

Chapitre 6

Interaction onde Matière

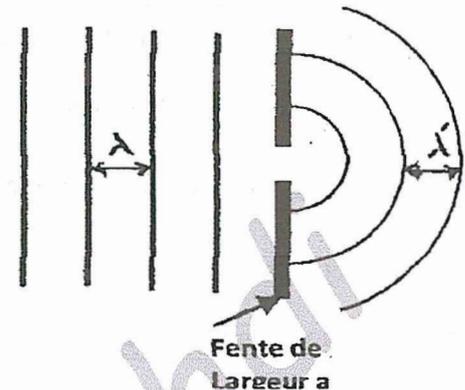
Exercice N°1 : (Concours de réorientation – 2012 Sousse)

On réalise les trois expériences suivantes :

Expérience n°1 :

À l'aide d'une règle (R) qui affleure la surface d'eau d'une cuve à ondes et qui est animée d'un mouvement sinusoïdal perpendiculaire à cette surface, on produit des ondes rectilignes périodiques de période $T = 25\text{ms}$. Les ondes se propagent à la surface d'eau avec la célérité constante $v = 0,20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, elles traversent une fente de largeur a plus petite que la longueur d'onde λ .

Le phénomène observé à la surface d'eau est représenté sur le schéma de la figure.

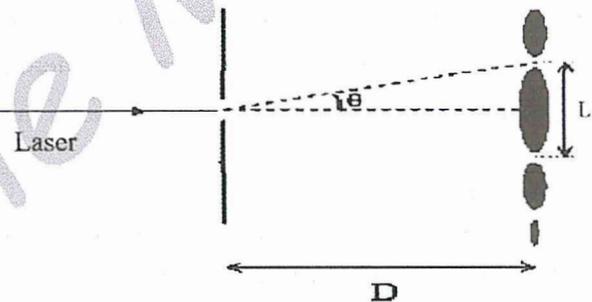


- Ces ondes sont-elles longitudinales ou transversales ? Justifier.
- Nommer le phénomène observé. Justifier.
- Exprimer la longueur d'onde λ en fonction de v et T . Calculer la valeur de λ .
- Justifier que la longueur d'onde de l'onde diffractée $\lambda' = \lambda$.

Expérience n°2 :

On éclaire une fente de largeur a très petit, par un laser émettant une lumière violette de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 411\text{nm}$, on obtient sur un écran situé à une distance D de la fente des taches lumineuses.

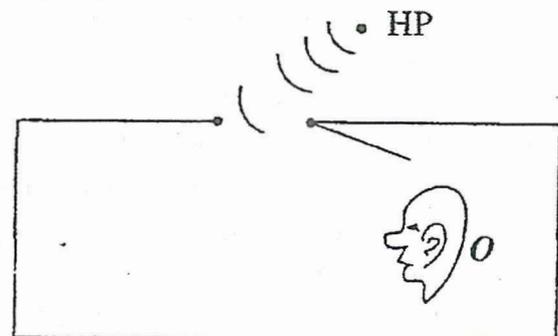
- En procédant à une analogie entre les résultats obtenus dans les expériences n°1 et n°2. Justifier l'aspect ondulatoire de la lumière.
- La lumière émise par le laser est-elle mono ou polychromatique ? Justifier.
- Donner la relation entre λ_0 , a et l'écart angulaire θ du faisceau diffracté.
 - Établir la relation $L = 2 \cdot D \cdot \frac{\lambda_0}{a}$
 - Calculer a pour les conditions expérimentales suivantes : $\lambda_0 = 411\text{nm}$, $D = 20\text{cm}$ et $L = 1\text{cm}$
 - La largeur de la tache centrale serait-elle plus grande ou plus petite si la lumière utilisée est jaune.



Expérience n°3 :

Un haut-parleur émettant un son de fréquence $f = 400\text{Hz}$ est placé devant la porte ouverte d'une pièce. Un observateur, caractérisé par son oreille O, est à l'intérieur de la pièce comme le montre la figure ci-dessous.

La largeur de la porte étant $l = 80\text{cm}$. Expliquer en faisant le calcul nécessaire pourquoi l'oreille perçoit un son. La célérité du son vaut $340\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$



Exercice N°2 :

On éclaire une fente très fine, de largeur a réglable, par une radiation monochromatique de longueur d'onde λ .

On obtient sur l'écran (E) une figure de diffraction comme c'est indiqué ci-contre.

1°/ Décrire la figure observée.

2°/ Montrer que la largeur L de la tache centrale est donnée par la relation :

$$L = \frac{2\lambda D}{a} \quad D \text{ étant la distance séparant la fente de l'écran.}$$

3°/ L'étude expérimentale des variations de L (en m) en fonction de $\frac{1}{a}$ (en m^{-1})

a permis d'établir les équations suivantes : $L = 2,64 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{1}{a}\right)$ pour une radiation de longueur d'onde λ_1 .

