

Série des exercices

Propagation d'une onde lumineuse

Exercice 1

Une ampoule à hydrogène émet un rayon lumineux de longueur d'onde $\lambda_0 = 410\text{nm}$ dans le vide.

1. a- Calculer la fréquence ν du rayonnement.
b- Cette lumière est-elle visible, justifier votre réponse.
2. Ce rayon passe du vide à une fibre optique d'indice de réfraction $n=1,875$.
a- Calculer la célérité v de la lumière dans la fibre optique.
b- Déduire la longueur d'onde λ dans la fibre optique.

On donne : la célérité de la lumière dans le vide $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Exercice 2

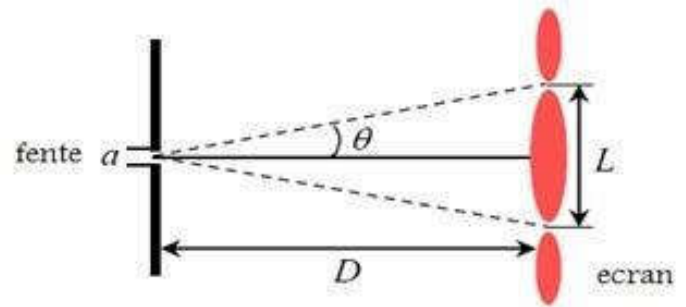
Un professeur de physique désire, avec ses élèves, de connaître la longueur d'onde d'un faisceau laser. Il utilise un fil calibré ($a = 0,180\text{mm}$) pour réaliser le montage de diffraction étudié en classe. Il place un écran de distance $D = 2,00\text{m}$ et mesure la longueur pour la tache centrale $L = 1,10 \text{ cm}$.

1. Donner la relation liant la longueur d'onde λ et la dimension de l'obstacle a qui caractérise la diffraction.
2. À 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. La valeur indiquée par le constructeur : $\lambda_{\text{théorique}} = 480\text{nm}$. Calculer l'écart relatif avec la valeur
6. 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 : $r = \frac{|X_{\text{mesuré}} - X_{\text{théorique}}|}{X_{\text{théorique}}}$

Exercice 3

En 1921 August Fresnel a posé l'hypothèse que la lumière est une onde électromagnétique transversale et que la déformation qui se propage résulte d'un champ électrique associé à un champ magnétique.



1. Pour déterminer la longueur d'onde λ d'une onde lumineuse émise par un laser on éclaire une fente de largeur $a=5.10^{-5}m$ par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans le vide et on pose un écran (E) à une distance $D=3m$ de la fente. On observe donc une tache centrale de largeur $L=7,6. 10^{-2}m$.
 - a. La lumière est-elle onde longitudinale ou transversale ?
 - b. Quel est le phénomène observé ?
 - c. Citer la condition que doit vérifier la fente pour observer ce phénomène.
 - d. Rappeler la relation qui lie θ , λ et a .
 - e. Donner l'expression de λ en fonction de D , L et a . Calculer λ .
(on suppose θ petit et on prend $\tan\theta \approx \theta$)
 - f. Cette lumière est-elle visible ? Justifier.
2. Pour déterminer la longueur d'onde lumineuse dans le verre on envoie un faisceau lumineux monochromatique émis par le laser à la surface d'un prisme en verre d'indice de réfraction $n=1,58$.

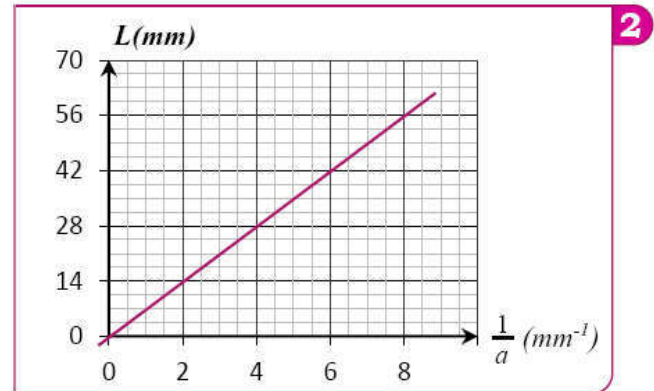
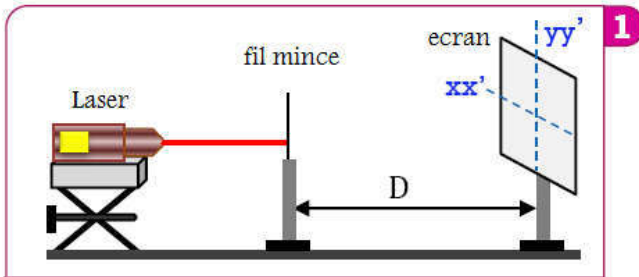
On donne : ♦ la longueur d'onde dans le vide : $\lambda_0=665,4 m$

