Département de Physique
Faculté des Sciences et Techniques
Université Cheikh Anta Diop -Dakar

L1PCSM
2023/2024

-==*==*==*==*==*==*==-

Travaux Dirigés d'Optique 3ème Série

Période du ... au ... 2024

Exercice hors-série : se familiariser avec les notions de base de l'optique géométrique

On considère la lumière se propageant dans l'espace constitué de deux milieux contigus (1 et 2) d'indices de réfraction respectifs n_1 et n_2 (voir figure HS). La lumière se propage du milieu 1 vers le milieu 2.

1. Identifier sur ce schéma :
   a. Le milieu (1) et le milieu (2) ;
   b. L'angle d'incidence i_1 , l'angle de réfraction i_2 et l'angle de réflexion r. Faire attention à l'orientation des angles.
2. Lequel de ces deux milieux est le plus réfringent (c-à-d a le plus grand indice n) ?

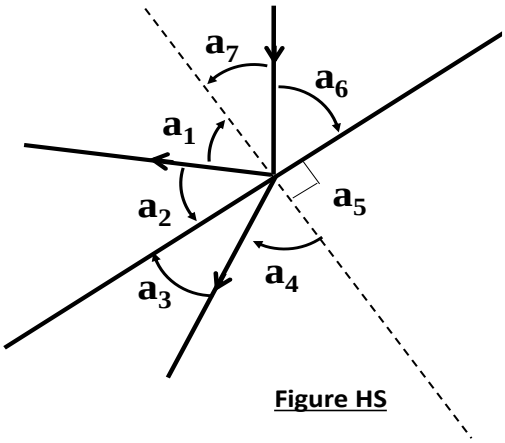


Figure HS

Exercice 2_1 : Constructions de Huygens

On considère un dioptre plan dont les milieux limites ont respectivement comme indices de réfraction n_1 et n_2.

1. Construire, avec soin, le rayon réfracté en un point *I* du dioptre où la lumière est envoyée sous un angle d'incidence i_1.
   Consigne : Faire la construction dans chacun des deux cas possibles, c'est-à-dire pour le cas où la lumière incidente se propage dans le milieu le moins réfringent ($n_1 < n_2$) et dans le cas inverse ($n_1 > n_2$).
2. En considérant le dioptre eau/air, calculer l'angle de réfraction i_2 dans les cas où l'angle d'incidence vaut $30°, 60°$. Les indices de réfraction de l'eau et de l'air valent respectivement $n_1 = 1{,}33 \approx \frac{4}{3}$ et $n_2 = 1{,}00$.

Exercice 2_2 : décomposition de la lumière (spectrographe à prisme).

On considère une source de lumière dichromatique c'est-à-dire, dont chacun des rayons émis, transporte deux radiations de longueurs d'ondes respectives λ_1 et. λ_2. On se propose de séparer ces deux radiations à l'aide d'un prisme ABC, d'angle au sommet $A = 41°$, placé dans l'air d'indice $n_0 = 1.000$. Le prisme est taillé dans du verre dont l'indice n dépend de la longueur d'onde de la radiation qui le traverse.

1. Un rayon lumineux tombe en *I*, sur la faceAB du prisme, sous incidence i_1. Il y subit une réfraction. Ce rayon réfracté tombe en *J*, sur la face AC et est de nouveau réfracté vers l'extérieur (air) sous un angle qu'on notera i_2.
2. Partant des lois de Descartes et des propriétés du triangle, établir les relations entre les angles i_1, i_2, A et les indices de réfraction n_0 et n. Les expressions ainsi établies sont appelées relations fondamentales du prisme.
3. Exprimer, en fonction des indices et des angles i_1, i_2 et A, la déviation totale *D* subie par ce rayon, à sa sortie du prisme.
4. Donner la relation générale qui rend compte des variations de la déviation (dD) en fonctions des différents paramètres.
5. Les deux longueurs d'onde étant légèrement différentes (d'une quantité $\delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$), l'indice du prisme prend les valeurs $n_1 = 1.500$ et $n_2 = 1.502$, pour respectivement λ_1 et λ_2. Si le faisceau est envoyé sous incidence normale sur la face d'entrée. Calculer, en minutes, l'angle α que font entre eux ces deux rayons à la sortie du prisme.

<u>Exercice</u> 2_3 : la fibre optique à saut d'indice.

On considère une fibre optique de longueur $L = 1km$, à symétrie cylindrique, d'axe $z'z$, constituée d'un cœur transparent d'indice n_c entouré par d'une enveloppe (ou gaine) composée par un matériau d'indice $n_g < n_c$. Un faisceau de lumière (laser) est envoyé sur la section d'entrée de la fibre, en contact avec l'air d'indice $n_0 = 1$ (figure 2_2). On appelle angle d'acceptance de la fibre, l'angle d'incidence i_{max} en deçà duquel le faisceau reste confiner dans la fibre.

1. Exprimer l'ouverture numérique $ON = n_0 \sin i_{max}$ de la fibre, en fonction des indices de réfraction.
2. Sachant que les indices du cœur et de la gaine de la fibre ont des valeurs très proches, montrer que l'ouverture numérique ON est, en première approximation, donnée par :

$$ON \approx n_c\sqrt{2\Delta}$$

Où Δ représente la différence d'indice relative qui vaut :

$$\Delta = \frac{n_c - n_g}{n_c}$$

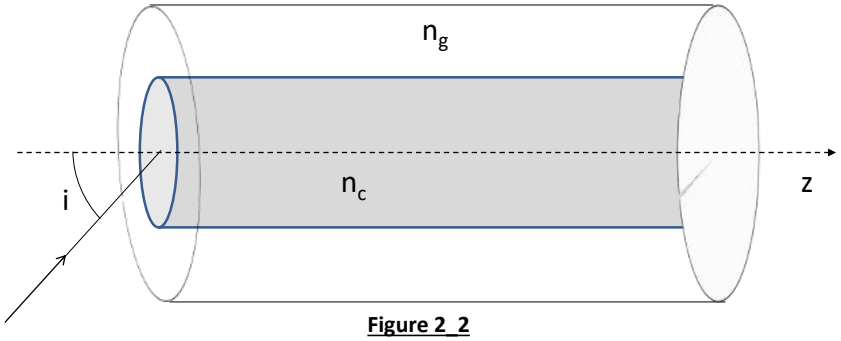
3. Déterminer l'angle d'acceptance i_{max} de la fibre.

4. On considère deux rayons lumineux R_0 et R_m entrant dans la fibre au même instant sous incidences respectives $i_0 = 0$ et $i_m = i_{max}$. Montrer que le retard temporel subit par R_m par rapport à R_0 , à la sortie de la fibre est :

$$\delta t = n_c \frac{L}{c}\Delta$$

Ce retard est appelé *« temps de réponse de la fibre à saut d'indice multimodale »*.

5. Lorsqu'une puissance lumineuse P_0 est envoyée dans la fibre au niveau de son bout d'abscisse $z = 0$, elle s'amortie et devient P_L à l'autre bout ($z = L$). L'affaiblissement de la puissance dans la fibre, exprimée en décibels par kilomètre (dB/km) est donnée par : $\alpha = -\frac{1}{L} log\left(\frac{P_L}{P_0}\right)$ .Quelle puissance doit-on injectée à l'entrée de la fibre pour récupérer une puissance de 0,1 mW à la sortie, α valant $2dB/km$ pour la longueur d'onde considérée.



<u>Figure 2_2</u>