

Exercice N° 1

Une corde élastique homogène et de longueur $L=1,10$ m, est tendue horizontalement entre l'extrémité S d'une lame vibrante de fréquence N et un dispositif d'amortissement approprié. Le point S impose à l'extrémité de la corde un mouvement rectiligne sinusoïdal vertical, d'amplitude a selon l'axe Oy d'un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) et d'équation $y_s(t)=a \sin(2 \pi Nt+\varphi_s)$. La corde considérée est le siège d'une onde qui se propage avec la célérité v , selon l'axe Ox du repère (O, \vec{i}, \vec{j}) .

Soit $y_M(t)$ l'élongation instantanée d'un point M de la corde situé à une distance $x=SM$ par rapport à la source S. L'étude du mouvement d'un point M_1 de la corde, situé à une distance $x_1=SM_1$ de la source S et de l'aspect de la corde à un instant de date t_1 donnée, a fourni les courbes de la figure 1 et de la figure 2.

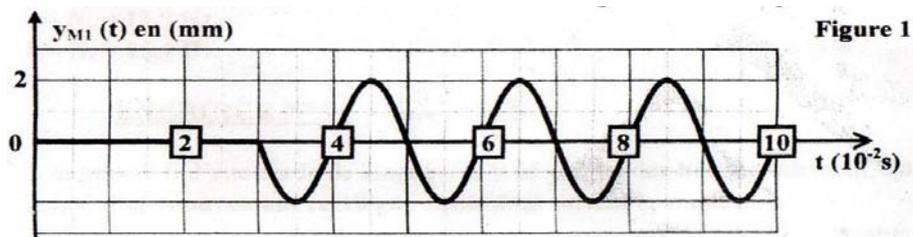


Figure 1

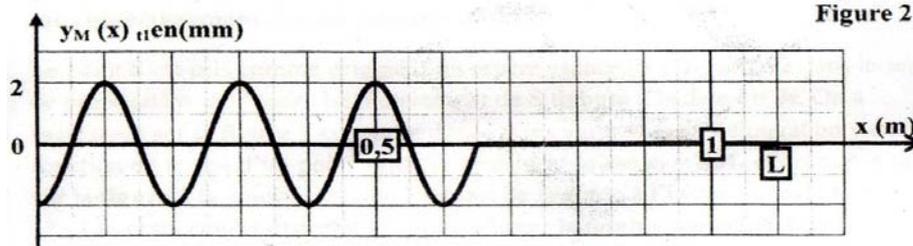


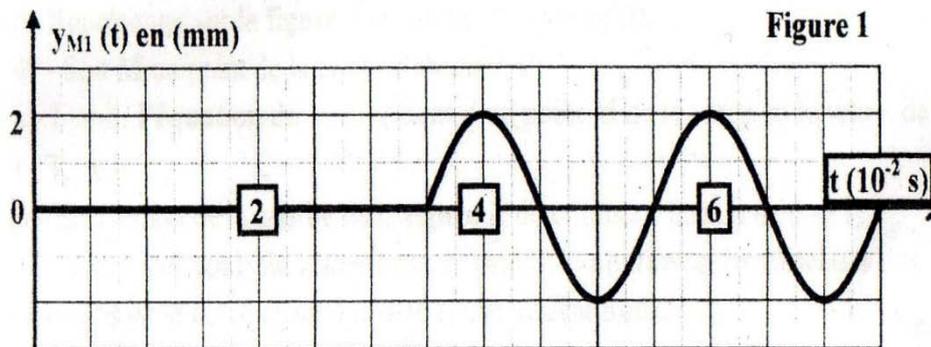
Figure 2

- 1- S'agit-il d'une onde transversale ou longitudinale ? Justifier.
- 2-
 - a- Déterminer l'amplitude a , la fréquence N , la longueur d'onde λ et la phase initiale φ_s .
 - b- En déduire les valeurs de v , t_1 et x_1 .
- 3-
 - a- Etablir l'équation de l'onde progressive qui s'établit le long de la corde en fonction de a , t , x et λ . Préciser la phase φ_M de ce point M.
 - b- Déduire le nombre et les positions des points M de la corde qui vibrent en quadrature retard de phase par rapport à la source S à l'instant t_1 .
- 4-
 - a- Représenter le diagramme de mouvement d'un point A de la corde d'abscisse $x_A=50$ cm pour $t \in [0 ; 4T]$.
 - b- Etablir l'équation de la sinusoïde des temps $y_A(t)$ du point A.
 - c- Déduire la 1^{ère} date de passage du point A par son élongation maximale.
- 5- Représenter l'aspect de la corde à l'instant $t_2=4,5 \cdot 10^{-2}$ s.
- 6- On éclaire la corde par un stroboscope de fréquence N_e réglable. Dire ce qu'on observe si on règle N_e à :
 - a- $N_e=25,2$ Hz
 - b- $N_e=12,5$ Hz

Exercice N° 2

Un **vibreur** est lié à l'extrémité S d'une **corde élastique, homogène**, tendue **horizontalement** et de longueur $L=1,2\text{m}$. Le vibreur provoque au point S un mouvement **rectiligne sinusoïdale vertical** de fréquence N et d'amplitude a . Les **amortissements** et la **réflexion** sont supposés **négligeables**.

