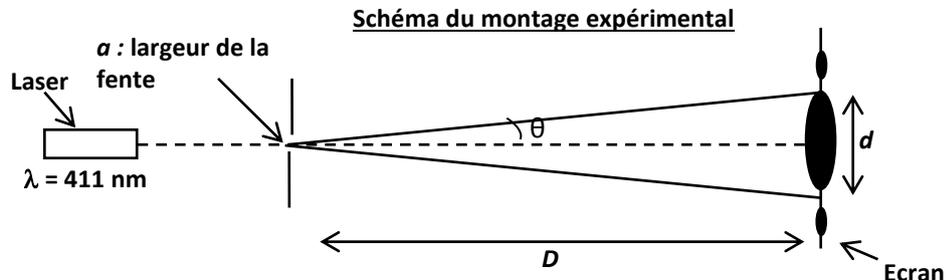


Série onde lumineuse

Exercice 1

PARTIE A : DIFFRACTION DES ONDES LUMINEUSES

On réalise une expérience de diffraction des ondes lumineuses à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de 411 nm de longueur d'onde, une fente de largeur a et un écran situé à une distance D de la fente.



1. Donner le domaine des longueurs d'onde dans le vide associé aux radiations visibles.
2. Une onde lumineuse est-elle une onde mécanique ? Justifier.
3. Donner la relation entre la longueur d'onde dans le vide λ , la célérité de la lumière dans le vide c et la période de l'onde T . Préciser les unités.
4. En déduire la période T d'une onde électromagnétique de longueur d'onde $\lambda = 411 \text{ nm}$. On rappelle que $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
5. On suppose qu'un faisceau parallèle de lumière de longueur d'onde λ , traverse une fente de largeur a . Donner la relation entre l'écart angulaire du faisceau diffracté θ , la longueur d'onde λ , et la largeur de la fente a .
6. Sachant que pour des petits angles il est possible faire l'approximation suivante $\tan \theta \approx \theta$, l'angle étant exprimé en radian, donner la relation entre θ , la distance entre la fente et l'écran D et la largeur de la tache centrale de diffraction d .
7. Établir la relation suivante :
$$\frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2D}$$

8. Calculer les valeurs de a pour les deux conditions expérimentales suivantes :

$\lambda = 411 \text{ nm}$, $D = 20 \text{ cm}$ et $d = 1,0 \text{ mm}$.

$\lambda = 411 \text{ nm}$, $D = 20 \text{ cm}$ et $d = 0,10 \text{ mm}$.

9. Application la spectrophotométrie :

Un spectrophotomètre comporte un dispositif qui permet de décomposer la lumière blanche émise par la source lumineuse. Une fente fine permet ensuite de sélectionner la radiation colorée désirée. En utilisant les résultats de la question 8, expliquer pourquoi il n'est pas possible d'utiliser une fente trop fine.

Exercice 2

A : Étude du fonctionnement d'un spectrophotomètre

Extrait d'une notice d'un spectrophotomètre :

L'appareil comprend :

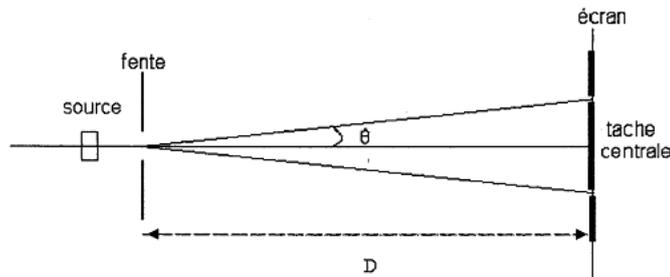
- une source de lumière polychromatique (lampe) qui émet un faisceau de lumière en direction du monochromateur ;
- un monochromateur (réseau + fente) : le réseau (système dispersif) décompose la lumière et dévie les rayons suivant leur longueur d'onde (apparition des radiations colorées de la lumière). La fente (système sélectif) permet d'isoler une radiation lumineuse de longueur d'onde donnée. Cette radiation est dirigée vers la cuve contenant la solution à analyser ;
- une cuve (transparente aux radiations sélectionnées par le monochromateur) contenant la solution à étudier ;
- un photodétecteur : c'est un élément photosensible (en général une diode) qui transforme le signal lumineux en signal électrique ;
- un calculateur : il traite le signal électrique pour calculer l'absorbance qui est proportionnelle à l'intensité du courant.

