جامعة ابن طفيل
Ibn Tofaïl University
Faculté des Sciences
Département de Physique
Kenitra

Filière : MIP – S2

Travaux dirigés

Module Optique Géométrique

Auteur : Pr AL IBRAHMI EL MEHDI

Année Universitaire 2024/2025

Exercice 1 : Loi de Descartes – Conditions de Gauss

Deux milieux homogènes transparent et isotropes d'indices n et n' avec n > n', sont séparés par une surface plane (∑) perpendiculaire à l'axe optique en H (figure 1) .

Un point lumineux A' situé sur l'axe optique dans le milieu homogène d'indice n', constitue l'image d'un objet A situé sur l'axe et dans un milieu d'indice n. on pose x= $\overline{HA}$ et x'= $\overline{HA'}$

1) Déterminer la position du point A' sur le schéma
2) Montrer que dans les conditions de l'approximation de Gauss on obtient la relation : $\frac{n}{x} = \frac{n'}{x'}$

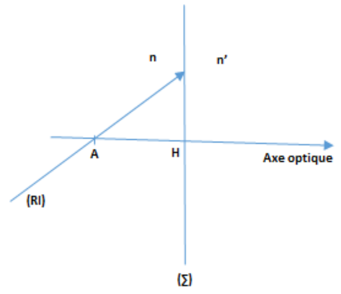


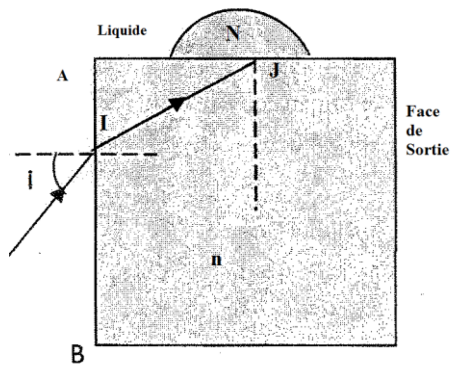
Figure 1

Exercice 2 : Réfractomètre

Un réfractomètre est composé d'un cylindre de verre d'indice n dont la face supérieure est plane et perpendiculaire à son axe. Une coupe transversale du dispositif est représentée sur la figure 2 ci-contre. On dispose sur cette face une goutte d'un liquide d'indice inconnu. On éclaire le dispositif par sa face d'entrée AB avec un rayon monochromatique sous incidence i.

On se place dans les conditions telles qu'il ait réflexion total en J.

1. **Tracer** le rayon réfléchi en J et le rayon émergent en K par la face de sortie.
2. Soit i' l'angle d'émergence de ce rayon mesuré par rapport à la normale au dioptre.



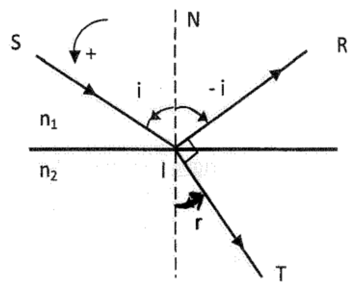
On fait varier l'angle i jusqu'à la limite i_m de la réflexion totale. On mesure i'_m .

a. Exprime i'_m en fonction de n et N.

b. Application numérique : n=1,5. On mesure i'_m =45°55'. Que vaut N ?

Exercice 3 : Indice de Brewster

Un dioptre plan sépare un milieu homogène transparent d'indice n_1 d'un milieu homogène transparent d'indice n_2. Un rayon lumineux incident dans le milieu d'indice n_1 (angle d'incidence i) est en partie réfléchi (angle de réflexion i'=i) et en partie transmis dans le milieu d'indice n_2 (rayon de réfraction r). (Fig. 3)



1) Pour quelle valeur de l'angle d'incidence i les rayons réfléchis et réfractés sont-ils perpendiculaires ?

Application numérique : on donne n_1=1 et n_2=1,33 calculer i.

Exercice 4 : Fibre optique

Une fibre optique est constituée d'une gaine d'indice $n_2 = 1,495$ entourant un cœur cylindrique d'indice $n_1 = 1,510$.

La fibre optique ainsi constituée baigne dans l'air ($n_{air} \approx 1$). On supposera que la face d'entrée est une section perpendiculaire de la fibre et que celle-ci n'est pas courbée.

Un pinceau lumineux frappe la face d'entrée en I (cf. figure) avec un angle d'incidence i. Il entre dans la fibre avec un angle de réfraction r et se réfléchit sur les faces de celle-ci avec un angle α. Le premier point où a lieu cette réflexion est noté J. L’objectif est de transmettre le maximum de lumière à l’autre bout de la fibre, donc d’éviter que la lumière entrée dans le cœur ne pénètre dans la gaine.

