# Les ondes mécaniques

***Exercice N° 1 :*** *(Bac 2005 Principale – Principale 2012 Math)*

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 $\lambda = 8\text{mm}$.

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 $d_1 = 16\text{cm}$ 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.

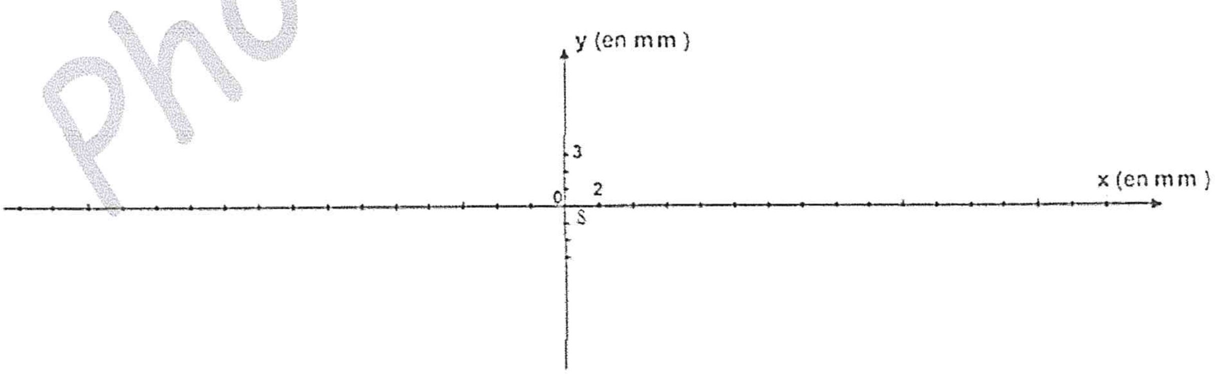
b) Représenter l'aspect d'une coupe fictive de la nappe du liquide par un plan vertical contenant $S_1$ à l'instant de date $t_1 = 3.10^{-2}\text{s}$.
Le travail demandé sera schématisé sur la figure ci dessous conformément à l'échelle indiquée.

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.






Page : BAC – TUNISIE Site : www.BAC.org.tn Tél : 28.355.106 / 53.371.502

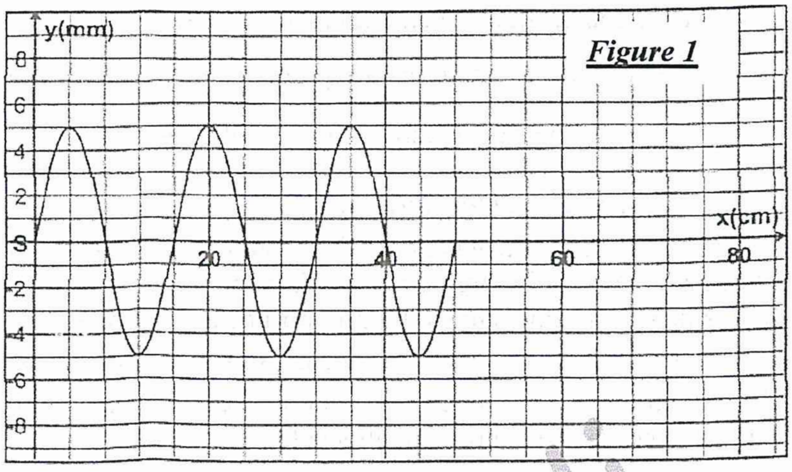
***Exercice N°2 :*** *(Contrôle 2009 SI)*

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.




a) Définir la longueur d'onde $\lambda$.

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 $\lambda$.
- 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 $\lambda$, 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 :*** *(Contrôle 2011 Sc)*

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 :

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

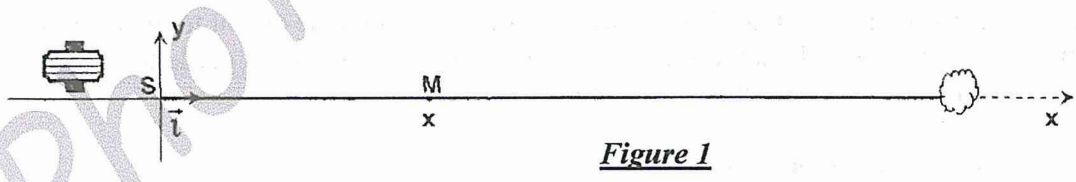



***Figure 1***

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

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.*

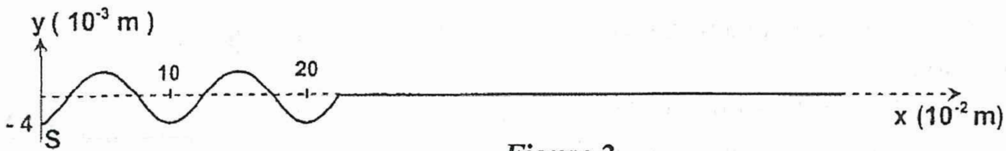



***Figure 2***

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 :*** *(Principale 2011_Math)*

