Hichem.Benaich@edunet.tn

Proposée par Benaich Hichem

SERIE DE PHYSIQUE N° 7
ONDES PROGRESSIVES

RAPPEL DU COURS

I / Propagation d'un ébranlement :

✳ Un ébranlement créé en un point **O** d'un milieu élastique , se propage dans ce milieu .

✳ Tout point **M** du milieu élastique atteint par l'ébranlement reproduit le mouvement de **O** avec un retard θ (θ étant le temps mis par l'ébranlement pour parcourir la distance **OM**)

$\theta = \dfrac{OM}{v}$; **v** : célérité de l'ébranlement le long du milieu élastique .

✳ Si on néglige l'amortissement , le point **M** refait le même mouvement que le point **O** (appelé source) .

D'après le principe de propagation , on a alors : $\boxed{y_M(t) = y_O(\, t - \theta\,)\ ,\ \text{pour } t \geq \theta}$

✳ Un ébranlement est dît **transversal** lorsque la direction de des déformations auxquelles elle est due , est **perpendiculaire** à la direction de sa propagation .

✳ Un ébranlement est dît **longitudinal** lorsque la direction de des déformations auxquelles elle est due , est **parallèle** à la direction de sa propagation .

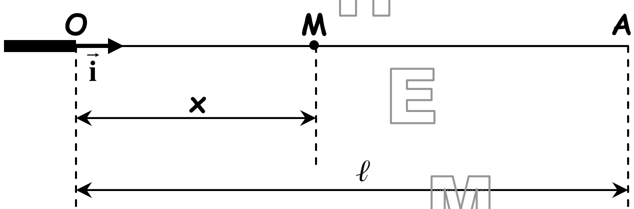
II / Propagation d'une onde sinusoïdale entretenue le long d'une corde élastique :

✳ L' **onde** est le phénomène résultant de la propagation d'une succession d'ébranlements identiques émis régulièrement par un système appelé **source** .

✳ La propagation d'une onde correspond à un transport d'énergie sans déplacement de matière .

✳ La célérité d'une onde dépend de la nature du milieu de propagation et de ses propriétés .

✳ Soit une corde élastique de longueur OA = ℓ .



Posons $y_O(t) = a.\sin(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_O)$, pour t ≥ 0 .

✳ D'après le principe de propagation , on a :

$$y_M(t) = y_O(\, t - \theta\,)\ ,\ \text{pour } t \geq \theta \text{ avec } \theta = \frac{x}{v}\ .$$

$$\Rightarrow y_M(t,x) = a.\sin[\frac{2\pi}{T}(\, t - \frac{x}{v}) + \varphi_O\,]$$

$$\Rightarrow y_M(t,x) = a.\sin(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_O\,)\ .$$

✳ Toute onde se propageant dans un milieu ouvert est progressive . Elle est caractérisée par une double périodicité **temporelle** T et **spatiale** λ .

Hichem.Benaich@edunet.tn

Proposée par Benaich Hichem

SERIE DE PHYSIQUE N° 7

ONDES PROGRESSIVES

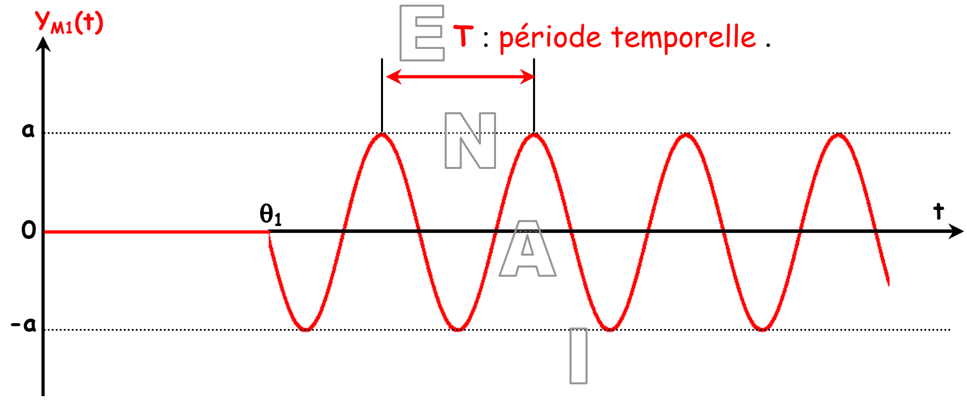
1°) Sinusoïde des temps d'un point M_1 d'abscisse x_1 :

Soit un point M_1 de la corde tel que $OM_1 = x_1$.

L'équation horaire (appelée aussi sinusoïde des temps) s'écrit alors :

$$\begin{cases} y_{M_1}(t) = a.\sin(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_O) & \text{pour } t \geq \theta_1 . \\ y_{M_1}(t) = 0 & \text{pour } 0 \leq t \leq \theta_1 . \end{cases}$$

C'est une fonction sinusoïdale de période **T** dite **période temporelle** (temps mis par tout point de la corde pour effectuer une oscillation) .



2°) Sinusoïde des espaces : aspect de la corde à une date t_1 :

On fixe le temps $t = t_1$ et on étudie les variations de **y** en fonction de la variable **x** (appelée aussi **sinusoïde des espaces**) .