♦ la célérité de propagation de la lumière dans le vide : $c=3. 10^8 m/s$

- a. Calculer la fréquence N de l'onde lumineuse.
- b. Calculer la valeur V célérité de la lumière dans le prisme.
- c. Trouver la valeur λ_1 longueur d'onde lumineuse au cours de la propagation dans le prisme.
- d. Qu'observe-t-on si on remplace la lumière monochromatique par la lumière blanche ? quel est le nom de ce phénomène ?

Exercice 4

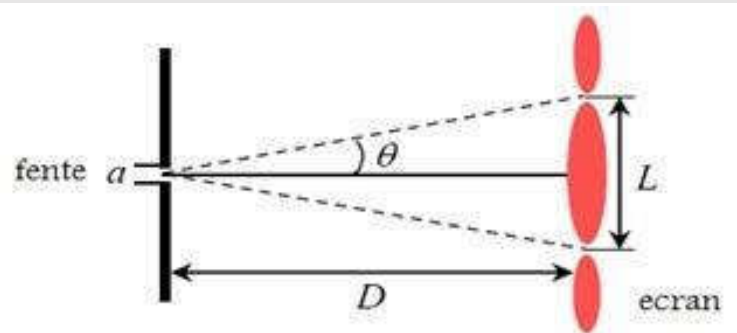
On réalise une expérience de diffraction de la lumière par une source laser monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ . On pose à quelque centimètres de la source un fil mince de diamètre a , le fil est distant d'un écran de $D=5,54\text{m}$.



- On éclaire le fil par le laser et on observe des taches de diffraction. la largeur de la tache centrale est L .
 - La diffraction est-elle observée sur l'axe xx' ou sur yy' ?
 - Quelle est la nature de la lumière mis en évidence par la diffraction ?
 - Expliquer en utilisant un schéma l'écart angulaire θ , la largeur de la tache centrale L et la distance D entre le fil et l'écran.
 - Exprimer la largeur L en fonction de a , D , et λ . (on prend $\tan\theta \approx \theta$).
- On utilise des fils de différents diamètres et on mesure la largeur L de la tache centrale pour chaque fil et on trace le diagramme (fig2) qui représente les variations de L en fonction de $\frac{1}{a}$.
 - Déterminer la longueur d'onde λ . Est-ce qu'elle appartient au domaine visible ?
 - On répète la même expérience en remplaçant le fil par un cheveu de diamètre d . la mesure de la tache centrale a donné la valeur $L'=42\text{mm}$. déterminer d .

Exercice 5

Pour déterminer la longueur d'onde d'une onde lumineuse on a éclairé une fente de largeur $a=5.10^{-5}\text{m}$ par un faisceau de lumière monochromatique. On observe sur un écran qui se trouve à la distance $D=3\text{m}$ de la fente la formation de franges lumineuses



La mesure de la largeur de la frange centrale a donné la valeur suivante : $L=7,6.10^{-2}\text{m}$

- Comment s'appelle le phénomène étudié dans cette expérience ?
- Donner l'expression de l'écart angulaire θ en fonction de D et L (on suppose θ petit et on prend $\tan\theta \approx \theta$)
- Calculer la valeur de λ

Exercices de synthèses :

Exercice 6

Pour déterminer la célérité d'une onde lumineuse dans une fibre optique de longueur $L=200\text{m}$ on réalise le montage de la figure 1. Les capteurs R_1 et R_2 montés aux extrémités de la fibre et permettent de transformer l'onde lumineuse à un signal électrique visualisé par l'oscilloscope.

