

## Chapitre 6

# Interaction onde Matière

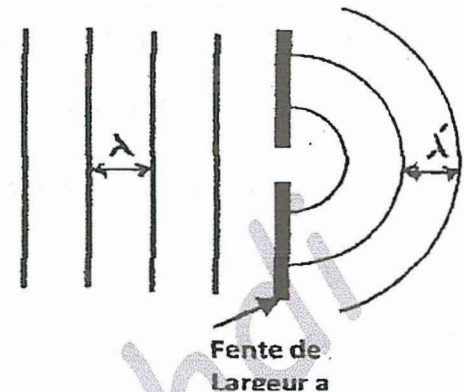
## Exercice N°1 : (Concours de réorientation – 2012 Sousse)

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  $\lambda$ .

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  $\lambda$  en fonction de  $v$  et  $T$ . Calculer la valeur de  $\lambda$ .
- 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.

1) En procédant à une analogie entre les résultats obtenus dans les expériences n°1 et n°2. Justifier l'aspect ondulatoire de la lumière.

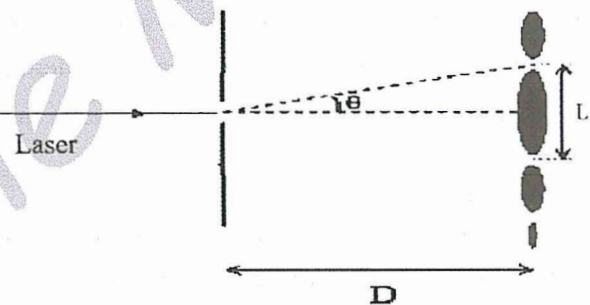
2) La lumière émise par le laser est-elle mono ou polychromatique ? Justifier.

3) a) Donner la relation entre  $\lambda_0$ ,  $a$  et l'écart angulaire  $\theta$  du faisceau diffracté.

b) Établir la relation  $L = 2 \cdot D \cdot \frac{\lambda_0}{a}$

c) Calculer  $a$  pour les conditions expérimentales suivantes :  $\lambda_0 = 411\text{nm}$ ,  $D = 20\text{cm}$  et  $L = 1\text{cm}$

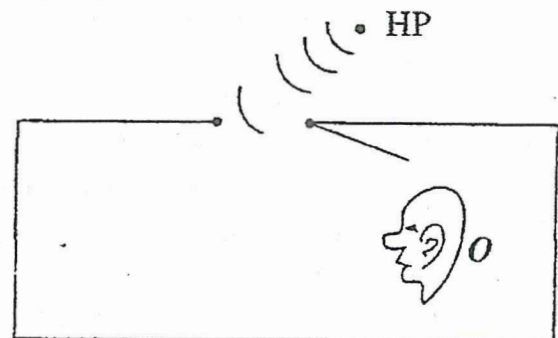
d) La largeur de la tache centrale serait-elle plus grande ou plus petite si la lumière utilisée est jaune.



### 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  $\lambda$ .

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  $\lambda_1$ .

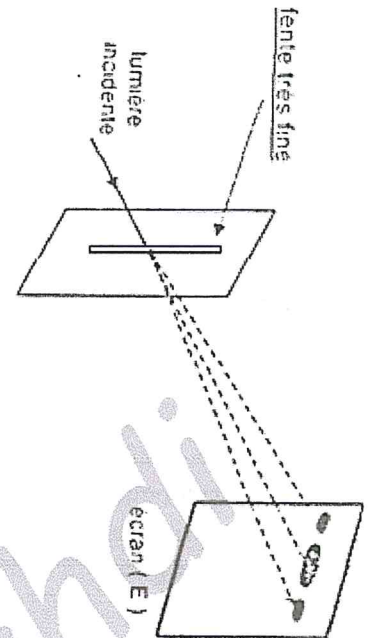
$L = 1,92 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{1}{a}\right)$  Pour une radiation de longueur d'onde  $\lambda_2$ .

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

b) Sachant que  $\lambda_1 = 0,66 \mu m$ , calculer  $\lambda_2$ .

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  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ .

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  $N_1 = 11$  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.