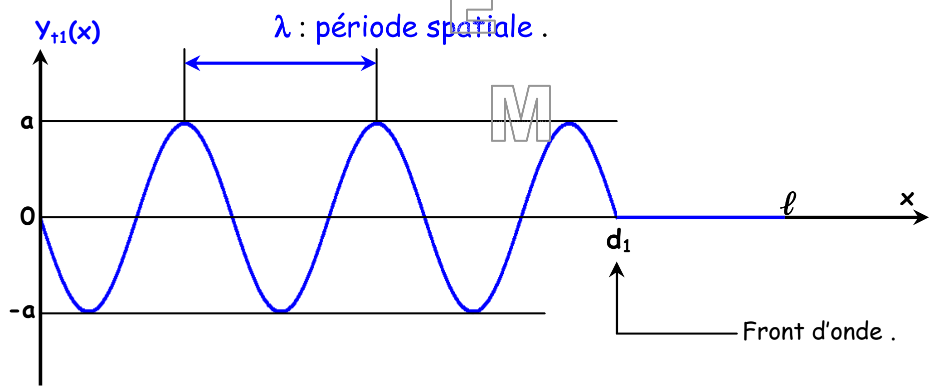
On a établi : $y_M(t,x) = a.\sin(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_O)$

Donc , $y_{t_1}(x) = a.\sin(\frac{2\pi}{T}t_1 - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_O)$

$$\Rightarrow \begin{cases} y_{t_1}(x) = a.\sin(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi}{T}t_1 - \varphi_O + \pi) & \text{pour } 0 \leq x \leq d_1 . \\ y_{t_1}(x) = 0 & \text{pour } d_1 \leq x \leq \ell . \end{cases}$$

C'est une fonction sinusoïdale de période λ dite **période spatiale** appelée **longueur d'onde** .

(λ : distance parcourue par l'onde au cours d'une période temporelle **T**) .



SERIE DE PHYSIQUE N° 7
ONDES PROGRESSIVES

3°) Déphasage par rapport à la source :

Soit $\Delta\varphi$ le déphasage du point **M** par rapport à la source **O** .

$$\boxed{\Delta\varphi = -\frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_O - \varphi_O = -\frac{2\pi x}{\lambda}}$$

a) Points de la corde vibrant en phase avec la source :

M vibre en phase avec la source $\Rightarrow -\frac{2\pi x}{\lambda} = 2k\pi$

$\Rightarrow \boxed{x = k\lambda \text{ , } k \in IN^* \text{ avec } 0 < x < \ell .}$

b) Points de la corde vibrant en opposition de phase avec la source :

M vibre en opposition de phase avec la source $\Rightarrow -\frac{2\pi x}{\lambda} = (2k + 1)\pi$

$\Rightarrow \boxed{x = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \text{ , } k \in IN \text{ avec } 0 < x < \ell .}$

c) Points de la corde vibrant en quadrature avance de phase par rapport à la source :

M vibre en quadrature avance de phase par rapport à la source $\Rightarrow -\frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + 2k\pi$

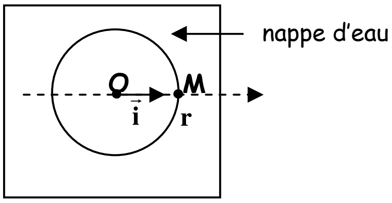
$\Rightarrow \boxed{x = (4k - 1)\frac{\lambda}{4} \text{ , } k \in IN^* \text{ avec } 0 < x < \ell .}$

d) Points de la corde vibrant en quadrature retard de phase par rapport à la source :

M vibre en quadrature retard de phase par rapport à la source $\Rightarrow -\frac{2\pi x}{\lambda} = -\frac{\pi}{2} + 2k\pi$

$\Rightarrow \boxed{x = (4k + 1)\frac{\lambda}{4} \text{ , } k \in IN \text{ avec } 0 < x < \ell .}$

III / Propagation d'une onde sinusoïdale entretenue à la surface d'un liquide :



✳ Suivant une direction quelconque $(O, \vec{i})$ de la surface du liquide , tout ce passe comme le long d'une corde élastique .

✳ Tous les points situés à la même distance **r** du point source **O** , ont à tout instant le même état de mouvement .

✳ Pour l'aspect de la surface du liquide à une date t_1 , on représente une coupe transversale de la surface du liquide suivant $(O, \vec{i})$.

Hichem.Benaich@edunet.tn *Proposée par Benaich Hichem*

SERIE DE PHYSIQUE N° 7

ONDES PROGRESSIVES

EXERCICE 1 (Bac 93 ancien régime)

Une lame vibrante impose à l'extrémité S d'une corde horizontale un mouvement transversal rectiligne et sinusoïdal d'équation : $y = a.\sin(100\pi t)$ avec t en secondes .
La célérité de propagation des ébranlements le long de la corde est $v = 10\ m.s^{-1}$.
On négligera l'amortissement .

1°) Calculer la fréquence N de vibration de l'extrémité S et la longueur d'onde λ de l'onde progressive se propageant le long de la corde .

2°) a) Représenter l'aspect de la corde aux instants $t_1 = 0,02$ s et $t_2 = 0,05$ s sachant que le mouvement de l'extrémité S de cette corde commence à l'instant t = 0 .

b) Quel est par rapport à la source l'état vibratoire de chacun des points M_1 et M_2 instants de S respectivement de $d_1 = 10$ cm et de $d_2 = 40$ cm .

3°) On éclaire la corde précédente avec un stroboscope de fréquence N_e variable . Quel est l'aspect observé de la corde lorsque N_e vaut 25 Hz , 49 Hz , 51 Hz . Justifier les réponses .