La courbe de la **figure 1** représente les **variations** en fonction du temps de l'**élongation** Y_{M_1} d'un point M_1 situé à la distance $SM_1=x_1$ de la source S. Le **mouvement** de S commence à l'instant $t=0\text{s}$.



- 1-
 - a- Etablir l'équation horaire $Y_{M_1}(t)$ du mouvement du point M_1 .
 - b- Dédire que $Y_s(t)=2 \cdot 10^{-3} \sin(100 \pi t)$ et tracer sur la **figure 1** la courbe donnant les **variations** de Y_s en fonction du **temps**.
- 2- Sachant Que $SM_1=x_1=52,5\text{cm}$. Déterminer :
 - a- La **célérité** v , de **propagation** de l'onde.
 - b- La **longueur d'onde** λ .
- 3-
 - a- Etablir l'équation $Y_M(t ; x)$ du mouvement d'un point M de la corde d'abscisse $x=SM$.
 - b- Déterminer le **nombre** et les **positions** des points M de la corde qui vibrent en **quadrature retard** par rapport à S en supposant que toute la corde est en état de vibration.
- 4-
 - a- Représenter l'**aspect de la corde** à la date $t_1=5,5 \cdot 10^{-2}\text{s}$.
 - b- Déterminer l'équation de l'**aspect de la corde** $y_M(x)_{t_1}$ à la date t_1 .
 - c- Dédire le **nombre** et les **positions** des **points M** de la corde qui ont à la date t_1 une **vitesse maximale**.
- 5- On **éclaire** la corde par un **stroboscope** de fréquence N_e **réglable**. Dire ce qu'on observe si on règle N_e à :
 - a- $N_e=12,5\text{ Hz}$
 - b- $N_e=25,1\text{ Hz}$

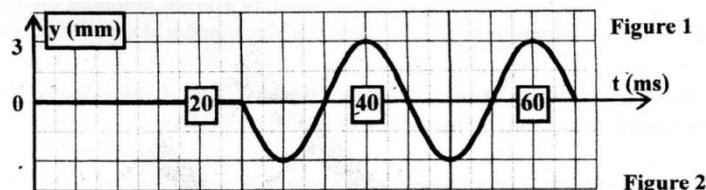
Exercice N° 3

L'extrémité S d'une corde de longueur $L=65\text{cm}$, tendue horizontalement, est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal suivant la verticale. Le long de la corde, une onde progressive se propage avec une célérité constante v , sans amortissement et sans réflexion.

Le point S est pris comme origine d'un repère espace (S, \vec{i}) orienté dans le sens de propagation de l'onde. Le mouvement de S débute à la date $t=0\text{s}$. On a représenté sur la figure 1 la courbe donnant les variations de l'élongation y en fonction du temps d'un point M_1 de la corde d'abscisse $x_1=SM_1$ et on a représenté sur la figure 2 la courbe donnant l'aspect de la corde à l'instant de date t_2 .

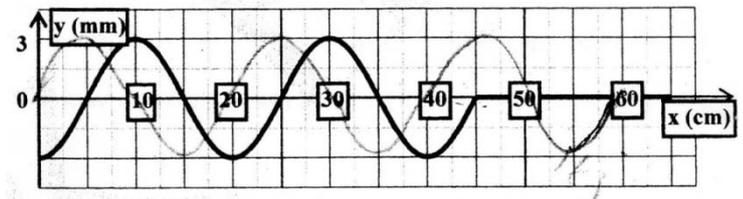
1- Les deux courbes permettent de confirmer la double périodicité du phénomène d'onde progressive.

- a- Qu'appelle-t-on chacune de deux courbes ?
 b- Que représente la période de chacune de deux courbes.



2-

- a- A partir des graphes, déduire :
- L'amplitude a .
 - La période T du mouvement d'un point M de la corde.
 - La longueur d'onde λ .
 - L'instant de date t_1 du début de mouvement de M_1 .
- b- Déduire
- La célérité v de propagation de l'onde.
 - L'abscisse x_1 du point M_1 .



