Propagation d'une onde lumineuse
Exercices corrigés

Exercice 1 :

Un professeur de physique désir, avec ses élèves, de connaitre la longueur d'onde d'un faisceau laser.

Il utilise un fil calibré (a=0,180mm) pour réaliser le montage de diffraction étudié en classe.

Il place un écran de distance $D = 2{,}00m$ et mesure la longueur pour la tache centrale $L = 1{,}10\ cm$.

1- Donner la relation liant la longueur d'onde λ et la dimension de l'obstacle a qui caractérise la diffraction.

2- A l'aide d'un schéma, établir la relation exprimant L en fonction de λ, D et a.

Pour les petits angles on a : $tan\theta \approx \theta$

3- Comment varie la longueur L de la tache centrale si on diminue l'épaisseur du fil ? Justifier ta réponse.

4- Calculer la longueur d'onde λ du faisceau laser utilisé.

5- Comment varie la longueur L de la tache centrale si on diminue l'épaisseur du fil ? Justifier ta réponse.

5- La valeur indiquée par le constructeur : $\lambda_{théo} = 480\ nm$. Calculer l'écart relatif avec la valeur trouvée par le prof. Expliquer d'où provient cette erreur et proposer une méthode qui aura donné une meilleure précision.

Donnée : écart relatif sur la mesure de X : $r = \frac{|X_{mesuré} - X_{théoorique}|}{X_{théoorique}}$

Exercice 2 :

Le laser (acronyme de l'anglais light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) set depuis 50 ans, un outil indispensable utilisé dans de nombreux domaines (transfert d'information par fibre optique, métrologie, applications médicales, nucléaires….). Le contrôle de la valeur de la longueur d'onde de la radiation émise est indispensable, sa précision peut même atteindre $10^{-5}\ nm$ dans certains cas.

Objet : Diffraction de la lumière pour déterminer la longueur d'onde d'un Laser

Le faisceau LASER éclaire une fente de la largeur a (voir le schéma ci-contre). Sur un écran placé à la distance $D = 1{,}50\ m$ de la fente, on observe une figure de diffraction constituée de taches lumineuses.

En modifiant la largeur a de la fente, on mesure la largeur ℓ de la tache centrale observée. Les résultats expérimentaux permettent de tracer la courbe $\ell = f(1/a)$ donnée sur la figure 2.

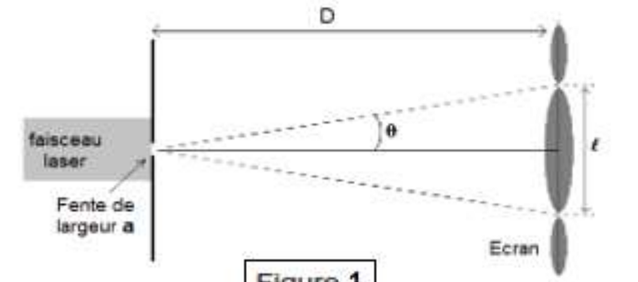


Figure 1

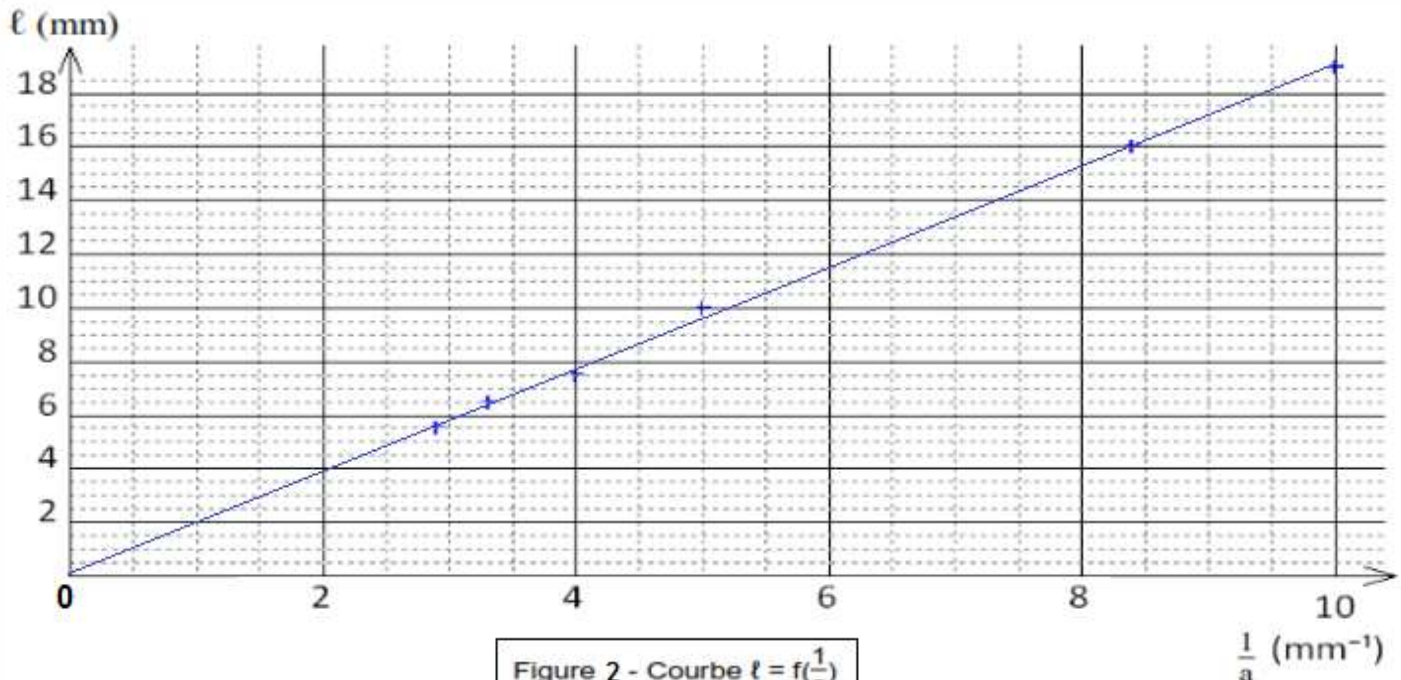


Figure 2 - Courbe $\ell = f(\frac{1}{a})$

1- A quelle condition le phénomène de diffraction est-il observé ?