Rép. Num.: 1°) N=50Hz ; λ=0,2m ; **2°) a)** $y_{t_1}(x)=a.\sin(10\pi x+\pi)$, $x\leq\lambda$; $y_{t_2}(x)=a.\sin(10\pi x)$, $x\leq 2,5\lambda$; **b)** M_1 vibre en opp. de phase par rapport à S ; M_2 vibre en phase avec O ; **3°)** N_e= 25Hz :immobilité apparente ; N_e=49Hz : m.v.t. app. lent dans le sens réel . N_e=51Hz : m.v.t. app. lent dans le sens inverse .

EXERCICE 2

A l'extrémité d'une lame vibrant verticalement , est fixé un fil de longueur ℓ = 2m , de masse m = 20 g soumis à une tension d'intensité $\|\vec{F}\|$ = 4N . On admettra qu'il n'y a pas de réflexions aux extrémités du fil .
La fréquence du mouvement de la lame est N = 100 Hz .

1°) Quelle est la longueur d'onde λ de la vibration ?

2°) L'extrémité S de la lame a un mouvement sinusoïdal d'amplitude a = 2 mm .
Ecrire l'équation horaire du mouvement de S , ainsi que celle du mouvement d'un point M du fil situé à la distance SM = x = 65 cm .
On suppose qu'à la date t = 0 , la source S débute son mouvement en allant dans le sens positif .

3°) Représenter sur un même système d'axes , les diagrammes de S et de M .

4°) Quel est l'aspect du fil à l'instant $t_1 = 4,75.10^{-2}$s ?

Rép. Num.: **1°)** λ=0,2m ; **2°)** $y_S(t)=2.10^{-3}\sin(200\pi t)$ (m) ; $y_M(t)=2.10^{-3}\sin(200\pi t-\frac{\pi}{2})$ (m) , $t\geq 3,25T$;
4°) $y_t(x)=2.10^{-3}\sin(10\pi x-\frac{\pi}{2})$ (m) , $x\leq 4,75\lambda$.

EXERCICE 3

A /- Une corde élastique tendue horizontalement par un solide de masse M = 20 g . La corde est attachée en A au bout d'une lame vibrante qui lui communique à partir de l'instant t = 0 s un ébranlement sinusoïdal transversal de fréquence N . Les graphes 1 et 2 représentent respectivement les élongations des points P et S de la corde distants de PS = 5 cm l'un de l'autre .

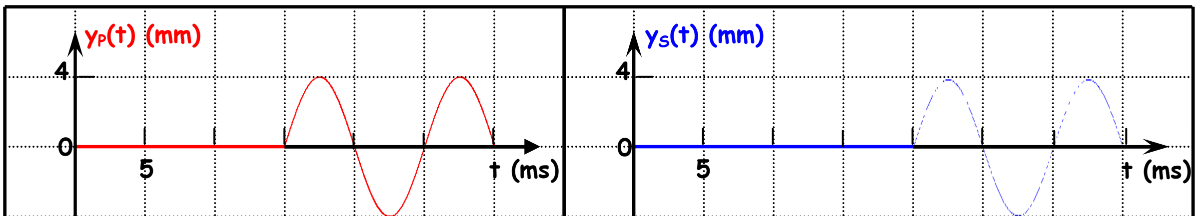


fig. 1 fig. 2

Hichem.Benaich@edunet.tn

1°) Soit AB la partie tendue horizontalement de la corde .

a) Proposer un dispositif expérimental permettant de réaliser cette expérience .

b) Pourquoi place-t-on à l'extrémité B du coton ?

2°) a) Déterminer de ces graphes l'expression de l'élongation $y_A(t)$ de la source A ;

b) Déterminer la célérité v de l'ébranlement ainsi que les distances AS et AP .

c) En déduire la masse linéique de la corde .

3°) On éclaire la corde par un stroboscope de fréquence N_e variable .

Qu'observe-t-on :

✳ Lorsqu'on éclaire la corde avec une fréquence N_e = 25 Hz ?

✳ Lorsqu'on éclaire la corde avec une fréquence N_e = 98 Hz ?

4°) a) Représenter l'aspect de la corde à un instant t_0 = 0,0225 s .

b) En réalité , la lame s'est arrêtée brusquement , après avoir effectué deux oscillations et demie . Représenter l'aspect de la corde à la date t_1 = 0,04 s .

B /- L'extrémité A de la lame vibrant à la fréquence N = 100 Hz est reliée à une nouvelle corde élastique , tendue horizontalement . Un dispositif permet d'éviter la réflexion des ondes .

L'équation horaire de vibration de A est $y_A(t) = 2.10^{-3}\sin(200\pi t)$, y_A en m et t en s .

1°) L'étude du mouvement au ralenti montre que le point le plus proche qui vibre en phase avec A est M_1 avec AM_1 = 5 cm . En déduire la célérité des ondes le long de cette corde .

2°) Ecrire l'équation du mouvement d'un point M se trouvant au repos à la distance x par rapport à A .

3°) Représenter graphiquement y = f(x) aux instants t_1 = 15 ms et t_2 = 20 ms .

Rép. Num. : **A/ 1°) a)** voir cours ; **b)** Pour empêcher la réflexion ;

2°) a) $y_A(t)=4.10^{-3}\sin(200\pi t)$; **b)** $v=10m.s^{-1}$; AP=15cm ; AS=20cm ; **c)** $\mu=2g.m^{-1}$;

3°) a) immobilité apparente ; **b)** m.v.t. app. lent dans le sens réel ;

4°) a) $y_{t_1}(x)=4.10^{-3}\sin(20\pi x+\frac{\pi}{2})$ (m) ; $x \le 2,25\lambda$; **b)** $y_{t_1}(x)= 4.10^{-3}\sin(20\pi x+\pi)$ (m) ; $1,5\lambda \le x \le 4\lambda$;

B/ 1°) $\lambda=5.10^{-2}m$; $v=\lambda N=5m.s^{-1}$; **2°)** $y_M(t)=2.10^{-3}\sin(200\pi t-40\pi x)$;

3°) $y_{t_1}(x)= 2.10^{-3}\sin(40\pi x)$ (m) ; $x \le 1,5\lambda$; $y_{t_2}(x)= 2.10^{-3}\sin(40\pi x+\pi)$ (m) ; $x \le 2\lambda$.