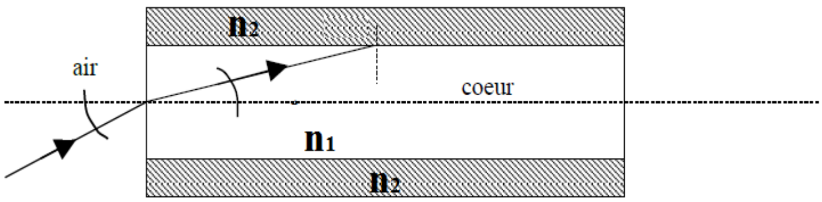
1. Tracez le parcours du rayon considéré à l’intérieur du cœur de la fibre.
2. Quelle relation existe-t-il entre r et α ?
3. Quel est l'angle critique de réflexion totale αc du faisceau à l'intérieur de la fibre ?
4. Quelle est la valeur im de l'angle d'incidence correspondant à l'entrée de la fibre ?

On appelle ouverture numérique O.N. la quantité $\sin(i_m)$.

5. Exprimer O.N. en fonction de n_1 et n_2. Quelle condition doit remplir i pour que le pinceau se propage le long de la fibre sans quitter le cœur de celle-ci ?

Supposons que l’on envoie dans la fibre une impulsion lumineuse sous la forme d’un faisceau conique convergent, de demi-angle au sommet $i_s<i_m$.

6. Calculer le temps t_0 mis pour parcourir une distance L pour un rayon d’angle $i_0 = 0$, puis le temps t1 pour un rayon d’angle is. Que constate-t’on?

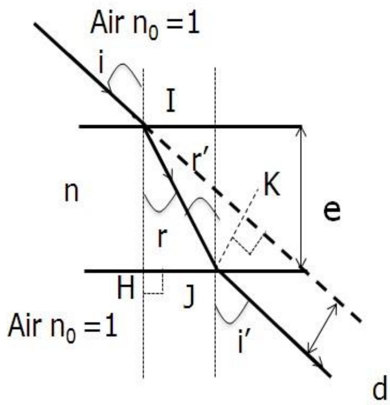


Exercice 5 : Lame à faces parallèles

Un pinceau lumineux frappe la face d’entrée d’une lame à faces parallèles d'épaisseur e, plongée dans l'air et d'indice n, sous une incidence i. On représente la marche du rayon incident sur la figure ci-contre.

1. Montrer que le rayon incident et le rayon émergent sont bien parallèles.

2. Etablir l'expression du déplacement d en fonction de e, i et r. Que vaut d lorsque i = 0° et i = 90°.



3. Montrer que d peut s'exprimer en fonction e, i et n, sous la forme suivante :

$$d = e\sin\left(1-\frac{\sqrt{1-\sin^2 i}}{\sqrt{n^2-\sin^2 i}}\right)$$

4. On suppose maintenant que l'angle i est très petit. Montrer que d peut s'écrire sous la forme simple :

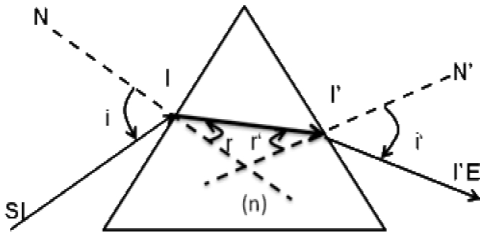
$$d \approx e.i\left(1-\frac{1}{n}\right)$$

Commenter la relation précédente.

Application numérique : Calculer la valeur de d pour i = 5°, n = 1,5 et e = 10 cm.

Exercice 6 : Prisme

Soit un prisme d'angle au sommet A et fabriqué dans un verre d'indice de réfraction n. Il est placé dans l'air d'indice n0=1.



1. Etablir les quatre formules du prisme. Que deviennent-elles dans le cas où A et i sont petits ?

2. On cherche à déterminer l'indice du prisme :

L'expérience montre que pour une radiation monochromatique donnée, la déviation D passe par une valeur minimum. Soit Dm la valeur de cette angle de déviation minimale.

a. Déterminer la condition sur i et i' pour que D=D_m.
b. En déduire ensuite la condition sur r et r'.
c. En déduire la valeur de i en fonction de A et de D_m et enfin la valeur de l'indice du prisme.
d. Calculer la valeur de l'angle critique d'incidence au point I'.
e. En déduire qu'il existe une valeur AM de A au-delà de laquelle il n'y aura aucun rayon émergent, quel que soit l'angle d'incidence i. Calculer AM pour n = 1,5.

Exercice 7 : Dioptre sphérique

Un dioptre sphérique convexe, de rayon $R = \overline{CS} = -20\ mm$, sépare deux milieux d'indices n = 1 et n' = 1,5.

1- Calculer sa vergence V. Est-il convergent ou divergent ?
2- Déterminer les positions de ses foyers F et F'.
3- On considère un petit objet AB plan perpendiculaire à l'axe optique, de hauteur 3 cm, placé à droite du sommet S à la distance SA = 4 cm.
a) Déterminer graphiquement la position de l'image $\overline{SA'}$ et la taille de l'image $\overline{A'B'}$ de AB.
b) Déterminer numériquement la position de cette image.
c) Calculer le grandissement transversal γ du dioptre. Conclure sur le signe de γ et sur la taille de l'image.