

Série (2) onde : Propagation d'une onde à la surface du liquide

Prof : LABIADH Houcine

Exercice I :

On dispose d'un vibreur muni d'une fourche à pointe unique et d'une cuve à ondes. Au repos, la pointe verticale affleure la surface libre de la nappe d'eau de la cuve à ondes en un point S. En mettant le vibreur en marche, la pointe impose au point S des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude $a = 2 \text{ mm}$ et de fréquence $N_1 = 40 \text{ Hz}$. Ainsi, une onde progressive prend naissance à l'instant $t = 0$ et se propage à la surface de l'eau avec une célérité v_1 . On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni amortissement de l'onde au cours de la propagation. La figure 3 représente, à un instant t_1 , une coupe de la surface de l'eau par un plan vertical passant par S, où est indiquée la position d'un point A de la surface libre de l'eau. A cet instant, l'élongation de S est nulle. Les points S et A sont distants de $d = SA = 9 \text{ mm}$.



figure 3

- 1- a- Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ_1 .
b- En déduire la valeur de v_1 .
c- Déterminer la valeur de t_1 .
- 2- a- Montrer qu'à l'instant $t_2 = \frac{9}{160} \text{ s}$, le point A se trouve au sommet d'une crête.
b- Représenter le diagramme du mouvement du point A dans l'intervalle de temps $[0, t_2]$.
c- Déterminer la phase initiale φ_S du mouvement de la source S.
- 3- On règle la fréquence à une valeur N_2 . L'onde progressive se propage à la surface de l'eau à la célérité v_2 . La figure 4 représente, au même instant t_1 , une coupe de la surface de l'eau par un plan vertical passant par S.

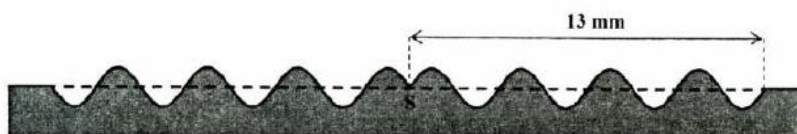


figure 4

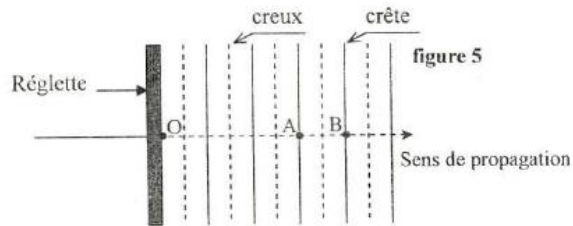
- a- Déterminer les valeurs de la longueur d'onde λ_2 , de la célérité v_2 et de la fréquence N_2 .
- b- Déduire que l'eau est un milieu dispersif.

Exercice I:

Le bord inférieur d'une réglette verticale affleure au repos la surface libre d'une nappe d'eau d'une cuve à ondes. La réglette est animée d'un mouvement rectiligne sinusoïdal perpendiculaire à la surface de l'eau. Le mouvement est de fréquence N réglable et d'amplitude a . Des rides rectilignes parallèles à la réglette se forment et se propagent perpendiculairement à la réglette à la célérité $v = 0,40 \text{ m.s}^{-1}$. Dans la suite de l'exercice, on néglige tout type d'amortissement. La réglette étant placée à l'extrémité de la cuve à ondes, on suppose que le mouvement de la réglette débute à un instant $t = 0$, qui sera pris

comme origine du temps.

Pour une fréquence N_2 , on a représenté sur la **figure 5** des crêtes et des creux.



1) a- Préciser, en le justifiant, si l'onde considérée est transversale ou longitudinale.

b- La distance entre les points A et B qui appartient à deux crêtes successives, représente l'une des caractéristiques de l'onde. Nommer cette caractéristique et donner sa définition.

2) La **figure 6** donne, à un instant t_1 , la coupe transversale de la surface de l'eau par un plan vertical perpendiculaire à la règle et passant par O.

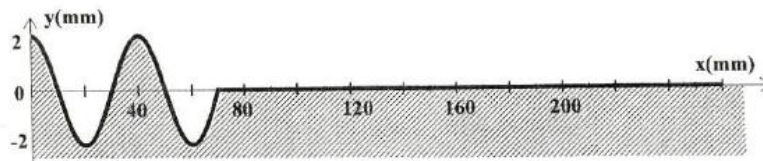


figure 6

a- Déterminer les valeurs de la longueur d'onde λ , de la fréquence N_2 et de l'instant t_1 .

b- Etablir l'expression de l'élongation $y_O(t)$ du mouvement du point O.

