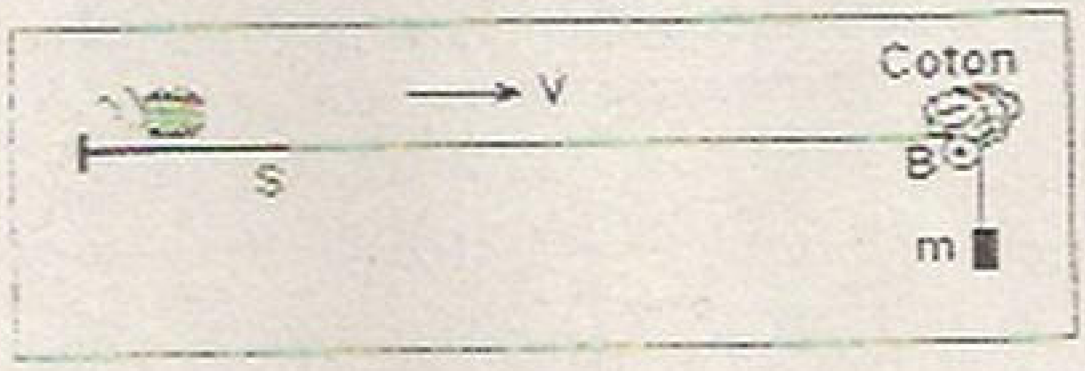
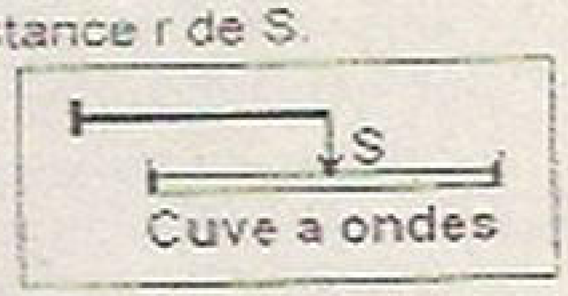
SERIE 12 ONDES MECANIQUES PROGRESSIVES 4ème Année (B.Amor)

Exercice 1: L'extrémité S d'une corde souple est liée à une lame vibrante de fréquence N =100Hz.
Le mouvement de S donne naissance à une onde progressive qui se propage le long de la corde avec une célérité v = 40 ms^{-1}. L'onde est absorbée à l'autre extrémité B (SB = L =1m) par du coton.
On prendra l'origine des temps l'instant ou S commence à vibrer dans le sens positif des élongations avec un mouvement sinusoïdal d'amplitude a=2mm.



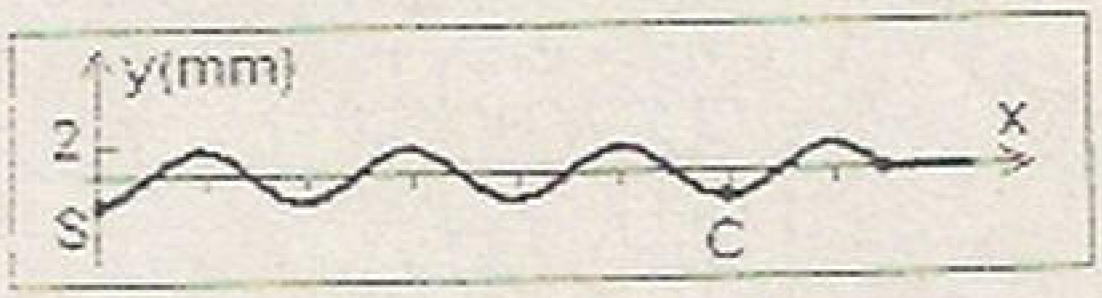
1) Cette onde, est-elle transversale ou longitudinale ?
2) Définir et calculer la longueur d'onde λ.
3) Etablir l'équation horaire du mouvement de la source S
Déduire celle du point M situé à la distance x de S
4) Représenter la sinusoïde des temps du point M situé à 70cm de S. Comparer les mouvements de S et M.
5) Quels sont les points de la corde qui vibrent
a) en phase avec S ? b) en quadrature de phase par rapport à S?
6) Etablir l'équation de la sinusoïde des espaces et représenter l'aspect de la corde aux dates t_1 = 0,02s et t_2 =15,75.10^{-2}s
7) Quels sont les points de la corde ayant une élongation y =1mm à l'instant t_2 ?

Exercice 2 : La pointe d'une tige fixée à un vibreur effleure la surface d'un liquide en un point S qui prend un mouvement vertical d'équation horaire $y_S(t)$= a sin2π N t pour t $\geq$ 0. avec N=100Hz et a=2mm.



1) Etablir l'équation $y_M(t)$ du mouvement d'un point M de la surface du liquide situé à la distance r de S.
On néglige l'amortissement et la réflexion de l'onde sur les parois de la cuve à ondes.
2) Calculer la longueur d'onde λ et la célérité v de l'onde sachant que la différence entre les rayons de la 1ère et la 6ème ride crête est 2,5cm.
3) Soit un point M_1 situé à 1,25cm de S
a) Etablir l'équation horaire du mouvement de M_1. Représenter sa sinusoïde des temps
b) Calculer l'élongation et la vitesse de M_1 aux instants t_1= 0,022 s et t_2= 0,03s
c) A quels instants M_1 est-il une crête (se trouve sur une ride crête) ?
4) Combien de rides crêtes observe-t-on sur la surface à l'instant t_3 =0,025s ?
Représenter une coupe transversale de la surface passant par S à cet instant.
5) Quels sont les points qui vibrent en quadrature de phase avec S ? Donner leurs lieux à l'instant t_3.