EXERCICE 4

A l'extrémité d'une lame vibrant sinusoïdalement à la fréquence N , on attache une corde élastique supposée infinie , tendue horizontalement ; elle est le siège d'une onde progressive transversale non amortie de célérité v .

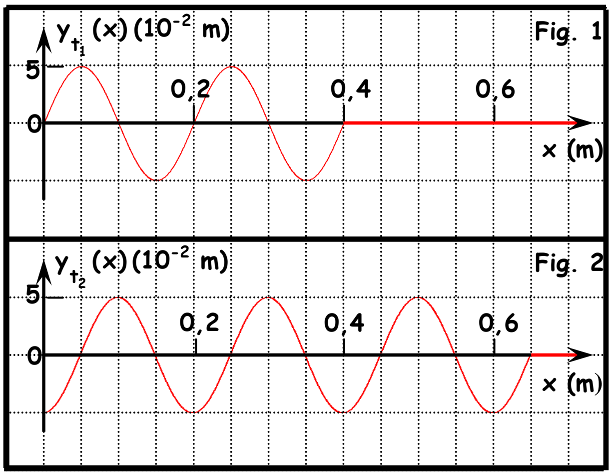
Les figures 1 et 2 représentent respectivement les aspects de la corde aux instants t_1 et t_2 tels que $t_2 - t_1 = 5.10^{-2}$ s .

1°) Déterminer graphiquement la longueur d'onde la célérité et la fréquence des ondes le long de la corde .

2°) En déduire les instants t_1 et t_2 correspondant aux deux aspects de la corde représentés sur les figures .

3°) Déterminer les équations horaires de la source S et d'un point M de la corde situé au repos à une distance SM = x de S .

On supposera que le mouvement de S débute à l'origine des dates t = 0 s .



4°) Pour SM = x = 25 cm , représenter le digramme du mouvement du point M pour $t \in [\,0\,;\,t_2\,]$.

5°) Déterminer le nombre et les abscisses des points de la corde qui ont à l'instant t_2 une élongation $y = -\,2{,}5.10^{-2}$ m et se déplaçant dans le sens descendant .

Rép. Num. : 1°) λ=0,2m ; v=5m.s^{-1} ; N=25Hz ; **2°)** $t_1=8.10^{-2}$s ; $t_2=13.10^{-2}$s ;
3°) $y_S(t)=5.10^{-2}\sin(50\pi t+\pi)$ (m) ; $y_M(t)= 5.10^{-2}\sin(50\pi t-10\pi x+\pi)$ (m) ;
4°) $y_M(t)=5.10^{-2}\sin(50\pi t+\frac{\pi}{2})$, $1{,}25T \le t \le 3{,}25T$; **5°)** $x=(k+\frac{1}{6})\lambda$; $k \in \{\,0\,;\,1\,;\,2\,;\,3\,\}$.

EXERCICE 5

Dans tout l'exercice , on néglige l'amortissement tout au long de la propagation .
On dispose d'un vibreur dont la pointe affleure au repos un point O de la surface d'une nappe d'eau initialement au repos .

1°) Ecrire l'équation horaire $y_O(t)$ du mouvement du point O sachant que celui-ci est animé d'un mouvement vertical sinusoïdal de fréquence N = 100 Hz et d'amplitude 2 mm , et à l'instant t = 0 s , il débute son mouvement dans le sens négatif .
On donne : la vitesse de propagation de l'onde est v = 2 m.s^{-1} .

2°) Ecrire l'équation horaire $y_M(t)$ du mouvement d'un point M de la surface du liquide d'abscisse x .

3°) Donner l'élongation de M_1 , situé à x_1 = 3,4 cm de O à $t_1 = 10^{-2}$ s et à $t_2 = 4{,}5.10^{-2}$ s .

4°) Représenter une coupe de la surface de l'eau suivant un plan perpendiculaire aux lignes d'onde aux instants $t_3 = 2.10^{-2}$ s et $t_4 = 2{,}25.10^{-2}$ s .

5°) Placer sur le tracé précédent les points possédant à l'instant t_3 une élongation égale à 1 mm et se déplaçant dans le sens descendant .

6°) Donner le lieu des points M de la surface de l'eau qui passent par leur élongation maximale positive lorsque O passe par sa position d'équilibre en montant .

Rép. Num. : 1°) $y_O(t)=2.10^{-3}\sin(200\pi t+\pi)$; **2°)** $y_M(t)= 2.10^{-3}\sin(200\pi t-100\pi x+\pi)$; **3°)** $y_{M1}(t_1)=0$; $y_{M1}(t_2)=1{,}9.10^{-3}$m ;
4°) $y_{t_3}(x)=2.10^{-3}\sin(100\pi x)$, $-2\lambda \le x \le 2\lambda$; $y_{t_4}(x)=2.10^{-3}\sin(100\pi x-\frac{\pi}{2})$, $-\frac{9}{4}\lambda \le x \le \frac{9}{4}\lambda$;
6°) $x=(4k-1)\frac{\lambda}{4}$, $k \in Z$.

