

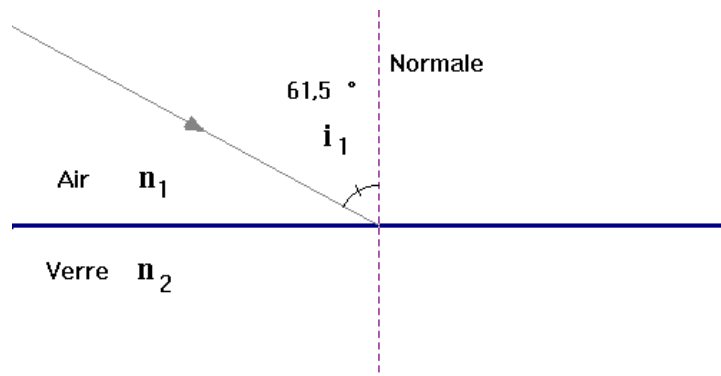
Série d'exercices N° 03

Systèmes Optiques**Dispersion, Prisme & Fibre Optique****Exercice 1 : Dispersion de la lumière dans le verre**

Les verres minéraux sont fabriqués avec de la silice (SiO_2), de la soude (NaOH), de la potasse (KOH) et de la chaux (Ca(OH)_2). L'ajout de substances en petites quantités comme le plomb, des ions fluorures par exemple, modifient les caractéristiques de ces verres. Le cristal (flint), contenant du plomb, a un indice qui varie beaucoup en fonction de la longueur d'onde de la radiation.

Le schéma ci-dessous représente un faisceau de lumière blanche assimilable à un rayon lumineux se propageant dans l'air et dirigé sur la surface d'un bloc de verre avec un angle d'incidence de $61,5^\circ$.

L'indice de réfraction de ce verre vaut 1,612 pour une radiation rouge, 1,621 pour une radiation jaune et 1,671 pour une radiation bleue.



- 1) À l'aide des différentes valeurs de l'indice de réfraction du flint, calculer les valeurs des différents angles de réfraction.
2. Reproduire et compléter le schéma en dessinant les rayons réfractés.
3. La déviation du rayon lumineux est la valeur de l'angle formé par la direction du rayon incident et la direction du rayon réfracté. Calculer la déviation pour chacune des radiations précédentes.
Quelle est la radiation la plus déviée ?
4. Situer approximativement la direction d'une radiation verte

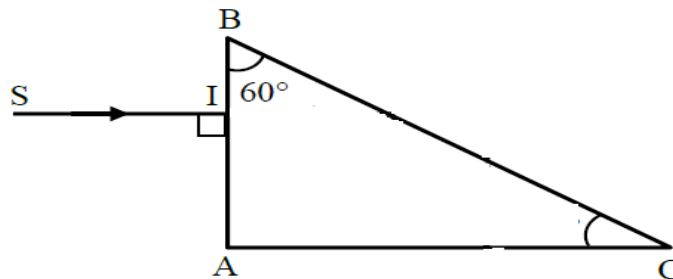
Exercice 2 : Dispersion & prisme

Un prisme de verre d'indice « n » a pour section droite un triangle d'angle au sommet $A = 60^\circ$.

1. On considère un rayon incident sur la face latérale avec un angle « i ». Et en prenant l'indice de l'air égal à « 1 » et celui du verre à n , rappeler les relations entre i et r « angle de réfraction » d'une part et i' et r' d'autre part.
2. Dans le prisme la longueur d'onde d'une radiation donnée est-elle différente de sa longueur d'onde dans l'air ? Quelle est la grandeur qui se conserve ?
3. Un rayon lumineux, transportant une longueur d'onde dans le vide $\lambda_1 = 435,9 \text{ nm}$ arrive de l'air sur la surface du prisme d'indice $n_1 = 1,668$. L'angle d'incidence est $i = 56,0^\circ$. Calculer les valeurs des angles r , r' , i' et la déviation D_1 .
4. Un rayon lumineux composé de trois radiations de longueur d'onde dans le vide $\lambda_1 = 435,9 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 546,1 \text{ nm}$, $\lambda_3 = 646 \text{ nm}$ arrive de l'air sur la surface du prisme constitué d'un verre dont les indices sont respectivement $n_1 = 1,668$, $n_2 = 1,654$, $n_3 = 1,640$. L'angle d'incidence est $i = 56,0^\circ$.
 - a) Quelle est la couleur de chacune de ces trois radiations ?
 - b) Calculer les déviations D_2 et D_3 .
 - c) Indiquer sur un schéma quelle est la radiation la plus déviée et quelle est la moins déviée et calculer l'écart angulaire α entre la radiation la plus déviée et la moins déviée.