2- En supposant l'angle θ petit, démontrer que $\ell = (2 \times \lambda \times \mathrm{D}) \times \frac{1}{a}$. Pour des petits angles, $tan\theta \approx \theta$ (en rad)

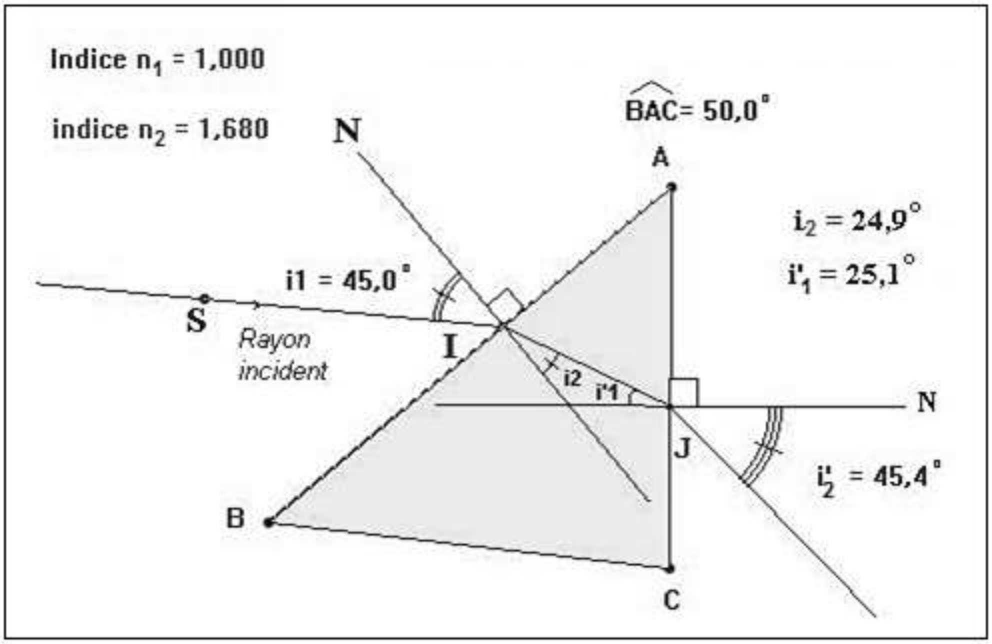
3- A partir de la courbe $\ell = f(1/a)$ donnée sur la figure 2, déterminer la valeur de la longueur d'onde λ en m puis en nm.

4- Montrer que l'approximation fait sur l'angle θ est exacte. ($\theta\ est\ petit$)

Exercice 3 :

On dispose d'étudier les conditions de dispersion de la lumière blanche par un prisme pour lequel la réfraction est $1{,}680$ à $470\ nm$ (radiation bleue) et $1{,}596\ nm$ (radiation rouge).

Les notations adaptées pour les angles sont données sur le schéma ci-après.



On envoie sur une face du prisme d'angle $\hat{A} = 50°$ un mince faisceau de lumière blanche d'indice $i_1 = 45\ °$.

1- Calculer l'angle de réfraction i_{2B} pour la radiation bleue puis l'angle de réfraction $i_{2\ R}$ Pour la radiation rouge.

2- Pour les deux radiations, en déduire la déviation due à la première surface de séparation traversée.

3- Dans le cas de la radiation bleue, l'angle d'indice sur la face de sortie du prisme, i_1' vérifie la relation : $\hat{A} = i_2 + i_1'$. En déduire la valeur numérique de i_1' pour chaque radiation étudiée.

4- Quels sont les valeurs des angles de sortie du prisme i_{2B}' et i_{1R}'pour chaque radiation.

5- Calculer la déviation D subie par le pinceau incident à sa sortie du prisme en fonction de i_1 , i_2' et A.

En déduire les déviations subies respectivement par la lumière bleue et par la lumière rouge.

Exercice 4 :

Propagation d'une onde lumineuse

1- Phénomène de diffraction :

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ.

A quelques centimètres du laser, on place successivement des fils verticaux de diamètres connus.

On distingue par a le diamètre d'un fil.

La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance $D = 1{,}60\ m$ des fils.

Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tache centrale.

A part

R de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire θ du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-après).

Figure 1
(Vue de dessus)

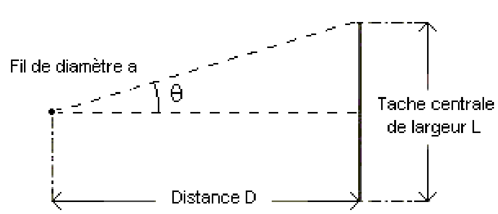
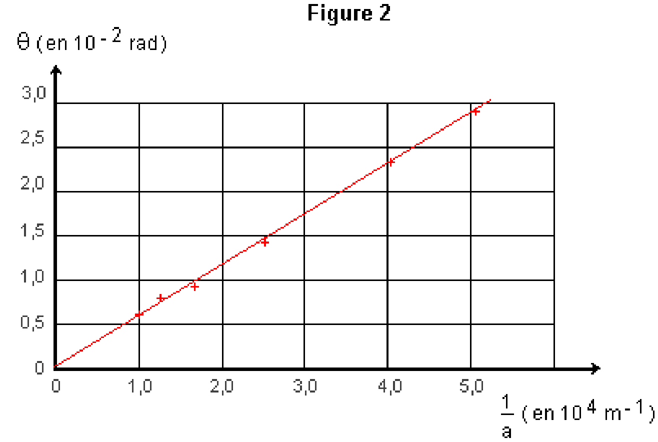


Figure 2



1-1- L'angle θ étant petit, θ étant exprimé en radian, on a la relation: $tan\theta \approx \theta$.

Donner la relation entre L et D qui a permis de calculer θ pour chacun des fils.

1-2- Donner la relation liant θ , λ et a .

1-3- On trace la courbe $\theta = f(1/a)$. Celle-ci est donnée sur la figure 2 ci-dessus.

