Terminale	Série 3 : Diffraction et Interférence	OMRI Rafik

Exercice N°1 :

Affirmation 1 : VRAI
Une onde mécanique est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière avec transport d'énergie.
Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques longitudinales : en effet, elles résultent de déplacements longitudinaux de zones de compressions / dilations de l'air.

Affirmation 2 : VRAI
Le début du signal reçu est décalé de 2 divisions par rapport au début du signal émis. Or à une division correspond une durée de 1,0 ms (k = 1,0 ms /div) donc Δt = 2,0 ms.

Affirmation 3 : VRAI
Soit D la distance émetteur – récepteur alors l'onde effectue un aller-retour en une durée Δt,
$2D = V.\Delta t$ donc $D = \frac{1}{2}. V.\Delta t$
$D = \frac{1}{2}\times 340 \times 2,0\times 10^{-3} = 3,4\times 10^{-1}$ m = 34 cm.

Affirmation 4 : FAUX
Une période du signal s'étale sur 4 divisons donc : $T = 4 \times 5,0\times 10^{-6} = 2,0 \times 10^{-5}$ s
Fréquence : $f = \frac{1}{T}$ soit $f = \frac{1}{2,0\times 10^{-5}} = 5,0\times 10^{4}$ Hz = 50 kHz.

Affirmation 5 : FAUX
Pour que les deux signaux se retrouvent en phase pour la première fois il faut déplacer le récepteur d'une distance égale à la longueur d'onde : $\lambda = \frac{V}{f}$
soit $\lambda = \frac{340}{5,0\times 10^{4}} = 6,8\times 10^{-3}$ m = 6,8 mm.

<u>2ème partie</u> : *Les ondes à la surface de l'eau*

Affirmation 6 : VRAI
L'onde formée est une onde sinusoïdale présentant une double périodicité : périodicité spatiale (liées à la longueur d'onde λ) et périodicité temporelle (liée à la fréquence du vibreur : $f = \frac{1}{T}$). La perturbation au niveau de la source se reproduit identiquement à intervalles de temps réguliers.

Affirmation 7 : FAUX
L'onde est transversale car la direction de la perturbation (la verticale) est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde (l'horizontale).

Affirmation 8 : VRAI
Entre la première et la dernière ride on mesure 3,9 cm sur le schéma donc 7,8 cm dans la réalité (échelle ½). On a donc : $3\lambda = 7,8$ cm soit $\lambda = 7,8 /3 = 2,6$ cm. Donc à 1 mm près (précision de la mesure) on retrouve bien la valeur $\lambda = 2,5$ cm.

Affirmation 9 : FAUX
Le laser étant une source de lumière monochromatique, le faisceau n'est pas dispersé quand il passe à travers un prisme en verre, contrairement à un faisceau de lumière blanche polychromatique.

Affirmation 10 : VRAI
Un milieu dispersif est un milieu dont la célérité v des ondes qui le traverse dépend de la fréquence f, soit v = v(f). Or l'indice de réfraction d'un milieu est le quotient : $n = \frac{c}{v}$, où c est la célérité de la lumière dans le vide, c est une constante. Donc si v dépend de f alors n dépend de f.

Affirmation 11 : FAUX
Le diamètre du faisceau laser est de 1 mm, il passe au centre de la fente de 3 mm de large sans toucher les bords de la fente et donc sans être diffracté.

Affirmation 12 : FAUX
$\tan\theta \simeq \theta = \frac{L}{2.D}$ et $\theta = \frac{\lambda}{a}$ donc $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2.D}$ soit $a = \frac{2.\lambda.D}{L}$

$a = \frac{2 \times 633 \times 10^{-9} \times 2,0}{1,3 \times 10^{-2}} = 2,0 \times 10^{-4}$ m $= 2,0 \times 10^{2}$ µm.

toutes les distances sont exprimées en m.

