



Chapitre 3 : exercices sur la diffraction

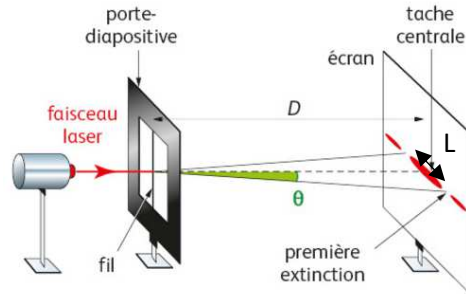
Exercice 1 : Est-ce que ça diffracte ?

Le phénomène de diffraction sera d'autant plus important que λ sera grand : la diffraction sera donc plus importante pour $\lambda_1 = 1\,850\text{ m}$.

Exercice 2 : Utilisation de la formule de diffraction

On réalise une figure de diffraction en éclairant un cheveu de $50\ \mu\text{m}$ de diamètre avec un laser de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 632,8\text{ nm}$

1°/ Représenter la situation sur un schéma légendé en faisant apparaître θ .



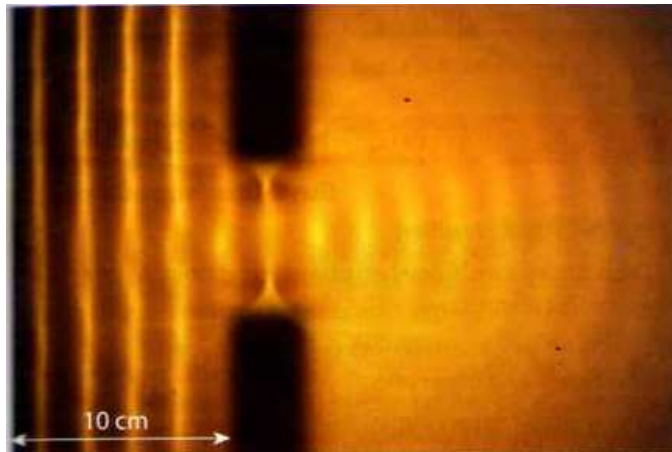
2°/ Calculer la valeur de l'angle θ .

On sait que :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{632,8 \cdot 10^{-9}}{50 \cdot 10^{-6}} = 1,3 \cdot 10^{-2}$$

Exercice 3 : Diffraction de la houle

La photographie suivante a été prise au-dessus d'une cuve à ondes, dans laquelle est menée une expérience de diffraction d'ondes à la surface :



Les ondes sont créées par l'oscillation, d'une lame située à gauche de la photographie, vibrant à $5,0\text{ Hz}$, perpendiculairement à la surface d'une mince couche d'eau. Les ondes arrivent sur un obstacle parallèle à la crête des ondes sur lequel est aménagé une petite ouverture. Les crêtes des ondes sont en claires sur la photographie.

1°/ Dans cette expérience est-on parvenu à mettre en évidence le phénomène de diffraction ? Pourquoi ?

On a pu mettre en évidence le phénomène de diffraction car il y a un étalement de l'onde après son passage par l'ouverture.

2°/ La célérité de l'onde est de $0,10\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

A°/ Calculer la longueur d'onde de l'onde à la surface de l'eau.

On sait que $c = 0,10\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $f = 5,0\text{ Hz}$.

Or on sait que $\lambda = \frac{c}{f}$

On a donc $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{0,10}{5,0} = 2,0 \cdot 10^{-2}\text{ m}$



B°/ Mesurer la longueur d'onde à partir de la photographie.

Photo	Réalité
3 cm	10 cm
0,6 cm	λ

$$\lambda = \frac{0,6 \times 10}{3,0} = 2,0 \text{ cm} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

C°/ La longueur d'onde est-elle différente après l'obstacle ?

On retrouve la même valeur pour la longueur d'onde après l'obstacle.

3°/ Vérifier par le calcul que l'angle θ de diffraction de l'onde diffractée est bien de 15° comme le suggère la photographie.

On sait que :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

On peut déterminer a en utilisant l'échelle de la photographie :

Photo	Réalité
3 cm	10 cm
2,4 cm	a

$$a = \frac{2,4 \times 10}{3} = 8 \text{ cm}$$

$$\theta = \frac{2,0 \cdot 10^{-2}}{8,0 \cdot 10^{-2}} = 2,5 \cdot 10^{-1} \text{ radian}$$

Conversion de radian en degré

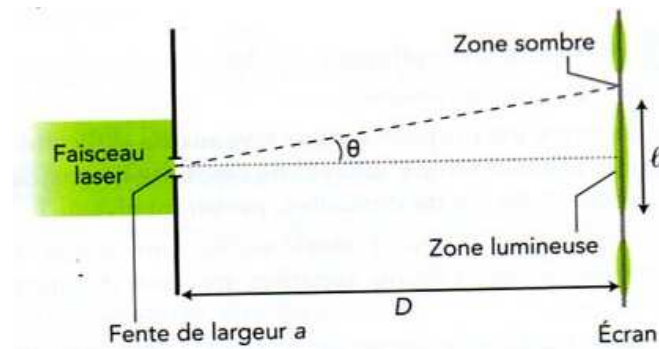
Degré	Radian
180	π
θ	$2,5 \cdot 10^{-1}$

$$\theta = \frac{(2,5 \cdot 10^{-1} \times 180)}{\pi}$$

$$\theta = 14^\circ$$

Exercice 4 : Caractère ondulatoire de la lumière

On réalise une expérience en utilisant un laser, une fente de largeur réglable et un écran blanc. Le dispositif est représenté ci-dessous :



Les mesures de la largeur de la fente a, de la distance D et de la largeur de la tâche centrale conduisent aux résultats suivants : $a = 0,200 \pm 0,005 \text{ mm}$; $D = 2,00 \pm 0,01 \text{ m}$; $L = 12,6 \pm 0,1 \text{ mm}$

1°/ Quel est le nom du phénomène observé ?

