

Exercices : DIFFRACTION ET INTERFERENCES

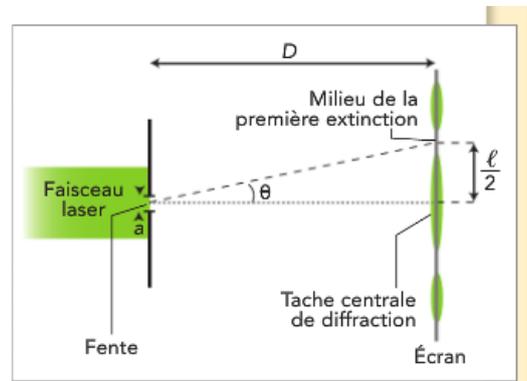
APPLICATION 1 : diffraction par un cheveu

Un cheveu d'épaisseur « a » est éclairé par le faisceau issu d'un laser hélium-néon de longueur d'onde $\lambda = 632 \text{ nm}$. La lumière est diffractée d'un angle de $0,40^\circ$.

1. Calculer l'angle de diffraction en radians.
2. Rappeler l'expression de cet angle en fonction de λ et a.
3. En déduire l'épaisseur a du cheveu.

APPLICATION 2 : Etudier expérimentalement le phénomène de diffraction

On réalise la figure de diffraction de la lumière d'un laser de longueur d'onde $\lambda = 512 \text{ nm}$, passant par une fente fine verticale de largeur a, sur un écran placé à la distance $D=2,50 \text{ m}$ de la fente. On note $\frac{l}{2}$ la distance séparant le milieu de la tache centrale et celui de la première extinction.



1. Expliquer comment réaliser indirectement la mesure du demi-angle de diffraction θ en mesurant l.
2. Des mesures expérimentales réalisées avec différentes fentes calibrées conduisent aux résultats ci-contre. Représenter graphiquement les évolutions de θ en fonction de $1/a$.
 Ecrire la relation qui lie les grandeurs θ et a, en précisant leurs unités.
3. Montrer que le coefficient de proportionnalité correspond à la longueur d'onde du laser.

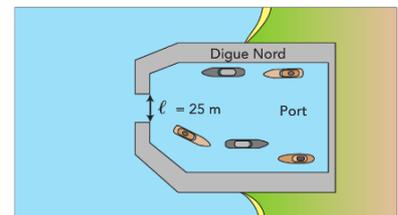
a(μm)	20	40	100	130	180	220
$\frac{l}{2}$ (mm)	64	32	13	10	7	6

APPLICATION 3 : Est-ce que ça diffracte ?

1. Dans une vallée de montagnes, les ondes radio et de télévision peuvent être diffractées par les parois rocheuses. On considère une étroite vallée de 800 m de large.
 La diffraction est-elle plus importante pour des ondes radio de longueur d'onde $\lambda_1 = 1 \text{ 850 m}$ ou $\lambda_2 = 12 \text{ m}$?

2. Des bateaux au mouillage dans un port peuvent être mis en mouvement et abîmés par la houle venant du large.

Quel phénomène physique est à l'origine de cette observation ? Expliquer.



- 3- Dans un lecteur de disque CD, DVD, la lumière peut être diffractée à la sortie du laser.
 Un lecteur CD fonctionne avec une lumière de longueur d'onde $\lambda_1 = 650 \text{ nm}$ produite par un laser dont l'ouverture a un diamètre $d_1 = 1,3 \mu\text{m}$. Les lecteurs DVD utilisent des faisceaux laser de diamètre $d_2 = 0,58 \mu\text{m}$. Pour limiter la diffraction, la lumière utilisée dans un DVD a-t-elle une longueur d'onde plus grande ou plus petite que λ_1 ?

APPLICATION 4 : diffraction

Un rayon laser, de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 633 \text{ nm}$, traverse une fente de largeur a . La figure de diffraction est observée sur un écran, lequel est placé perpendiculairement au rayon et à une distance $D=3,45 \text{ m}$ de la fente.

1. Quelle est la couleur correspondant à cette radiation ?
2. On donne $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Calculer la fréquence de cette radiation.
3. Tracer le schéma donnant l'aspect de la figure de diffraction.
4. Avec une règle et sur la figure de diffraction, on mesure la distance séparant le milieu de la frange centrale et de la première extinction. On trouve $d_1 = 44 \text{ mm}$. Calculer la largeur a_1 de la fente utilisée.
5. En utilisant d'autres fentes, les distances d trouvées sont $d_2 = 22 \text{ mm}$; $d_3 = 17 \text{ mm}$. Calculer les largeurs des fentes correspondantes.
6. Donner une conclusion à propos de l'étalement des taches de diffraction.

APPLICATION 5 : Compter les franges

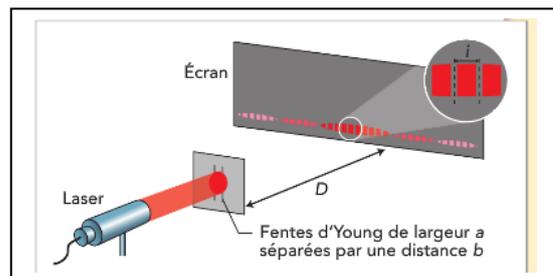
Des franges d'interférences sont réalisées avec un système de deux fentes parallèles distantes de $a = 0,80 \text{ mm}$. La lumière utilisée est émise par une lampe à vapeur de sodium, de longueur d'onde $\lambda = 589 \text{ nm}$. La demi-ouverture angulaire de la tache centrale de diffraction est $\theta = 5,0^\circ$.