Exercice 3 : L'extrémité S d'une corde tendue, très longue, est liée à un vibreur de fréquence N.
A t=0, S commence à vibrer et donne naissance à une onde progressive qui se propage le long de la corde avec la célérité v =20ms^{-1}.
1) L'équation horaire du mouvement d'un point A, tel que SA=55cm, est $y_A(t)=2.10^{-3}\sin(200\pi t+\pi/2)$.
a) Etablir les équations du mouvement des points B, C et S sachant que SB=30cm et SC=75cm
b) Représenter les sinusoïdes des temps des points A et B.
c) Représenter la sinusoïde des espaces à la date t=2,75.10^{-2}s.
d) On diminue la fréquence du vibreur jusqu'à la valeur N' pour que A et B vibrent en phase. Calculer N'.
2) On change la fréquence du vibreur et on donne la sinusoïde des espaces (la forme de la corde) à une date t.
a) Etablir l'équation y(x) de cette sinusoïde.
b) Calculer la fréquence N du vibreur et la valeur de t.
c) Etablir les équations horaires des points S et A.



Exercice 4 : La pointe d'un vibreur effleure la surface d'un liquide en un point S qui prend un mouvement rectiligne sinusoïdal vertical de fréquence N et d'amplitude a
Une onde progressive circulaire se propage sur la surface avec la célérité constante c. On néglige l'amortissement et la réflexion des ondes et on prend l'origine des temps l'instant où débute le mouvement de S dans le sens négatif des élongations.
1) On éclaire la surface du liquide à l'aide d'un stroboscope de fréquence constante N_e= 50Hz
En augmentant peu à peu la fréquence du vibreur à partir du repos, celui-ci paraît immobile pour la première fois lorsque cette fréquence prend la valeur N. Montrer que N = N_e.
2) La distance entre la n^{ième} et la (n+ 4)^{ème} ride crête est d=3,2cm. Calculer la longueur d'onde λ et déduire c.
3) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M tel que SM = r. Représenter la sinusoïde des temps du point M_1 situé à 2,2cm de S.
4) Déterminer le lieu des points, les plus proches de S, qui vibrent en opposition de phase avec M_1.
5) À quel instant, le point M_1 est-il pour la première fois une crête (graphiquement et par le calcul) ?

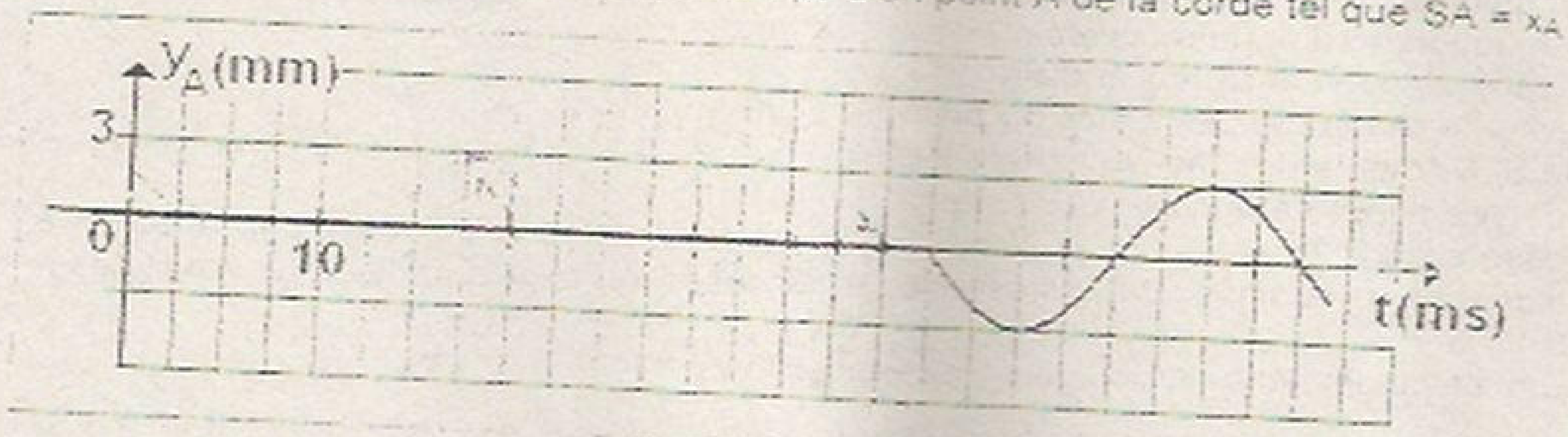
24

Exercice 5 : L'extrémité S d'une corde horizontale tendue, de longueur $L = 1{,}32$ m, est liée à un vibreur en mouvement sinusoïdal de fréquence N. Une onde progressive se propage alors le long de la corde avec une célérité v.

On prendra l'origine des temps l'instant où le point S commence à vibrer avec un mouvement d'équation horaire $y_S(t) = a \sin(\omega t + \varphi_S)$ avec $a = 3$ mm

1) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M situé à une distance $x = SM$ de S.