EXERCICE 6 (Contrôle 2002 ancien régime)

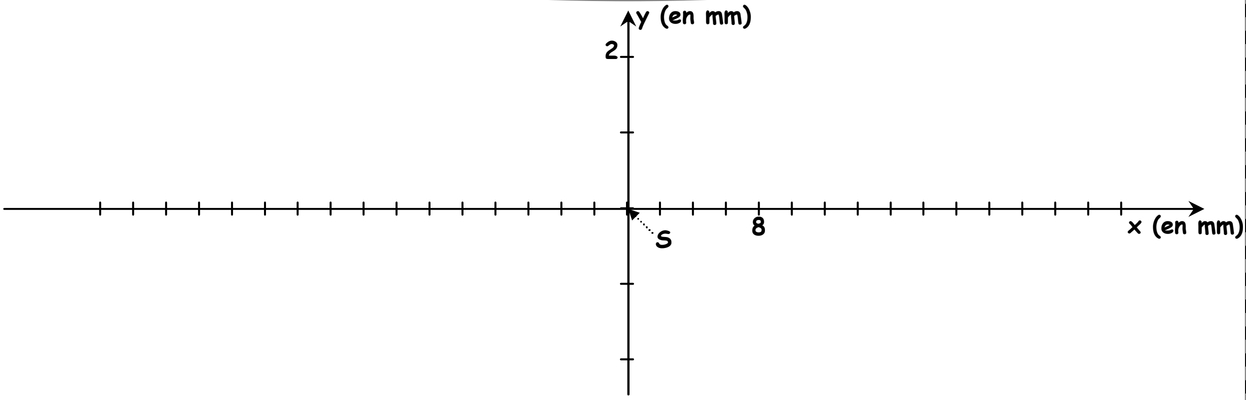
L'ondes se propage avec la même vitesse dans toutes les directions sans amortissement et sans réflexion sur les bords de la cuve à onde . Sa longueur d'onde est λ = 8 mm .
Une pointe verticale excite la surface libre du liquide au repos en un point S .
Elle produit des vibrations verticales sinusoïdales d'équation $y_S(t) = 2.10^{-3}\sin(\,200\pi t + \pi\,)$ pour $t \ge 0$ et telle que y est en mètre et t en seconde .

1°) Décrire l'aspect de la surface du liquide observé en lumière ordinaire .
Expliquer brièvement pourquoi cet aspect est-il particulièrement plus net au voisinage de S .

2°) a) Soit M un point appartenant à la surface du liquide et situé à une distance d de S .
Monter que l'équation horaire du mouvement de M lorsqu'il est atteint par l'onde issue de s'écrit : $y_M(t,d) = 2.10^{-3}\sin(\;200\pi t\; - \;250\pi d + \pi\,)$ pour $t \ge 1{,}25d$ et telle que y et d 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 à l'instant de date $t_1 = 3.10^{-2}$ s .
Le travail demandé sera schématisé sur la figure ci-dessous « à remplir par le candidat et à remettre avec la copie » , conformément à l'échelle indiquée .

SERIE DE PHYSIQUE N° 7
ONDES PROGRESSIVES



3°) La surface 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 .

Rép. Num. : 1°) – Rides circulaires ; – dilution de l'énergie ; **2°) b)** $y_{t_1}(x)=2.10^{-3}\sin(250\pi x)(m)$ pour $-3\lambda \le x \le 3\lambda$.
3°)✳ Pour N_e = 100 Hz : immobilité app. ✳ Pour N_e = 100 Hz : mouvement app. lent dans le sens réel .

EXERCICE 7 (Bac 2003 ancien régime)

Une lame vibrante munie d'une pointe produit , en un point S de la surface libre d'un liquide au repos , des vibrations sinusoïdales telles que $y_S(t) = 2.10^{-3}.\sin(40\pi t + \pi)$ où $y_S(t)$ exprimée en mètre , est l'élongation de la source S par rapport à l'axe (Oy) orienté positivement vers le haut .
La source S commence à vibrer à l'instant t = 0 seconde .
On néglige toute atténuation de l'amplitude et toute réflexion de l'onde issue de S , d'autre part on suppose que la profondeur de l'eau est suffisamment grande devant l'amplitude des vibrations .

1°) L'analyse du mouvement d'un point P de la surface du liquide , situé à la distance x_1 = 1,5 cm de la source S , donne le diagramme de la figure -1- .

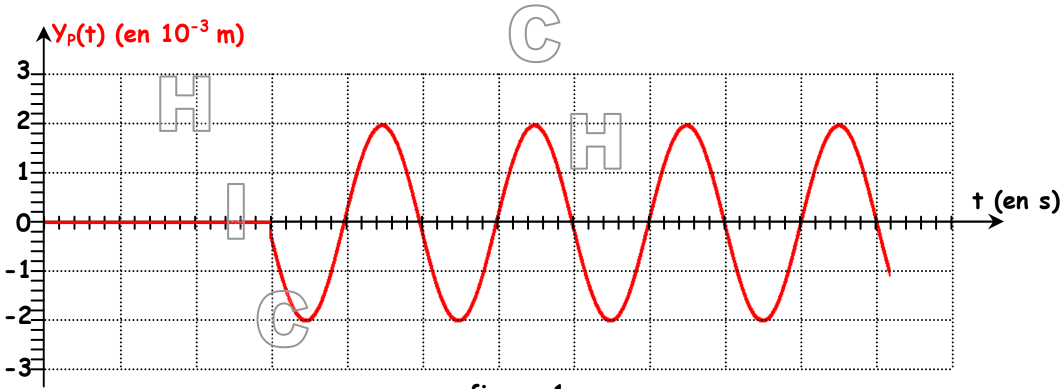


figure-1-

a) Montrer que la valeur de la célérité v de propagation de l'onde issue de S est égale à 0,20 $m.s^{-1}$.
b) Calculer la valeur de la longueur d'onde λ .
c) Déterminer l'équation horaire du mouvement du point matériel P .

