Série P_{10} : ONDES PROGRESSIVES - INTERFERENCES MECANIQUES.

EXERCICE 1

1) Une vibration entretenue se propage dans un milieu élastique plan. L'équation horaire du mouvement de la source ponctuelle est $y_S(t) = 10^{-2}.\sin t$ (t est en seconde), $y_S(t)$ est en mètre. La longueur d'onde correspondant à la vibration est $\lambda = 10cm$.

1.1. Ecrire l'équation horaire du mouvement d'un point M du milieu tel que $SM = 15\,cm$.

1.2. Trouver l'élongation du point M aux dates $t_1 = 6{,}28\,s$ et $t_2 = 9{,}42\,s$.

2) Deux sources synchrones et en phase ont pour fréquence N = 150 Hz. La célérité des ondes est C = 12 m/s.

2.1. Trouver la longueur d'onde des vibrations dans le milieu considéré.

2.2. Quel est l'état vibratoire d'un point situé à 27 cm de la première source et à 39 cm de la seconde ?

3) On réalise des interférences à la surface d'un liquide par deux sources synchrones, identiques A et B. Celles-ci consistent en deux pointes portées par une tige, fixée elle-même à la branche inférieure d'un diapason Les deux pointes vibrent à la fréquence N =100 Hz. La vitesse de propagation des ondes est C = 36,5 cm/s.

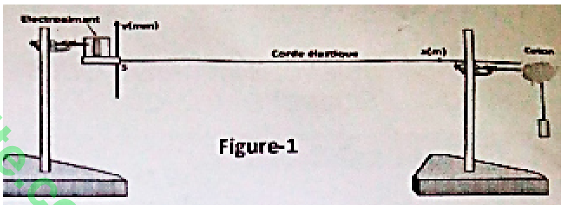
3.1. Déterminer la longueur d'onde des ondes qui se propagent à la surface du liquide.

3.2. La distance AB = 2ℓ est égale à 4,68 cm. Combien y a-t-il de points vibrant avec une amplitude maximale et des points immobiles (amplitude nulle) sur le segment de droite AB ?

EXERCICE 2

On relie l'extrémité S d'une lame vibrante à une corde élastique tendue horizontalement de longueur ℓ= 1m. La lame vibrante subit des oscillations sinusoïdales verticales de fréquences N= 100Hz et d'amplitude a= 3mm. Les vibrations produites se propagent le long de la corde avec la célérité V= 20m/s.

On suppose qu'il n'y a pas de réflexions et d'amortissements des ondes.



1) a. Qu'appelle-t-on onde ?

b. Le phénomène résultant de la propagation des déformations le long de la corde est appelé onde mécanique transversale. Justifier cette appellation.

c. Déterminer la longueur d'onde λ de l'onde progressant le long de la corde.

d. Décrire le phénomène observé au moment où la corde est éclairée par un stroboscope dont les fréquences prennent les valeurs : Ne= 50Hz et Ne= 102Hz.

2) a. En considérant l'origine des temps l'instant où S passe par la position d'équilibre dans le sens positif des élongations, écrire l'équation horaire $y_S(t)$ du mouvement de la source S.

b. Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M quelconque de la corde situé au repos à la distance x= OM de la source S.

3) Déterminer l'expression des abscisses des points qui vibrent en opposition de phase avec la source S et préciser le nombre de ces points à la date t_1= 0,04s.

4) a. Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point A d'abscisse x_A= 35cm.

b. Représenter dans, le même système d'axes, les diagrammes des mouvements des points S et A.

c. Comparer ces mouvements.

5) a. Représenter l'aspect de la corde à la date t_2= 0,03s.

b. Déterminer graphiquement, en expliquant, les abscisses des points ayant une élongation y= 0 en déplaçant dans le sens positif à l'instant t_2= 0,03s.

EXERCICE 3

En un point O de la surface de l'eau d'une cuve à ondes, une source ponctuelle S impose, à partir de t_0= 0s, des oscillations sinusoïdales verticales d'amplitude a= 2mm et fréquence N= 20Hz.

Le mouvement du point O obéit à la loi horaire : y_0= asin(2πNt + φ_0) pour t≥0s ; où φ_0 est la phase à t_0= 0s.

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 d'un mouvement d'un point M_1 de la surface de l'eau situé à la distance $1{,}25.10^{-2}$m de O. En exploitant de la **figure 5** :

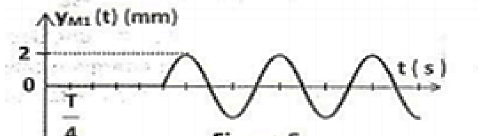


Figure 5

2.a. déterminer l'équation horaire du mouvement du point M_1 et en déduire celle de O ;

2.b. Calculer la valeur de la célérité V de l'onde créée sur la surface de l'eau et en déduire la valeur de la longueur d'onde λ.

3) A l'instant t_1, l'aspect de la surface 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 représentes les creux.