1. Calculer la valeur de l'interfrange i sur un écran placé à $D = 1,0 \text{ m}$ des fentes.
2. Calculer le nombre de franges brillantes présentes sur l'écran dans la tache centrale de diffraction.
3. Sans modifier les fentes, comment serait-il possible d'augmenter la distance entre les franges ?
Le nombre de franges changerait-il ?

APPLICATION 6 : Déterminer une longueur d'onde par interférence

On réalise une figure d'interférences à l'aide de fentes d'Young placées devant un faisceau laser, séparées par une distance $b = (0,500 \pm 0,005) \text{ mm}$.

La figure est observée sur un écran à distance $D = 1,15 \text{ m}$ du plan des fentes, cette distance étant mesurée avec une incertitude $U(D)=1 \text{ cm}$.



Pour déterminer la longueur d'onde du laser, on mesure la distance séparant deux franges brillantes consécutives, appelée « interfrange » et notée i .

On obtient un interfrange $i = 1,36 \text{ mm}$ avec une incertitude $U(i) = \frac{1}{100} \text{ mm}$.

1. Dédire des résultats expérimentaux la longueur d'onde λ du laser.
2. L'incertitude sur la mesure $U(\lambda)$ peut être évaluée par

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

- a. Calculer l'incertitude $U(\lambda)$ sur la longueur d'onde du laser.
- b. En déduire un encadrement de la valeur expérimentale de λ .
- c. Cet encadrement est-il compatible avec la valeur $589,3 \text{ nm}$ fournie par le constructeur du laser ?

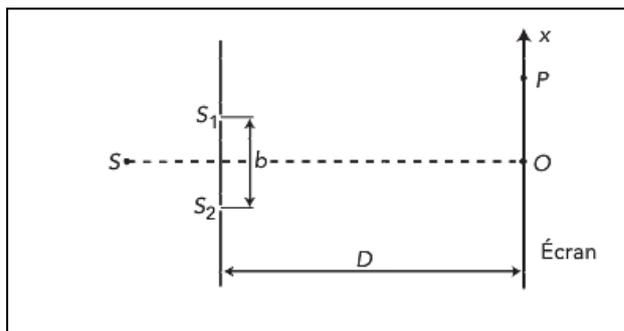
APPLICATION 7 : Différence de marche

On réalise le montage suivant dans lequel S est une source de lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 488 \text{ nm}$. Cette source éclaire deux fentes étroites S_1 et S_2 , séparées par une distance $b = 0,20 \text{ mm}$. On a $SS_1 = SS_2$.

On observe la figure obtenue sur un écran situé à $D = 1,00 \text{ m}$ du plan de ces fentes.

On considère sur l'écran un axe (Ox) , O se trouvant sur la médiatrice de $[S_1S_2]$. Pour un point P de cet axe d'abscisse x_P , la différence de marche entre les marche entre les deux ondes provenant de S_1 et S_2 s'écrit :

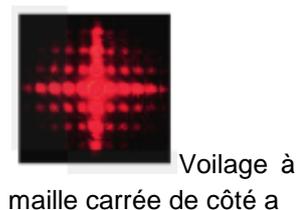
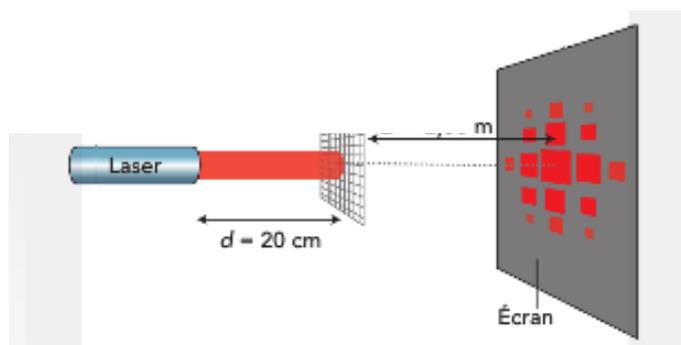
$$\delta = \frac{b \cdot x}{D}$$



1. Quelle est la différence de marche en O ?
 Qu'observe-t-on sur l'écran en ce point ?
2. Calculer la différence de marche au point P d'abscisse $x_P = 6,1$ mm
 Qu'observe-t-on sur l'écran en ce point ?

APPLICATION 8 : Mailles de voileage

Rémi souhaite déterminer la dimension des mailles d'un voileage. Pour cela, il réalise le montage suivant :



Le laser émet une lumière de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 633$ nm. Il est placé à une distance $d = 20,0$ cm du voileage. La distance entre le voileage et l'écran vaut $D = (2,00 \pm 0,01)$ m.

Rémi observe que la tache centrale obtenue sur l'écran est composée de points lumineux équidistants séparés par des zones sombres.

La distance séparant deux points consécutifs est :

$$i = (0,45 \pm 0,01) \text{ cm.}$$

1. Le voileage se comporte comme un réseau à deux dimensions comportant un grand nombre de trous. Quel est le phénomène responsable de l'observation de points lumineux équidistants sur l'écran ?
2. Comment appelle-t-on la distance i séparant deux points lumineux consécutifs sur l'écran ?
3. En notant a la distance séparant deux trous consécutifs du voileage, on a $i = \frac{\lambda \cdot D}{a}$.

Calculer a et son incertitude.

Pour le calcul de l'incertitude, on prendra :

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

On suppose la longueur d'onde du laser connue avec exactitude. Le résultat sera donné sous la forme $a \pm U(a)$