2) La courbe suivante représente la sinusoïde des temps d'un point A de la corde tel que $SA = x_A$



Déduire de cette courbe

a) la valeur de la fréquence N du vibreur et la date t_A du début du mouvement du point A

b) la relation entre x_A et la longueur d'onde λ

c) la phase initiale φ_A de $y_A(t)$. Calculer φ_S

3) Le point B, situé à 90cm de S est le point le plus proche de A qui vibre en quadrature avance de phase avec le point A précédent.

a) Déterminer, en fonction de λ, les positions $x = SM$ des points M vibrant en quadrature de phase par rapport au point A

b) Montrer que $\lambda = 48$ cm et déduire la célérité v de l'onde

4) a) Etablir l'équation de la sinusoïde des espaces à la date $t_1 = 4\ 10^{-2}$ s

Représenter l'aspect de la corde à cette date

b) Calculer à cette date, les vitesses des points A et B

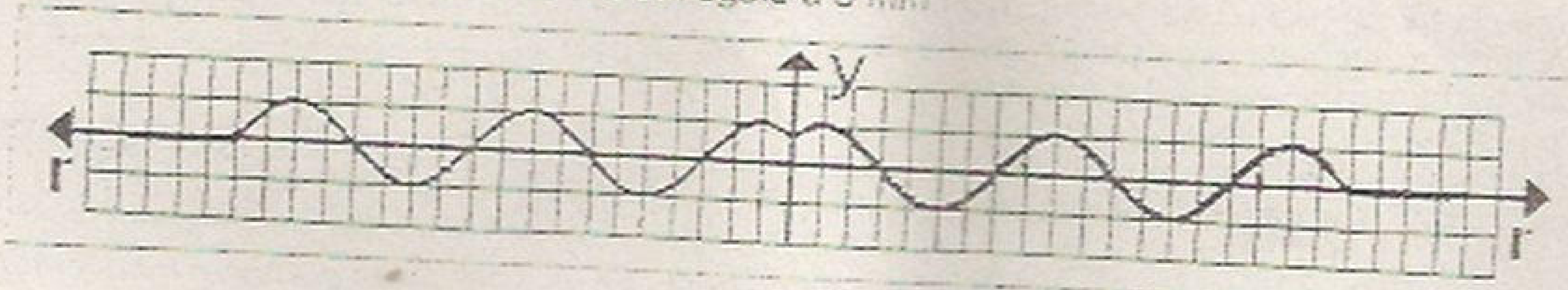
Exercice 6 : La pointe d'une tige animée d'un mouvement rectiligne sinusoïdal de fréquence N, frappe la surface libre d'une nappe d'eau en un point O

L'équation horaire du mouvement de O est : $y_O(t) = 2\ 10^{-3} \sin(200\pi t + \varphi_O)$

1) Donner l'équation horaire d'un point M de la surface situé à une distance $r = OM$ du point O

2) On donne une coupe transversale de la surface passant par O à une date t_1

La distance entre deux crêtes successives est égale à 5 mm



a) Déterminer la date t_1 sachant que la source O a commencé à vibrer à la date $t = 0$

b) Etablir l'équation de la sinusoïde des espaces à la date t_1

c) Montrer que $\varphi_O = 0$ et calculer $y_O(t_1)$

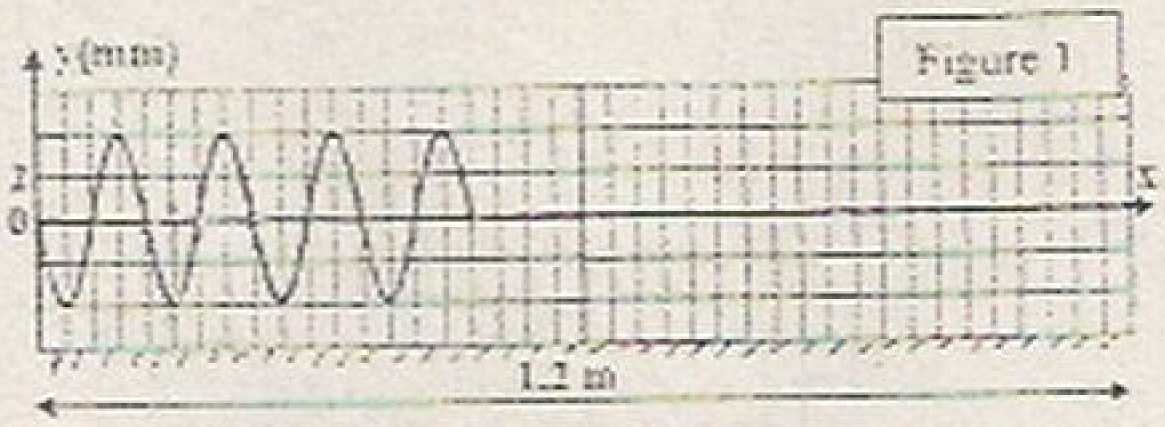
3) a) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M_1 situé à $r_1 = 1{,}2$ cm de O

Tracer le diagramme de son mouvement

b) Calculer la date t_2, à laquelle le point M_1 devient pour la première fois un creux