1. Étude du réseau

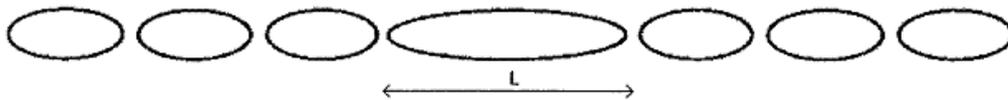
Le réseau est un dispositif optique composé d'une série de fentes parallèles ou de rayures réfléchissantes. Dans les deux cas, les traits sont espacés d'une distance constante qu'on appelle le pas du réseau.

1.1. Étude d'une seule fente.

On place perpendiculairement à la fente un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ . Le dispositif est schématisé ci-après :



On observe sur l'écran, situé à la distance D de la fente, la figure suivante :



Données :

Distance entre la fente et l'écran $D = 2,0 \text{ m}$

Largeur de la fente $a = 100 \mu\text{m}$

1.1.1. Quel phénomène observe-t-on lorsque la lumière traverse une fente de petite largeur ?

1.1.2. La relation liant la longueur d'onde λ , la largeur a de la fente et l'écart angulaire θ est : $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

Préciser les unités de chaque grandeur.

1.1.3. Lorsque les angles sont petits, on peut admettre que $\tan \theta \approx \theta$ (θ en radian).

Établir dans ces conditions que $L = \frac{2\lambda D}{a}$, où D est la distance entre la fente et l'écran, L la largeur de la tache centrale.

1.1.4. Déterminer la largeur de la tache centrale pour une radiation de longueur d'onde λ_1 égale à 500 nm.

1.1.5. On éclaire maintenant cette même fente avec une lumière blanche. En tenant compte du résultat de la question précédente et sachant que la largeur de la tache centrale est égale à 2,8 cm pour une radiation de longueur d'onde λ_2 égale à 700 nm, qu'observe-t-on sur l'écran ?

1.2. Étude du réseau.

Le phénomène précédemment étudié en 1.1 permet, entre autres, d'expliquer pourquoi le réseau décompose la lumière.

Sachant que l'écart angulaire θ augmente avec la longueur d'onde, quelle sera la couleur la plus déviée ?

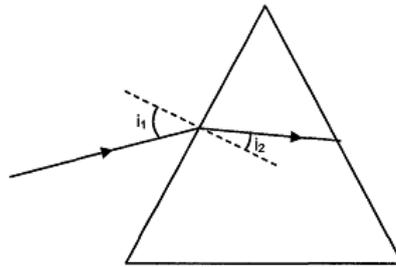
2. Étude du prisme

Un prisme permet également de décomposer la lumière. Il est caractérisé par son indice de réfraction n .

2.1. Définir un milieu dispersif.

2.2. On souhaite étudier la déviation de rayons lumineux par un prisme de verre (voir figure ci-dessous).

Pour cela, on utilise deux radiations, l'une rouge de longueur d'onde $\lambda_R = 750$ nm, l'autre bleue de longueur d'onde $\lambda_B = 460$ nm. Les indices du verre pour ces deux radiations sont respectivement $n_R = 1,6$ et $n_B = 1,7$. L'indice de l'air n_{air} est le même pour toutes les radiations.



Les deux radiations arrivent sur la face d'entrée du prisme avec le même angle d'incidence i_1 .

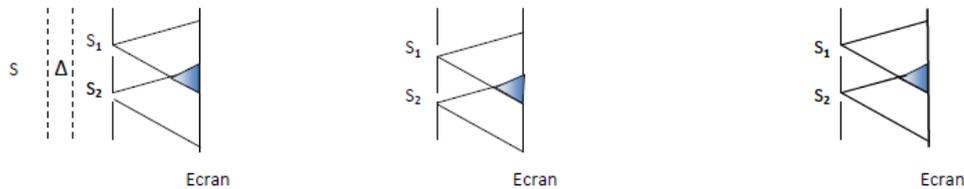
On rappelle la loi de Descartes pour la réfraction sur la première face du prisme : $n_{\text{air}} \cdot \sin i_1 = n \cdot \sin i_2$.