Données :

- la sensibilité horizontale : $0,2\mu\text{s/div}$
- La célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8 \text{ m. s}^{-1}$
- La longueur d'onde dans le vide : $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$

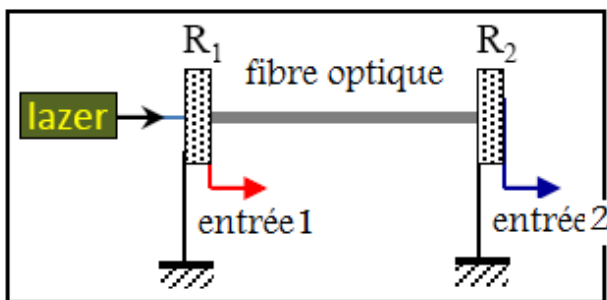


fig 1

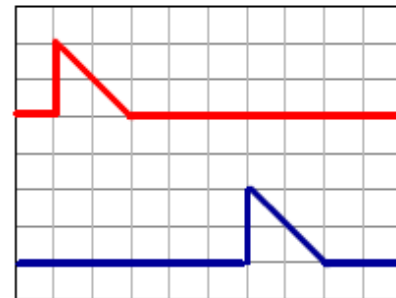


fig 2

- En exploitant la figure 2 :
 - Déterminer le retard τ entre R_1 et R_2
 - Calculer V la célérité de propagation de l'onde lumineuse dans la fibre optique.
 - Déduire l'indice de réfraction n de la fibre optique.
 - Calculer la longueur d'onde lumineuse λ au cœur de la fibre optique.
- La fibre optique est un milieu transparent son indice de réfraction varie en fonction de la longueur d'onde selon la relation suivante : $n = 1,484 + \frac{5,6 \cdot 10^{-15}}{\lambda_0^2}$ dans (SI).

On remplace la source lumineuse par une autre de longueur d'onde $\lambda'_0 = 400 \text{ nm}$ dans le vide sans changer le dispositif expérimental. Trouver le retard τ' observé sur l'écran de l'oscilloscope.

Exercice 7 : Mesure du diamètre d'un fil (bac 2008)

Les rayons lasers sont utilisés dans plusieurs domaines, grâce à leurs propriétés optiques et énergétiques. Parmi ces utilisations, on cite la détermination des dimensions microscopiques de quelques corps.

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

Expérience 1 :

On éclaire une plaque (P) contenant une fente de largeur a , avec une lumière monochromatique de longueur d'onde λ issue d'une source laser. On observe sur un écran E placé à une distance $D = 1,6 \text{ m}$ de la fente (figure 1), un ensemble de taches lumineuses dont la largeur de la tache centrale est $L_1 = 4,8 \text{ cm}$ (figure 2).

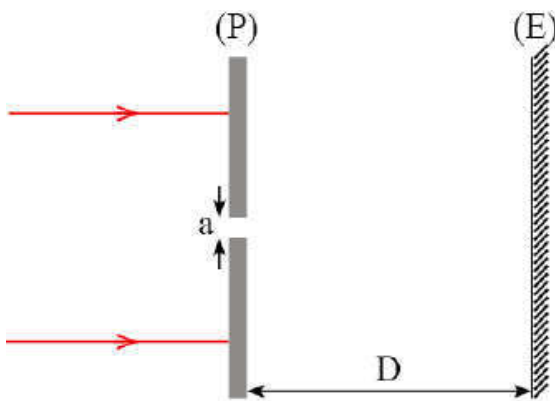


Figure 1

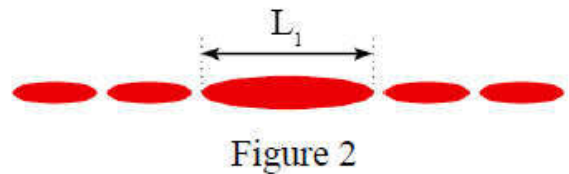


Figure 2

1. Recopier la figure 1, et représenter les rayons lumineux après la traversée de la fente. Donner le nom du phénomène illustré par la figure 2 sur l'écran E.
2. Quel est la condition que doit satisfaire la largeur a de la fente pour que le phénomène se produise ?
3. Écrire l'expression de l'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale et le milieu de la première extinction en fonction de L_1 et D .
4. La courbe de la figure 3, représente les variations de θ en fonction de $\frac{1}{a}$.
 - a. Comment varie la largeur de la frange centrale avec a ?
 - b. Déterminer graphiquement λ et calculer a .

