

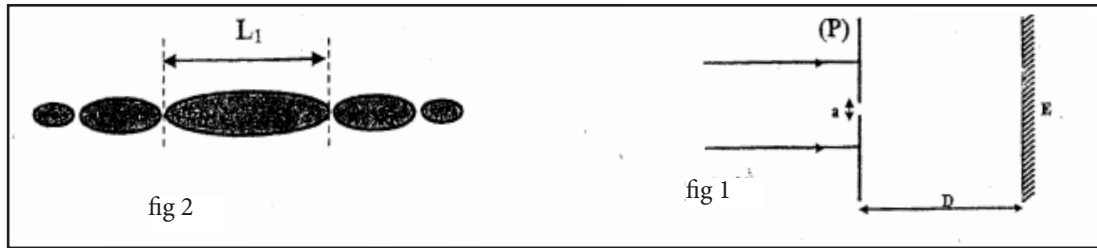
## EXERCICE 1

Les rayons laser sont utilisés dans plusieurs domaines grâce à leurs propriétés optiques et énergétiques, parmi ces utilisations la détermination des dimensions très petites de quelques corps.

Pour mesurer le diamètre d'un fil très fin, on réalise les deux expériences suivantes.

### 1) Première expérience :

On éclaire une plaque (P) contenant une fente rectiligne de largeur  $a_1$  avec une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  provenant d'une source laser, et on met un écran E à la distance  $D = 1,60$  m de la fente (figure 1), et on observe sur l'écran un ensemble de taches lumineuses, de sorte que la largeur de la tache centrale est  $L_1 = 4,8$  cm.



1-1- Recopier la figure 1 et compléter la marche des rayons lumineux provenant de la fente, et donner le nom du phénomène mis en évidence par la figure 2 sur l'écran E.

1-2- Citer la condition que doit satisfaire la largeur  $a$  de la fente pour que ce phénomène ait lieu.

1-3- Écrire l'expression de l'écart angulaire  $\theta$  entre le milieu de la tache centrale et 'une de ses extrémités en fonction de  $L_1$  et  $D$ .

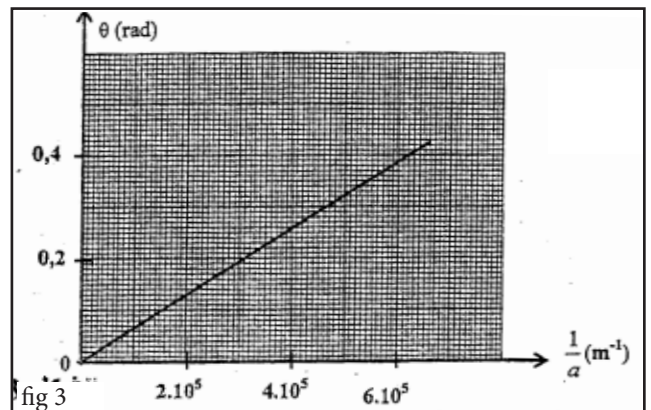
1-4- La figure 3 représente les variations de  $\theta$  en fonction de  $1/a$ .

1-4-1- Comment varie la largeur de la tâche centrale avec la variation de  $a$  ?

1-4-2- Déterminer graphiquement  $\lambda$  et calculer  $a_1$ .

### 2) Deuxième expérience :

On enlève une plaque (P) et on met à sa place exacte un fil très fin de diamètre fixé sur un support, et on obtient sur l'écran une figure identique à celle de la figure 2 avec la largeur  $L_2 = 2,5$  cm, déterminer  $d$ .



## EXERCICE 2

Les fibres optiques sont utilisées dans plusieurs domaines dont la transmission des informations et les signaux numériques à haut débit.

Les fibres optiques sont légères (comparativement à d'autres conducteurs électriques) élastiques et conservent la qualité des signaux pour de longues distances. Le cœur de la fibre optique est constitué d'un milieu transparent comme le verre mais plus pur. Cet exercice a pour objectif, la détermination de la célérité d'une onde lumineuse dans la fibre optique et la détermination de son indice de réfraction.