3-

- a- Etablir l'équation horaire du mouvement du point M_1
 b- En déduire que l'équation horaire du mouvement de la source S est
 $y_s(t)=3 \cdot 10^{-3} \sin(100 \pi t + \pi)$.
 c- Représenter sur la figure 1 la courbe donnant $y_s(t)$.

4- Soit M un point de la corde d'abscisse x .

- a- Etablir l'équation du mouvement d'un point M de la corde en fonction de a ; t ; T ; x et λ .
 b- En s'aidant de la courbe de la figure 2, déterminer l'instant de date t_2 .
 c- Déterminer analytiquement (par calcul) le nombre et les abscisses des points M de la corde ayant à la date t_2 une vitesse nulle.

5-

- a- Exprimer en fonction de λ la distance d parcourue par l'onde entre les instants de date t_2 et t_3 sachant que $t_3 - t_2 = 0,015\text{s}$.
 b- Représenter sur la figure 2 l'aspect de la corde à l'instant de date t_3 .

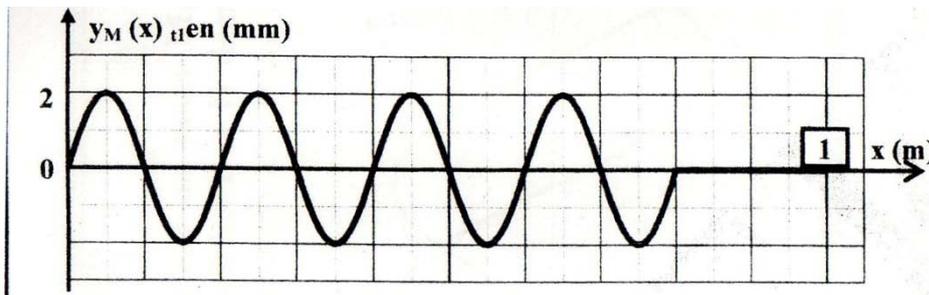
6- En supposant que toute la corde est en état de vibration, déterminer le nombre et les positions des points M de la corde qui vibrent en opposition de phase avec la source S.

7- On éclaire la corde par un stroboscope de fréquence N_e réglable. Dire ce qu'on observe si on règle N_e à :

- a- $N_e = 25 \text{ Hz}$
 b- $N_e = 25,1 \text{ Hz}$

Exercice N°4

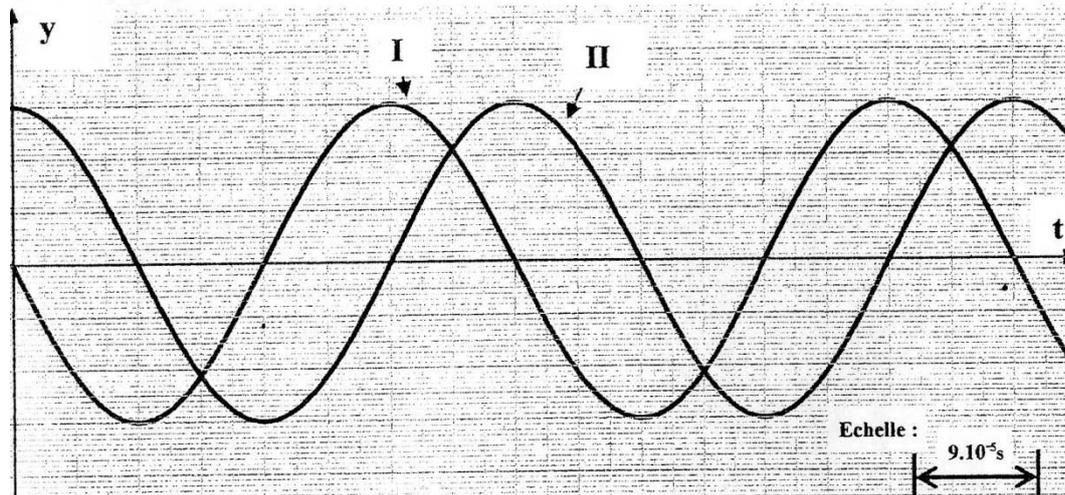
Une **onde progressive sinusoïdale** se propage le long d'une corde élastique de longueur $L=1\text{m}$, tendue **horizontalement**, avec une célérité $v=20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. La source S débute son mouvement à l'instant de date $t_0=0\text{s}$ à partir de sa position d'équilibre. L'aspect de la corde à la date $t_1=4\cdot 10^{-2}\text{s}$ est représenté par la figure ci-dessous.