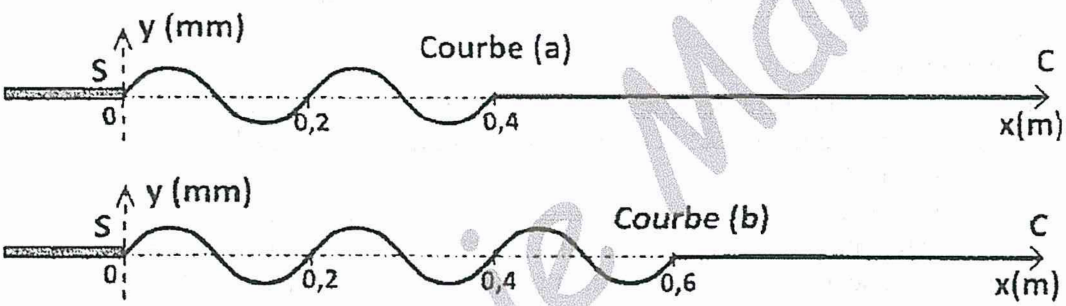
Considérons une corde élastique SC de longueur L = SC = 1 m, tendue horizontalement. Son extrémité S est reliée à une lame qui vibre perpendiculairement à la direction SC (Figure 3). Elle est animée d'un mouvement rectiligne sinusoïdal d'amplitude a = 3 mm, de fréquence N et d'élongation instantanée $y_s = 3.10^{-3}\sin(2\pi Nt + \varphi_s)$ 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 $\lambda$

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 :*** *(Principale 2014_Science)*

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 $\varphi_0$ 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)

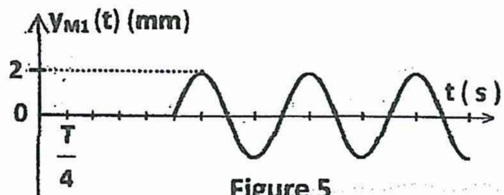



Figure 5

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

*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 $\lambda$.

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.

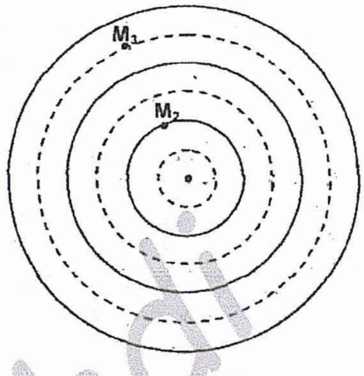



*Figure 2*

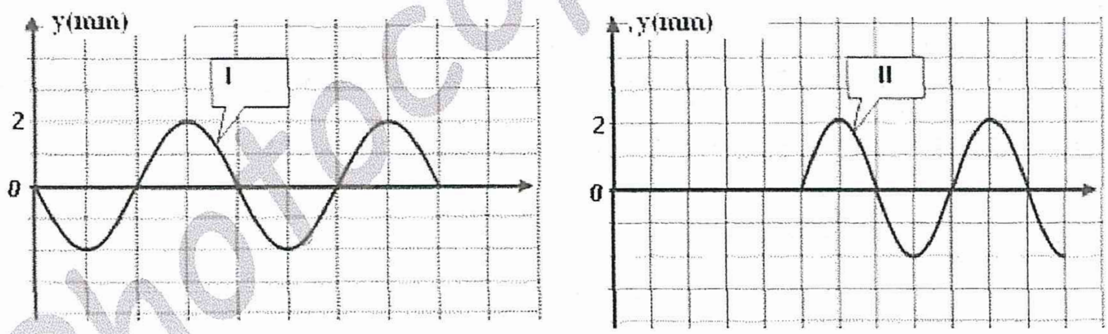
***Exercice N°6 :** (Concours de Réorientation 2013 Monastir G1)*

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 $\lambda$ 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 :** (Concours de Réorientation 2013 Monastir G2)*

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 $\lambda$.
**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 $\lambda'$ resterait-elle la même ? si non préciser sa nouvelle valeur en fonction de $\lambda$ .

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 $t_1$:

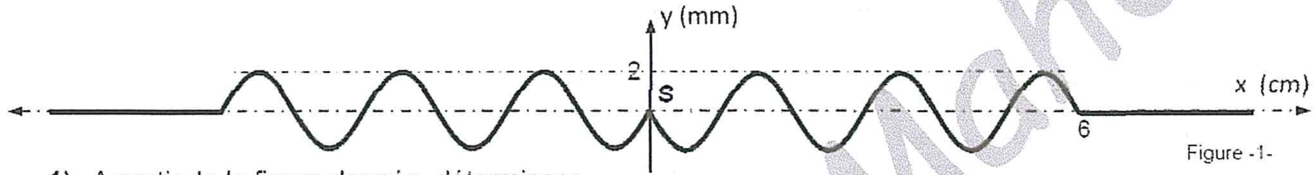


Figure -1-

1) A partir de la figure donnée déterminer :
**a-** La longueur d'onde $\lambda$.
**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-