Pour déterminer la célérité d'une onde lumineuse dans une fibre optique de longueur  $L = 200$  m, on a réalisé le montage représenté sur la figure 1. Les capteurs  $R_1$  et  $R_2$  montés aux deux extrémités de la fibre optique transforment les ondes lumineuses en ondes électriques qu'on visualise sur l'écran d'un oscilloscope. (figure 2)

On donne : La sensibilité horizontale  $0,2 \mu\text{s}/\text{div}$ .

La célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

On lit sur l'étiquette de la source laser : longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$ .

1- En exploitant la figure 2 :

1-1- Déterminer le retard temporel enregistré entre  $R_1$  et  $R_2$ .

1-2- Calculer la célérité de l'onde lumineuse au cœur de la fibre optique.

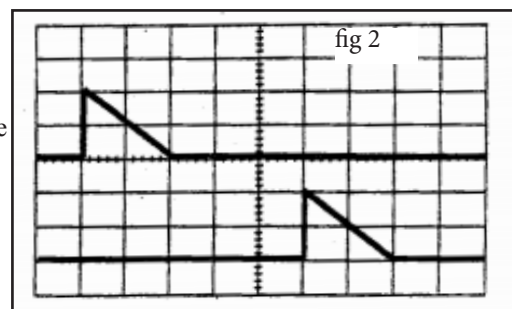
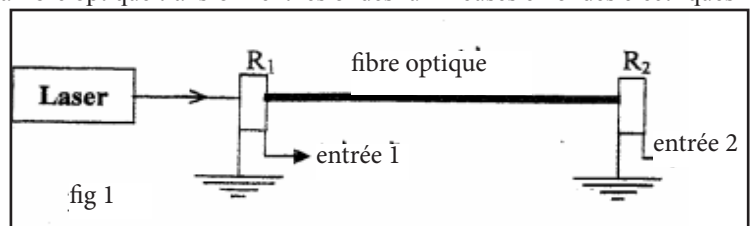
1-3- En déduire l'indice de réfraction du milieu qui constitue le cœur de la fibre optique.

1-4- Calculer la longueur d'onde au cœur de la fibre optique.

2- La fibre optique est un milieu transparent dont l'indice de réfraction varie avec la longueur d'onde selon la relation suivante :

$$n = 1,484 + \frac{5,6 \cdot 10^{-15}}{\lambda^2} \text{ dans le SI des unités}$$

On remplace la source laser avec une autre source de longueur d'onde dans le vide  $\lambda' = 400 \text{ nm}$ , sans rien changer dans le montage expérimental précédent, déterminer le nouveau retard temporel  $\tau'$  enregistré sur l'écran de l'oscilloscope.



## EXERCICE 3

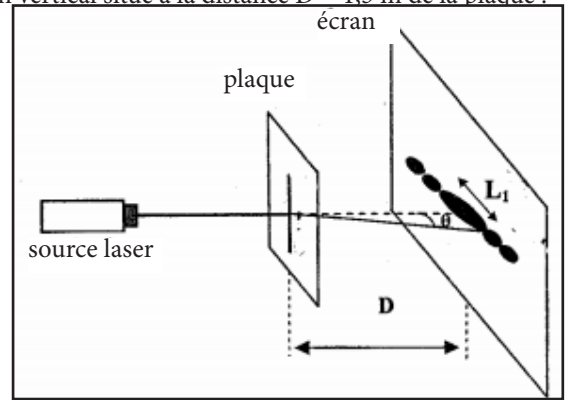
Les rayons laser sont utilisés dans plusieurs domaines comme l'industrie métallurgique, l'ophtalmologie et la chirurgie ....ils sont utilisés aussi pour déterminer les dimensions très petites de quelques corps.

Cet exercice a pour objectif la détermination de la longueur d'onde d'une onde électromagnétique et le diamètre d'un fil métallique très fin en se basant sur le phénomène de diffraction.

On envoie à l'aide d'une source laser un faisceau lumineux monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  sur une plaque contenant une fente de largeur  $a = 0,06 \text{ mm}$ , et on observe le phénomène de diffraction sur un écran vertical situé à la distance  $D = 1,5 \text{ m}$  de la plaque.