Montrer que la courbe obtenue est en accord avec l'expression de θ donnée à la question 2.2.

1-4- Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée ?

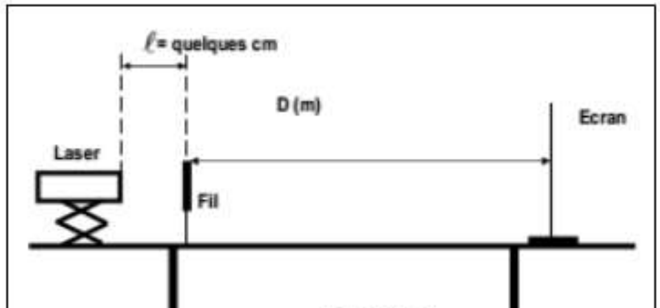


Figure 1

1-5- En utilisant la figure 2, préciser parmi les valeurs de longueurs d'onde proposées ci-dessous, quelle est celle de la lumière utilisée.

$560\ cm$; $560\ mm$; $560\mu m$; $560\ nm$

1-6- Si l'on envisageait de réaliser la même étude expérimentale en utilisant une lumière blanche, on observerait des franges irisées.

En utilisant la réponse donnée à la question 2.2, justifier l'aspect de la figure observée.

2- Phénomène de dispersion

Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit.

2-1- Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quel que soit le milieu transparent traversé ?

2-2- Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu homogène transparent, pour une radiation de fréquence donnée.

2-3- Rappeler la définition d'un milieu dispersif.

Pour un tel milieu, l'indice de réfraction dépend-il de la fréquence de la radiation monochromatique qui le traverse ?

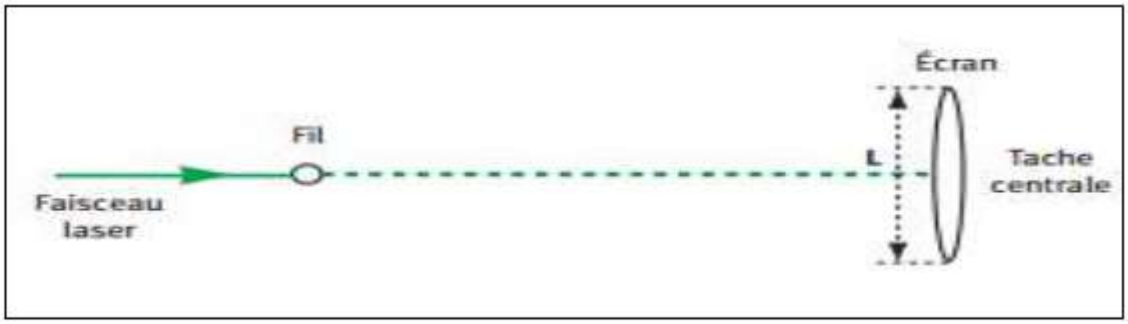
2-4- A la traversée d'un prisme, lorsqu'une lumière monochromatique passe de l'air (d'indice $n_a = 1$) à du verre (d'indice $n_V > 1$) , les angles d'indices (i_1) et de réfraction (i_2), sont liés par la relation de Descartes : $sini_1 = n_V sini_2$

Expliquer, sans calcul, la phrase : « Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit ».

Exercice 5 :

Un faisceau de lumière, parallèle monochromatique, de longueur d'onde λ, produit par une source laser, arrive sur un fil vertical, de diamètre a (a est de l'ordre du dixième de millimètre). N place un écran à une distance D est grande devant a (voir document1).

La figure 2 présente l'expérience vue de dessus : le fil est perpendiculaire au plan de la figure.



1- Quel enseignement sur la nature de la lumière ce phénomène apport-t-il ?

2- La lumière émise par la source laser est dite monochromatique. Quelle est la signification de ce terme ?

3- Faire apparaitre sue la figure 2, l'écart angulaire θ et la distance D entre le fil est l'écran.

4- En utilisant la figure 2, exprimer l'écart angulaire θ en fonction des grandeurs L et D sachant que pour de petits angles exprimés en radian : $\tan\theta \approx \theta$.

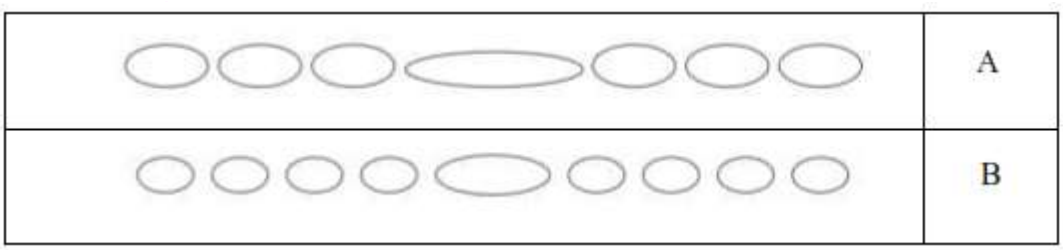
5- Quelle expression mathématique lie les grandeurs $\theta, \lambda\ et\ a$? (On suppose que la loi est la même que pour une fente de largeur a). Préciser les unités respectives de ces grandeurs physiques.

6- En utilisant les résultats précédent montrer que la largeur L de la tache centrale de diffraction s'exprime par : $L = \frac{2 \times \lambda \times D}{a}$

* On dispose de deux fils calibrés de diamètres respectifs $a_1 = 60\ pm$ et $a_2 = 80\ pm$.

7- On place successivement ces deux fils verticaux dans le dispositif présenté par la figure 1. On obtient sur l'écran deux figures de diffraction distinctes notées A et B ci-dessous.

Associer, en justifiant à chacun des deux fils la figure de diffraction qui lui correspond.