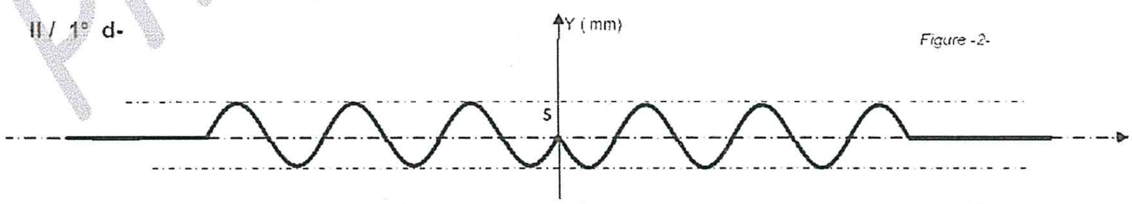


Figure -2-

II/ 2°

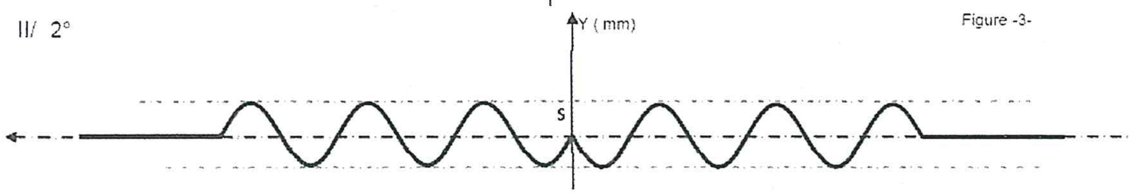
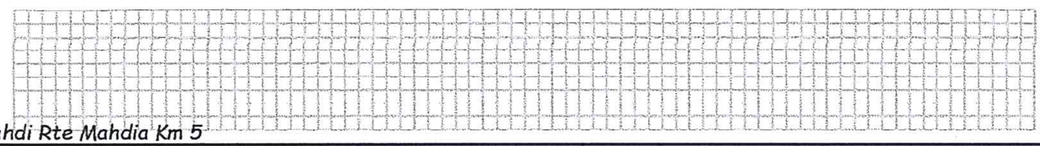


Figure -3-

III/ °C



EX N°1

1°/ à la surface du liquide on observe des rides circulaire qui se propage de la pointe ($S_1$) sans se déforme

• En s'eloignant de la source il ya dilution d'energie ce qui prouve que les rides circulaires sont plus net au voisinage de la source $S_1$

• $\Delta\varphi = \varphi_S - \varphi_M = \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{2\pi \times 16}{8} = 4\pi$ de la forme $2k\pi$

ou bien :

$x_M - x_S = 16cm = 2\lambda$

$\Rightarrow$ d'où S et M vibrent en phase.



2°/ D'après le principe de propagation

$y_M(t,d) = y_S(t-\theta)$ avec $\theta = \frac{d}{V}$ avec $t \geq \theta$

$= a\sin(\omega(t-\theta) + \varphi_S)$ avec $\varphi_S = \pi$ rad

$= a\sin(\omega t - \frac{2\pi}{T}\cdot\frac{d}{V} + \pi)$

$= 2.10^{-3}\sin(200\pi t - \frac{2\pi d}{\lambda} + \pi)$

$= 2.10^{-3}\sin(200\pi t - \frac{2\pi d}{8.10^{-3}} + \pi)$ avec $t \geq \frac{d}{V}$

• $t \geq \frac{d}{V}$ avec $\lambda = V.T = \frac{V}{N} \Leftrightarrow V = \lambda \times N$

$= 8.10^{-3} \times 100 = 0,8 m.s^{-1}$

d'où $t \geq \frac{1}{0,8}\cdot d = 1,25.d$

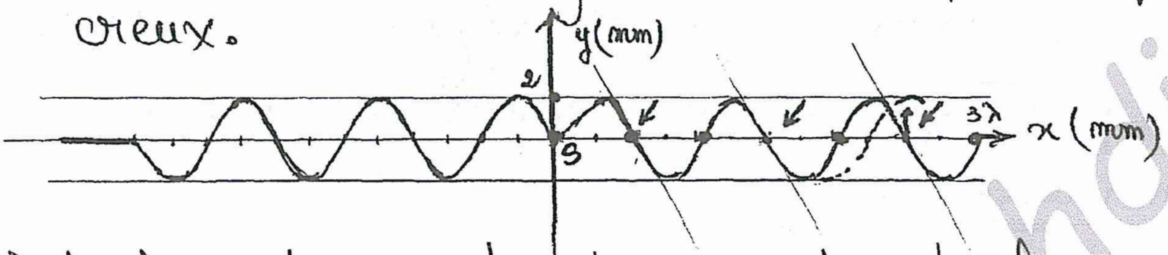
d'où $y_M(t,d) = 2.10^{-3}\sin(200\pi t - 250\pi d + \pi)$ $\forall$ $t \geq 1,25d$

b) • distance parcourue par l'onde.

$$\frac{x_f}{\lambda} = \frac{t_1}{T} = 3.10^{-2} \times 100 = 3.$$

$$x_f = 3\lambda.$$

• $\varphi_S = \pi$ rad d'où le front d'onde est précédé par un creux.