3) A partir de N_2 , on fait varier la fréquence N jusqu'à atteindre la plus petite fréquence N_3 , pour laquelle les points A et B vibrent en opposition de phase. Déterminer la valeur de N_3 .

Exercice III:

Une lame vibrante munie d'une pointe produit, à partir de l'instant $t = 0$, en un point S d'une nappe d'eau d'épaisseur constante d'une cuve à ondes, des vibrations sinusoïdales verticales d'équation : $y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(40\pi t)$ pour $t \geq 0$; l'élongation y étant exprimée en mètre (m) et le temps t en seconde (s).

On néglige toute atténuation de l'amplitude et toute réflexion de l'onde issue de S. D'autre part, on suppose que l'épaisseur de la nappe d'eau est suffisamment grande devant l'amplitude des vibrations.

1- Décrire l'aspect de la surface de l'eau observée en lumière stroboscopique de fréquence $N_c = 20$ Hz.

2- La courbe de la **figure 7** représente une coupe de la surface de l'eau par un plan vertical passant par S à un instant t_1 . A cet instant, l'élongation de S est nulle.

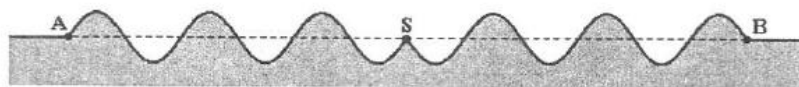


figure 7

Les points A et B sont distants de : $d = 6$ cm.

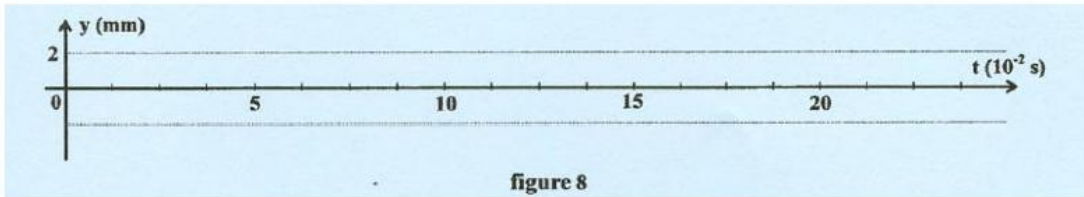
a- Définir la longueur d'onde λ .

b- En exploitant la courbe de la **figure 7**, déterminer la valeur de λ . En déduire celle de la célérité v de l'onde.

c- Déterminer la valeur de t_1 .

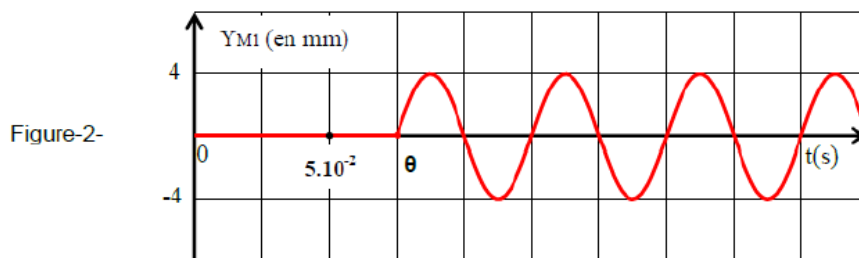
3- a- Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point C de la surface libre de l'eau, situé à la distance $SC = 2,5$ cm de la source S.

b- Représenter, sur la **figure 8 de la page 6/6**, le diagramme de mouvement du point C.

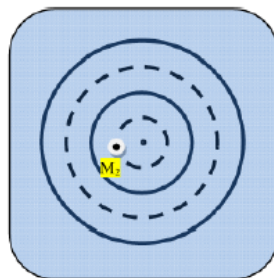


Exercice IV:

Une onde sinusoïdale transversale se propage à la surface de l'eau d'une cuve à ondes. L'onde est produite par une pointe qui affleure la surface de l'eau en un point O. La pointe commence à vibrer à la date $t=0s$. On donne sur la figure-2- suivante la courbe représentant l'équation horaire du mouvement d'un point M_1 situé à la distance $OM_1=5 \cdot 10^{-2} m$.