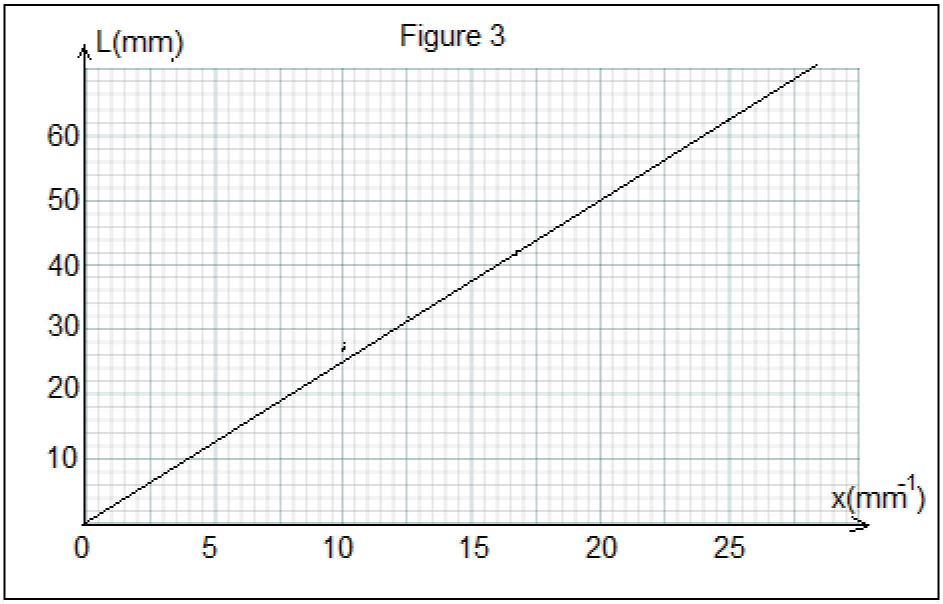
* On cherche maintenant à déterminer expérimentalement la longueur d'onde dans la vide λ_0 de la lumière monochromatique émise par la source laser utilisée. Pour cela, on place devant le faisceau laser des fils calibrés verticaux. On désigne par « a » le diamètre d'un fil. La figure de diffraction obtenue est observée sur l'écran situé à une distance $D = 2{,}50\ m$ des fils. Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tache centrale de diffraction.

On obtient les résultats suivants :

$a(mm)$	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120
$L(mm)$	63	42	32	27	22
$x = \frac{1}{a}(mm^{-1})$					

8- Compléter la 3éme ligne du tableau en calculant la valeur de x en mm^{-1}.

9- La figure 3 représente la courbe $L = f(x)$, monter que l'allure de la courbe est en accord avec l'expression de L donnée à la question 6.



10- Donner l'équation de la courbe $L = f(x)$et en déduire la longueur d'onde λ (en m puis en nm) dans le vide de la lumière monochromatique de la source laser.

11- Calculer la fréquence f de la lumière monochromatique de la source laser.

12- On éclairs avec cette source laser un verre d'indice de réfraction $n = 1{,}64$.

A la traversée de ce milieu transparent dispersif, les valeurs de la fréquence, de longueur d'onde et de la couleur associées à cette radiation varient-elles ?

13- compléter le tableau suivant :

Milieu de propagation	Fréquence (Hz)	Longueur d'onde (nm)	Vitesse de propagation $(m.s^{-1})$
Air			
verre			

Données : Célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air $c = 3{,}00.10^{8}\ m.s^{-1}$

Indice de réfraction $n = \frac{c}{v}$

Correction des exercices

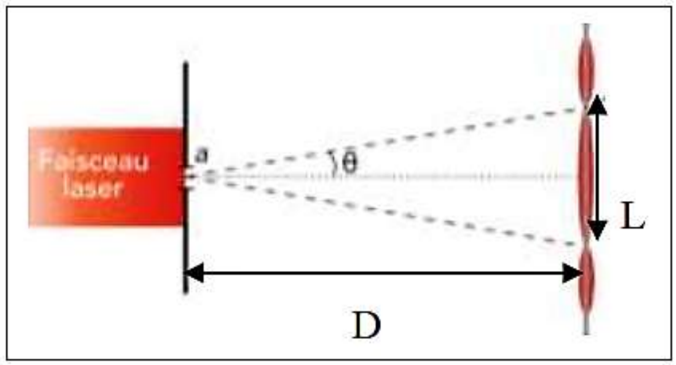
Exercice 1 :

1- Relation caractéristique de la diffraction :

$\theta = \frac{\lambda}{a}$ avec θ l'écart angulaire et a la dimension de l'obstacle.

2- Relation exprimant L en fonction de λ, D et a :

Voir schéma :



Pour les petits angles on a : $tan\theta \approx \theta$

D'après le schéma : $tan\theta = \frac{\frac{L}{2}}{D} = \frac{L}{2D}$

$$\begin{cases} \theta = \frac{\lambda}{a} \\ \theta = \frac{L}{2D} \end{cases} \Longrightarrow \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a} \Rightarrow L = \frac{2\lambda D}{a}$$

3- comment varie L en fonction de a :

Dans la relation $L = \frac{2\lambda D}{a}$ on constate que L est inversement au diamètre a du fil.

Donc plus a est petit plus le largueur de la tache centrale est grande (diffraction est plus intense).

4- Calcul de la longueur d'onde λ :

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D} \Longrightarrow \lambda = \frac{a.L}{2D}$$

$$\lambda = \frac{1,10.10^{-2} \times 0,180.10^{-3}}{2 \times 2,00} = 4,95.10^{-7}m$$

$$\lambda = 495\ nm$$

5- Calcul de l'écart relatif :

$$r = \frac{|\lambda_{mesuré} - \lambda_{théoorique}|}{\lambda_{théoorique}} = \frac{|495 - 480|}{480} = 0,031 = 3,1\%$$

L'erreur provient d'un manque de précision lors de la mesure de L et D.

Pour une meilleur précision il réaliser plusieurs mesures et traiter les résultats d'une manière graphique pour calculer λ.

Exercice 2 :

1- condition de phénomène de diffraction :

Le phénomène de diffraction est observé si la longueur d'onde λ est du même ordre de grandeur que la largeur de la fente a.