Exercice N° 1

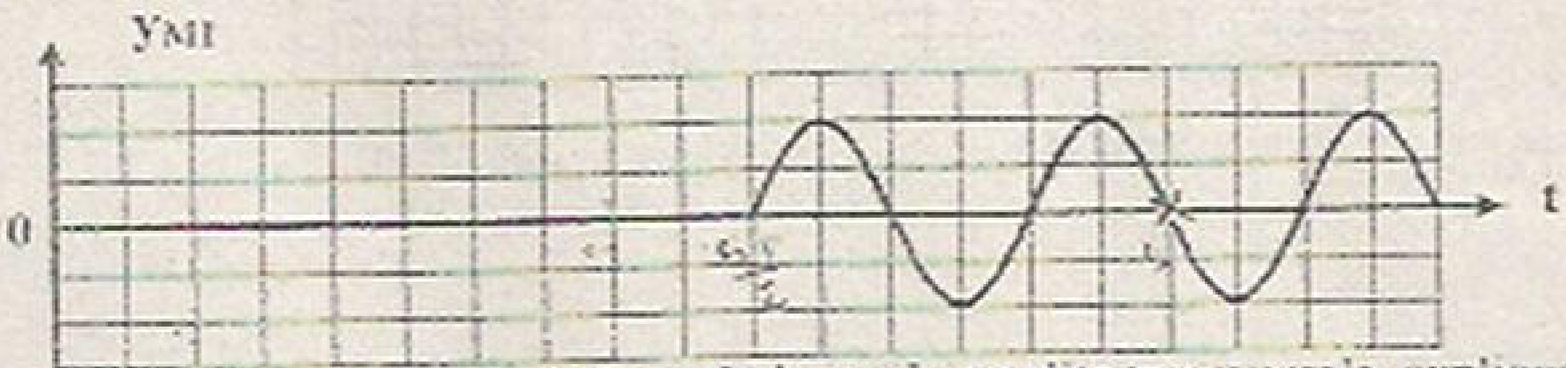
Un électroaimant communique à l'extrémité S d'une lame vibrante un mouvement sinusoïdal de fréquence N.
On fixe à l'extrémité S de la lame une corde élastique tendu horizontalement de longueur L = 1,2 m.
A l'autre extrémité de la corde, on place du coton.
Lorsque la lame vibre, la corde est le siège d'une onde progressive transversale dont la célérité de propagation est égale à 6 m.s^{-1}. L'origine des dates correspond au début du mouvement de la lame. La courbe de la figure 1 représente l'aspect de la corde à une date t_1.



1) Donner la définition de la longueur d'onde λ, puis déterminer graphiquement sa valeur.
2) Déterminer la valeur de t_1.
3) La lame étant en vibration.
   a) Quel est l'aspect de la corde observée en lumière ordinaire ? Interpréter cette observation.
   b) On éclaire la corde par un stroboscope électronique de fréquence Ne réglable. Quel est l'aspect de la corde observée lorsque Ne = 24,9 Hz ?
4) Soient M_1 et M_2 deux points de la corde d'abscisses respectives x_1 = 15 cm et x_2 = 24 cm dans le repère d'origine S et d'axe $\overrightarrow{Sx}$.
   a) Déterminer graphiquement l'élongation y de M_1 à la date t_1 et déduire la phase initiale de la source S.
   b) Déterminer l'abscisse du point le plus proche de M_1 et qui vibre en opposition de phase avec la source à la date t_2 = 0,04 s.
   c) Représenter, dans l'intervalle de temps [0 ; 0,08s] le diagramme du mouvement du point M_2, en prenant comme échelle : 1 cm pour t = 0,01 s et 1 cm pour y = 0,4 cm.
5) Représenter l'aspect de la corde sur la figure 1 à la date t_3 = 0,21 s

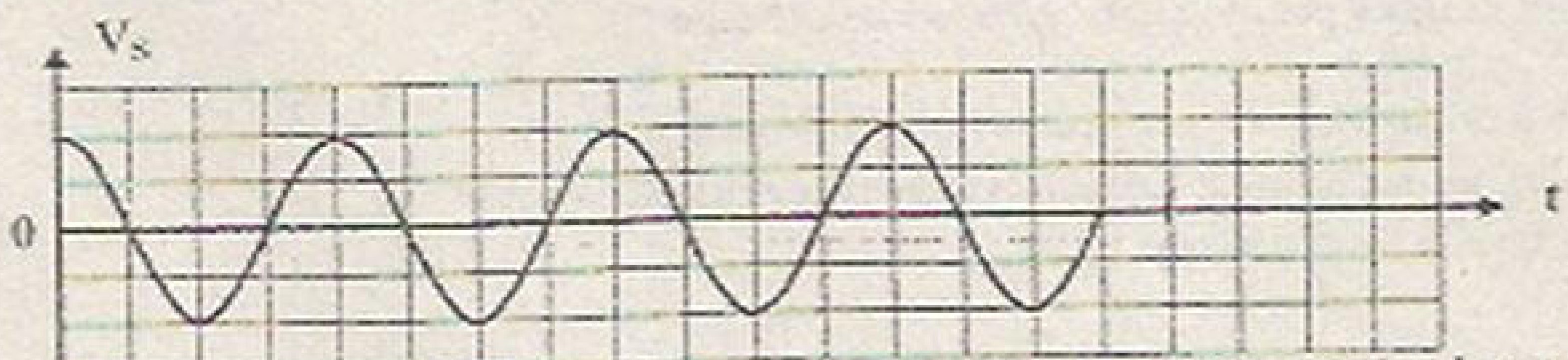
EXERCICE N° 2 :

L'extrémité (S) d'une corde horizontale de longueur ℓ = 0,5 m est reliée à une lame vibrante animée d'un mouvement sinusoïdal transversal d'amplitude a et de fréquence N. L'autre extrémité de la corde est reliée à un système absorbant pour éviter toute réflexion.
La lame commence son mouvement à l'instant t = 0s, la célérité de propagation de l'onde issue de (S) est notée C.
La courbe ci-dessous représente le diagramme du mouvement d'un point M_1 situé à la distance d = OM_1 = 25 cm de la source (S).



Echelle :
Abscisse : 2,5 ms/div

1°) a) L'onde se propageant le long de la corde est dite transversale, expliquer ?
   b) Déterminer la célérité C de propagation de l'onde .
   c) Définir la longueur d'onde λ et déterminer sa valeur .
2°) Le diagramme ci dessous est celui de la vitesse de la source (S) : V_S = f(t) .