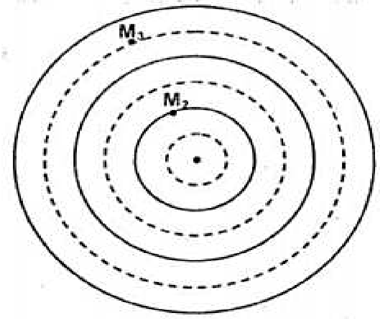


Figure 6

3.a Montrer que t_1= $16{,}25.10^{-2}$s.

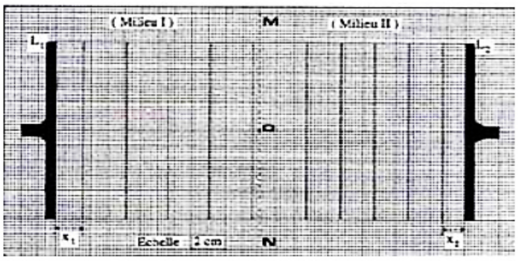
3.b En justifiant la réponse, comparer les états vibratoires des points M_2 et M_3 de la surface de l'eau.

3.c Déterminer les lieux géométriques des points M de la surface libre de l'eau qui vibrent à l'instant t_1 en quadrature de phase avance par rapport au point M_2. Représenter l'ensemble de ces points sur la figure.

EXERCICE 4

Une cuve à ondes est constituée de deux parties de profondeurs différentes. La surface libre du liquide (voir figure ci-contre) est formée de deux zones d'égales surfaces séparées par une frontière rectiligne MN.

Deux réglettes **L_1** et **L_2**, parallèles à MN, sont fixées aux extrémités d'une fourche reliée à un vibreur sinusoïdal. **L_1** et **L_2** affleurent le liquide, au repos, le long de deux droites symétriques par rapport à MN et distantes de **2d**.



On actionne le vibreur à la date t_0= 0s, avec une fréquence N= 10Hz, et on prend une photographie instantanée de la surface de la cuve à la date t_1.

1) Exploiter la reproduction ci-dessous, du cliché obtenu (sur laquelle les crêtes des ondes rectilignes sont représentées par des droites parallèles à MN) pour déduire :

a- Les longueurs d'ondes y_1 et y_2 respectivement dans les milieux I et II.

b- Les célérités C_1 et C_2 des ondes respectivement dans chaque milieu.

2) On mesure, sur le cliché, les distances de la crête la plus proche de chacune des réglettes, soit respectivement x_1 et x_2.

a- Vérifier graphiquement la relation : $\frac{x_1}{x_2} = \frac{C_1}{C_2}$. Retrouver théoriquement ce résultat.

b- Déterminer la valeur exacte de x_1 sachant que x_2 = 13 mm.

c- En prenant comme sens positif pour les élongations le sens ascendant, montrer que la phase φ du mouvement de L_1 à l'instant t_1 est $\varphi = -\frac{\pi}{5}$ rad.

3) Sachant que l'amplitude du mouvement est a et que les fronts d'ondes, issus de L_1 et L_2, viennent juste de se rencontrer à la date t_1 de prise du cliché :

a- Calculer t_1 et préciser le lieu de la rencontre par rapport au point O.

b- Ecrire alors l'équation horaire du mouvement de L_1. On donne : a = 5mm ; d = 12 cm.

4) a- Décrire qualitativement les différents états de mouvement pris par le point O durant la première seconde de l'expérience.

b- Dans quel sens et de quelle distance l doit-on translater l'ensemble des deux réglettes pour que les fronts d'onde se rencontrent au niveau de la frontière MN ? On suppose que la distance 2 d est maintenue constante.

c- Ecrire l'équation horaire du mouvement du point O.

AU BOULOT !

EXERCICE (Application)

A) Un point source S est animé d'un mouvement vibratoire sinusoïdal d'équation $y_S(t) = 2.\sin(100\pi t)$ L'élongation est exprimée en mm, le temps t en seconde. La vitesse de propagation de la vibration dans le milieu est C = 330 m /s

1) Calculer la longueur d'onde λ.

2) Ecrire l'équation horaire $y_M(t)$ du mouvement d'un point M du milieu situé à une distance $d = \lambda/2$ de la source. Représenter le graphe $y_M(t)$.

3) Donner la position des points de l'espace qui vibrent en phase avec la source S.

B) Une lame vibrante est munie d'une fourche dont les deux branches S_1 et S_2 trempent légèrement dans de l'eau. La fréquence de la lame est N= 100Hz, la vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau est de 40 cm /s.

1- Calculer la longueur d'onde λ.

2- Préciser l'état vibratoire du point A de la surface du liquide tel que $S_1A - S_2A = 1{,}8$ cm.

3- Préciser l'état vibratoire du point B de la surface du liquide telle que S_1B= 6 cm ; S_2B= 4cm.