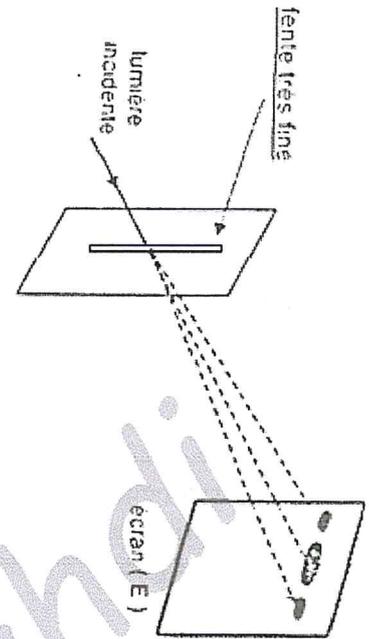
$L = 1,92 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{1}{a}\right)$ Pour une radiation de longueur d'onde λ_2 .

a) Montrer que $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1,375$.

b) Sachant que $\lambda_1 = 0,66 \mu\text{m}$, calculer λ_2 .

c) On fixe la largeur a de la fente à une valeur a_0 convenable et on mesure les largeurs L_1 et L_2 des taches centrales observées respectivement avec les radiations λ_1 et λ_2 .

Comparer L_1 et L_2 . Déduire avec quelle radiation la figure de diffraction est-elle plus nette.

**Exercice N°3 : (Principale 2010)**

On dispose d'une cuve à ondes remplie d'eau et d'une lame vibrante (L) qui produit, à la surface de la nappe d'eau des ondes progressives, rectilignes, sinusoïdales et de fréquence N réglable. On suppose qu'il n'y a, ni amortissement, ni réflexion des ondes aux bords de la cuve.

I. La fréquence de la lame vibrante est réglée à la valeur $N_1 = 11 \text{ Hz}$.

En éclairage stroboscopique et pour une fréquence N_e des éclairs, égale à 11 Hz , la surface de la nappe d'eau présente une série de rides équidistantes, rectilignes et immobiles comme le montre la figure 1.

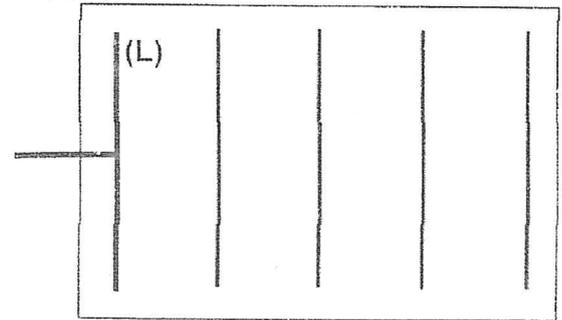


Fig.1

1°/ a) Définir la longueur d'onde λ .

b) Sachant que le schéma de la figure 1 est réalisé à l'échelle, déterminer la valeur de la longueur d'onde λ_1 , de l'onde créée à la surface de la nappe d'eau. En déduire la valeur de la célérité v_1 de l'onde.

2°/ On règle la fréquence N de la lame à la valeur $N_2 = 20 \text{ Hz}$ et on mesure la distance d_2 séparant 5 rides successives. On obtient une valeur de 3 cm .

a) Calculer, dans ce cas, la valeur de la longueur d'onde λ_2 et la célérité v_2 de l'onde.

b) Justifier que l'eau est un exemple de milieu dispersif.

3°/ Sachant que l'élongation d'un point A, appartenant au sommet de la première ride, comptée à partir de la lame (L) s'écrit : $y_A(t) = 4 \cdot 10^{-3} \sin(40\pi t)$, déterminer, en le justifiant, l'élongation $y_B(t)$ d'un point B appartenant au sommet de la troisième ride.

II. Un obstacle muni d'une fente (F) de largeur $a = 8 \text{ mm}$ est placé parallèle à la lame et à une distance d de celle-ci. Pour une fréquence $N_2 = 20 \text{ Hz}$ et un instant donné, la forme des rides de l'onde qui se propage à la surface de la nappe d'eau avant la traversée de la fente (F) est donnée par la figure 2.

1°/ a) Préciser l'ordre de grandeur de λ avec lequel l'onde subit une diffraction au niveau de (F).

b) En déduire, s'il y a diffraction au niveau de (F) à la fréquence N_2 de la lame vibrante.

c) Dans l'affirmative, représenter, sur la figure 1, la forme des rides au-delà de la fente (F).