Echelle :
Ordonnée : 0,4 π m.s^{-1}/div

   a) Déduire des diagrammes précédents la valeur algébrique de la vitesse du point M_1 à l'instant de date t_1 = 4.10^{-2}s
   b) Ecrire l équation horaire du mouvement de la source (S) et celle du point M_1.
3°) a) Représenter l'aspect de la corde à l'instant de date t_2 = 3,5 .10^{-2} s

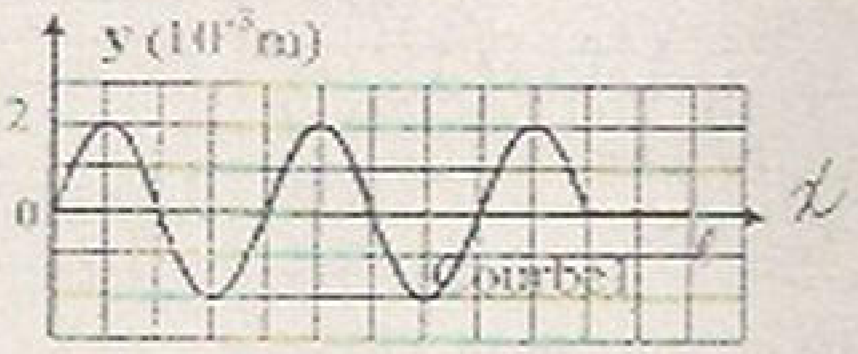
b) Déterminer les abscisses des points de la corde qui à la date $t_2 = 4,5.10^{-2}$s, ont même élongation que le point M_1 et allant dans le sens négatif des élongations.

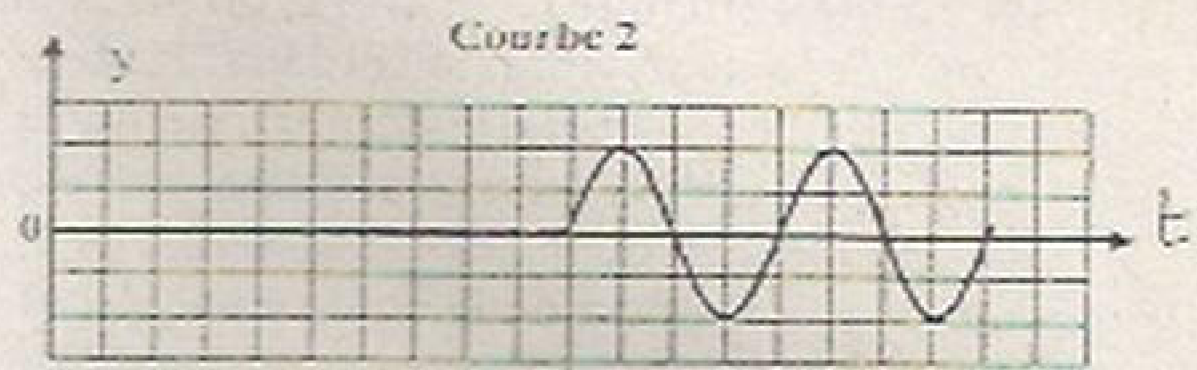
4°) A quelle distance de M_1 se trouve le point P le plus proche de M_1 qui vibre en quadrature retard de phase avec la source (S) tel que **OP > OM₁**.

5°) On éclaire la corde à l'aide d'un stroboscope de fréquence Ne réglable. Quel est l'aspect observé de la corde pour :

- Ne = 25 Hz.
- Ne = 12,6 Hz

ECERCICE3





L'extrémité (S) l'une corde horizontale de longueur $\ell = 0,6$ m est reliée à une lame vibrante animée d'un mouvement sinusoïdal transversal d'amplitude a et de fréquence N. L'autre extrémité de la corde est reliée à un système absorbant pour éviter toute réflexion.

La lame commence son mouvement à l'instant t = 0s et la source (S) a pour équation horaire : $y_S(t) = a \sin(\omega t + \varphi_S)$ pour $t \geq 0$s.

On a représenté la sinusoïde des temps d'un point A situé à une distance x_A du point S. A est atteint par l'onde après un retard $\theta_A = 2,5.10^{-2}$ s et l'aspect de la corde à une date t_1.

1) Identifier la courbe 1 et la courbe 2 ,justifier la réponse.
2) Déduire de ces graphes la longueur d'onde λ, la période T, l'abscisse x_A et la date t_1
3) Déterminer la célérité de propagation de l'onde le long de cette corde.
4) Montrer que : $y_S(t) = 2.10^{-3} \sin(200\pi t)$ pour $t \geq 0$s.
5) Ecrire la loi horaire du mouvement du point A

Déterminer, a la date t_1, le lieu des points qui vibrent en quadrature de phase avec la source

EXERCICE N° 5 :

On relie l'extrémité S d'une corde élastique de longueur L = 1m à un vibreur qui impose un mouvement sinusoïdal d'équation $y_S(t) = a \sin(\omega t + \varphi_S)$ pour $t \geq 0$.
La célérité de propagation de l'onde est $v = 10\ m.s^{-1}$
A une date t_1 la corde prend l'espect suivant :

A et B sont deux points de la corde tels que $x_A = 7,5$ cm et $x_B = 47,5$ cm (voir figure ci-dessous).

1°) Déterminer
   a- La valeur de l'instant t_1.
   b- La période temporelle T.

2°) Etablir l'équation horaire du mouvement de S.

3°) Etablir l'équation de l'onde progressive.

4°) Déterminer les abscisses des points qui vibrent en quadrature de phase avec le point B, à l'instant t_1

5°)
   a- A quelles dates le point A passe t-il par sa position d'équilibre dans le sens négatif ($t \leq t_1$)?
   b- Représenter la sinusoïde des temps de ce point A sur la feuille annexe (Figure -3).

