Série 5 : Les ondes mécaniques progressives périodiques

Exercice 1

On pose un émetteur E et un récepteur R des ondes ultrasonores dans l'air de façon que l'émetteur et le récepteur soient alignés suivant une règle graduée. L'émetteur E émet une onde ultrasonore qui se propage dans l'air et arrive au récepteur R. Le signal émis par l'émetteur E et celui capté par le récepteur R sont appliqués successivement aux entrées d'un oscilloscope. Lorsque le récepteur R se trouve au point M_1, on obtient sur l'écran de l'oscilloscope deux sinusoïdes décrivant les vibrations émises et captées respectivement par l'émetteur E et le récepteur R.

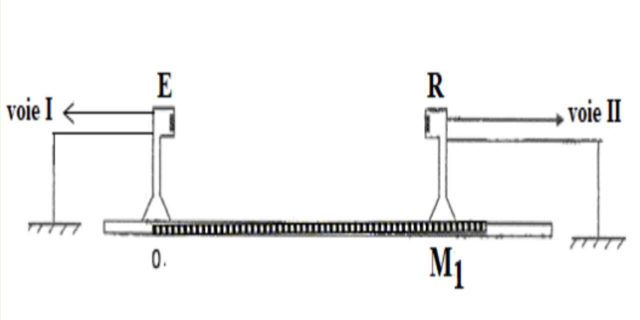


figure 1

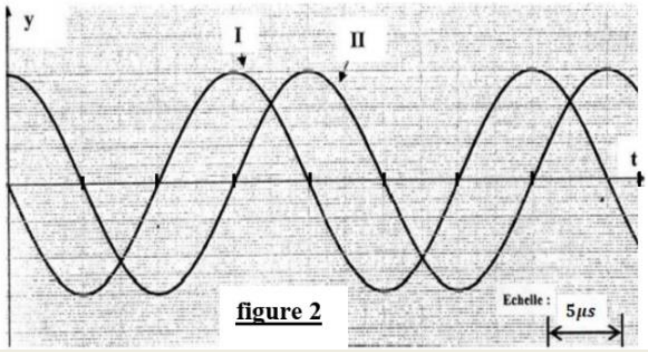
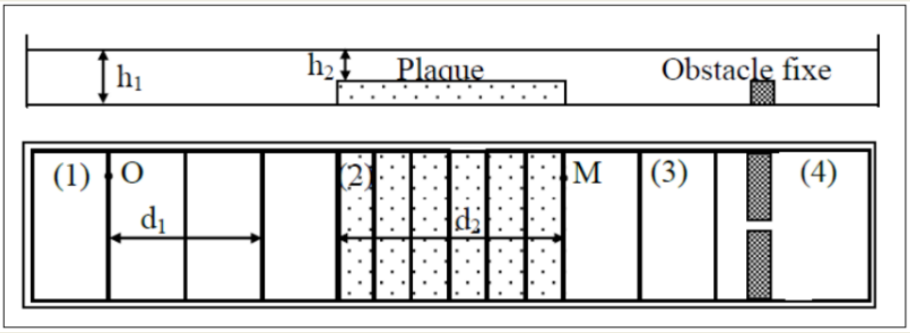


figure 2

1. Définir la longueur d'onde λ. (0,25 pt)
2. Calculer la fréquence de l'onde émise par l'émetteur. S'agit-il bien d'ultrasons ? (0,75 pt)
3. Lorsque l'on approche le récepteur de l'émetteur à partir de M_1, les deux courbes sont en phase pour la deuxième fois quand on atteint le point M_2 tel que $M_1M_2 = 1{,}36$ cm. Lorsqu'on approche le récepteur de l'émetteur à partir de M_1, les deux courbes sont en phase pour la quatrième fois quand on atteint le point M_3 tel que $M_1M_3 = 2{,}04$ cm.
   - 3.1. Déterminer la fréquence N et la longueur d'onde λ de l'ultrason émis. (0.5 pt)
   - 3.2. En déduire la célérité V de l'onde ultrasonore émise dans l'air. (0,5 pt)
4. On déplace le récepteur R d'une distance $\frac{\lambda}{4}$ vers la droite de M_1. Représenter $Y_{II}(t)$ (dans la figure 2) la sinusoïde captée par le récepteur R.
5. On change maintenant la fréquence par $N' = \frac{N}{2}$. Représenter à nouveau $Y_{II}(t)$.justifier

Exercice 2

Une onde rectiligne sinusoïdale se propage à la surface de l'eau d'une cuve à onde à la célérité $V_1 = 0{,}3$ m/s. Une plaque de verre de longueur $\ell = d_2$ provoque une diminution locale de la profondeur de l'eau. On néglige toute réflexion.
On donne : $d_1 = 2$ cm et $d_2 = 3$ cm