2°/ a) On fixe de nouveau, la fréquence N de la lame vibrante à la valeur $N_1 = 11 \text{ Hz}$.

Représenter, à l'échelle, sur la figure 2, la forme des rides avant et après la traversée de la fente (F).

b) Pour une valeur donnée de a , montrer s'il faut diminuer ou bien augmenter la valeur de la longueur d'onde λ pour rendre le phénomène observé plus net.

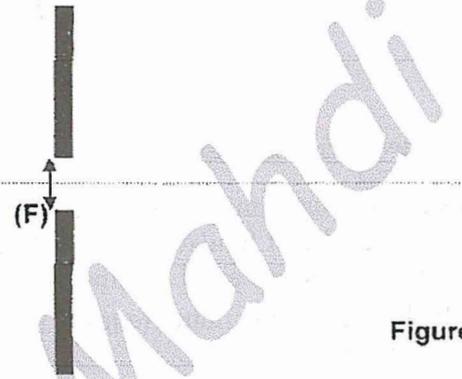
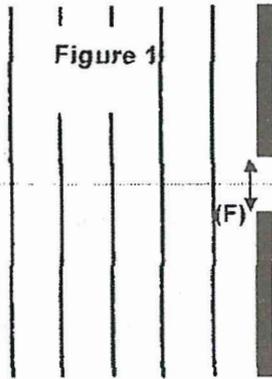


Figure 2

EX N°1 (Concours 2012/sousse)Exp 1

a) Transversales: car la direction de propagation est \perp à la direction de déformation de l'onde.

b) de diffraction car à la sortie de la fente il y a modification de la forme de l'onde.

$$c) \lambda = vT$$

$$= 0,20 \times 25 \cdot 10^3$$

$$\lambda = 5 \cdot 10^3 \text{ m}$$

d) de diffraction n'affecte pas la vitesse ni la fréquence de l'onde $\Rightarrow v = c$
 $N = c \cdot t$

$$\text{or } \lambda = vT$$

$$\lambda' = v' \cdot T' \Rightarrow T = T'$$

$$v = v'$$

$$\text{donc } \lambda = \lambda'$$

Exp 2

1° pour les ondes mécaniques

si $a > \lambda$: rien ne se passe

si $\lambda \approx a$ ou $\lambda > a$ il y a diffraction

pour la lumière monochromatique

si $a > \lambda$: rien ne se passe

si $\lambda \approx a$ ou $\lambda > a$ il y a un nouveau phénomène

\Rightarrow de diffraction est caractéristique des ondes mécaniques. Par analogie, la lumière ayant le comportement ondulatoire qu'elle possède une nature ondulatoire.

2° la lumière émise par le laser est monochromatique car elle est caractérisée par une longueur d'onde λ .

$$3^{\circ} a) \theta = \frac{\lambda_0}{a}$$

$$b) \text{tg } \theta = \frac{L}{D} \text{ or } \theta \text{ est faible}$$

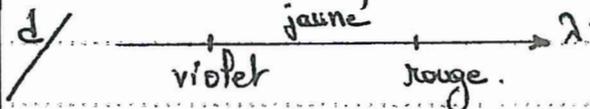
$$\text{tg } \theta \approx \theta$$

$$\theta = \frac{L}{2D} = \frac{\lambda_0}{a} \Leftrightarrow L = \frac{2D\lambda_0}{a}$$

$$c) a = \frac{2D\lambda_0}{L}$$

$$a = \frac{2 \times 0,20 \times 411 \cdot 10^9}{1 \cdot 10^2}$$

$$a = 1,64 \cdot 10^5 \text{ m}$$



$$\lambda(\text{jaune}) > \lambda(\text{violet})$$

$$L(\text{jaune}) = \frac{2D}{a} \cdot \lambda(\text{jaune})$$

$$L(\text{violet}) = \frac{2D}{a} \cdot \lambda(\text{violet})$$

$$\text{or } \lambda(\text{jaune}) > \lambda(\text{violet}) \Rightarrow L(\text{jaune}) > L(\text{violet})$$

La largeur de la tache centrale devient plus grande.

Expérience 3

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{340}{400} = 0,85 \text{ m}$$

$$\lambda = 85 \text{ cm}$$

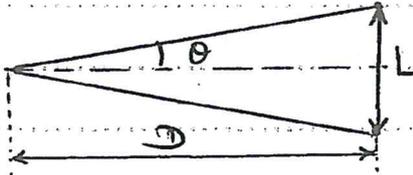
• on a $L \approx \lambda$ donc l'oreille perçoit un son.

Fin

Ex N°9/

1) sur l'écran on observe un ensemble de taches brillantes séparées par des zones sombres, la tache centrale est plus large et plus brillante.