2- Démontrons la relation $\ell = (2 \times \lambda \times \mathrm{D}) \times \frac{1}{a}$. :

D'après la figure 1 on a : $\boldsymbol{tan\theta = \frac{\frac{\ell}{2}}{D} = \frac{\ell}{2D}}$

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{\theta} &= \boldsymbol{\frac{\lambda}{a}} \\ \boldsymbol{\theta} &= \boldsymbol{\frac{\ell}{2D}} \end{aligned}\right. \Longrightarrow \boldsymbol{\frac{\ell}{2D} = \frac{\lambda}{a}} \Rightarrow \boldsymbol{\ell = (2 \times \lambda \times \mathrm{D}) \times \frac{1}{a}}$$

3- La courbe $\ell = f(1/a)$ est une fonction linéaire. La droite doit passer par l'origine.

Le coefficient directeur de la droite est $\boldsymbol{k = 2 \times \lambda \times D}$

Graphiquement, $\boldsymbol{k = \frac{\Delta\ell}{\Delta(\frac{1}{a})} = \frac{11{,}5\ mm}{6{,}0\ mm^{-1}} = 1,9\ mm^2 = 1,9.10^{-6}\ m^2}$

$$\boldsymbol{k = 2 \times \lambda \times D \ \Longrightarrow\ \lambda = \frac{k}{2D} = \frac{1,9.10^{-6}}{2 \times 1,50} = 6,3.10^{-7} m = 6,3.10^{-7} \times 10^{9} nm}$$

$$\boldsymbol{\lambda = 630\ nm}$$

4- Montrons que θ est petit :

On calcule la valeur de θ pour la valeur de a la plus petite (soit $1/a$ la plus grande) :

$\boldsymbol{\theta = \frac{\lambda}{a} = 640 \times 10^{-9} \times (10 \times 10^{3}) = 6,4 \times 10^{-3}\ rad}$ soit $\boldsymbol{\theta = 0,37}\,°$ qui bien un angle faible.

Exercice 3 :

1- Angle de réfraction i_{2B} pour la radiation bleue puis l'angle de réfraction $i_{2\,R}$ pour la radiation rouge :

-- Angle de réfraction i_{2B} pour la radiation bleue :

On applique la deuxième loi de Descartes au point I :

$$n_1.\sin i_{1B} = n_{2B}.\sin i_{2B}$$

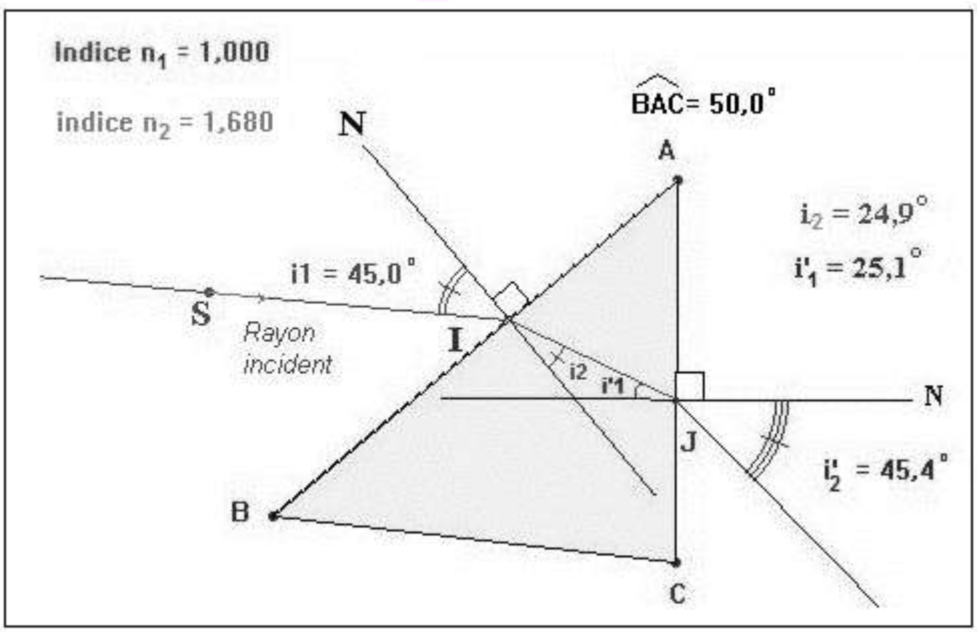
$$\sin i_{2B} = \frac{n_1}{n_{2B}}.\sin i_{1B}$$

$$i_{2B} = \sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_{2B}}.\sin i_{1B}\right)$$

$$i_{2B} = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1,680} \times \sin 45,0\right)$$

$$i_{2B} \approx 24,9°$$

$$i_{2B} \approx 25°$$



- Angle de réfraction $i_{2\,R}$ pour la radiation rouge :

De la même façon on trouve :

$$n_1 \sin i_{1R} = n_{2R} \sin i_{2R}$$

$$i_{2R} = sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_{2R}}.sini_{1R}\right)$$

$$i_{2B} = sin^{-1}\left(\frac{1}{1,596} \times sin45,0\right)$$

$$i_{2B} \approx 26,3°$$

2- Déviation due à la première surface de séparation traversée :

-Pour la radiation bleue :

$$D_B = i_{1B} - i_{2B}$$

$$D_B = 45 - 25$$

$$D_B \approx 20°$$

-Pour la radiation rouge :

$$D_R = i_{1R} - i_{2R}$$

$$D_R = 45 - 26$$

$$D_R \approx 19°$$

3- Valeur numérique de i'_1 pour chaque radiation étudiée :

-Pour la radiation bleue :

$$\hat{A} = i_{2B} + i'_{1B} \implies i'_{1B} = \hat{A} - i_{2B}$$

$$i'_{1B} = 50 - 25$$

$$i'_{1B} \approx 25°$$

-Pour la radiation rouge :

$$\hat{A} = i_{2R} + i'_{1R} \implies i'_{1R} = \hat{A} - i_{2R}$$

$$i'_{1R} = 50 - 26$$

$$i'_{1B} \approx 24°$$

4- Valeurs des angles de sortie du prisme i'_{2B} et i'_{1R}pour chaque radiation :

-Pour la radiation bleue :