Pour laquelle de ces deux radiations, l'angle de réfraction dans le prisme est-il le plus grand ? On ne cherchera pas à déterminer la valeur des angles de réfraction.

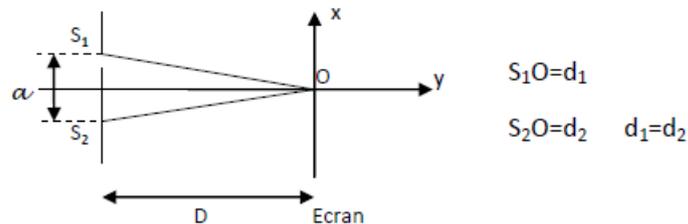
Exercice 3

1- On souhaite obtenir sur l'écran des franges d'interférences lumineuses en superposant 2 faisceaux issus de deux sources S_1 et S_2 . Parmi les 3 figures proposées ci-dessous, quelles sont celles qui permettent d'obtenir ce phénomène ?

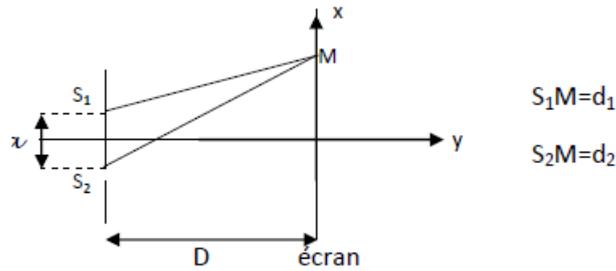
Fig.(a) : dispositif optique Δ **Fig.(b)** : 2 sources S_1 et S_2 **Fig.(c)** : deux sources S_1 et S_2 à partir d'une source principale indépendantes de même fréquence éclairées par un laser



2- Soient S_1 et S_2 offrant sur l'écran des interférences. On observe alternativement des franges sombres et des franges brillantes. Quel type de frange obtient-on au point O sur l'écran (voir schéma ci-dessous) ?



3- Au point $M(x,y)$ (voir schéma ci-dessous), il existe une différence de marche notée δ entre les deux rayons issus de S_1 et de S_2 . Donner les coordonnées des points S_1 et S_2 en fonction de a et D .



$$\delta = \frac{ax}{D}$$

4- A l'aide de la relation de Pythagore et de la figure ci-dessus, montrer que la différence de marche $\delta =$ (on considèrera que $d_1 + d_2 \approx 2D$).

5- Interférences constructives

a. Quelle est la relation entre δ et la longueur d'onde pour que le point M se trouve sur une frange brillante ?
 b. Les interférences sont donc constructives. Les sources S1 et S2 arrivent-elles en phase ou en opposition de phase au point M ?

c. En déduire x en fonction de a, D et λ .

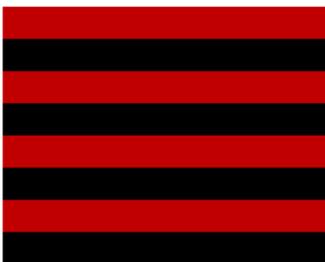
6- Interférences destructives

a. Quelle est la relation entre δ et la longueur d'onde λ pour que le point M se trouve sur une frange sombre ?
 b. Les interférences sont donc destructives. Les sources S1 et S2 arrivent-elles en phase ou en opposition de phase au point M ?

c. En déduire x en fonction de a, D et λ .

7- Les franges sombres (ou brillantes) sont régulièrement espacées d'une distance $i = \frac{\lambda \times D}{a}$.

Représenter sur le schéma ci-dessous l'interfrange i pour les franges sombres et pour les franges brillantes.



8- Que vaut l'interfrange i si la distance entre les deux sources S1 et S2 est $a = 0,50$ mm, la distance entre l'écran et les sources $D = 1,0$ m et la longueur d'onde des faisceaux est $\lambda = 634$ nm ? (en écriture scientifique et avec le bon nombre de chiffres significatifs).

9- Si la source S est une source de lumière blanche, nous observons sur l'écran une frange centrale blanche et de part et d'autre des franges brillantes irisées. Donner une explication à ce phénomène à l'aide des relations de l'exercice (sans faire de calcul).

Données : lumière du visible : longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 800 nm.