La mesure de la largeur de la tache central donne la valeur  $L_1 = 3,5 \text{ cm}$ .

- 1- Citer la condition que doit satisfaire la largeur  $a$  de la fente pour que le phénomène de diffraction ait lieu.
- 2- Quelle est la nature de la lumière mise en évidence par cette expérience ?
- 3- Déterminer l'expression de  $\lambda$  en fonction de  $L_1$ ,  $D$  et  $a$ , et calculer  $\lambda$ . (on considère  $\tan\theta \approx \theta$  pour un angle  $\theta$  petit)
- 4- On enlève la plaque, et on met à sa place exacte un fil métallique fin de diamètre  $d$  fixé à un support, et on observe sur l'écran des taches lumineuses similaires aux précédentes, et la largeur de la tache centrale est  $L_2 = 2,8 \text{ cm}$ . Calculer le diamètre  $d$ .



#### EXERCICE 4

Al hassan ibn elhaytam (354 - 430 de l'hejir) est parmi les premiers savants ayant étudié la lumière et sa nature. Son ouvrage ALMANDIR est une référence fondamentale dans ce domaine puisqu'il a été traduit au latin plus de cinq fois. Aucun savant n'est apparu après ibn alhaytam jusqu'au dix neuvième siècle après jésus christ où Isaac Newton présenta sa théorie corpusculaire de la lumière et le physicien astronome le hollandais Christian hygens avec la théorie ondulatoire. Cet exercice vise à étudier quelques propriétés de la lumière et son utilisation pour déterminer le diamètre d'un cheveu.

##### Données :

La célérité de la lumière dans le vide :  $3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

Constante de Planck :  $6,63.10^{-34} \text{ J.s}^{-1}$ .

$1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$ .

On réalise l'expérience de la diffraction de la lumière à l'aide d'une source laser monochromatique de longueur d'onde dans le vide  $\lambda$ . On met à quelques centimètres de cette source un fil métallique fin de diamètre  $a$  et à la distance  $D = 5,54 \text{ m}$  de fil un écran E. (fig1)

1- On éclaire le fil à l'aide de la source laser, et on observe sur l'écran des taches de diffraction.

On note  $L$  la largeur de la tache centrale.

1-1- Quelle est la nature de la lumière mise en évidence par cette expérience ?

1-2- Exprimer la longueur d'onde  $\lambda$  en fonction de  $D$ ,  $L$  et  $a$ , sachant que l'écart angulaire  $\theta$  entre entre le centre de la tache centrale et une de ses extrémités est :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  ( $\theta$  très petit).

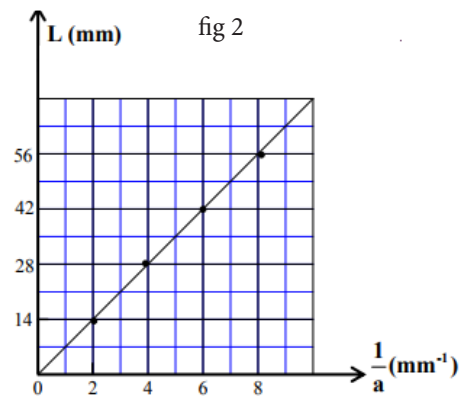
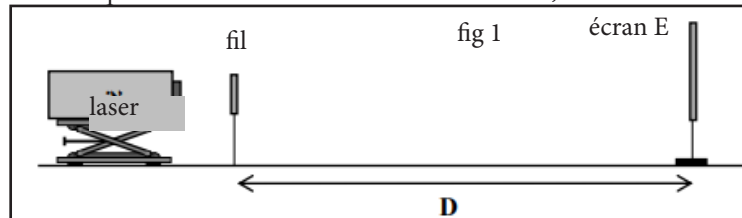
1-3- On utilise des fils de diamètres différents, et on mesure pour chaque fil la largeur  $L$  de la tache centrale. On obtient le graphe de la figure 2 représentant les variations de  $L$  en fonction de  $\frac{1}{a}$ .

1-3-1- En utilisant le graphe, déterminer la longueur d'onde lumineuse  $\lambda$ .