1.
   - 1.1. Déterminer les longueurs d'onde λ_1 et λ_2. (0.5 pt)
   - 1.2. Calculer la célérité V_2 de l'onde au-dessus de la plaque. Justifier le calcul. (0.5 pt)
   - 1.3. Sachant que la célérité d'une onde à la surface de l'eau peu profonde est $V = \sqrt{g \cdot h}$, avec h la profondeur de l'eau, déterminer les profondeurs h_1 et h_2 et déduire l'épaisseur e de la plaque de verre. On donne $g = 10$ N/kg. (1 pt)
   - 1.4. Déterminer le retard τ du mouvement du point M par rapport au point O. (0,5 pt)
2. L'onde arrive au milieu (3) et rencontre un obstacle fixe présentant une ouverture de largeur $a = 5mm$.
   - 2.1. Quelle condition doit satisfaire cette ouverture pour que l'onde plane se transforme en une onde circulaire ?
   - 2.2. Quel est le phénomène observé après la traversée de l'ouverture si la condition précédente est vérifiée ?
   - 2.3. Déterminer l'écart angulaire θ.
   - 2.4. Dessiner deux rides dans la région (4). Justifier le tracé en précisant la fréquence et la longueur d'onde de l'onde dans la région (4). (0.5pt)
3. On éclaire la surface par un stroboscope. Décrire ce qu'on observe lorsque la fréquence N prend les valeurs : $N = 30\ Hz$; $N = 31Hz$, $N = 29Hz$, $N = 15Hz$ (0.5pt)

Exercice 3(mécanique à la surface de l'eau):

Dans cet exercice, on se propose d'étudier la propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau d'une piscine et en déduire la profondeur de l'eau.

Une piscine de longueur $L = 47{,}5$ m est constituée de deux parties :

- Une partie pour les grands de longueur $L_1 = 30$ m et de profondeur H_1 (milieu 1) ;
- Une partie pour les petits de longueur L_2 et de profondeur H_2 (milieu 2).

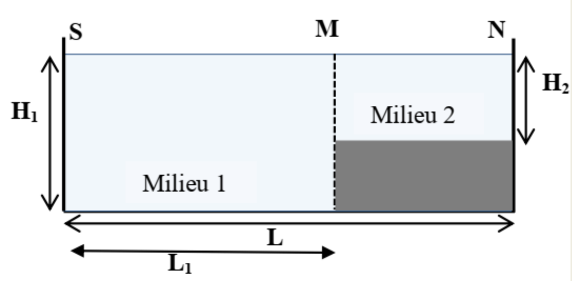


Figure 1

La figure 1 représente une coupe longitudinale de la piscine contenant les points S, M, et N de la surface libre de l'eau.

À un instant de date $t = 0$, on crée une onde transversale rectiligne sinusoïdale au niveau de S situé au bord de la piscine. On reçoit cette onde à l'aide de deux récepteurs, l'un placé au point M et l'autre au point N (figure 1). On néglige l'amortissement et la réflexion des ondes.

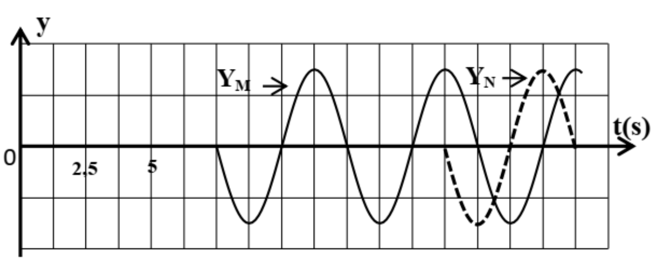


Figure 2

Les courbes de la figure 2 représentent les élongations des points M et N en fonction du temps. La vitesse de propagation de l'onde à la surface de l'eau est donnée par la relation : $V = \sqrt{g \cdot H}$

Avec $g = 10\,\text{m.s}^{-2}$ l'intensité de pesanteur et H la profondeur de l'eau.

1. Déterminer le retard temporel $\tau_{M/S}$ du mouvement de M par rapport à celui de S et déduire la profondeur H_1.
2. Calculer la profondeur H_2.
3. Calculer les longueurs d'ondes λ_1 et λ_2 des ondes respectivement dans le milieu 1 et dans le milieu 2.
4. Afin d'empêcher les petits de passer chez les grands, deux obstacles ont été placés au niveau du point M et séparés d'une distance a telle que $a \ll \langle \lambda_1 \rangle$. La figure 3 représente une vue de dessus de la piscine.
   - 4.1. Donner le nom du phénomène qui se produit lors du passage de l'onde entre les deux obstacles. Justifier.
   - 4.2. Reproduire la figure 3 et y représenter (en utilisant l'échelle : 1 cm ↔ 10 m) trois lignes de crêtes de l'onde dans chaque milieu.