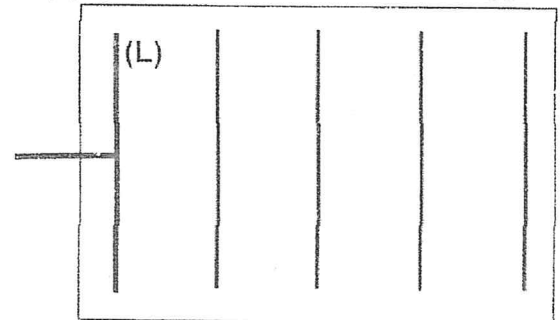


Fig.1

1°/ a) Définir la longueur d'onde  $\lambda$ .

b) Sachant que le schéma de la figure 1 est réalisé à l'échelle, déterminer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda_1$ , 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  $N_2 = 20$  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  $\lambda_2$  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  $\lambda$  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  $\lambda$  pour rendre le phénomène observé plus net.

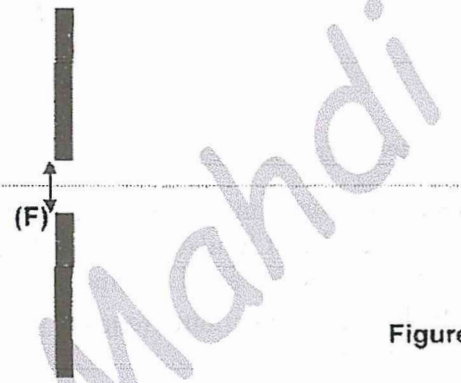
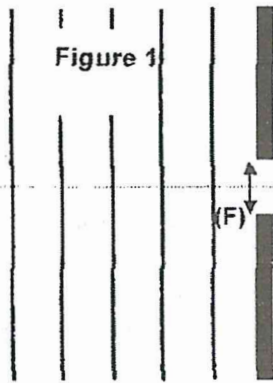


Figure 2

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  $\lambda$ .

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

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

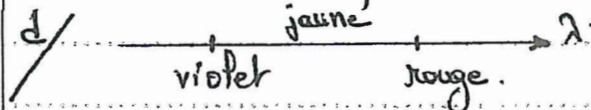
$$\text{tg } \theta \approx \theta$$

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

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

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

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



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

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

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

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

La largeur de la tache centrale devient plus grande.

Experuence 3

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

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

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

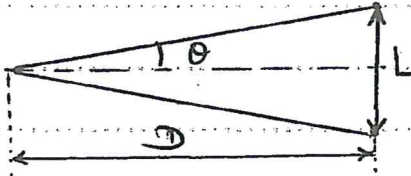
• on a  $L \approx \lambda$  donc l'oreille perçoit un son.

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°)



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

$$\tan \theta = \theta$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\lambda_2 = 0,48 \mu.m$

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

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

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

donc  $L_1 > L_2$ 

pour même  $a_0$  la tache centrale est plus nette avec la radiation de longueur d'onde  $\lambda_1$

Fin

EXN°3 (P2010)

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

b/. La distance qui separe la 1<sup>er</sup> ride et la 5<sup>em</sup> 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  $\omega$ . 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

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

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

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

II/1<sup>er</sup>) pour qu'il y a phénomène de diffraction  $\lambda$  doit être de même ordre de grandeur que  $a$  ( $a \approx \lambda$ ).

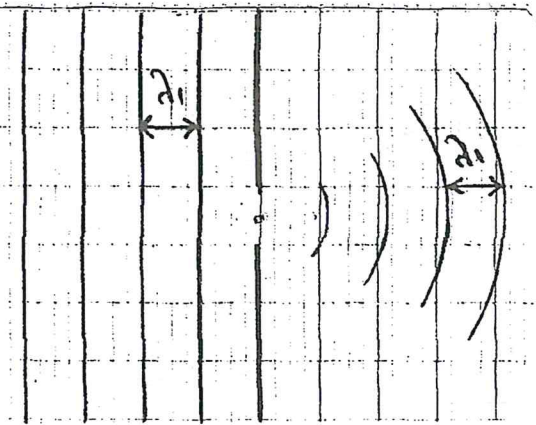
$$b) \text{ on a } a = 8 \text{ mm}$$

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

$$\Rightarrow a \approx \lambda_2$$

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

c)



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

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

donc pour  $a$  fixe on doit augmenter  $\lambda$ .

Fin