1-3-2- Calculer en eV l'énergie du photon correspondant à cette onde lumineuse.

2- On réalise la même expérience en mettant à la place du fil un cheveu de diamètre  $d$ . La mesure de la largeur de la tache centrale sur l'écran donne la valeur  $L' = 42 \text{ mm}$ .

Déterminer en utilisant le graphe le diamètre  $d$  du cheveu.



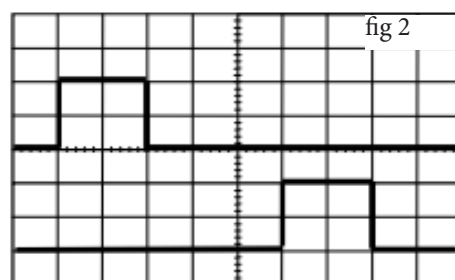
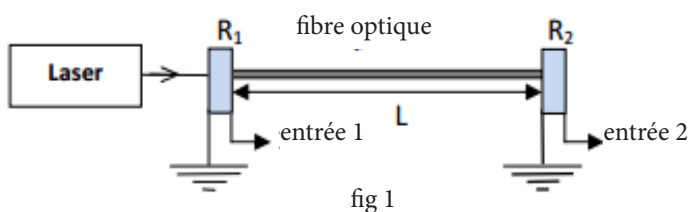
#### EXERCICE 5

L'exercice comprend cinq questions, on propose quatre réponses à chaque question.

Recopier le numéro de la question et écrire à côté la réponse juste parmi les quatre réponses proposées sans ajouter ni interprétation ni justification.

Les fibres optiques permettent la transmission des informations numériques avec une grande vitesse et un grand débit comparativement avec d'autres milieux.

Pour déterminer l'indice de réfraction du milieu qui constitue le cœur de la fibre optique de longueur  $L$ , on a réalisé le montage expérimental représenté sur la figure 1. Les capteurs  $R_1$  et  $R_2$  de transformer l'onde lumineuse monochromatique émise par la source laser en tension électrique qu'on visualise sur l'écran d'un oscilloscope comme représenté sur la figure 2.



**Données :** sensibilité horizontale :  $0,2 \mu\text{s}/\text{div}$  ; célérité de la lumière dans le vide :  $3.10^8 \text{m.s}^{-1}$  ; constante de Planck :  $6,63.10^{-34} \text{J.s}^{-34}$  .

1- Le retard temporel enregistré entre  $R_1$  et  $R_2$  est : **(0,5pt)**

- $\tau = 0,6 \mu\text{s}$       ■  $\tau = 1 \mu\text{s}$       ■  $\tau = 1,4 \mu\text{s}$       ■  $\tau = 1 \text{ms}$

2- sachant que la célérité de l'onde lumineuse au coeur de la fibre optique est  $v \approx 1,87.10^8 \text{m.s}^{-1}$ , l'indice de réfraction  $n$  du milieu transparent qui constitue le coeur de la fibre optique est : **(0,5pt)**

- $n \approx 0,63$       ■  $n \approx 1,5$       ■  $n \approx 1,6$       ■  $n \approx 1,7$

3- Sachant que la longueur d'onde de la lumière laser dans le vide est  $\lambda = 530 \text{nm}$ , la valeur de l'énergie d'un photon de ce rayonnement en joule est : **(0,5pt)**

- $E \approx 1,17.10^{-48}$       ■  $E \approx 3,75.10^{-19}$       ■  $E \approx 37,5.10^{-19}$       ■  $E \approx 3,75.10^{-28}$

## EXERCICE 6

On s'intéresse dans cet exercice à l'étude de certaines propriétés de la lumière rouge émise par un laser hélium-néon(He-Ne). Dans l'air, la longueur d'onde de cette lumière est  $\lambda = 633 \text{nm}$  .

**Données :** - Célérité de la lumière dans l'air :  $c = 3.10^8 \text{m.s}^{-1}$  ;

- Constante de Planck :  $h = 6,63.10^{-34} \text{J.s}$  ;

-  $1 \text{eV} = 1,6022.10^{-19} \text{J}$  ;

- Pour les petits angles :  $\tan \theta \approx \theta$  où  $\theta$  est exprimé en radian.