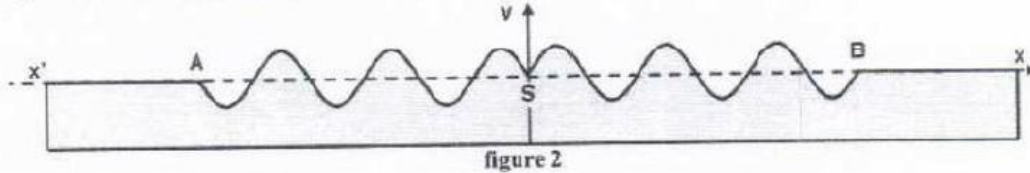
- 1) Décrire l'aspect de la surface libre du liquide en lumière ordinaire.
- 2) Déterminer
 - La période T des oscillations.
 - La célérité de propagation de l'onde.
- 3) a) Déterminer l'équation horaire du mouvement du point M_1 .
b) Calculer la vitesse du point M_1 à l'instant $t = \theta + T/2$
- 4) a) En déduire l'équation horaire du mouvement de la pointe.
b) Déterminer les lieux géométriques des points qui vibrent en opposition de phase avec la source .
- 5) La figure suivante représente, une vue de dessus de la surface de l'eau à une date t_1 .
 - Les traits continus correspondent aux positions des points d'élongations $y = a$.
 - Les traits discontinus correspondent aux positions des points d'élongations $y = -a$.
 - a. Déterminer la date t_1 .
 - b. Déterminer les positions des points qui vibrent en phase avec le point M_2 à la date t_1 .
 Représenter les positions de ces points sur le schéma de la figure-3-
- 6) On s'aidant de la figure -3- tracer une coupe de l'eau à l'instant t_1



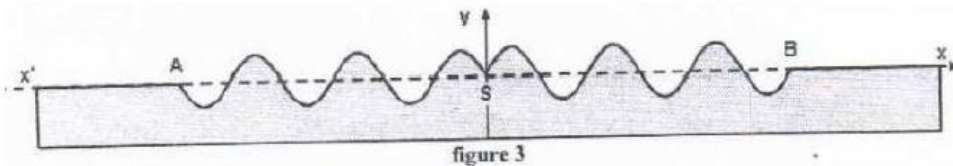
Exercice V :

Une onde progressive sinusoïdale, créée par une source S à partir d'une date $t_0 = 0\text{s}$ se propage à la surface de l'eau. Au point S se trouve la pointe d'un vibreur alimenté par un générateur de tension alternative de fréquence $N=20\text{ Hz}$.

La **figure 2** ci-dessous représente, à une date t_1 , une coupe de cette surface par un plan vertical passant par S . A cette date, l'élongation du point S est nulle. La distance AB est égale à 3 cm , l'amplitude constante de l'onde est de 4 mm .



- 1- Choisir le(s) qualificatif(s) d'une onde mécanique qui se propage à la surface de l'eau parmi les propositions suivantes: longitudinale ; transversale ; circulaire ; rectiligne.
- 2- Définir la longueur d'onde λ et déterminer sa valeur.
- 3- Indiquer entre les points S et B de la **figure 3 de la page 4/4 (feuille annexe)**:
 - les positions des points vibrant en opposition de phase avec S à la date t_1 ,
 - par une flèche, orientée verticalement vers le haut ou vers le bas, le sens de déplacement de chacun de ces points juste après la date t_1 .
- 4- Calculer la célérité v de l'onde.
- 5- Déterminer la valeur de t_1 .
- 6- Préciser le sens de déplacement de S juste après la date $t_0 = 0\text{s}$.
- 7-a- Etablir l'équation horaire $y_s(t)$ du mouvement du point source S .
- b- Déterminer l'équation horaire du mouvement d'un point C , d'abscisse $x_C = 1,25\lambda$, de la surface de la nappe d'eau.
- c- En déduire la vitesse du point C à la date t_1 .