2°)



$$\operatorname{tg} \theta = \frac{L}{2D} \quad \text{or } \theta \text{ est faible}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \theta$$

$$\theta = \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a} \Rightarrow L = \frac{2\lambda D}{a}$$

$$3^{\circ}) \text{ on a } L = 2\lambda D \cdot \frac{d}{a} = k \cdot \frac{d}{a}$$

$$\text{pour } \lambda_1 : L_1 = \frac{2\lambda_1 D}{a}$$

$$\text{or } L_1 = 2,64 \cdot 10^6 \left(\frac{d}{a} \right)$$

$$\text{pour } \lambda_2 : L_2 = \frac{2\lambda_2 D}{a}$$

$$\text{or } L_2 = 1,92 \cdot 10^6 \left(\frac{d}{a} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2,64 \cdot 10^6}{1,92 \cdot 10^6}$$

$$\text{donc } \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1,375$$

$$b) \lambda_2 = \frac{\lambda_1}{1,375} = \frac{0,66}{1,375}$$

$$\lambda_2 = 0,48 \mu\text{m}$$

$$L_1 = \frac{2D}{a} \lambda_1$$

$$L_2 = \frac{2D}{a} \lambda_2$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1,375 > 1$$

donc $L_1 > L_2$

pour même a_0 la tache centrale est plus nette avec la radiation de longueur d'onde λ_1

Fin

EXN°3 (P2010)

I/a/ La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle T .

b/. La distance qui separe la 1^{er} ride et la 5^{es} ride est

$$d_1 = 4\lambda = 5 \text{ cm}$$

$$\text{donc } \lambda_1 = \frac{d_1}{4} = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ cm}$$

$$\lambda_1 = v_1 \cdot T_1 = \frac{v_1}{N_1}$$

$$v_1 = \lambda_1 \cdot N_1 = 1,25 \cdot 10^2 \times 11$$

$$v_1 = 13,75 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$2^{\text{es}}/a/ d_2 = 4\lambda_2 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{d_2}{4} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ cm}$$

$$\lambda_2 = v_2 \cdot T_2 = \frac{v_2}{N_2}$$

$$v_2 = \lambda_2 \cdot N_2 = 0,75 \cdot 10^2 \times 20 = 1,5 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) on constate que la vitesse de l'onde dans le milieu depend de la fréquence ω . donc le milieu (l'eau) est un milieu dispersif.

$$3^{\text{es}}) y_A(t) = 4 \cdot 10^{-3} \sin(400\pi t)$$

$$\omega = 2\pi N = 400\pi \Rightarrow N = 20 \text{ Hz}$$

Le point B reproduit le rut de A après un retard horaire

$$\theta_B = \frac{x_B}{v} = \frac{2\lambda}{v} = 2T = \frac{2}{N}$$

$$\begin{aligned} y_B(t) &= y_A(t - \theta_B) \\ &= 4 \cdot 10^{-3} \sin(400\pi(t - \theta_B)) \\ &= 4 \cdot 10^{-3} \sin(400\pi t - 400\pi \cdot \theta_B) \\ &= 4 \cdot 10^{-3} \sin(400\pi t - 400\pi \cdot \frac{2}{20}) \end{aligned}$$

$$y_B(t) = 4 \cdot 10^{-3} \sin(400\pi t) \quad \forall \theta \gg 2T$$

II/1^{er}) pour qu'il y a phénomène de diffraction λ doit être de même ordre de grandeur que a ($a \approx \lambda$).

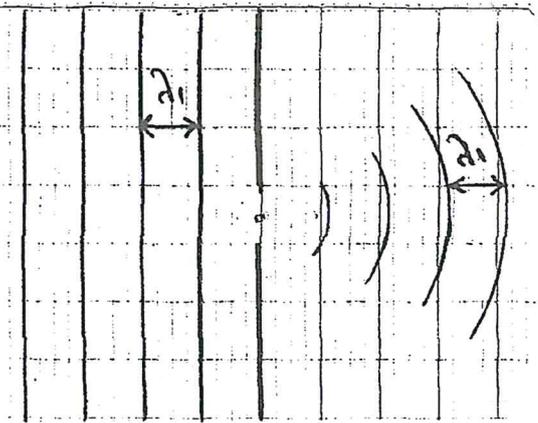
$$b) \text{ on a } a = 8 \text{ mm}$$

$$a = 7,5 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow a \approx \lambda_2$$

donc il y a phénomène de diffraction au niveau de F.

c)



2^{es}) $N_1 = 11 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda_1 = 12,5 \text{ mm} > a$
La diffraction est plus nette.

b) on doit augmenter le rapport $\frac{\lambda}{a}$

donc pour a fixe on doit augmenter λ .

Fin