3°) a) • les points qui vibrent en opposition de phase avec S,

$$\Delta\varphi = \varphi_S - \varphi_M = \frac{2\pi x}{\lambda} = \pi + 2k\pi \qquad (k \in \mathbb{Z})$$

$$x = (2k+1)\cancel{\pi} \cdot \frac{\lambda}{2\cancel{\pi}}$$

$$x = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{or} \quad 0 < x \leq 3\lambda$$

$$0 < \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \leq 3\lambda$$

$$0 < k + \frac{1}{2} \leq 3 \quad \Leftrightarrow \quad -\frac{1}{2} < k \leq 2{,}5$$

• $k \in \{0, 1, 2\}$

• $x = 8\left(k + \frac{1}{2}\right)$ mm

| k | 0 | 1 | 2 |
|---|---|---|---|
| x(mm) | 4 | 12 | 20 |

vérifié graphiquement

ce sont des points appartenant à 3 cercles concentriques en S de rayons respectifs 4 mm, 12 mm et 20 mm

b) pour ces points on a $\frac{dy}{dx} < 0$ d'où $\frac{dy}{dt} > 0 \Rightarrow v > 0$

donc ces points se dirigent vers le haut càd dans le sens ascendant

4°/ $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e}$

* $\frac{N}{N_e} = \frac{100}{100} = 1$ entier

on observe des rides circulaires centrée (S1) immobiles

* $\frac{N}{N_e} = \frac{100}{49} = 2,04$

one Te est légèrement superieur à 2T d'où on observe des rides circulaires qui se propagent en mvt ralenti dans le sens réel.

Fin

EX N°2 (P science 2011)

1°) a) La longueur d'onde $\lambda$ c'est la distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle T.

b) • $a = 5.10^{-3}$ m

• $\lambda = 16.10^{-2}$ m

• Le front d'onde est précédé d'un creux donc la source débute son mouvement à t=0 en allant dans le sens négatif

$\Rightarrow \varphi_S = \pi$ rad

2) a) • $V_1 = \dfrac{x_1}{t_1} = \dfrac{24.10^{-2}}{12.10^{-3}} = 20\,m s^{-1}$

• $\lambda = V_1 T \Rightarrow T = \dfrac{\lambda}{V_1} = \dfrac{16.10^{-2}}{20}$

$T = 8.10^{-3}$ s

b) $d_1 = x_1$

$\dfrac{x_1}{\lambda} = \dfrac{4}{16} = 1{,}5$

$d_1 = 1{,}5\,\lambda$

on a $d_1 = x_{M_1} = \lambda + \dfrac{\lambda}{2}$ : le point $M_1$ vibre en opposition de phase avec la source (S)

$\Delta\varphi = \varphi_{M_1} - \varphi_S = \pi$ rad

or $\varphi_S = \pi$ rad

d'où $\varphi_{M_1} = 2\pi$ rad $\Rightarrow \varphi_{M_1} = 0$

c) $\theta_1 = \dfrac{x_1}{V_1} = \dfrac{0{,}24}{20} = 0{,}012$ s

$\dfrac{\theta_1}{T} = \dfrac{0{,}012}{8.10^{-3}} = 1{,}5$

$\theta_1 = 1{,}5\,T$

• $y_{M_1}(t) = y_{S_1}(t - \theta_1)$

$= 5.10^{-3} \sin\left(250\pi(t-\theta_1) + \pi\right)$

$= 5.10^{-3} \sin\left(250\pi(t - 0{,}012) + \pi\right)$

$= 5.10^{-3} \sin\left(250\pi t - 3\pi + \pi\right)$

$\begin{cases} y_{M_1}(t) = 5.10^{-3} \sin(250\pi t) & \forall t \geq 1{,}5T \\ y_{M_1}(t) = 0 & \text{pour } 0 \leq t \leq 1{,}5T \end{cases}$

3°) a) $x_f = V_1 . t_0 = 48.10^{-2}$ m

$t_0 = \dfrac{x_f}{V_1} = \dfrac{48.10^{-2}}{20} = 24.10^{-3}$ s

b) $\dfrac{t_2}{T} = 4{,}5$

$t_2 = 4{,}5\,T$

$x'_f = V . t_2 = 4{,}5 . T . V = 4{,}5\,\lambda$

$= 3\lambda + 1{,}5\,\lambda$

$x'_f = x_f + 1{,}5\,\lambda$.

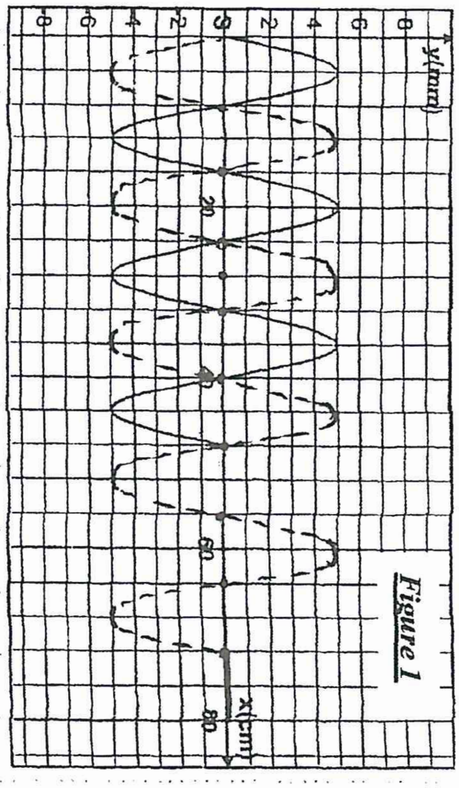


Figure 1

EX N°3 (Principale 2010)

