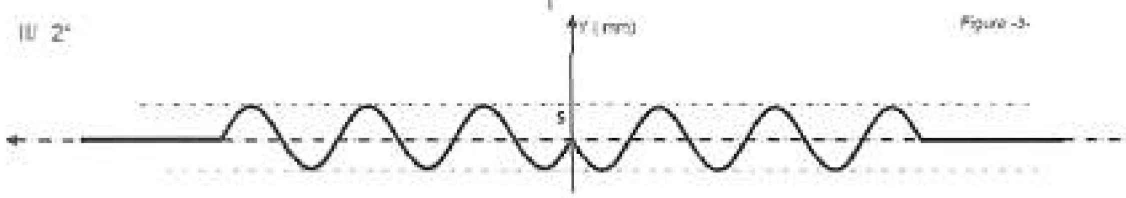
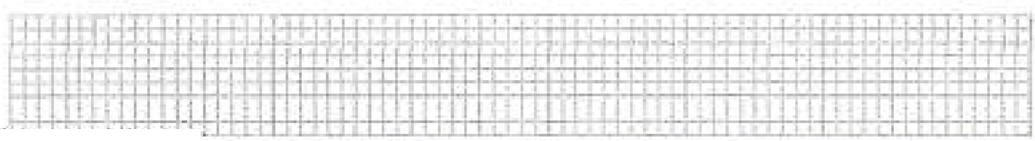


Figure -3-

III/ °C



Mr GOUIDER ABDESSATAR Lycée Ibn Mandhour Metlaoui