2°) a) Tracer , en respectant l'échelle adoptée , une coupe de la surface du liquide par un plan vertical passant par S à la date $t_1 = 17,5.10^{-2}$ s, sur la figure -2 - « à remplir par le candidat et à remettre avec la copie » .

SERIE DE PHYSIQUE N° 7
ONDES PROGRESSIVES

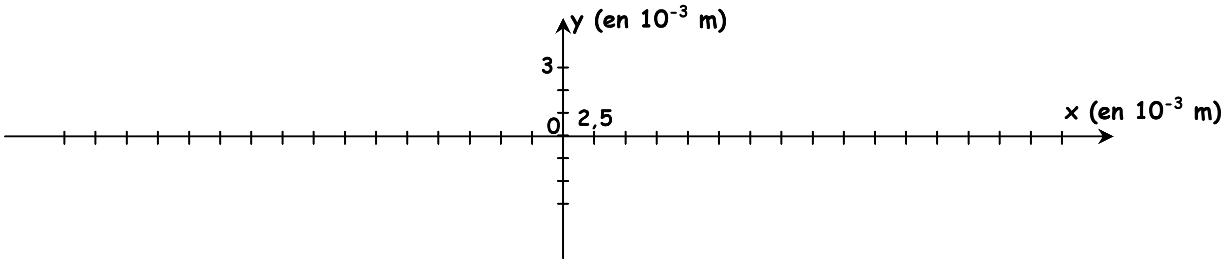


figure-2-

b) En déduire l'ensemble des points de la surface du liquide qui, à la date $t_1 = 17{,}5.\ 10^{-2}$ s, ont la même élongation que le point matériel P et une vitesse négative.

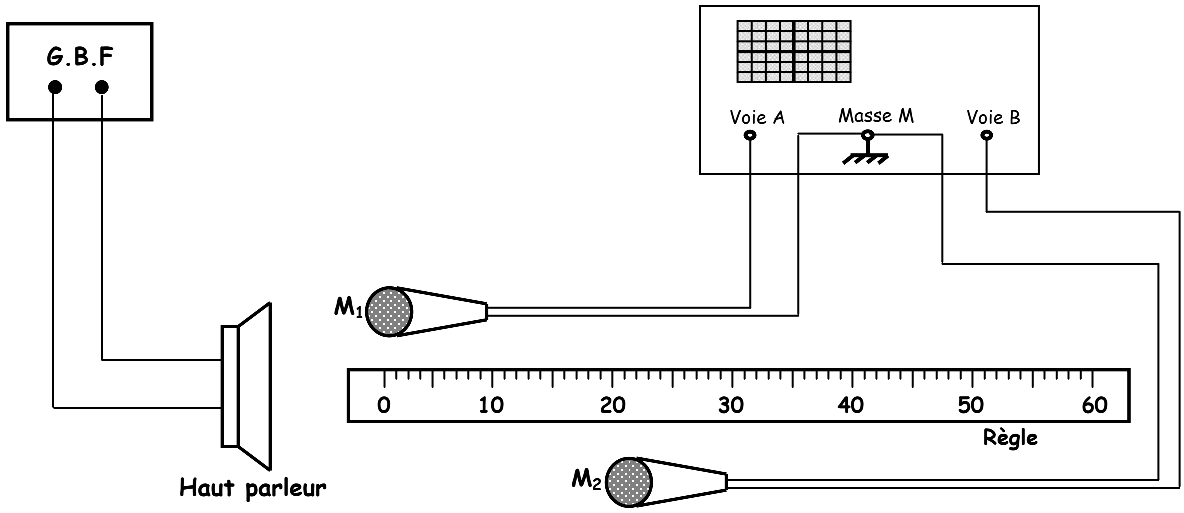
Rép. Num. : **1°) a)** $v=\frac{x_1}{\theta_P}=0{,}2m.s^{-1}$; **b)** $\lambda=vT=10^{-2}$ m ; **c)** $y_P(t)=2.10^{-3}.\sin(40.\pi.t)$ (m) ; $t \geq 1{,}5T=0{,}075s$;

2°) a) $y_{t1}(x)=2.10^{-3}.\sin(200.\pi.x+\pi)$ (m) ; $x \leq 3{,}5.\lambda$;

b) $y_P(t_1)=0$ et $v_P(t_1)<0 \Rightarrow$ les points concernés sont situés des cercles de rayons (0,5cm ; 1,5cm ; 2,5cm et 3,5cm).

EXERCICE 8

Le son émis par le haut-parleur est capté par deux microphones M_1 et M_2 branchés sur les voies Y_A et Y_B de l'oscilloscope comme l'indique la figure ci-dessous.



1°) Calculer la fréquence du son capté, sachant que l'on aperçoit deux périodes complètes de chaque sinusoïde sur l'oscillogramme, que l'écran comporte dix divisions au total en largeur et que la fréquence de balayage est réglée sur 0,1 ms par division. Lorsque les deux abscisses des microphones sont égales, les courbes observées sur l'oscilloscope sont en phase. On déplace le microphone M_2 et on relève son abscisse x_2 à chaque fois que les courbes sur l'oscilloscope sont à nouveau en phase.