- 1- Soit $y_s(t) = a \sin(\omega t + \varphi_s)$ L'équation horaire du mouvement de la source S .
Établir l'équation du mouvement $y_M(t; x)$ d'un point M de la corde d'abscisse $x=SM$.
- 2- À partir de l'aspect de la corde précédente, déterminer les valeurs de a ; ω ; et φ_s
- 3- À partir de l'équation de l'onde progressive, établir l'équation de la sinusoïde des espaces à la date t_1 . Préciser le domaine de définition de x .
- 4-
 - a- Déterminer par calcul, le nombre et les positions des points M de la corde qui ont à la date t_1 une elongation $y_M = \frac{a}{2}$ en se déplaçant dans le sens positif des elongations.
 - b- Retrouver ces points graphiquement.
- 5- Soit A un point de la corde d'abscisse $x_A = SA = 45\text{cm}$.
 - a- Établir l'équation horaire du mouvement de ce point A .
 - b- Représenter, sur le même système d'axes, les diagrammes des mouvements de S et de A .
 - c- Déterminer la date t_2 du 2^{ème} passage du point A par sa position d'équilibre en allant dans le sens négatif. Trouver la vitesse de ce point à cette date. Retrouver ces résultats en utilisant le graphique.
- 6- On éclaire la corde par un stroboscope de fréquence N_e réglable entre 20Hz et 100Hz
 - a- Pour quelles valeurs de N_e observe-t-on l'immobilité apparente de la corde ? Justifier.
 - b- Qu'observe-t-on pour $N_e = 49\text{Hz}$? Expliquer

Exercice N°5

- 1- Le microphone étant placé au point M_1 ; On obtient sur l'écran de l'**oscilloscope**, les deux sinusoïdes **I** et **II** décrivant les **vibrations** émises et captées respectivement par le **haut-parleur** et par le **microphone**.



Déterminer **graphiquement** le **déphasage** entre les deux **vibrations** ainsi la fréquence N_0 du son émis.

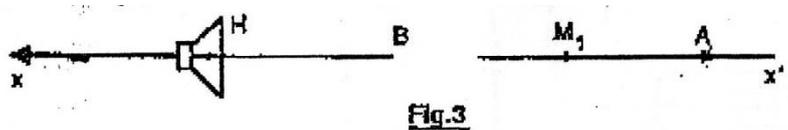
- 2- Lorsqu'on **approche** le **microphone** du **haut-parleur** à partir de M_1 les deux courbes sont en **phase** pour la **première fois** quand on atteint le point M_2 tel que $M_1M_2=3\text{cm}$.

Lorsqu'on **éloigne** le **microphone** du **haut-parleur** à partir de M_1 les deux courbes sont en **phase** de nouveau pour la **première fois** pour une position M_3 tel que $M_1M_3=9\text{cm}$.

En déduire la **longueur d'onde** λ_0 des vibrations sonores, dans le milieu de **propagation**.

Calculer la **célérité** v du **son** dans ce milieu.

- 3- A une distance assez grande du point **H**, l'amplitude reste pratiquement **constante** lorsque le **microphone** effectue de petits déplacements **de part et d'autre** de sa position.



Au point **A** de x' éloigné de **H** et tel que $M_1A=4\text{cm}$, la vibration sonore a pour **équation horaire** $y_A(t) = a \sin 2\pi Nt$ Avec $a=2.10^{-3}$ met $N=1667\text{Hz}$.

Ecrire l'**équation horaire** de la vibration au point M_1 .

Exercice N°6

Un **haut-parleur E**, est alimenté par un **GBF**, émet une **onde sonore** de fréquence **$N=2\text{kHz}$** et de **longueur d'onde λ** . Deux microphones **R_1** et **R_2** , considérés comme **ponctuels**, sont placés à une distance **d_1** et **d_2** du **haut-parleur E**. **R_1** et **R_2** sont alignés et les **deux microphones** sont reliés aux **voies 1 et 2** d'un **oscilloscope** comme le montre la **figure ci-dessous**.

- 1- Répondre par **vrai** ou **faux**.
 - a- Le **son** est une **onde transversale** ?
 - b- L'**onde sonore** se **propage** dans le **vide longitudinalement**.
 - c- La **célérité de propagation** de l'**onde sonore** dans l'**air** est de l'ordre de **3.10^8m.s^{-1}** .
- 2- Qu'observe-t-on sur l'oscilloscope lorsque **$d_1=d_2$** ?
- 3- La **distance minimale non nulle** séparant **R_1** et **R_2** pour que les **deux courbes** observés soient en **phase** est **$d=17\text{cm}$** . En déduire la **célérité v** du son dans l'**air**.
- 4- Les deux **microphones** sont séparés de **$d'=42,5\text{cm}$** .
 - a- Exprimer le temps **t** mis par l'**onde sonore** pour se **propager** de **R_1** à **R_2** en fonction du **période T** .
 - b- Les **deux courbes** ont-elles la même **amplitude** ? **Expliquer**