Exercice VI :

On dispose d'un vibreur muni d'une fourche à pointe unique et d'une cuve à ondes. Au repos, la pointe verticale affleure la surface libre de la nappe d'eau de la cuve à ondes en un point S . En mettant le vibreur en marche, la pointe impose au point S des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude $a = 2\text{ mm}$ et de fréquence N . Ainsi, une onde progressive, de longueur d'onde λ , prend naissance au point S à l'instant $t = 0$ et se propage à la surface de l'eau avec une célérité v constante. On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni atténuation de l'onde au cours de la propagation.

- 1) Décrire l'aspect de la surface libre de l'eau observée en lumière ordinaire.

- 2) La **figure 6** représente, à un instant t_0 , une coupe de la surface de l'eau par un plan vertical passant par S, M_1 et M_2 . Les points M_1 et M_2 sont séparés par la distance $d = M_1M_2 = 1,25 \text{ cm}$ lorsque le liquide est au repos. Le point M_1 est atteint par l'onde issue de S à l'instant $t_1 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ s}$.

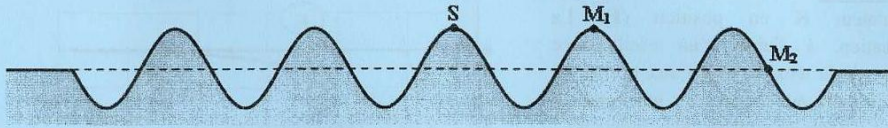


Figure 6

- a- En exploitant la **figure 6**, déterminer :
- la longueur d'onde λ ;
 - la célérité v ;
 - l'instant t_0 .
- b- Montrer que le mouvement du point S est régi par l'équation horaire :
- $$y_s(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(40\pi t + \pi) \text{ pour } t \geq 0 ; \text{ où } y_s \text{ s'exprime en mètre et } t \text{ en seconde.}$$
- 3) a- Etablir l'équation horaire du mouvement du point M_2 .
- b- Représenter, sur un même système d'axes, les diagrammes de mouvements des points S et M_2 . Comparer le mouvement du point M_2 à celui de S.
- c- Dédurre, à partir de la **figure 6**, les lieux géométriques des points vibrants en quadrature retard de phase avec S à l'instant t_0 .

Exercice VII :

En un point O de la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes, une source ponctuelle S impose, à partir de $t = 0 \text{ s}$, des oscillations sinusoidales verticales d'amplitude $a = 2 \text{ mm}$ et de fréquence $N = 20 \text{ Hz}$.

Le mouvement du point O obéit à la loi horaire : $y_0(t) = a \sin(2\pi N t + \varphi_0)$ pour $t \geq 0 \text{ s}$; où φ_0 est la phase à $t = 0 \text{ s}$. On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni amortissement de l'onde au cours de la propagation.

- 1) Décrire l'aspect de la surface libre de l'eau éclairée en lumière ordinaire.

- 2) On donne, sur la **figure 5**, le diagramme du mouvement d'un point M_1 de la surface libre de l'eau situé à la distance $1,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ de O. En exploitant la figure 5 :

- 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 créée à la surface de l'eau ;
- c - déduire la valeur de la longueur d'onde λ .

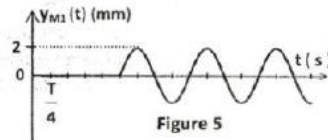


Figure 5

- 3) A l'instant t_1 , l'aspect de la surface libre de l'eau est représenté par la **figure 6** ; où les cercles tracés en lignes continues représentent les crêtes et ceux tracés en lignes discontinues représentent les creux.

- a - Montrer que $t_1 = 16,25 \cdot 10^{-2} \text{ s}$.
- 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 8** de la page 5/5.

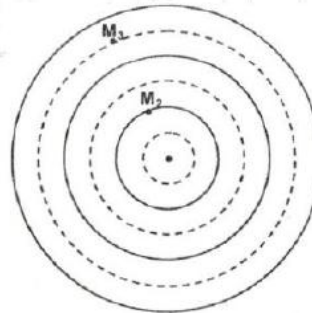


Figure 6

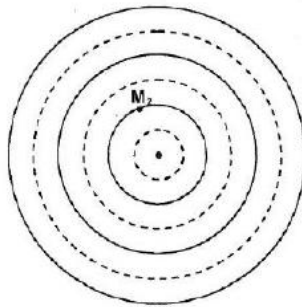


Figure 8