6°)
   a- Représenter l'aspect de la corde à l'instant $t_2 = 2T + 5\frac{T}{8}$ sur la feuille annexe (Figure -3).
   b- Déterminer, à l'instant t_2, les positions des points d'élongation $(\frac{a}{2})$ allant dans le sens positif des élongations. Placer ces points sur la courbe tracée.

Révision
$4^{ème}$ Math et Sc.exp

ONDES MECNIQUES PROGRESSIVES (1)

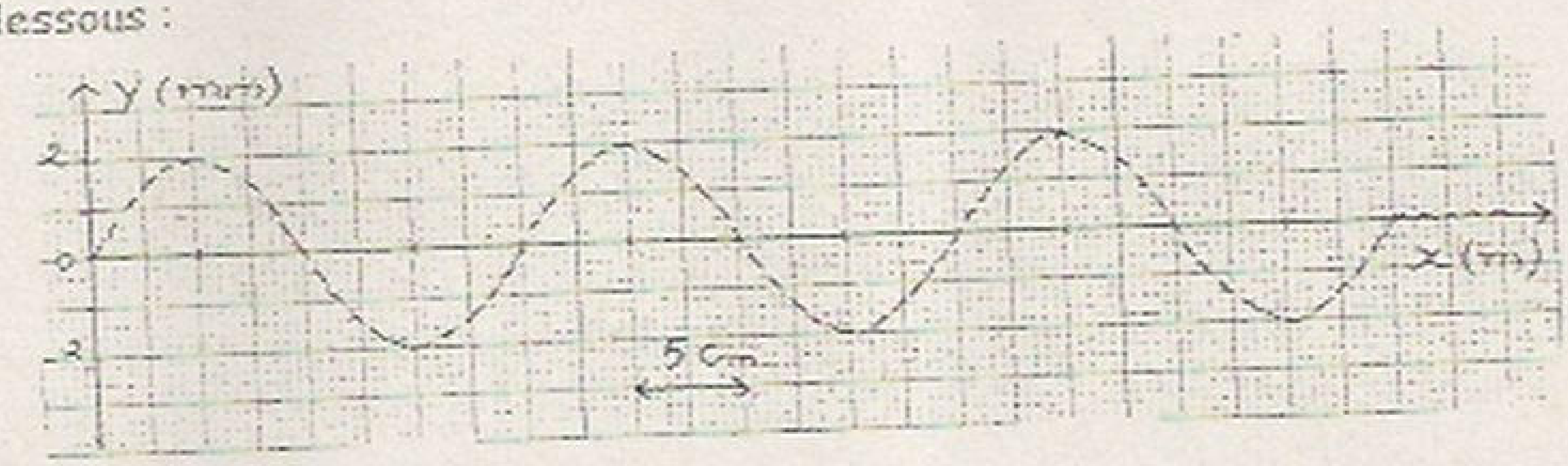
Profs : Abdelmoula et Zribi

Une corde élastique, homogène et de longueur L = SA = 1 m est tendue horizontalement entre l'extrémité libre S d'une lame vibrante et un point A où se trouve un dispositif qui absorbe l'énergie.

Lorsque la lame vibre, le point S effectue un mouvement rectiligne sinusoïdal vertical d'amplitude a et de fréquence N. La corde est le siège d'une onde qui se propage sans amortissement ni réflexion avec une célérité $V = 20\ m.s^{-1}$.

1)Quel est l'aspect de la corde éclairée par une lumière ordinaire ?
Interpréter brièvement cet aspect.

2)Le mouvement de S commence à l'instant de date t = 0 s à partir de sa position d'équilibre. A la date t_1 l'aspect de la corde est schématisé par la figure ci-dessous :



a) Déterminer la longueur d'onde λ, a, N et t_1.

b) Sachant que $y_S(t) = a \sin(2\pi N t + \varphi)$, établir l'équation horaire du mouvement d'un point M de la corde d'abscisse x = SM et montrer que $\varphi_S = \pi$ rad

3)Soit B un point de la corde d'abscisse $x_B = 0{,}35$ m.

a) Représenter le diagramme du mouvement du point B.
Déduire, en justifiant la réponse la représentation de celui de la source.

b) Etablir la relation entre l'élongation y_B et la vitesse V_B.
Déduire les valeurs de V_B lorsque $y_B = \frac{1}{2}$ a.

c) Déterminer à la date $t_2 = 0{,}06$ s les abscisses des points de la corde ayant l'élongation y = -1 mm en allant dans le sens positif.

4)On éclaire la corde à l'aide d'un stroboscope qui émet des éclairs de fréquences Ne réglables.
Qu'observe-t-on lorsque Ne vaut successivement :
*50 Hz
*24,9 Hz
Justifier la réponse.

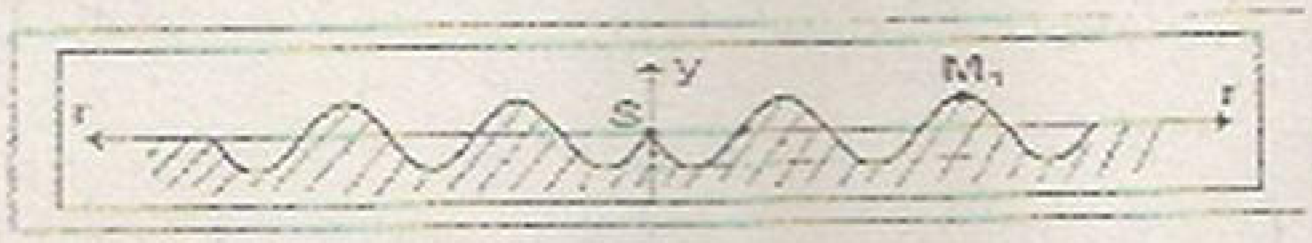
Révision ONDES MECANIQUES PROGRESSIVES (2)

$4^{ème}$ Math et Sc.exp Profs : Abdelmoula et Zribi

Une onde progressive circulaire, issue d'un point S, se propage à la surface d'un liquide avec la célérité $V = 0{,}48\ m.s^{-1}$. L'équation horaire du mouvement de S est : $Y_S(t) = a \sin(\omega t + \varphi_S)$ pour $t > 0$ avec $a = 2$ mm.