### 1-Diffraction de la lumière monochromatique émise par le laser hélium-néon(He-Ne) :

Pour déterminer la largeur  $a$  d'une fente d'un diaphragme, on utilise la lumière rouge monochromatique émise par le laser hélium-néon. Pour cela, on réalise l'expérience schématisée sur la figure 1.

On éclaire la fente de largeur  $a$  par le faisceau laser et on observe des taches lumineuses sur un écran placé à une distance  $D$  de la fente. Ces taches sont séparées par des zones sombres. La largeur de la tache centrale est  $\ell$  .

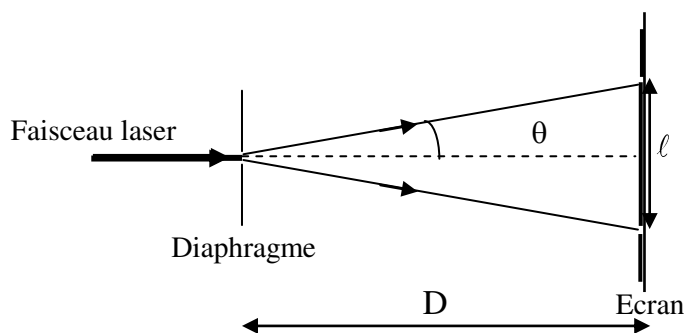
**1-1-** Choisir la proposition juste parmi les affirmations suivantes :

**a-** Dans le verre, la lumière se propage avec une vitesse plus grande que dans l'air.

**b-** L'écart angulaire est :  $2\theta = \frac{\lambda}{a}$  .

**c-** La fréquence de la lumière émise par le laser hélium-néon est  $\nu = 4,739.10^{14} \text{Hz}$  .

**d-** L'écart angulaire est plus grand si on remplace la lumière rouge par une lumière violette.



**Figure 1**

**1-2-** Dans le cas des petits angles, établir l'expression de la largeur  $a$  en fonction de  $D$ ,  $\ell$  et  $\lambda$  .

Pour une distance  $D = 1,5 \text{m}$  on mesure la largeur de la tache centrale et on trouve  $\ell = 3,4 \text{cm}$ . Calculer  $a$ .

**1-3-** On modifie la distance entre la fente et l'écran en prenant  $D' = 3 \text{m}$ . Calculer la valeur de l'écart angulaire et celle de la largeur de la tache centrale.

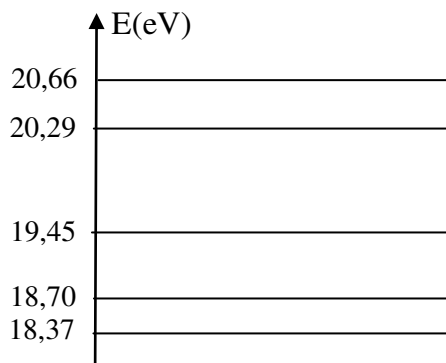
### 2- Etude de la radiation émise par le laser He-Ne :

**2-1-** Calculer, en électron-volt ( eV), l'énergie du photon associée à la lumière rouge émise.

**2-2-** La figure 2 représente un diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de néon.

La radiation de longueur d'onde  $\lambda = 633 \text{nm}$  émise par le laser He-Ne est due au passage de l'atome du néon Ne du niveau d'énergie  $E_n$  au niveau d'énergie  $E_p$  .

Déterminer  $E_n$  et  $E_p$  .



**Figure 2**

## EXERCICE 7

Le milieu de propagation des ondes lumineuses est caractérisé par l'indice de réfraction  $n = \frac{c}{v}$  pour une fréquence donnée, dont  $c$  est la vitesse de propagation de la lumière dans le vide ou dans l'air et  $v$  la vitesse de propagation de la lumière monochromatique dans ce milieu. L'objectif de cet exercice est d'étudier la propagation de deux rayons lumineux monochromatiques de fréquences différentes dans un milieu dispersif.

### 1- Détermination de la longueur d'onde $\lambda$ d'une lumière monochromatique dans l'air

On réalise l'expérience de diffraction en utilisant une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  dans l'air.