On applique la deuxième loi de Descartes au point J :

$$n_1.sini'_{1B} = n_{2B}.sini'_{2B}$$

$$sini'_{2B} = \frac{n_{2B}}{n_1}.sini'_{1B}$$

$$i'_{2B} = sin^{-1}\left(\frac{n_{2B}}{n_1}.sini'_{1B}\right)$$

$$i'_{2B} = sin^{-1}\left(\frac{1,680}{1,00} \times sin25,1\right)$$

$$i_{2B} \approx 45,5°$$

$$i_{2B} \approx 45°$$

-Pour la radiation rouge :

On applique la deuxième loi de Descartes au point J :

$$n_1.sini'_{1R} = n_{2R}.sini'_{2R}$$

$$i'_{2R} = sin^{-1}\left(\frac{n_{2B}}{n_1}.sini'_{1R}\right)$$

$$i'_{2R} = sin^{-1}\left(\frac{1,596}{1,00} \times sin23,7\right)$$

$$i_{2B} \approx 39,9°$$

$$i_{2B} \approx 40°$$

5- Déviations subies respectivement par la lumière bleue et par la lumière rouge :

-Déviation subie par le pinceau incident bleue :

$$D_B = i_{1B} + i'_{2B} - A$$

$$D_B = 45 + 45 - 50$$

$$D_B \approx 40°$$

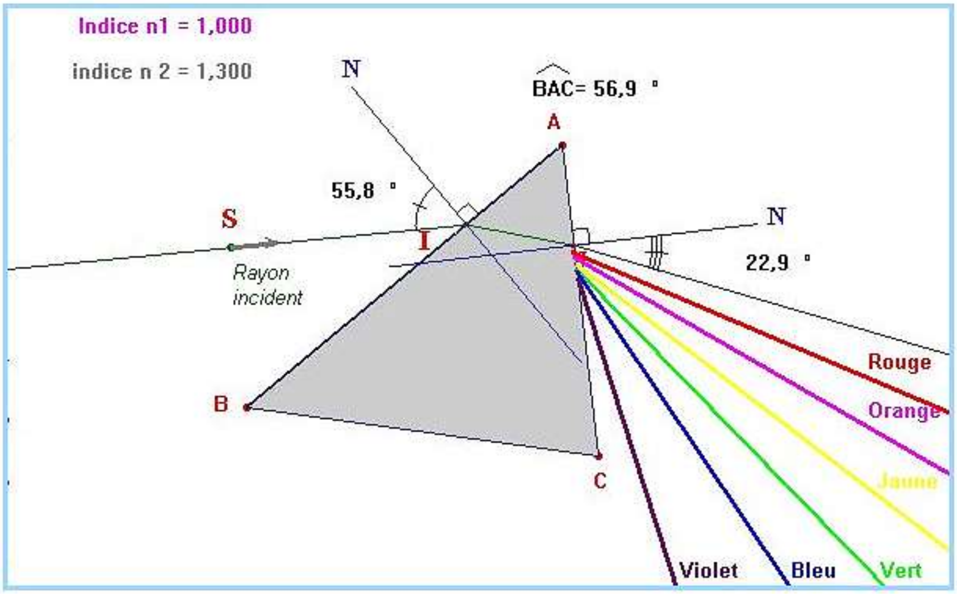
-Déviation subie par le pinceau incident rouge :

$$D_R = i_{1R} + i'_{2R} - A$$

$$D_B = 45 + 40 - 50$$

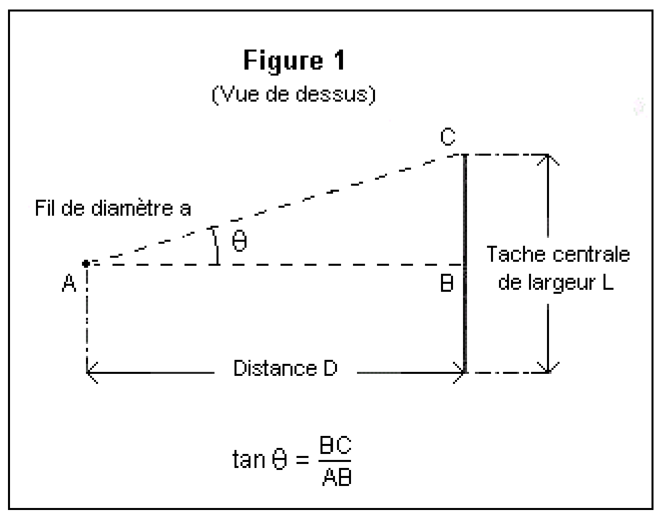
$$D_B \approx 35°$$

-La lumière bleue est plus déviée que la lumière rouge.



Exercice 4 :

1-Phénmène de diffraction :



1-1- Exprimons la relation entre L et D :

Le triangle rectangle ABC, on a : $\boldsymbol{tan\theta = \frac{BC}{AB} = \frac{1/2L}{D}}$

Comme l'angle θ est petit, on peut écrire : $\boldsymbol{tan\theta \approx \theta}$

soit : $\boldsymbol{\theta = \frac{L}{2D}}$

2-2- Relation entre l'écart angulaire θ est lié à la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique par la relation :

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

1-3- Montrons que la courbe obtenue est en accord avec l'expression de θ donnée à la question 2.2 :

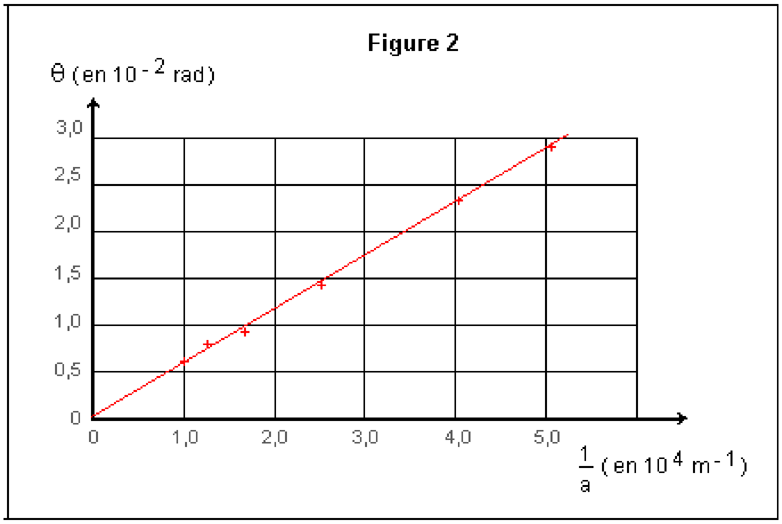
$$\boldsymbol{\theta = \frac{\lambda}{a}} \qquad (\theta \; en\, radian\, , \lambda \; et \; a \; sont \; en \; mètre)$$

$$\boldsymbol{\theta = \lambda . \left(\frac{1}{a}\right)}$$

Cette expression montre que θ est proportionnelle à $\left(\frac{1}{a}\right)$ et que le graphe associé à $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ doit être une droite passant par l'origine. C'est ce qui présente la figure 2.