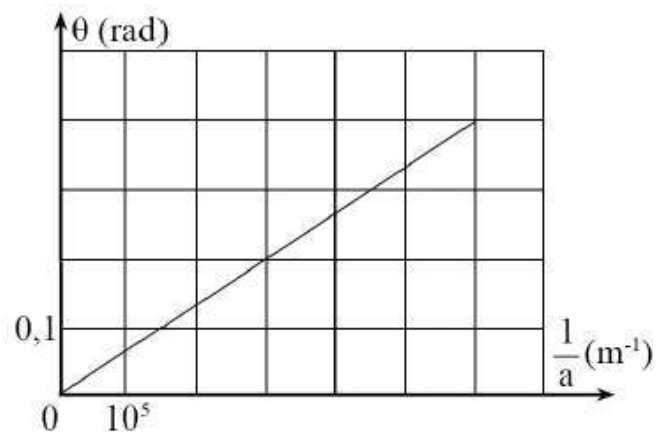


Figure 3

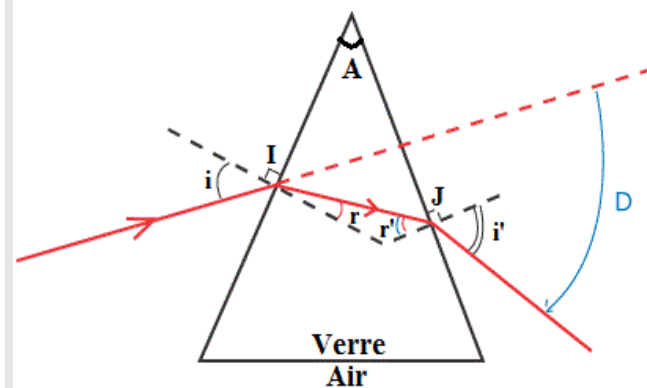
Expérience 2 :

On remplace la plaque (P) par un fil fin de diamètre d , qu'on fixe à la même distance D de l'écran. On obtient une figure semblable à la figure 2, mais dont la largeur de la tache centrale est $L_2 = 2,5 \text{ cm}$.

5. Calculer d .

Exercice 8

Pour déterminer λ' : la longueur d'onde lumineuse dans le verre on envoie un faisceau lumineux monochromatique émis par le laser à la surface d'un prisme en verre d'indice de réfraction n .



1. Le rayon lumineux arrive sur la face (1) du prisme avec un angle d'incidence i ;
puis il émerge de l'autre face avec un angle d'émergence i' , telle que $i' = i$ (la condition pour avoir le minimum de déviation)

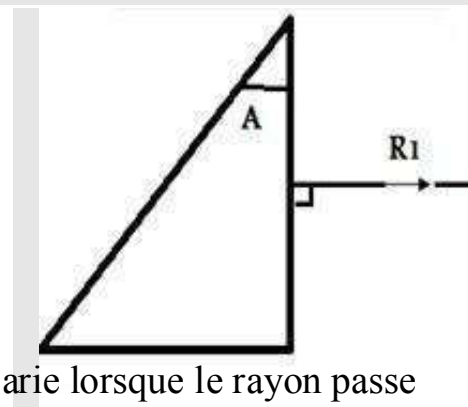
a. Rappeler les relations du prisme.

b. Montré que l'expression de la longueur d'onde λ' est :
$$\lambda' = \lambda_0 \cdot \frac{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{D+A}{2}\right)}$$
 en déduire sa valeur

2. Qu'observe-t-on si on remplace la lumière monochromatique par la lumière blanche? quel est le nom de ce phénomène ?

Exercice 9

Un rayon lumineux est envoyé sur la première face d'un prisme d'angle $A=30^\circ$, le rayon monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 750 \text{ nm}$ ($\lambda_{\text{vide}} = \lambda_{\text{air}}$). L'indice de réfraction par rapport à ce rayon est $n=1,63$, et la célérité de la lumière dans l'air est : $C = 10^8 \text{ m/s}$.



1. a) Parmi les grandeurs suivantes déterminer celle qui varie lorsque le rayon passe de l'air vers le verre : T , λ , V ou ν .

b) Calculer la longueur d'onde λ dans le prisme.

c) La couleur du rayon lumineux ne change pas, justifier.

2. 2-Le faisceau est maintenant envoyé sur un prisme d'angle d'incidence i , le faisceau est constitué de deux rayons R_1 et R_2 . La figure 2 représente le trajet du rayon R_1 lors de sa sortie du prisme.

On donne : l'indice de réfraction de R_1 est $n_1 = 1,64$

l'indice de réfraction de R_2 est $n_2 = 1,68$

a. Calculer l'angle d'incidence i .

b. Déterminer l'angle α comprise entre les rayons R_1 et R_2 .

c. Quel est le nom du phénomène obtenue justifier son existence.