1)Etablir l'équation du mouvement d'un point M de la surface de l'eau situé à une distance r de S.

2)On donne une coupe transversale de la surface du liquide à l'instant de date t_1 passant par S et par le point M_1 situé à $r_1 = 21$ mm de S.



a) Déterminer la longueur d'onde λ, la fréquence N de l'onde et la date t_1.

b) Déduire de cette courbe les positions des points du segment SM_1 passant par leur position de repos en allant dans le sens négatif.
Expliquer sans calcul.

c) Etablir l'équation y (r) de cette courbe et montrer que $\varphi_S = \pi$ rad.

d) Etablir l'équation horaire du mouvement du point M_1 et tracer la sinusoïde des temps de ce point.

3)Déterminer à l'instant de date t_2,

a) les rayons des rides crêtes

b) la vitesse du point M_1.

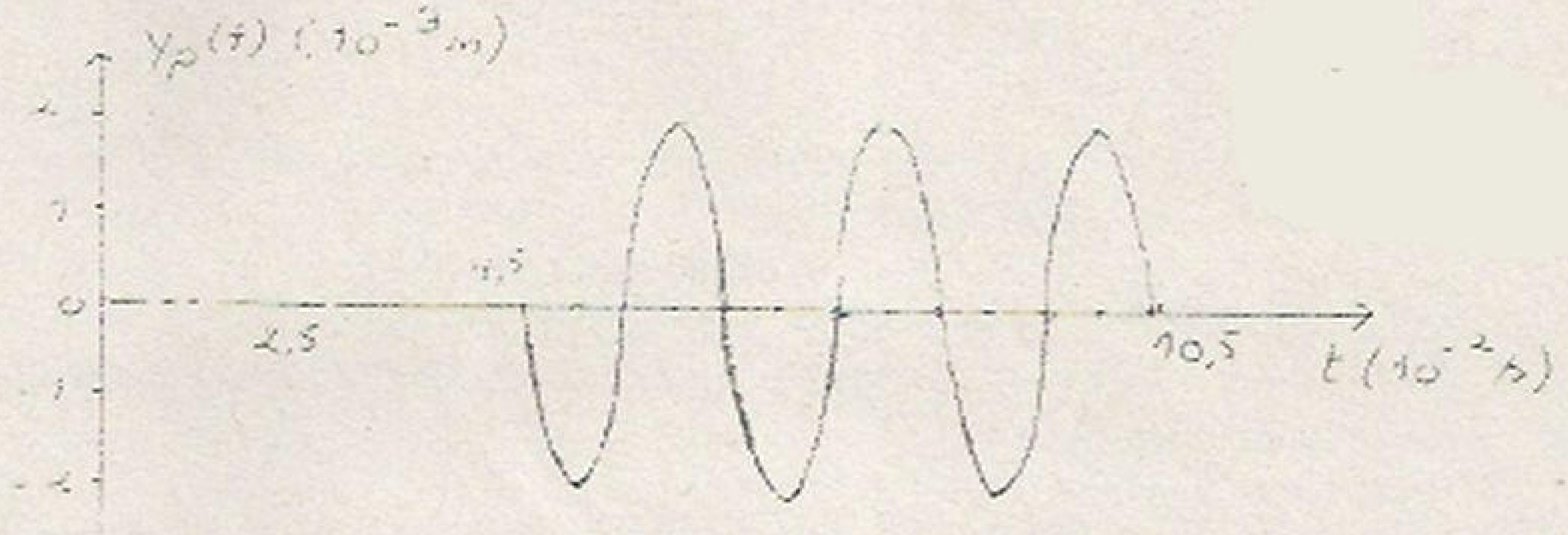
4) a) A Quelle instant de date t_3 le point M_2, situé à $r_2 = 27$ mm de S, passe-t-il pour la première fois par sa position de repos en allant dans le sens positif des élongations.

b) Déterminer, à l'instant de date $t_2 = 0{,}12$ s, le lieu géométrique des points qui vibrent en phase avec M_2.

Révision | Ondes mécaniques progressives | Profs : Abdelmoula et Zribi

Une corde homogène et élastique de longueur L = 1,2m est tendue horizontalement entre l'extrémité libre S d'une lame vibrante et un point A où se trouve un dispositif d'amortissement. Lorsque la lame vibre, le point S effectue un mouvement rectiligne sinusoïdal vertical de fréquence N et d'amplitude a. La source S débute son mouvement à l'origine des temps et à partir de sa position d'équilibre. On néglige l'amortissement au cours de la propagation.

1) La figure représente le mouvement d'un point P de la corde situé à une distance x_P = 54 cm de S.



a) En se servant de la figure déterminer l'amplitude a, la fréquence N et la célérité V de l'onde.

b) Définir et calculer la longueur d'onde λ.

2) Déterminer l'équation horaire du mouvement du point P. En déduire celle du mouvement de la source S.

3) Etablir l'équation du mouvement d'un point M de la corde situé à une distance x de la source S.

4) Trouver le nombre et les positions des points de la corde qui vibrent en quadrature avance de phase par rapport à P.