1°/ $\omega = 2\pi N = 200\pi \ rad.s^{-1}$

$N = 100 \ Hz$

• $\lambda = V.T = \frac{V}{N} = \frac{10}{100} = 0{,}1 \ m$

a) D'après le principe de propagation, le pt M reproduit le mvt de (S) après un retard horaire $\theta = \frac{x}{V}$

$y_M(t,x) = y_S(t-\theta) \ / \ \theta = \frac{x}{V}$

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

$= 4.10^{-3} \sin(200\pi t - \frac{2\pi x}{T.V} + \pi)$

$= 4.10^{-3} \sin(200\pi t - \frac{2\pi x}{0{,}1} + \pi)$

$= 4.10^{-3} \sin(200\pi t - 20\pi x + \pi)$

b) 1ère methode $d = x_B - x_A = 20 cm = 2\lambda$

$\Delta\varphi = 2k\pi \Rightarrow$ d'où A et B vibrent en phase

2) a) $x_f = V.t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{x_f}{V} = \frac{22{,}5.10^{-2}}{10} = 22{,}5.10^{-3} s$



b) graphiquement : il y a 4 pts

• par calcul $y_M(x) = 4.10^{-3} \sin(\underbrace{200\pi \times 22{,}5.10^{-3}}_{4{,}5\pi} - 20\pi x + \pi)$

$y_M(x) = 4.10^{-3} \sin(-\frac{\pi}{2} - 20\pi x)$

$y_M(x) = 4.10^{-3} \sin(20\pi x - \frac{\pi}{2}) \ \forall x \leq x_f = 2{,}25\lambda$

$y_N(x) = \frac{a}{2}$

$a\sin\left(20\pi x - \frac{\pi}{2}\right) = \frac{a}{2} \Rightarrow \sin\left(20\pi x - \frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2}$

$$\begin{cases} 20\pi x - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{6} + 2k\pi \\ 20\pi x - \frac{\pi}{2} = \pi - \frac{\pi}{6} + 2k\pi \end{cases}$$

$$\begin{cases} 20\pi x = \frac{2\pi}{3} + 2k\pi & \Rightarrow x = \left(\frac{2\pi}{3} + 2k\pi\right)\frac{1}{20\pi} \\ 20\pi x = \frac{4\pi}{3} + 2k\pi & \Rightarrow x = \left(\frac{4\pi}{3} + 2k\pi\right)\frac{1}{20\pi} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = \frac{k}{10} + \frac{1}{30} \\ x = \frac{k}{10} + \frac{1}{15} \end{cases}$$ or $0 \leq x \leq x_f$ ; $k \in \mathbb{Z}$

* $0 \leq \frac{k}{10} + \frac{1}{30} \leq 0{,}225\,m$

$-\frac{1}{30} \leq \frac{k}{10} \leq 0{,}225 - \frac{1}{30}$

$-\frac{1}{3} \leq k \leq 1{,}9$

| $k$ | 0 | 1 |
|---|---|---|
| $x$ (m) | $\frac{1}{30}$ | $\frac{2}{15}$ |

$0 \leq \frac{k}{10} + \frac{1}{15} \leq 0{,}225$

$-\frac{1}{15} \leq \frac{k}{10} \leq 0{,}225 - \frac{1}{15}$

$-\frac{10}{15} \leq k \leq 1{,}5$

$-0{,}67 \leq k \leq 1{,}5$

| $k$ | 0 | 1 |
|---|---|---|
| $x$ (m) | $\frac{1}{15}$ | $\frac{1}{6}$ |

il y a 4 pts d'abscisse respectives $3{,}33.10^{-2}\,m$ ; $6{,}66.10^{-2}\,m$ ; $13{,}33.10^{-2}\,m$ ; $16{,}66.10^{-2}\,m$

c/ L'abscisse $x_1 = 3{,}33\,cm$ de $N_1$ est de la forme

$x = \frac{1}{30} + \frac{k}{10}$ avec $k = 0$

$\Rightarrow$ le point vibrant en phase avec $N_1$ est le point $N_2$

d'abscisse $x_2 = \frac{1}{30} + \lambda = 13{,}33\,cm$

Fin

EX N°4 (P 2011 Math)

1°/a) on appelle onde le phénomène résultant de la propagation d'une succession d'ébranlements dans un milieu donné.

b) L'onde est transversale car la direction de propagation est perpendiculaire à celle de la déformation.

c/ La pelote de coton empêche toute réflexion d'onde.