Exercice N°2 :

I. Étude sur une cuve à ondes

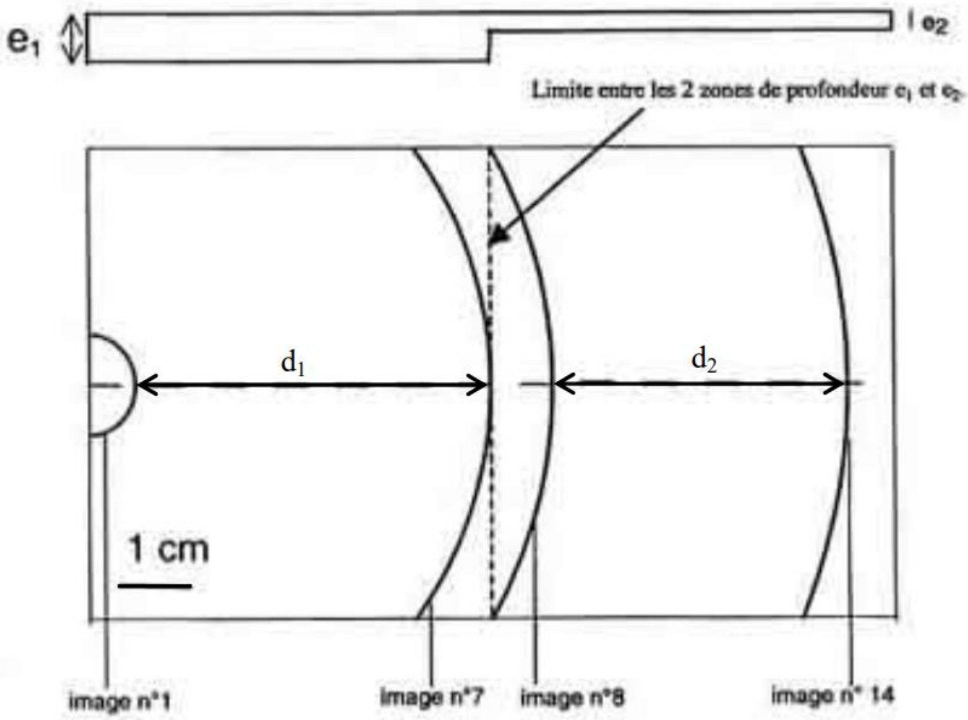
I.1. On appelle **onde mécanique** le phénomène de propagation d'une **perturbation** dans un milieu sans **transport de matière.** Il existe deux types d'ondes :

- ondes transversales : la direction de la déformation du milieu est perpendiculaire à celle de sa propagation.
- ondes longitudinales : la direction de la déformation est parallèle à celle de sa propagation.

L'onde créée par la goutte d'eau appartient à la catégorie des **ondes transversales**.

I.2.

Entre deux images consécutives, il s'écoule une durée τ de 1/24 s.



Pour la zone de profondeur e_1 : Entre l'image n°1 et l'image n° 7, il s'est écoulé une durée $\Delta t_1 = \mathbf{6\tau}$.
(aide : entre 7 doigts, combien y-a-t-il d'espaces? réponse: 6 pensez à compter l'espace entre les 2 pouces)
Pendant cette durée, le front d'onde a progressé d'une distance $d_1 = 4,8$ cm

or $c_1 = \frac{d_1}{\Delta t_1}$ donc $c_1 = \frac{4,8}{6 \times \frac{1}{24}} = \mathbf{19\ cm.s^{-1}}$

Pour la zone de profondeur e_2 : on mesure $d_2 = 4,0$ cm, il s'est écoulé $\Delta t_2 = 6\tau$.

$c_2 = \frac{d_2}{\Delta t_2}$ donc $c_2 = \frac{4,0}{6 \times \frac{1}{24}} = \mathbf{16\ cm.s^{-1}}$

I.3. Lorsque l'épaisseur d'eau diminue alors la célérité de l'onde diminue.

II. Ondes périodiques

II.1. La distance séparant deux franges brillantes successives est appelée la **longueur d'onde**, notée $\boldsymbol{\lambda}$.

$$\boldsymbol{\lambda = c.T}$$

II.2. $\lambda = \frac{c}{f}$ où f est la fréquence du vibreur, donc $\mathbf{c = \lambda.f}$.

On mesure λ sur le document 2 pour chaque zone d'épaisseur différente. *On mesure toujours plusieurs longueurs d'ondes, ainsi l'erreur relative sur la mesure est plus faible.*

Pour la zone d'épaisseur d'eau e_1 : $4\lambda_1 = 4{,}2$ cm, donc $c_1 = \frac{4,2}{4} \times 24 =$ **25 cm.s^{-1}**

Pour la zone d'épaisseur d'eau e_2 : $5\lambda_2 = 4{,}2$ cm, donc $c_2 = \frac{4,2}{5} \times 24 =$ **20 cm.s^{-1}**

On arrive à la même conclusion qu'au I.3., lorsque l'épaisseur d'eau diminue alors la célérité de l'onde diminue.