5) a) Déterminer l'équation de l'aspect de la corde à la date t_1 = 0,075s.

b) Représenter l'aspect de la corde à la date t_1.

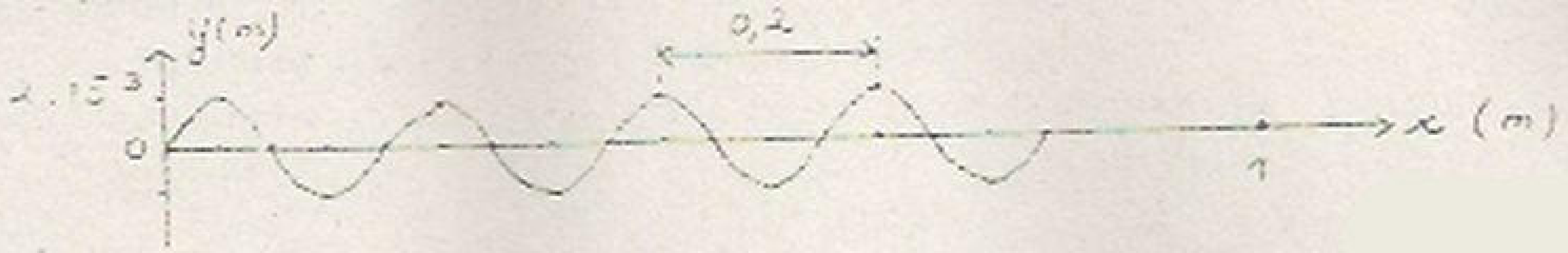
6) On considère deux points M_1 et M_2 de la corde situés respectivement à des distances d_1 = 42 cm et d_2 = 78 cm de la source S.

a) Comment vibrent-ils les points M_1 et M_2 ? Justifier la réponse.

b) Représenter dans l'intervalle de temps [0, 0,1s], les mouvements des points M_1 et M_2.

Révision — Ondes mécaniques progressives — Profs : Abdelmoula et Zribi

Une onde progressive sinusoïdale se propage le long d'une corde élastique de longueur $L = 1$ m tendue horizontalement avec une célérité $C = 20\ m.s^{-1}$.
La source (S) débute son mouvement à la date $t_0 = 0s$ à partir de sa position d'équilibre.
L'aspect de la corde à la date $t_1 = 0{,}04$ s est représenté par la figure ci-dessous



1) Soit $y_S(t) = a\sin(\omega t + \varphi_S)$, établir l'équation du mouvement d'un point M de la corde d'abscisse $x = SM$.
2) A partir de l'aspect de la corde précédente, déterminer les valeurs de a, ω et φ_S.
3) A 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 le calcul, le nombre et les positions des points de la corde qui ont à la date t_1 une élongation $y_M = 0{,}5\,a$ et se déplaçant dans le sens positif des élongations.
b) Retrouver ces points graphiquement.
5) Soit un point A de la corde d'abscisse $x_A = SA = 45$ cm.
a) Etablir l'équation horaire du mouvement de ce point.
b) Représenter sur le même système d'axes les diagrammes des mouvements de S et de A.
c) Déterminer la date du deuxième passage du point A par sa position d'équilibre en allant dans le sens négatif.
Trouver la vitesse de ce point à cet instant.
Retrouver ces résultats en utilisant le graphique.
6) On éclaire la corde par un stroboscope de fréquence Ne réglable entre 20Hz et 100 Hz.
a) Pour quelles valeurs de Ne observe-t-on l'immobilité apparente de la corde ? Justifier.
b) Qu'observe-t-on pour Ne = 49 Hz ?
Expliquer.

Révision Ondes mécaniques progressives Profs : Abdelmoula et Zribi

Exercice n° 1 :

Un haut parleur assimilé à une source ponctuelle S est alimenté par un générateur basse fréquence. La fréquence des vibrations électriques sinusoïdales appliquées à l'entrée du haut-parleur est réglable.
Les ondes sonores émises sont assimilées à des ondes sphériques : la célérité du son a une même valeur (340 $m.s^{-1}$) dans toutes les directions.

1) En un point M_1 situé à la distance d_1 = 2m de S, on place un microphone, lui aussi considéré comme ponctuel.
Pour quelles valeurs de la fréquence les vibrations du haut-parleur et du microphone sont-elles en phase ? En opposition de phase ?
2) On fixe la fréquence à 510 Hz. Préciser le nombre et les positions des points M appartenants au segment SM_1 vibrant en phase avec M_1.
3) On prend N= 550 Hz. De quelles distances minimales faut-il rapprocher ou éloigner le microphone sur le segment SM_1 pour détecter une vibration sonore en phase avec la source ?

Exercice n° 2 :

Un HP excité par un générateur B.F émet des sons de fréquence réglable. Un microphone placé à une distance x du HP est relié à la voie 2 de l'oscilloscope ; La voie 1 étant reliée au G.B.F On obtient sur l'écran de l'oscilloscope les courbes :

1) Déterminer la fréquence N, ainsi que le déphasage entre les deux fonctions visualisées.
2) On augmente progressivement la distance x entre le microphone et le HP. Pour deux positions successives repérées par x_1 et x_2 telles que x_2-x_1=6,8cm, on obtient les deux courbes en phase. En déduire :
* la longueur d'onde λ du son.
* la célérité V du son.
3) a) Comment peut-on vérifier expérimentalement que l'onde sonore est une onde sphérique
b) On place le microphone en un point M situé à la distance x_3 = 20cm. Pour quelles valeurs de la fréquence les vibrations du HP et du microphone sont elles en phase ?