N°	1	2	3	4	5
x_2(cm)	68,0	136,0	204,0	272,0	340,0

2°) Quelle valeur de la longueur d'onde peut-on déduire de ces mesures ?

3°) Quelle est alors la célérité du son dans l'air ,

Rép. Num. : **1°)** N=100Hz ; **2°)** λ=0,68m ; **3°)** $v=340m.s^{-1}$.

SERIE DE PHYSIQUE N° 7
ONDES PROGRESSIVES

EXERCICE 9

Un haut-parleur H.P. est alimenté par un générateur basses fréquences (B.F.) qui délivre une tension sinusoïdale de fréquence N variable. Les entrées Y_1 et Y_2 d'un oscilloscope bicourbe sont reliées au haut-parleur et à un microphone M de faible dimension comme l'indique la figure 1 .

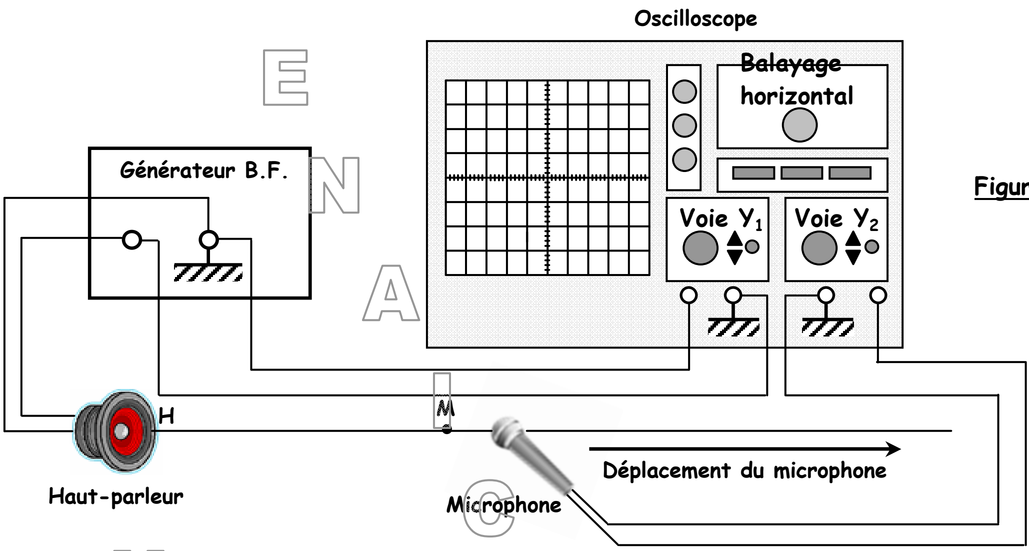


Figure 1

1°) Le microphone est placé a point M_1 d'abscisse x_1 .
On obtient sur l'écran de l'oscilloscope les deux sinusoïdes représentées sur la figure 2 .

a) Que représentent ces deux sinusoïdes ?

b) Pourquoi les maximas des deux courbes ne sont pas exactement le mêmes ?

c) Déterminer le déphasage entre les deux vibrations émises et captées respectivement par le H.P. et par M .

d) Déterminer les expressions des vibrations émises par le H.P. et celles captées par le microphone en M_1 .

e) En déduire l'abscisse x_1 du point M_1 en fonction de λ_1 .

f) Exprimer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_H - \varphi_M$ en fonction de x et λ .

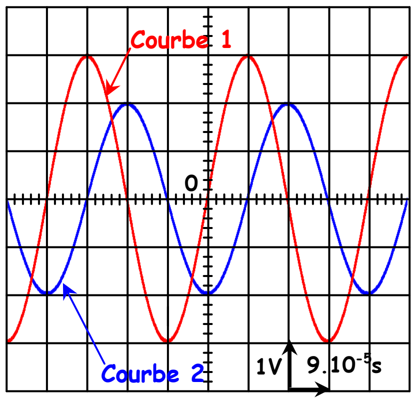


Figure 2

2°) Lorsqu'on approche le microphone du H.P. à partir de M_1 , les deux courbes sont en opposition de phase pour la 1ère fois quand on atteint le point M_2 tel que M_1M_2 = 3 cm .
Lorsqu'on éloigne le microphone du H.P. à partir de M_1 , les deux courbes sont en phase pour la première fois pour une position M_3 telle M_1M_3 = 3 cm .

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

b) Calculer la célérité du son dans ce milieu .

Rép. Num.: 1°) **a)** Tension du son émis et capté ; **b)** Dilution d'énergie ; **c)** $\varphi_1-\varphi_2=\frac{\pi}{2}$ rad ;

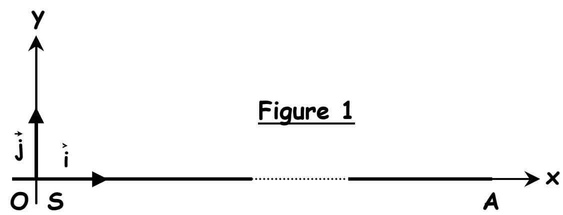
c) $y_H(t)=2.\sin(5555{,}55\pi t)(V)$; $y_M(t)=3.\sin(5555{,}55\pi t-\frac{\pi}{2})(V)$; **d)** $x_1=\frac{\lambda}{4}$; **f)** $\varphi_H-\varphi_M=-\frac{2\pi x}{\lambda}$;

2°) **a)** λ_0=12cm ; **b)** $v=\frac{\lambda_0}{T}$=333,33m.s^{-1} .