II.3.

f (Hz)	12	24	48	96
λ (m)	0,018	0,0097	0,0059	0,0036
$c = \lambda.f$ (en m.s^{-1})	**0,22**	**0,23**	**0,28**	**0,35**

La célérité de l'onde augmente lorsque la fréquence de l'onde augmente.

III. Un phénomène caractéristique des ondes.

III.1. Expérience sur les ondes lumineuses

III.1.1. Il se produit un phénomène appelé diffraction de la lumière.

III.1.2. $\tan\theta = \frac{l/2}{D} = \frac{l}{2D}$,

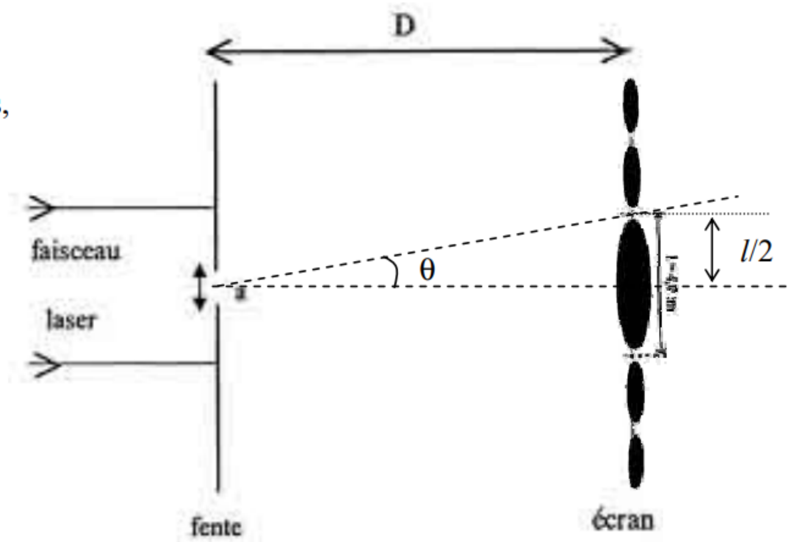
comme θ est faible et exprimé en radians, $\tan\theta \approx \theta$

$\theta = \frac{l}{2D}$

D'autre part $\theta = \frac{\lambda}{a}$, donc

$\frac{\lambda}{a} = \frac{l}{2D}$

soit $\boxed{\lambda = \frac{l.a}{2D}}$



$\lambda = \frac{4,7\times10^{-2}\times0,08\times10^{-3}}{2\times3,00}$ *(tout à convertir en m)*

$\lambda = 6\times10^{-7}$ m *ne pas conserver trop de chiffres significatifs car a est donné avec peu de précision*

III.2. Étude sommaire de la houle

III.2.1. $\lambda = 230$ m et $T = 12$ s

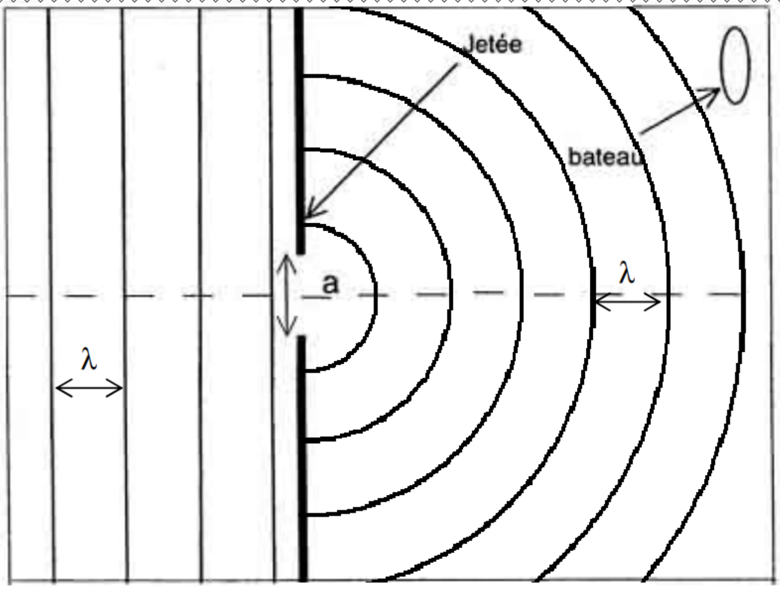
$\lambda = v.T$ donc $v = \frac{\lambda}{T}$