2/ a) $\lambda = 0{,}2\,m = 20\,cm$

b) * on a $\left.\begin{array}{l} x_1 f = v.t_a \\ x_2 f = v.t_b \end{array}\right\} \Rightarrow x_2 f - x_1 f = v(t_b - t_a)$

$$v = \frac{x_2 f - x_1 f}{t_b - t_a} = \frac{0{,}6 - 0{,}4}{0{,}02}$$

$$v = 10\,m\,s^{-1}$$

$* \ \lambda = v.T = \frac{v}{N} \Rightarrow N = \frac{v}{\lambda} = \frac{10}{0{,}2} = 50\,Hz$

c/ $x_1 f = v.t_a \Rightarrow t_a = \frac{x_1 f}{v} = \frac{0{,}4}{10} = 0{,}04\,s$

$x_2 f = v.t_b \Rightarrow t_b = \frac{x_2 f}{v} = \frac{0{,}6}{10} = 0{,}06\,s$

3°/ D'après le principe de propagation

$y_M(t,x) = y_S(t - \theta)$ avec $\theta = \frac{x}{v}$

$= 3.10^{-3} \sin(2\pi N(t-\theta) + \varphi_S)$

$= 3\,10^{-3} \sin\left(2\pi N t - \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{x}{v} + \varphi_S\right)$

$= 3.10^{-3} \sin\left(100\pi t - \frac{2\pi x}{0{,}2} + \varphi_S\right)$

$y_M(t,x) = 3.10^{-3} \sin(100\pi t - 10\pi x + \varphi_S) \quad \forall t \geq \theta$

b) le front d'onde est précédé d'un creux car d la source (S) débute son mouvement à $t=0$ en allant dans le sens négatif des élongations

d'où $\varphi_S = \pi$ rad

ou bien : à $t = t_a = 4.10^{-2}$ s

pour $x=0$ $\begin{cases} y=0 \\ \frac{dy}{dx} > 0 \end{cases}$ $0 = a\sin(100\pi . 4.10^{-2} - 0 + \varphi_S)$

$\sin\varphi_S = 0$ ⟶ $\varphi_S = 0$ ; $\varphi_S = \pi$

$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{t_a} = -10\pi a \cos(100\pi . 4.10^{-2} + \varphi_S)$.

$-10\pi a \cos\varphi_S > 0$ d'où $\cos\varphi_S < 0$

$\varphi_S = \pi$ rad.

c/ $x_f = V . t_f$ avec $x_f = L = 1$ m.

$t_f = \frac{x_f}{V} = \frac{1}{10} = 0,1$ s

d/ $\varphi_p - \varphi_S = -\frac{\pi}{2} + 2k\pi$

$-10\pi x + \varphi_S - \varphi_S = -\frac{\pi}{2} + 2k\pi$

$x_{(m)} = \frac{1}{20} - \frac{k}{5}$ $k \in \mathbb{Z}$.

or $0 \leq x \leq 1$ m.

$0 \leq \frac{1}{20} - \frac{k}{5} \leq 1$.

$-\frac{1}{20} \leq -\frac{k}{5} \leq 1 - \frac{1}{20}$

$-\frac{5}{20} \leq -k \leq 5 - \frac{5}{20}$.

$-4,75 \leq k \leq 0,25$.

$k \in \{-4, -3, -2, -1, 0\}$

il y a 5 points d'abscisses respectives

$x_1 = \frac{1}{20} = 0,05$ m

$x_2 = \frac{1}{20} + \frac{1}{5} = 0,25$ m

$x_3 = \frac{1}{20} + \frac{2}{5} = 0,45$ m

$x_4 = \frac{1}{20} + \frac{3}{5} = 0,65$ m

$x_5 = \frac{1}{20} + 4/5 = 0,85$ m

Fin

Ex N°5 (P 2014 science)

1°) a) en lumière stroboscopique pour $N_e$ max

la surface de l'eau paraît immobile avec des crêtes circulaires concentriques alternées par des creux de même forme.

b) L'immobilité apparente se manifeste si $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = k \in \mathbb{N}^*$

$$N_e = \frac{N}{k}$$

$N_e$ est max $\Rightarrow k_{min} = 1$

donc $N = N_{e\,max} = 20\,Hz$

2°) a) $M_1$ débute son mouvement à l'instant $t_1 = \frac{5T}{4}$

$y_{M_1}(t) = a \sin(\omega t + \varphi_{M_1})$

avec $a = 2.10^{-3}\,m$

• $\omega = 2\pi N = 40\pi\ rad\,s^{-1}$

• à $t = \frac{6T}{4} = \frac{3T}{2}$

$y_{M_1} = a$

$\Rightarrow a = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{3T}{2} + \varphi_{M_1}\right)$

$\sin(\pi + \varphi_{M_1}) = 1$

$\pi + \varphi_{M_1} = \frac{\pi}{2} \Leftrightarrow \varphi_{M_1} = -\frac{\pi}{2}\,rad$

$\Rightarrow y_{M_1}(t) = 2.10^{-3} \sin\left(40\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$

pour $t \geq \frac{5T}{4}$.