Hichem.Benaich@edunet.tn
Proposée par Benaich Hichem

SERIE DE PHYSIQUE N° 7
ONDES PROGRESSIVES

EXERCICE 10 (Contrôle 2007 ancien régime)



L'une des extrémités S d'une source élastique SA , de longueur L , tendue horizontalement selon l'axe Ox d'un repère (O , $\vec{i}$, $\vec{j}$) de la figure 1 , est reliée à un vibreur qui lui impose un mouvement vibratoire transversal , sinusoïdal de fréquence N et d'amplitude a .

Chaque point de la corde est repéré par son abscisse x et son ordonnée y dans le repère (O , $\vec{i}$, $\vec{j}$) de la figure 1 .

Le mouvement vibratoire , issu de S , se propage le long de la corde avec un amortissement négligeable .
Un dispositif approprié , placé en A , empêche toute réflexion des ondes . Le mouvement de S débute à l'instant t = 0 .

1°) Justifier pourquoi une telle onde est dite : onde progressive .

2°) L'étude du mouvement , en fonction du temps , d'un point M_1 de la corde tel que M_1 est situé à la distance d_1 de S et de l'aspect de la corde à un instant t_1 donné , a fourni les courbes 1 et 2 de la figure 2 . Identifier , en le justifiant , les deux courbes .

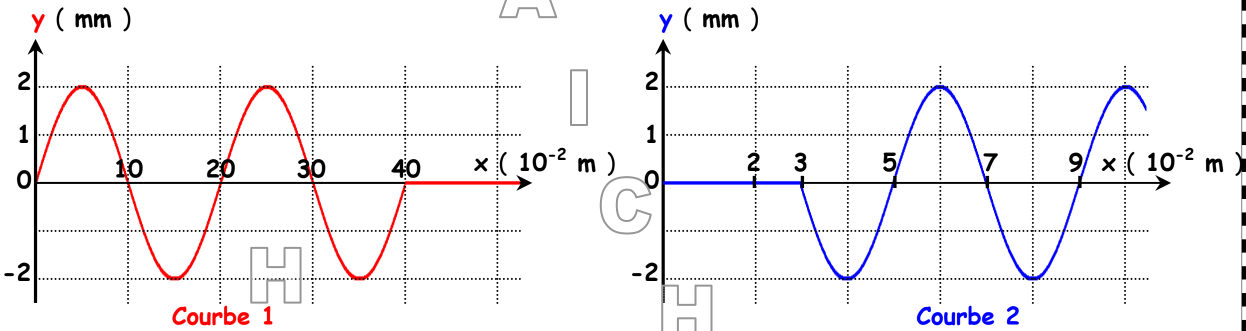


Figure 2

3°) Par exploitation des courbes précédentes , déterminer :

a) La longueur d'onde λ , la période T et la célérité v de l'onde .

b) L'instant t_1 et la distance d_1 .

4°) Déterminer l'équation $y_S(t)$ du mouvement de S au cours du temps .

Rép. Num.: 1°) ; 2°) $y_{M1}(t)\rightarrow$courbe 2 ; $y_{t1}(x)\rightarrow$courbe2 ;

3°) **a)** λ=0,2m ; T=4.10^{-2}s ; v=$\frac{\lambda}{T}$=5m.s^{-1} ; **b)** $t_1=\frac{x_1}{v}=\frac{40.10^{-2}}{5}$=8.$10^{-2}$s ; d_1=v.θ_1=5x3.10^{-2}=0,15m=15cm ;

4°) $y_S(t)=2.10^{-3}\sin(50\pi t+\pi)$ (m)

EXERCICE 11 (Contrôle 2008 nouveau régime)

En un point S de la surface de l'eau d'une cuve à ondes , une source ponctuelle produit des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude a = 3 mm et de fréquence N . Des ondes circulaires transversales de même amplitude a se propagent à la surface de l'eau à partir de S avec la célérité v . On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni amortissement des ondes .

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

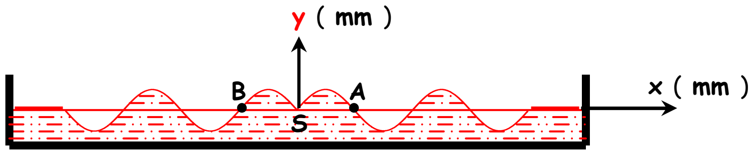
$$y_S(t) = a.\sin (2\pi Nt + \pi)$$

Le graphe de la figure ci-dessous représente une coupe de l'aspect que prend la surface de la nappe d'eau , à l'instant t_1 = 0,2 s , suivant un plan vertical passant par S .

Hichem.Benaich@edunet.tn
Proposée par Benaich Hichem

SERIE DE PHYSIQUE N° 7

ONDES PROGRESSIVES



Echelle :

3 mm ↑ → 4 mm

1°) Décrire ce que l'on observe à la surface de l'eau , en lumière ordinaire .

2°) Déterminer à partir du graphe de la figure ci-dessus :

a) La longueur d'onde λ .

b) Le célérité v de l'onde à la surface de l'eau et en déduire la valeur de la fréquence N .

3°) a) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M , d'abscisse x , de la surface de la nappe d'eau atteint par l'onde .

b) Comparer les mouvements des points A et B de la surface de la nappe d'eau .

Rép. Num. : **1°)** Rides circulaires concentriques ; **2°) a)** λ=8mm ; **b)** $v=\frac{d}{t_1}$=0,08m.s^{-1} ; $N=\frac{v}{\lambda}$=10Hz ;

3°) a) $y_M(t)=3.10^{-3}\sin(20\pi t-250\pi x+\pi)$(m) ; $t\geq\theta$; **b)** A et B vibrent en phase .