On place à quelques centimètres de la source lumineuse une plaque opaque dans laquelle se trouve une fente horizontale de largeur  $a = 1,00$  mm (figure 1).

On observe sur un écran vertical placé à  $D = 1,00$  m de la fente des taches lumineuses. La largeur de la tâche centrale est  $L = 1,40$  mm.

1.1- Choisir la réponse juste :

La figure de diffraction observée sur l'écran est :

- Suivant l'axe  $x'x$  ;
- Suivant l'axe  $y'y$  .

1.2- Trouver l'expression de  $\lambda$  en fonction de  $a$ ,  $L$ , et  $D$ . calculer  $\lambda$ .

On rappelle que l'écart angulaire est  $\theta(\text{rad}) = \frac{\lambda}{a}$ .

### 2- Détermination de la longueur d'onde d'une lumière monochromatique dans le verre transparent .

Un rayon lumineux ( $R_1$ ) monochromatique de fréquence  $\nu_1 = 3,80 \cdot 10^{14}$  Hz arrive sur la face plane d'un demi cylindre en verre transparent au point d'incidence I sous un angle d'incidence  $i = 60^\circ$ .

Le rayon ( $R_1$ ) se réfracte au point I et arrive à l'écran vertical au point A (figure2) .

On fait maintenant arriver un rayon lumineux monochromatique ( $R_2$ ) de fréquence

$\nu_2 = 7,50 \cdot 10^{14}$  Hz sur la face plane du demi cylindre sous le même angle d'incidence  $i = 60^\circ$ . On constate que le rayon ( $R_2$ ) se réfracte aussi au point I mais il arrive à l'écran vertical en un autre point B de tel sorte que l'angle entre les deux rayons réfractés est  $\alpha = 0,563^\circ$ .

**Données :**

- L'indice de réfraction du verre pour le rayon lumineux de fréquence  $\nu_1$  est  $n_1 = 1,626$  .
- L'indice de réfraction de l'air est 1,00.
- $c = 3,00 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup> .

2.1- montrer que la valeur de l'indice de réfraction du verre pour le rayon lumineux de fréquence  $\nu_2$  est  $n_2 = 1,652$  .

2.2- trouver l'expression de la longueur d'onde  $\lambda_2$  du rayon lumineux de fréquence  $\nu_2$  dans le verre, en fonction de  $c$ ,  $n_2$  et  $\nu_2$ . Calculer  $\lambda_2$  .

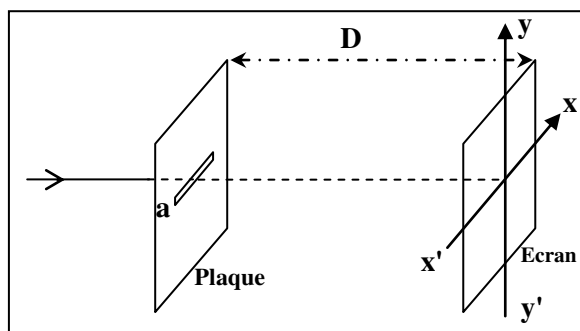


Figure1

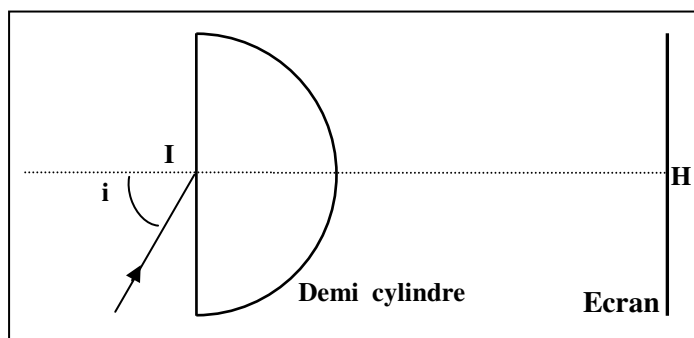


Figure2

## EXERCICE 8

La fréquence d'une radiation lumineuse ne dépend pas du milieu de propagation ; elle dépend uniquement de la fréquence de la source .La vitesse de propagation d'une onde lumineuse dans un milieu transparent et elle est toujours plus petite que la vitesse de sa propagation dans le vide et sa valeur dépend du milieu de propagation . On constate aussi que l'onde lumineuse se diffracte lorsqu' elle traverse une fente de largeur relativement faible . L'objectif de cet exercice est d'étudier le phénomène de dispersion et celui de la diffraction.