Exercice 3 : Prisme

On utilise un prisme de verre d'indice $n = 1,50$, rectangle en A tel que l'angle en B soit égal à 60° . Un rayon lumineux SI dans le plan ABC rencontre le prisme en I sur le côté AB perpendiculairement à AB .



- 1- Déterminer l'angle d'incidence du rayon sur la face BC en un point J .
- 2- Déterminer la trajectoire du rayon lumineux.
- 3- Déterminer la déviation totale du rayon lumineux.

Exercice 4 : Prisme**1) Prisme dans l'air**

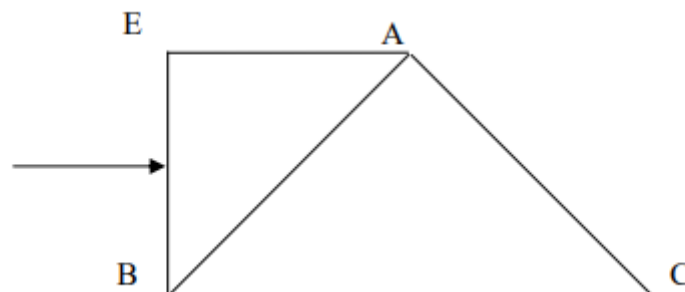
Soit un prisme rectangle isocèle ABC, de base BC et plongé dans l'air (figure 1). L'indice de réfraction du matériau qui le constitue sera noté $n = 3$.

Un rayon incident arrive sur la face AB du prisme avec un angle d'incidence i_1 où il subit (éventuellement) une réfraction avec un angle i_2 . Puis, il parvient sur la face AC avec un angle d'incidence i'_1 où il subit (éventuellement) une réfraction avec un angle i'_2 .

- a.** Après avoir tracé le parcours de ce rayon établissez les 4 relations du prisme traduisant la réfraction à l'entrée et à la sortie, la relation avec l'angle au sommet du prisme et l'expression de la déviation D.

2) Prisme accolés :

On considère le système ci-dessous, constitué du prisme précédent auquel on a accolé un prisme ABE, rectangle, isocèle et taillé dans un matériau d'indice N (figure 2). Par ailleurs, on considère un rayon arrivant à incidence normale sur la face BE.



- a.** Reformulez les 4 relations du prisme ABC dans le cas de ce dispositif.
- b.** Tracez sa trajectoire en envisageant qu'il subisse une réflexion totale sur AB.
- c.** Quelle relation existe-t-il alors entre n et N ?
- d.** Dans le cas contraire, tracez qualitativement l'allure de la trajectoire de ce rayon dans les 2 cas suivants :
- i.** $N > n$.
 - ii.** $N < n$.

Exercice 5 : Fibre optique

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'un cœur cylindrique entouré d'une gaine :

1. Le cœur a un indice de réfraction $n_c = 1,48$. Calculer la vitesse de la lumière dans le cœur.
2. A quelle condition sur l'angle i a-t-on réflexion totale en I ?
 - a) En déduire la condition sur r .
 - b) En déduire la condition sur l'angle d'incidence i .

On donne : indice de la gaine : $n_g = 1,46$.

3. pour quelle condition les rayons qui pénètrent dans le cœur sont transmis jusqu'à la sortie.

Calculer la valeur de ON.

4. La fibre a une longueur totale $L = 1$ km.
 - a) Considérons un rayon incident qui entre dans la fibre en incidence normale ($i = 0$). Calculer la durée du trajet de la lumière jusqu'à la sortie.
 - b) Même question avec l'angle d'incidence i_{\max} .
 - c) Vérifier que la différence entre les deux durées précédentes peut s'écrire :

$$\Delta t = \frac{n_c(n_c - n_g) L}{n_g c_0} \quad c_0 \approx 300\,000 \text{ km/s (vitesse de la lumière dans le vide)}$$

Exercice N°6 :

L'atténuation de la lumière dans les fibres optiques est due à l'absorption et à la diffusion par le matériau constitutif du cœur, en général en silice et par ses impuretés (fer, cuivre,...).

On la mesure couramment en décibel par kilomètre :

$$\frac{AdB}{km} = 10 * \log\left(\frac{\varphi_{entrant}}{\varphi_{sortant}}\right)$$

φ désigne le flux lumineux. Cette atténuation dépend de la longueur d'onde de la lumière envoyée dans la fibre.

- 1- Pour de la lumière rouge $\lambda = 800$ nm, $A = 1, 2$ dB/km. Au bout de combien de kilomètres reste a-t-il 10% du flux incident ?
- 2- Même question dans l'infrarouge à 1300 nm où $A = 0, 4$ dB/km et à 1550 nm où $A = 0, 25$ dB/km ? En pratique, les lasers employés dans les télécommunications sont conçus pour émettre autour de 1550 nm, à votre avis pourquoi ?