1-4- Détermination de la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique :

λ Représente le coefficient directeur de la droite :



$$\boldsymbol{\lambda = \frac{\Delta\theta}{\Delta\left(\frac{1}{a}\right)} = \frac{2,8 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{4}}}$$

$$\boldsymbol{\lambda = 560 \times 10^{-9} m}$$

$$\boldsymbol{\lambda = 560 nm}$$

1-5- Parmi les propositions proposées :

$$\boldsymbol{560\; cm \;\; ; \;\; 560\; mm \;\; ; \;\; 560 \mu m \;\; ; \;\; 560\; nm}$$

La dernière valeur $\boldsymbol{\lambda = 560nm}$ qui est bonne.

1-6- l'aspect de la figure observée :

En utilisant une lumière blanche (limites : $\boldsymbol{\lambda_{violet} = 400\; nm \; ; \lambda_{rouge} = 800\; nm}$).

Chaque radiation de la lumière blanche donne son propre système de diffraction. La largeur de la tache centrale est proportionnelle à la longueur d'onde λ.

Elle sera minimale pour le violet et maximale pour le rouge. Au milieu de cette tache toutes les radiations sont présentes (aspect blanc), le bord de la tache centrale est rouge (les autres couleurs sont absentes).

2- Phénomène de dispersion

2-1- caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique :

La fréquence d'une onde monochromatique est invariable quel que soit le milieu transparent traversé.

La longueur d'onde, dépend du milieu dans lequel l'onde se propage.

2-2- définition de l'indice de réfraction n :

Pour une radiation de fréquence donnée, l'indice de réfraction d'un milieu homogène et transparent est égal au rapport de la célérité de la lumière dans le vide ($c = 3 \times 10^8\, m/s$) à la célérité de la lumière dans ce milieu transparent.

Par exemple, la radiation rouge qui, dans le milieu étudié se propage à la vitesse v_{rouge} , on a :

$$n_{rouge} = \frac{c}{\mathrm{v}_{rouge}} = \frac{3 \times 10^8}{\mathrm{v}_{rouge}}$$

Remarque : Dans le verre, on a $\mathrm{v}_{rouge} > \mathrm{v}_{bleue}$ cela implique que $n_{rouge} > n_{bleue}$

2-3- Définition du milieu dispersif :

Un milieu est dispersif lorsque la vitesse v de l'onde qui se propage dans ce milieu dépend de la fréquence f de l'onde.

Par conséquence l'indice de réfraction qui fait intervenir la vitesse de propagation v de l'onde ($n = 3 \times 10^8/\mathrm{v}_{rouge}$) dépend également de la fréquence de l'onde.

3-4- décomposition de la lumière chromatique par le prisme :

Sur la face d'entrée d'un prisme de verre, le faisceau incident, formé de la lumière blanche, possède un angle incidence i_1.

La loi de Descartes s'écrit pour les radiations bleue et rouge :

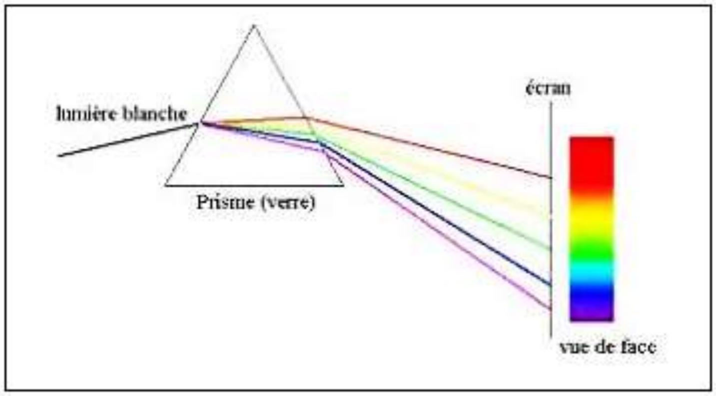
$$1 sin i_1 = n_{rouge} \sin(i_{2\,rouge})$$

$$1 sin i_1 = n_{bleue} \sin(i_{2\,bleue})$$

Dans le verre $n_{rouge} > n_{bleue}$ donc : $\sin(i_{2\,rouge}) < \sin(i_{2\,bleue})$

$$i_{2\,bleue} < i_{2\,rouge}$$

Au passage air / verre, la radiation bleue est plus déviée que la radiation rouge.



Remarque : Sur la face de sortie verre / air du prisme, une seconde réfraction a lieu et sépare davantage les radiations.

Exercice 5 :

1- Quel enseignement sur la nature de la lumière ce phénomène apport-t-il ?

Le phénomène observé est caractéristique d'une onde. Donc la lumière a un aspect ondulatoire. Le phénomène étudié est ka diffraction.

2- La lumière émise par la source laser est monochromatique : cela signifie que la lumière laser est constituée d'une seule radiation de fréquence fixée par la source (ou une longueur d'onde dans le vide fixée). Le spectre de cette lumière laser est constitué d'une seule raie colorée.