• $y_{M_1}(t) = y_S(t - \theta_1) \Rightarrow y_S(t) = y_{M_1}(t + \theta_1)$

$y_0(t) = 2.10^{-3} \sin\left(40\pi\left(t + \frac{5T}{4}\right) - \frac{\pi}{2}\right)$

$y_0(t) = 2.10^{-3} \sin\left(40\pi t + \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{5T}{4} - \frac{\pi}{2}\right)$

$= 2.10^{-3} \sin(40\pi t + 2\pi)$

$y_0(t) = 2. \sin(40\pi t)\ \ \forall t \geq 0$

b) $\theta_1 = \frac{x_1}{V}$

$V = \frac{x_1}{\theta_1} = \frac{1{,}25.10^{-2}}{\frac{5T}{4}}$

$= \frac{1{,}25.10^{-2} \times 4}{5 \cdot \frac{1}{20}}$

$V = 0{,}2\,m\,s^{-1}$

c) $\lambda = V.T = \frac{V}{N} = \frac{0{,}2}{20}$

$\lambda = 0{,}01\,m$

3°) a) à $t_1$, le front d'onde a parcouru la distance

$d = 3\lambda + \frac{\lambda}{4} = x_F$

or $x_F = V.t_1$

$t_1 = \frac{x_F}{V} = \frac{3{,}25 \cdot 0{,}01}{0{,}2}$

$t_1 = 16{,}25.10^{-2}\,s$

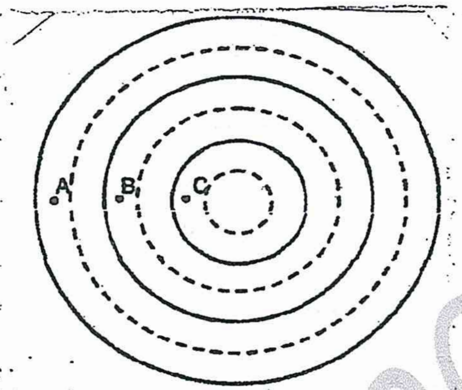
b) $M_1$ et $M_2$ vibrent en opposition de phase car $M_2$ appartient à une crête et $M_3$ appartient à un creux

c) les 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 $M_2$ sont des cercles de centre O et de rayons respectifs $r_1 = \frac{3\lambda}{4}$

$r_2 = \frac{7\lambda}{4}$

$r_3 = \frac{11\lambda}{4}$

d) Les lieux des points sont les cercles centrés sur O et passants par les points A, B et C.




Fin

EX 6 (Concours 2013 M-G1)

1°) le phénomène resultant de la propagation ........ transversale, car la direction de propagation est perpendiculaire à celle de la déformation

2°) a) En lumière ordinaire on observe une bande rectangulaire floue de largeur double de l'amplitude de vibration (2a)

b) En lumière stroboscopique pour une période Te légèrement superieur à la période T du vibreur, on observe une progression lente d'une sinusoïde dans le sens réel de propagation de l'onde

3°) • La courbe (II) correspond au diagramme de mouvement du point A de la corde situé à la distance $x_A$ de A

• L'aspect de la corde à un instant $t_1$ fixe est donné par la courbe (I)

• $T = 4 \times 2.10^{-3} = 8.10^{-3}s$

• $\lambda = 4 \times 5.10^{-2} = 20.10^{-2} m = 0,2 m$

• $a = 2.10^{-3} m$

4°) • $\lambda = V.T$

$V = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,2}{8\,10^{-3}} = 25\, m s^{-1}$

• retard

$\theta = \frac{x_A}{V} \Leftrightarrow x_A = \theta \times V$

$= 10.10^{-3}.25$

$x_A = 25.10^{-2} m$

$x_A = 0,25 m$

• $x_F = V.t_1$

$t_1 = \frac{x_F}{V} = \frac{8 \times 5.10^{-2}}{25} = 16.10^{-3} s$

5°) $y_A(t) = a \sin(\omega t + \varphi_A)\ \forall t \geq \theta_A$

• $\omega = \frac{2\pi}{T} = 250\pi\ rad s^{-1}$

• $\Delta t = 1,5T$ ; $y_A = a$

$a = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}.1,5T + \varphi_A\right)$

$\sin\left(3\pi + \varphi_A\right) = 1$

$\sin(\pi + \varphi_A) = 1$

$\pi + \varphi_A = \frac{\pi}{2} \Leftrightarrow \varphi_A = -\frac{\pi}{2} rad$

$y_A(t) = 2.10^{-3} \sin\left(250\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$

$\forall t \geq 10^{-2} s$

* $y_A(t) = y_S(t - \theta_A) \Leftrightarrow y_S(t) = y_A(t + \theta_A)$

$y_S(t) = 2.10^{-3} \sin\left(250\pi(t + \theta_A) - \frac{\pi}{2}\right)$

$= 2.10^{-3} \sin\left(250\pi t + 250.10^{-2}\pi - \frac{\pi}{2}\right)$

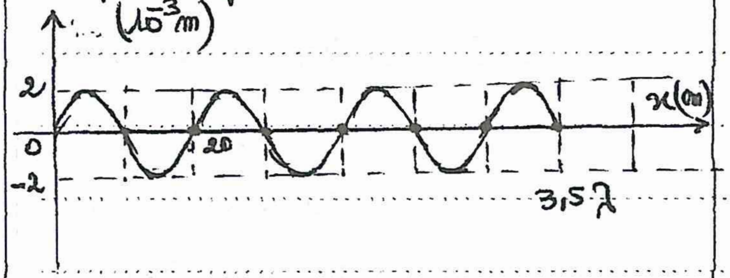
$y_S(t) = 2.10^{-3} \sin(250\pi t)$ avec $t \geq 0$

6°) $x_F = V.t_2 = 25 \times 2,8.10^{-2} = 0,7 m$

$\frac{x_F}{\lambda} = \frac{0,7}{0,2} = 3,5$

$x_F = 3{,}5.\lambda$.

