Ondes mécaniques

Exercice N°1

On dispose d'une cuve à ondes à parois absorbant, contenant un liquide homogène initialement au repos.

I- On laisse tomber en un point de la cuve, une goutte du même liquide.
Un ébranlement est crée et se propage à la surface libre du liquide.
On filme cette surface à l'aide d'une caméra numérique dont la fréquence est réglée à **16 images par seconde**.
Le cliché de la **figure 7** qui repère deux positions de l'ébranlement, représente les **images n°1** et **n°5** séparés par une distance **d = AB = 5 cm**.

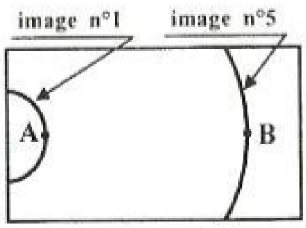

Figure 7

1) Préciser, en le justifiant, si l'ébranlement est transversal ou longitudinal.
2) Justifier que l'ébranlement produit est progressif.
3) a- Montrer que l'écart temporel entre la prise des **images n°1** et **n°5** est **Δt = 0,25 s**.
   b- Déduire la valeur v_1 de la célérité de propagation de l'ébranlement à la surface du liquide.

II- On installe, sur la cuve à ondes, un vibreur muni d'une fourche à pointe unique et dont la fréquence est réglée à la valeur $N_1 = 5$ Hz. Au repos, la pointe affleure verticalement la surface libre du liquide en un point S.
A un instant $t_0 = 0$, une onde progressive sinusoïdale de longueur d'onde λ_1 et d'élongation instantanée $y_S(t) = 4.10^{-3}\sin(2\pi N_1 t + \pi)$, prend naissance et se propage avec la célérité v_2.
A l'instant $t_1 = 0,8$ s, on règle la fréquence du vibreur à une valeur N_2 tout en gardant la même amplitude.
L'onde progressive sinusoïdale se propage toujours à partir de S avec une longueur d'onde λ_2.
On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni amortissement de l'onde au cours de sa propagation.
La **figure 8** représente, à un instant $t_2 > t_1$, une coupe de la surface du liquide par un plan vertical passant par S.

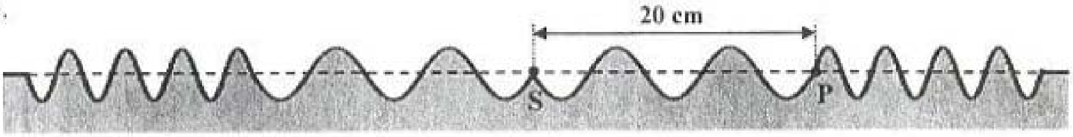

Figure 8

1) Justifier que $v_2 = v_1$.
2) a- En exploitant la **figure 8**, déterminer λ_2. Déduire N_2 ;
   b- Déterminer t_2.
3) a- Exprimer $y_P(t)$ pour chacun des intervalles de temps suivants : $[0, t_2]$ et $t \geq t_2$.
   b- Représenter $y_P(t)$ sur la **figure** **1 ci-dessous** **à remplir par le candidat et à rendre avec la copie.**

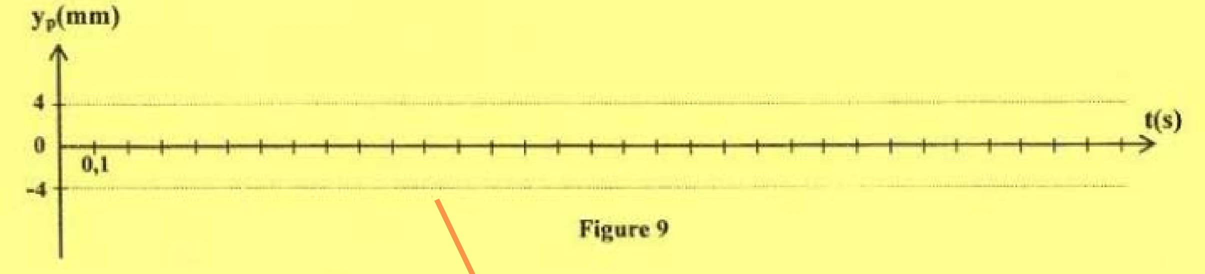

Figure 9

Figure 1

On considère une corde élastique homogène, de longueur **L = 60 cm**, tendue horizontalement suivant un axe **x'x** dont l'origine coïncide avec l'extrémité **S** de la corde. Cette extrémité est reliée à une lame vibrante qui peut vibrer perpendiculairement à la direction **x'x** en communiquant à la corde des vibrations sinusoïdales de fréquence **N** réglable et d'amplitude **a = 2 mm**. L'autre extrémité de la corde est reliée à un support fixe à travers une pelote de coton (**figure 4**). On néglige tout phénomène d'amortissement de l'onde issue de **S** et se propageant le long de la corde.