$v = \frac{230}{12} = 19$ m.s^{-1}

III.2.2. $\theta = \frac{\lambda}{a}$ donc plus a est faible devant λ et plus l'écart angulaire θ est grand, plus la diffraction est marquée.

a = 200 m et $\lambda = 230$ m, ici $\lambda > a$, l'ouverture du port diffracte l'onde incidente. L'ouverture se comporte alors comme une source ponctuelle émettant des ondes dans différentes directions ce qui affectera le bateau (qui oscillera verticalement). La diffraction ne modifie pas la longueur d'onde λ.

voir figure ci-après



Exercice N°3 :

1. Déterminer si les interférences en P sont constructives ou destructives. Préciser ce qui sera observé en P sur l'écran.

La différence de marche $\delta = S_2P - S_1P = 1{,}5\times10^{-6}$ m.

Si les interférences sont destructives alors $\delta = (2k+1).\dfrac{\lambda}{2}$ avec $k \in \mathbb{Z}$

$(2k+1).\dfrac{6{,}0\times10^{-7}}{2} = 1{,}5\times10^{-6}$

$2k.\dfrac{6{,}0\times10^{-7}}{2} + 3{,}0\times10^{-7} = 1{,}5\times10^{-6}$

$k.6{,}0\times10^{-7} = 1{,}5\times10^{-6} - 0{,}3\times10^{-6}$

$k = \dfrac{1{,}2\times10^{-6}}{6{,}0\times10^{-7}} = 2 \in \mathbb{Z}$

Si les interférences sont constructives alors $\delta = k.\lambda$ avec $k \in \mathbb{Z}$

$1{,}5\times10^{-6} = k\times6{,}0\times10^{-7}$

$k = \dfrac{1{,}5\times10^{-6}}{6{,}0\times10^{-7}} = 2{,}5 \notin \mathbb{Z}$

Au point P, les interférences sont destructives, on n'observe aucun signal lumineux.

2. Calculer la valeur de l'abscisse x_P du point P.

$S_2P - S_1P = \delta = \dfrac{d.x_P}{D}$

$x_P = \dfrac{\delta.D}{d}$

$x_P = \dfrac{1{,}5\times10^{-6}\times2{,}0}{0{,}20\times10^{-3}} = 1{,}5\times10^{-2}$ m $= 1{,}5$ cm

3. Donner les valeurs des abscisses les plus proches de celle de P où le même phénomène est observable. En déduire la valeur de l'interfrange i.

Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

On calcule x_P pour $k = 1$

$\delta_1 = (2\times1+1).\dfrac{\lambda}{2} = \dfrac{3\lambda}{2}$

$x_{P_1} = \dfrac{\delta_1.D}{d} = \dfrac{\frac{3\lambda}{2}.D}{d} = \dfrac{3\lambda.D}{2d}$

$$x_{P_1} = \frac{3 \times 6{,}0 \times 10^{-7} \times 2{,}0}{2 \times 0{,}20 \times 10^{-3}} = 9{,}0 \times 10^{-3} \text{ m} = 0{,}9 \text{ cm}$$

L'interfrange est la distance entre deux franges sombres consécutives.

$i = x_{P_1} - x_P$

$i = 1{,}5 - 0{,}9 = 0{,}6$ cm

On ajoute sur le chemin S_1P un objet transparent qui ralentit la lumière et modifie ainsi le déphasage entre les deux ondes issues de S_1 et S_2. Ce déphasage peut être modélisé par une nouvelle valeur $S_2P - S_1P$ telle que $S_2P - S_1P = 1{,}2 \times 10^{-6}$ m.

4. Préciser le changement observé sur l'écran au point P.

Si les interférences sont constructives alors $\delta = k.\lambda$ avec $k \in \mathbb{Z}$

$1{,}2 \times 10^{-6} = k \times 6{,}0 \times 10^{-7}$

$$k = \frac{1{,}2 \times 10^{-6}}{6{,}0 \times 10^{-7}} = 2 \in \mathbb{Z}$$

Cette fois au point P, le récepteur détecte un signal lumineux.

5. Expliquer comment cette expérience permet de comprendre le principe de l'interféromètre gravitationnel.

Lors du passage d'une onde gravitationnelle, l'un des bras de l'interféromètre est rallongé et l'autre est raccourci. Ainsi la différence de marche entre les deux faisceaux est modifiée et la nature des interférences est alors modifiée.