On observe le phénomène de diffraction.

2°/ L'angle θ étant petit on a la relation $\tan \theta \approx \theta$. Calculer la valeur de l'angle θ en radian.

On sait que :

$$\theta = \frac{L}{2 \cdot D} = 3,15 \cdot 10^{-3}$$

3°/ Quelle relation existe-t-il entre θ , λ et a ?



$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

4°/ Calculer la valeur de la longueur d'onde λ .

On sait que :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

Donc

$$\lambda = \theta \times a = 3,15 \cdot 10^{-3} \times 0,200 \cdot 10^{-3} = 6,30 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

5°/ L'incertitude de mesure de la longueur d'onde λ est évaluée par la formule suivante :

$$U(\lambda) = \lambda \cdot \sqrt{\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{U(L)}{L}\right)^2 + \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2}$$

$$U(\lambda) = 6,30 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{\left(\frac{0,005}{0,200}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{12,6}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{2,00}\right)^2}$$

$$U(\lambda) = 4,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda = 630 \pm 0,45 \text{ nm}$$

6°/ Quelle relation existe-t-il entre λ , c la célérité des ondes lumineuses et f la fréquence de la radiation lumineuse.

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

Exercice 5 : Diffraction par un fil

1°/

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{L}{2D}$$

2°/ $\theta = \frac{\lambda}{a}$, avec θ en radian, et λ et a en mètre.

3°/ La courbe $\theta = f(1/a)$ est une droite passant par l'origine.

Or l'expression précédente montre que θ et $1/a$ sont proportionnels (coefficient de proportionnalité λ). La figure 2 est donc bien en accord avec la relation.

4°/ Le coefficient directeur de la droite représentative de $\theta = f(1/a)$ est égal à la longueur d'onde λ . Soit le point de la droite de coordonnées $(5,0 \times 10^4 \text{ m}^{-1} ; 2,8 \times 10^{-2} \text{ rad})$.

Le coefficient directeur de la droite est :

$$\lambda = \frac{2,8 \times 10^{-2}}{5,0 \times 10^4} = 5,6 \times 10^{-7} \text{ m.}$$

La valeur à retenir est $\lambda = 560 \text{ nm}$.

5°/ La lumière blanche est polychromatique, donc elle contient des radiations de longueurs d'onde différentes qui donneront des taches de largeurs et de positions différentes sur l'écran.

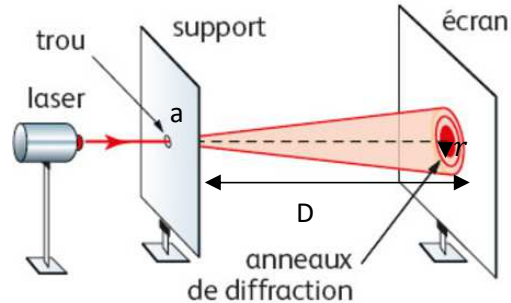
Au centre de l'écran, juste en face du fil, toutes les radiations colorées se superposent ; on obtient du blanc. À l'extérieur de cette tache blanche, seules certaines radiations se superposent ; cela crée des zones colorées : des irisations.

**Exercice 6 : Une ouverture circulaire**

On éclaire une ouverture circulaire de diamètre a par une lumière de longueur d'onde λ émise par un laser. La figure de diffraction est observée sur un écran placé à une distance D de l'ouverture. Cette figure présente la tâche centrale de rayon circulaire r .

Dans le cas étudié, l'écart angulaire de diffraction θ a pour expression $\theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{a}$.

1°/ Faire apparaître sur le schéma ci-dessous a , D , r et θ .



2°/ L'angle θ étant petit on a la relation $\tan \theta \approx \theta$. Exprimer θ en fonction de r et D puis en déduire que :

$$\theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{a}$$

$$\theta = \frac{r}{D}$$

$$1,22 \times \frac{\lambda}{a} = \frac{r}{D}$$

$$r = 1,22 \times \frac{\lambda \cdot D}{a}$$

3°/ Avec un laser rouge de longueur d'onde $\lambda_1 = 633 \text{ nm}$ on obtient un rayon $r_1 = 9,7 \text{ mm}$.

Avec un laser vert $\lambda_2 = 560 \text{ nm}$ on obtient dans les mêmes conditions une tâche ayant un rayon r_2 .

Calculer la valeur du rayon r_2 .

On sait que :

$$r = 1,22 \times \frac{\lambda \cdot D}{a}$$

A l'aide des informations sur le premier laser on calcule D/a :

$$\frac{D}{a} = \frac{r_1}{1,22 \times \lambda} = \frac{9,7 \cdot 10^{-3}}{1,22 \times 633 \cdot 10^{-9}} = 1,3 \cdot 10^4$$

On remplace D/a par la valeur trouvée puis on calcule r_2 :

$$r_2 = 1,22 \times 1,3 \cdot 10^4 \times 560 \cdot 10^{-9} = 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$