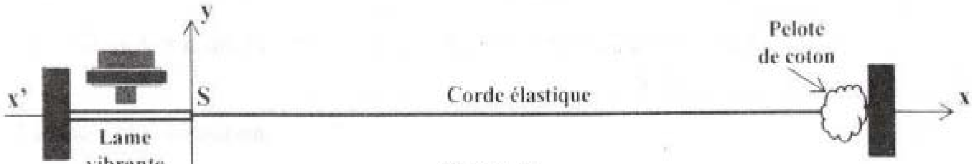

Figure 4

1) Dans une première expérience, la lame vibrante est maintenue au repos. A l'instant **t = 0**, on crée un ébranlement au niveau de l'extrémité **S** de la corde. La **figure 5** représente deux aspects de la corde aux instants t_1 et t_2 tels que : $\Delta t = t_2 - t_1 = 2.10^{-2}$ s.

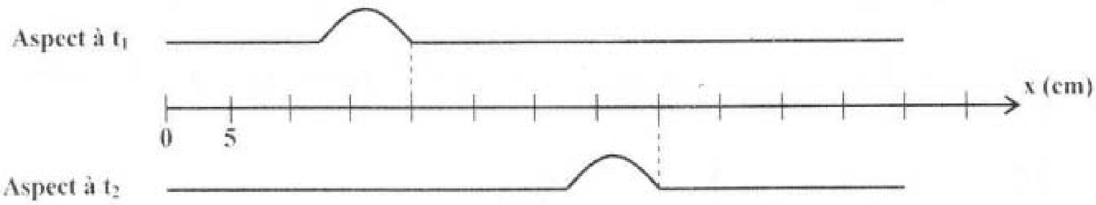

Figure 5

Déterminer la valeur de la célérité **v** de l'ébranlement.

2) Dans une deuxième expérience, la lame vibrante impose à l'extrémité **S** de la corde des vibrations verticales sinusoïdales d'amplitude **a**, de fréquence **N** et d'élongation instantanée $y_S(t) = a.\sin(2\pi N t + \varphi_S)$. Le mouvement de S débute à l'instant **t = 0**. La **figure 6** représente le diagramme du mouvement du point source S.

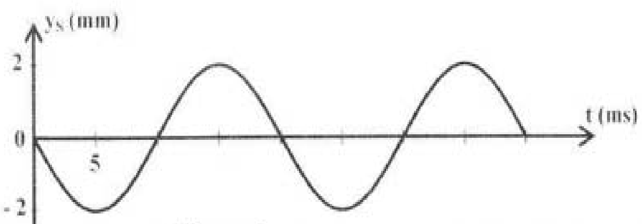

Figure 6

a- Déterminer graphiquement les valeurs de N et φ_S.

b- Déduire la valeur de la longueur d'onde λ.

3) On considère deux points **A** et **B** de la corde d'abscisses respectives x_A et x_B. Les points **A** et **B** débutent leurs mouvements avec les retards respectifs par rapport à S, $\Theta_A = 1{,}5.10^{-2}$ s et $\Theta_B = 3.10^{-2}$ s.

a- Déterminer les valeurs de x_A et x_B.

b- Comparer l'état vibratoire de chacun des points **A** et **B** par rapport à celui de la source **S** pour $t > \Theta_B$.

c- Déterminer le nombre et les abscisses des points de la corde qui vibrent en quadrature retard de phase par rapport à la source S à l'instant $t_3 = 4.10^{-2}$ s.

4) L'onde issue de **S** se propage toujours le long de la corde avec la même célérité **v**. On augmente la fréquence **N** jusqu'à une valeur **N'** pour laquelle les points **A** et **B** vibrent en phase pour la première fois. Déterminer la valeur de **N'**.

Professeur Mr Kamel Bel Asri

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.

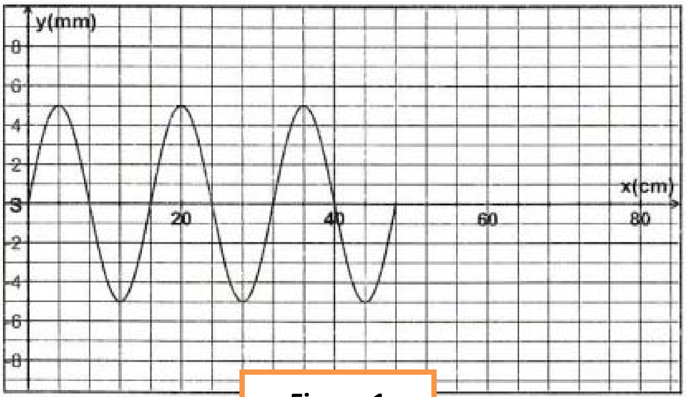

Figure 1

1. L'aspect de la corde à un instant t_o donné est représenté dans la figure **5**.
   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_o auquel correspond l'aspect de la corde, représenté dans la figure **5**.

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

Professeur M[r] Kamel Bel Asri