• $\varphi_S = 0$ rad : le front d'onde est est précédé par une crête




7°) la distance parcourue pars est $d = (3{,}5 \times 4) \times a$

$d = 14.a$

$d = 14 \times 2.10^{-3}$

$d = 28.10^{-3}$ m

Fin

EX 7 (Concours 2013 G2)

I/ 1°) car elle est dûe à un ébranlement mécanique

2°) Transversale car la direction de l'ébranlement est perpendiculaire à la direction de propagation

3°) La diminution de l'amplitude est dûe à la dilution de l'énergie

4°) a) La distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle T.

b) La célérité reste inchangée car le milieu est non dispersif

. $\lambda$ varie

$\lambda' = \frac{V}{N'} = \frac{V}{2N} = \frac{\lambda}{2}$

II/ 1) a) $\lambda = 2\,cm$

b) $\lambda = V.T = \frac{V}{N}$

$V = \lambda \times N = 0{,}02 \times 25$

$= 0{,}5\,m s^{-1}$

c) $x_F = V.t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{x_F}{V}$

$t_1 = \frac{6\,10^{-2}}{0{,}5} = 0{,}12\,s.$

d) il y a 4 familles de points situés sur les cercles de rayons

$r_1 = \frac{3\lambda}{4}$ ; $r_2 = \frac{7\lambda}{4}$ ; $r_3 = \frac{11\lambda}{4}$

$r_4 = \frac{15\lambda}{4}$

d'élongations respectives

$y_1 = a$ ; $y_2 = a$ ; $y_3 = a$ ; $y_4 = 0$

2°) $\Delta x_F = V.\Delta t$

$\Delta x_F = V(t_2 - t_1)$

$\Delta x_F = V(0{,}1 - 0{,}12) = -\frac{\lambda}{2}$

3°) a) $y_S(t) = a \sin(\omega t + \varphi_S)\ \forall t \geq 0$

avec . $a = 2.10^{-3}\,s$

. $\omega = 2\pi N = 50\pi\ rad\,s^{-1}$

. le front d'onde est précédé par une crête $\varphi_S = 0\ rad$

$\Rightarrow y_S(t) = 2.10^{-3} \sin(50\pi t)\ \forall t \geq 0$

b) D'après le principe de propagation des ondes

$y_M(t,x) = y_S(t-\theta)$ avec $\theta = \frac{r}{V}$

$= 2.10^{-3} \sin(50\pi(t-\theta))$

$= 2.10^{-3} \sin(50\pi t - 50\pi\theta)$

$= 2.10^{-3} \sin(50\pi t - \frac{50\pi . r}{0{,}5})$

$y_M(t,x) = 2.10^{-3} \sin(50\pi t - 100\pi . r)$

$\forall t \geq \theta$

c) . $\theta_1 = \frac{r_1}{V} = \frac{3\,10^{-2}}{0{,}5} = 0{,}06\,s$

. $\frac{\theta_1}{T} = \theta_1 \times N = 1{,}5$

$\theta_1 = 1{,}5 . T$

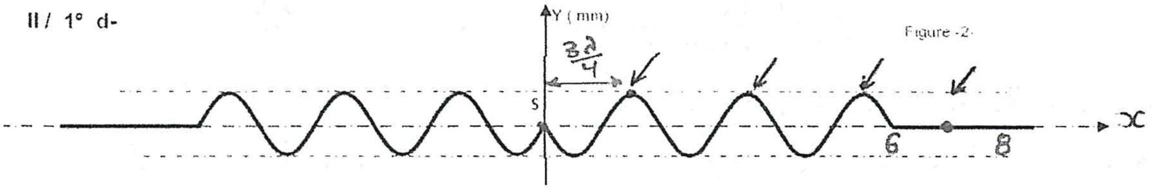
$y_{M_1}(t) = 2.10^{-3} \sin(50\pi t - 100\pi \times 3\,10^{-2})$

$= 2.10^{-3} \sin(50\pi t - 3\pi)$

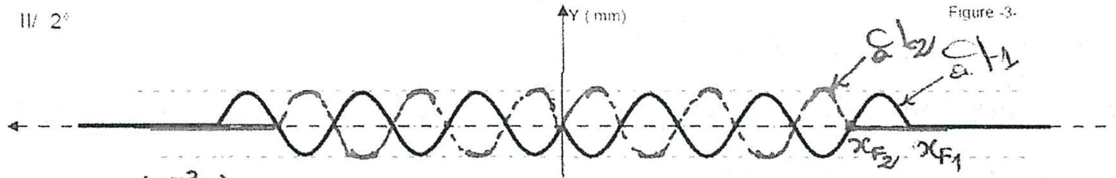
$= 2.10^{-3} \sin(50\pi t - \pi)$

$\forall t \geq 1{,}5\,T$

II / 1° d-




II/ 2°




III/ °C