**Données :** La vitesse de propagation d'une onde lumineuse dans l'air est approximativement égale à sa vitesse de propagation dans le vide  $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

Couleur de la radiation	rouge(R)	violet (V)
La longueur d'onde dans l'air en ( $\mu\text{m}$ )	0,768	0,434
L'indice de réfraction du verre	1,51	1,52

### Dispersion de la lumière

Un faisceau parallèle de lumière blanche arrive au point I de la surface d'un demi- disque en verre; on observe sur l'écran (fig1) les sept couleurs du spectre allant du rouge(R) au violet(V).

1.1- Exprimer la longueur d'onde  $\lambda_R$  de la radiation rouge

dans le verre en fonction de l'indice de réfraction  $n_R$  du verre et de  $\lambda_{0R}$  (longueur d'onde dans l'air de ce rayonnement) .

1.2 – L'indice de réfraction  $n$  d'un milieu transparent pour une radiation monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_0$  dans l'air est modélisé par la relation :

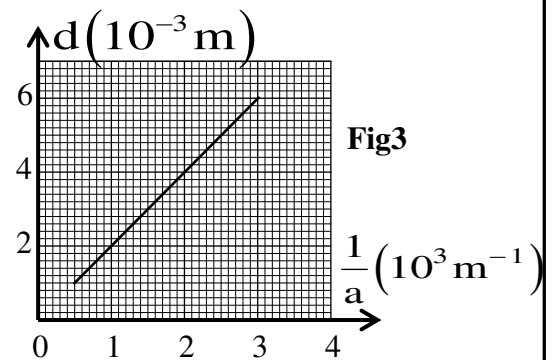
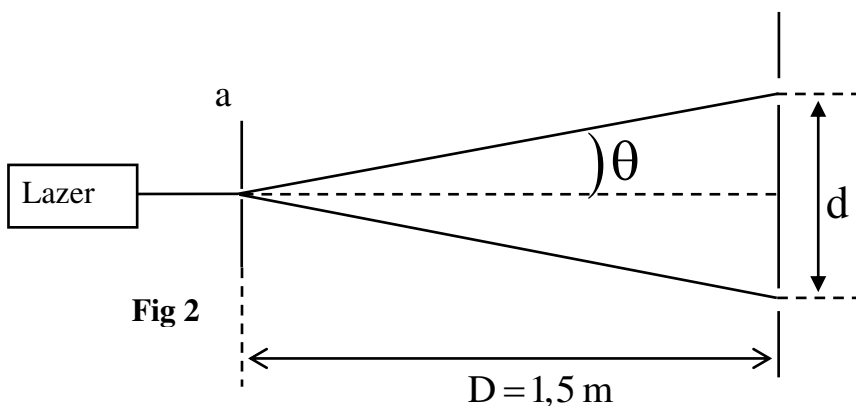
$$n = A + \frac{B}{\lambda_0^2} \text{ dont } A \text{ et } B \text{ sont des constantes qui dépendent du milieu.}$$

Calculer la valeur de A et celle de B pour le verre utilisé.

### 2. Diffraction de la lumière

On réalise l'expérience de la diffraction d'une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  dans l'air émise par un dispositif laser , en utilisant une fente de largeur  $a$  comme l'indique la figure 2 . On mesure la largeur  $d$  de la tache centrale pour différentes valeurs de la largeur  $a$  de la fente et

on représente graphiquement  $d = f\left(\frac{1}{a}\right)$  ; on obtient alors la courbe indiquée dans la figure 3 .



2.1- Trouver l'expression de  $d$  en fonction de  $\lambda$ ,  $a$  et  $D$ , sachant que  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  .(  $\theta$  petit exprimé en rad)

2.2. A l'aide de la figure 3, déterminer la valeur de  $\lambda$  .