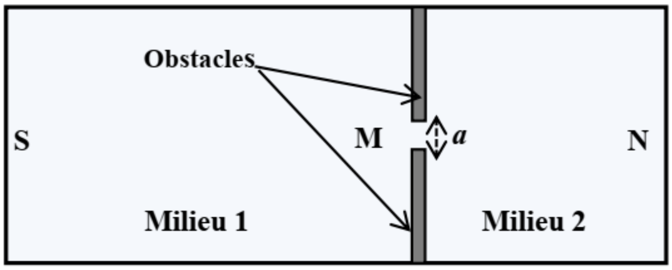


Figure 3

Exercice 4 :

Sous l'effet du vent, une houle est engendrée. Les vagues de la houle se succèdent et arrivent parallèlement à l'entrée d'un port limité par deux digues séparées par un passage de largeur $a = 20$ m (Figure 1).

Deux vagues successives de cette houle sont espacées de la distance $d = 20$ m.

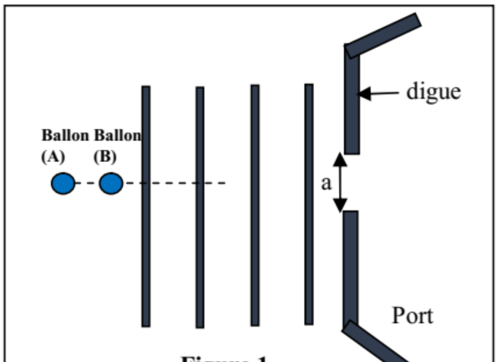


Figure 1

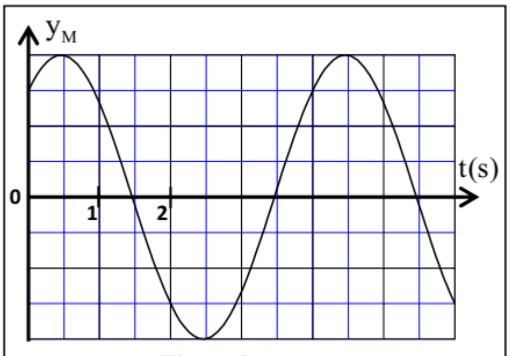


Figure 2

Un capteur fixé sur un ballon (A) se trouvant à la surface de l'eau a permis, avec un système d'acquisition informatique adéquat, d'obtenir la courbe de la figure 2 représentant l'élongation $y_M(t)$ d'un point M de ce ballon à partir de l'instant $t = 0$ choisi comme origine des dates.

1. Donner le nombre d'affirmations justes parmi les affirmations suivantes : (0,5 pt)
   1.1. Une onde est dite progressive si son amplitude augmente avec le temps.
   1.2. Une onde est dite transversale quand la perturbation se fait de proche en proche.
   1.3. La dispersion est un phénomène souvent utilisé pour démontrer la nature ondulatoire de la houle.
   1.4. La célérité d'une onde mécanique progressive dépend de l'amplitude de la perturbation.
2. Déterminer la vitesse de propagation de cette houle. (0,5 pt)
3. Représenter, dans l'intervalle $\tau \leq t \leq 6$ s, l'allure de l'élongation $y_N(t)$ d'un point N du ballon (B) situé à une distance $MN = 10$ m du point M (figure 1) avec τ le retard temporel du mouvement de N par rapport à M. (0,5 pt)
4. La houle atteint l'entrée du port. Déterminer l'angle α qui délimite la zone touchée par le phénomène qui se produit lors du passage de la houle. (0,5 pt)

Exercice 5:

On crée par compression de spires, à l'instant $t = 0$, une onde périodique sinusoïdale à l'extrémité S d'un ressort à spires non jointives, considéré infiniment long (figure 1). On filme le mouvement d'un point M du ressort. Un logiciel adéquat a permis d'obtenir l'élongation $x_M(t)$ du point M (figure 2).

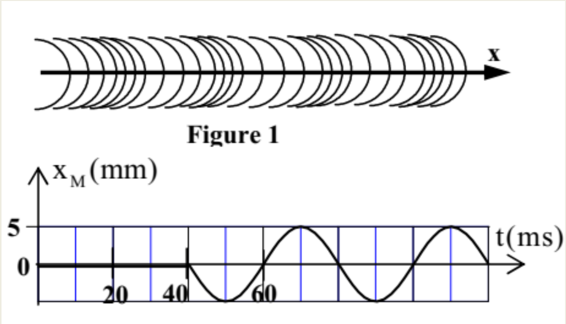


Figure 2

1. Donner le nombre d'affirmations justes parmi les affirmations suivantes : (0,5 pt)
   1.1. L'onde qui se propage le long du ressort est une onde mécanique progressive.
   1.2. L'onde qui se propage le long du ressort est une onde transversale.
   1.3. Lors de la propagation de l'onde le long du ressort, il y a transport de la matière.
   1.4. Un milieu dans lequel la célérité d'une onde ne dépend pas de sa fréquence est dispersif.
2. Déterminer la célérité de l'onde sachant que le point M se trouve à la distance $d = 64$ cm de l'extrémité S du ressort. (0,25 pt)
3. Déterminer la fréquence N et la longueur d'onde de cette onde. (0,5 pt)
4. Représenter l'élongation $x_S(t)$ de la source S durant deux périodes. (0,5 pt)
5. Déterminer l'élongation de la source S à l'instant $t = 90$ ms. (0,25 pt)