Lois de l'optique géométrique, exercices

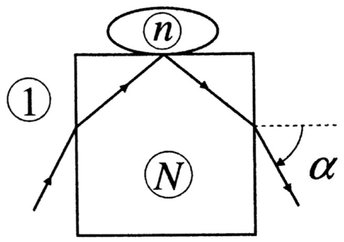
Exercice 1 : Rayon lumineux à travers une vitre ●❍❍

On considère un rayon lumineux unique arrivant suivant un angle d'incidence i sur une vitre verticale d'épaisseur e.

1. Montrer par un argument simple que le rayon émergent de la vitre sort en faisant un angle i par rapport à la normale au dioptre.
2. Donner un ordre de grandeur raisonnable pour l'indice du verre et pour l'épaisseur e.
3. Calculer le décalage vertical d au niveau de la face de sortie du verre, entre le rayon émergent et le rayon incident si ce dernier n'avait pas été dévié. L'angle i est choisi égal à 20°.
4. En supposant que la vitre soit propre, comment est-il possible de remarquer la présence de la vitre ?

Exercice 2 : Réfractomètre de Pulrich ●❍❍

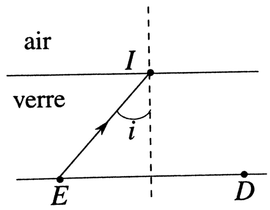
Un réfractomètre de Pulrich est constitué d'un bloc de verre de section rectangulaire d'indice optique N connu, sur lequel on a déposé une goutte de liquide d'indice n inconnu. On observe un faisceau de rayons parallèles qui entrent dans le bloc de verre, puis se réfléchissent sur la goutte de liquide avant de sortir par le côté opposé du bloc de verre. On se place à la limite de la réflexion totale au niveau de la goutte de liquide. On mesure alors l'angle α entre les rayons sortant et la normale au bloc de verre.



1. En utilisant la loi de Descartes sur la réfraction, déterminer l'angle α_i entre le rayon sortant avant sa sortie du réfractomètre, et la normale au dioptre, en fonction de α et de N.
2. En déduire l'expression de l'angle β entre ce même rayon et la normale au point d'incidence situé au niveau de la goutte de liquide.
3. Déterminer l'angle limite de réflexion totale α_{lim} entre le verre et la goutte de liquide.
4. On est en limite de réflexion totale au niveau de la goutte. Que dire alors de l'angle β ?
5. En déduire l'expression de n en fonction de N et de α. Application numérique pour $N = 1,5$ et $\alpha = 60°$.

Exercice 3 : Détection de pluie sur un pare brise ●●○

On modélise un pare-brise par une lame de verre à faces parallèles, d'épaisseur $e = 5$ mm, d'indice $n = 1,5$. Un fin pinceau lumineux issu d'un émetteur situé en E arrive de l'intérieur du verre sur le dioptre verre/air en I avec un angle d'incidence $i = 60°$.



1. Montrer que le flux lumineux revient intégralement sur le détecteur situé en D et déterminer la distance ED.
2. Lorsqu'il pleut, une lame d'eau d'indice $n_e = 1,33$ et d'épaisseur $e' = 1$ mm se dépose sur le pare-brise. Représenter le rayon lumineux dans ce cas. À quelle distance du détecteur arrive-t-il ?

Exercice 4 : Fibre optique ●●○

Les câbles à fibres optiques permettent la transmission à haut débit de tous types de signaux électromagnétiques, sur de longues distances avec très peu d'atténuation ; ceux-ci se propagent comme la lumière. Chaque câble comporte un grand nombre de fibres très fines.
Une fibre optique à saut d'indice peut être assimilée à un cylindre de révolution d'axe Oz constitué d'un cœur, de rayon a (de l'ordre de 8 à 50 μm) et d'indice n_1, entouré d'une gaine cylindrique d'épaisseur $b - a$ et d'indice $n_2 < n_1$.
Un rayon pénètre dans la fibre en O, par sa base, en faisant un angle θ avec l'axe Oz.

1. Le rayon lumineux ne peut se propager dans la fibre que s'il subit une réflexion totale au niveau de l'interface gaine/cœur. Déterminer l'angle limite de réflexion totale entre ces deux milieux.
2. En supposant que cet angle soit exactement atteint, déterminer la valeur α de l'angle d'incidence du rayon à l'entrée de la fibre, puis effectuer l'application numérique.
3. Cette valeur est-elle une valeur maximale ou une valeur minimale de l'angle d'incidence pour que le rayon puisse se propager dans la fibre ? Justifier votre réponse.
4. On appelle dispersion multimodale τ la différence de temps de parcours entre un rayon entrant suivant l'angle α et un rayon entrant d'incidence normale $\theta_0 = 0$, pour une fibre de longueur L. On cherche à calculer cette longueur pour une fibre de longueur $L = 100$ m.
   (a) Exprimer en fonction de L et c le temps de parcours du rayon d'incidence nulle.
   (b) Exprimer le temps de parcours du rayon d'incidence α, en fonction de L, c, et $\cos(r)$, avec r l'angle de réfraction de ce rayon à son entrée dans la fibre.
   (c) Exprimer $\cos(r)$ uniquement en fonction de n_1 et n_2. Exprimer alors τ uniquement en fonction de L, c, n_1 et n_2. Faire l'application numérique.

Pour les applications numériques, on prendra $n_1 = 1,456$ et $n_2 = 1,410$.