3- Faire apparaitre sue la figure 2, l'écart angulaire θ et la distance D entre le fil est l'écran :

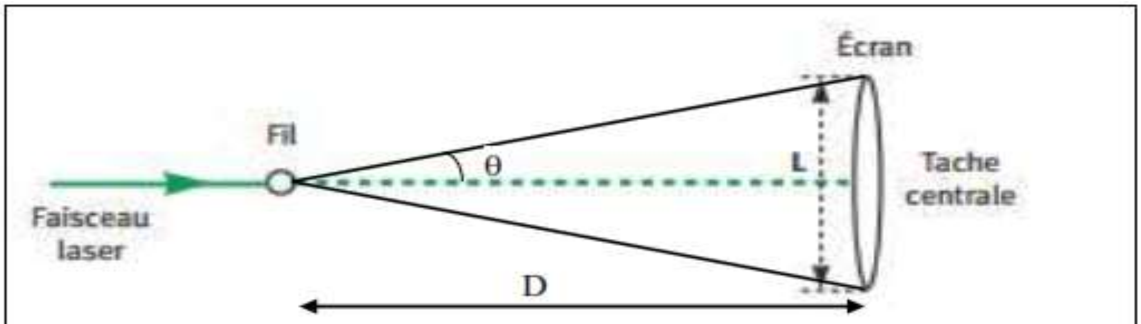


Figure 2 : vue de dessus : le fil est perpendiculaire au plan de la

4- Exprimons l'écart angulaire θ en fonction des grandeurs L et D :

Pour les petits angles on a : $\boldsymbol{tan\theta \approx \theta}$

D'après le schéma : $\boldsymbol{tan\theta = \frac{\frac{L}{2}}{D} = \frac{L}{2D}}$

5- Expression mathématique qui lie les grandeurs θ, λ et a :

Pour la diffraction, $\boldsymbol{\theta = \frac{\lambda}{a}}$ avec θ l'écart angulaire en radian et a la dimension de l'obstacle en m et λ en m.

6- Montrons la relation $\boldsymbol{L = \frac{2 \times \lambda \times D}{a}}$:

$$\begin{cases} \theta = \dfrac{\lambda}{a} \\ \theta = \dfrac{L}{2D} \end{cases} \Longrightarrow \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a} \Rightarrow L = \frac{2 \times \lambda \times D}{a}$$

7- La figure correspondant à chaque fil :

Pour λ et D fixés, la largeur L « de la tache centrale » est inversement proportionnelle au diamètre du fil. Donc la tacha centrale la plus grande correspond au fil de diamètre le plus petit :

Figure A $\leftrightarrow$ $\boldsymbol{a_1 = 60\ \mu m}$; Figure B $\leftrightarrow$ $\boldsymbol{a_2 = 80\ \mu m}$

8- Complétons la 3éme ligne du tableau :

$a(mm)$	$0,040$	$0,060$	$0,080$	$0,100$	$0,120$
$L(mm)$	63	42	32	27	22
$x = \frac{1}{a}(mm^{-1})$	25	$16,7$	$12,5$	10	$8,33$

9- Montons que l'allure de la courbe est en accord avec l'expression de L donnée à la question 6 :

Le graphe $\boldsymbol{L = f(x)}$ montre une droite qui passe par l'origine : donc la largeur L de la tache centrale est proportionnelle à l'inverse du diamètre du fil, car $\boldsymbol{x = \frac{1}{a}}$.

L'équation modélisant la droite est de la forme : $\boldsymbol{L = k.x}$ avec k le coefficient directeur de cette droite.

Ceci est en accord avec l'expression $\boldsymbol{L = \frac{2 \times \lambda \times D}{a}}$ car D et λ sont constantes. On obtient $\boldsymbol{k = 2\lambda.D}$

10- l'équation de la courbe $L = f(x)$et en déduire λ (en m puis en nm) :

$$\boldsymbol{k = \frac{\Delta L}{\Delta x} = \frac{51\ mm}{20\ mm^{-1}} = 2,55\ mm^2}$$

$$\boldsymbol{k = 2\lambda.D \Longrightarrow \lambda = \frac{k}{2D} = \frac{2,55 \times\ 10^{-6}}{2 \times 2,50} = 5,10 \times 10^{-7} m = 510\ nm}$$

11- Calcul de la fréquence f_0 de la lumière monochromatique :

La fréquence est indépendante du milieu de propagation traversé donc la fréquence de la lumière de laser ne change pas à la traversé du verre.

$$\boldsymbol{f = \frac{c}{\lambda(vide)} = \frac{3,00.10^8}{5,10 \times 10^{-7}}}$$

$$\boldsymbol{f = 5,88.10^{14}}$$

12- A la traversée du verre, les valeurs de la fréquence, de longueur d'onde et de la couleur associées à cette radiation varient-elles ?

La fréquence est indépendante du milieu de propagation traversé donc la fréquence de la lumière de laser ne change pas à la traversé du verre.

Pour la longueur d'onde λ : $\boldsymbol{n = \frac{c}{\text{V}}}$ où c est la célérité de la lumière dans le vide et V est la célérité de la lumière dans le milieu d'indice n ;

$$\begin{cases} \boldsymbol{c = \lambda(vide).f} \\ \text{V} \boldsymbol{= \lambda.f} \end{cases} \boldsymbol{\Longrightarrow n = \frac{c}{\text{V}} = \frac{\lambda(vide).f}{\lambda.f} = \frac{\lambda(vide)}{\lambda} \Longrightarrow \lambda = \frac{\lambda(vide)}{n}}$$

Donc la longueur d'onde λ varie avec le milieu de propagation.

Pour la couleur : ce qui caractérise la couleur de la radiation est la fréquence et non pas la longueur d'onde, donc la couleur de la radiation ne change pas à la traversé du verre.

13- complétons le tableau :

Milieu de propagation	Fréquence (Hz)	Longueur d'onde (nm)	Vitesse de propagation $(m.s^{-1})$
Air	$f = 5,88.10^{14}$	$\lambda(air) = 510\ nm$	$c = 3,00.10^{8}$
verre	$f = 5,88.10^{14}$	$\lambda = \frac{\lambda(vide)}{n} = \frac{510}{1,64}$ $\lambda = 311$	V= $\frac{c}{n} = \frac{3,00.10^{8}}{1,64}$ V= $1,83.10^{8}$