TD01– OPTIQUE GÉOMETRIQUE (1)

Exercice 1 : Questions de cours (à savoir faire sans le cours sous les yeux)

Partie 1 : Sources lumineuses

1.Donner les longueurs d’onde dans le vide associées aux couleurs : violet, bleu, vert, jaune, rouge.
2. Donner la valeur de la célérité de la lumière dans le vide.
3. Donner la relation entre la célérité de la lumière dans un milieu transparent d’indice n et la célérité de la lumière dans le vide.
4. Établir la relation entre la longueur d’onde dans le vide et la longueur d’onde dans un milieu matériel d’indice n.
5. Dessiner l’allure du profil spectral de la lumière produite par une source de lumière blanche, une lampe spectrale, un laser. Qualifier chacun de ces spectres (spectre d’émission continu, spectre de raies, spectre à une raie).

Partie 2 : Modèle de l’optique géométrique

6. Définir le modèle de la source ponctuelle monochromatique et la notion de rayons lumineux.
7. Définir le modèle de l’optique géométrique.
8. Indiquer les limites du modèle de l’optique géométrique.
9. Énoncer de façon complète et à l’aide d’un schéma la loi de Descartes pour la réflexion.
10. Énoncer de façon complète et à l’aide d’un schéma la loi de Descartes pour la réfraction.
11. Établir la condition de réflexion totale.
12. Définir le cône d’acceptance et établir l’expression de l’ouverture numérique pour une fibre optique à saut d’indice ;

$$O.N=\sqrt{n_{coeur}^2-n_{gaine}^2}$$

13. Établir l’expression de la dispersion intermodale pour une fibre à saut d’indice.

Exercice 2 : Appareil photographique de smartphone.

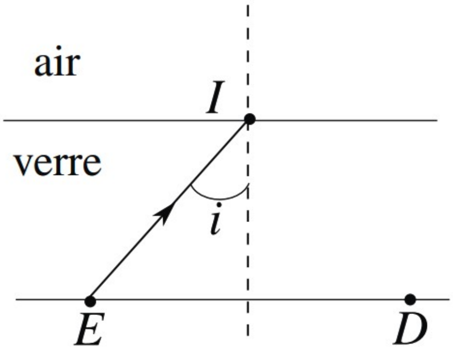
L’appareil photographique du dernier Samsung Galaxy S20 possède des objectifs de diamètre 1,8 mm. Peut-on étudier la propagation de la lumière dans cet appareil photographique dans l’approximation de l’optique géométrique ? Justifier.

Exercice 3 : Partie de pêche.

Dans un film Western, un homme armé d'un arc et de flèches longe les berges d'un fleuve. Il aperçoit un poisson dont il veut faire son repas. Doit-il viser entre lui et le poisson qu’il voit ou derrière ce dernier pour espérer l’atteindre ? Justifier soigneusement.

Exercice 4 : Détecteur de pluie.

On modélise un pare-brise par une lame de verre à faces parallèles, d’épaisseur e_1 = 5 mm, d’indice n_v = 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°.

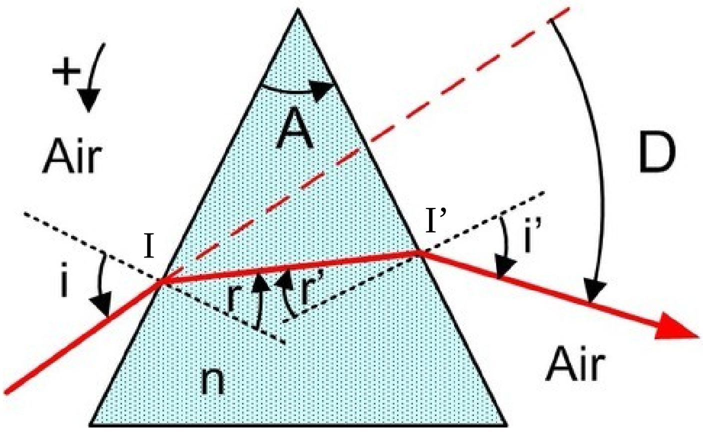


1. Montrer que le flux lumineux revient intégralement sur le détecteur situé en D et déterminer la distance ED.
2. Lorsqu’il pleut, une lame d’eau d’indice n_e = 1,33 et d’épaisseur e_2= 1 mm se dépose sur le pare-brise. Représenter qualitativement le rayon lumineux dans ce cas. À quelle distance du détecteur arrive-t-il ?

Exercice 5 : Prisme (extrait concours). ★

On considère un prisme d'angle A = 60° constitué d'un verre d'indice n. On appelle déviation (notée D) l'angle entre le rayon transmis par le prisme et le rayon incident. On prendra n_{air}=1,00.

On notera i et i' les angles d'incidence à l'entrée et à la sortie du prisme, ainsi que r et r' les angles des rayons réfractés à l'intérieur du prisme respectivement côté entrée et côté sortie.



1. Appliquer la loi de Descartes pour la réfraction en I et I’ afin d’obtenir les relations entre angles d'incidence et angles de réfraction.
2. Exprimer A en fonction de r et r’.
3. Établir la relation : D = i’- i + A

Pour une valeur donnée de l'indice n, la déviation D est en fait seulement fonction de i. Lorsque i varie, la déviation D présente une valeur minimale, notée D_m dans la suite.

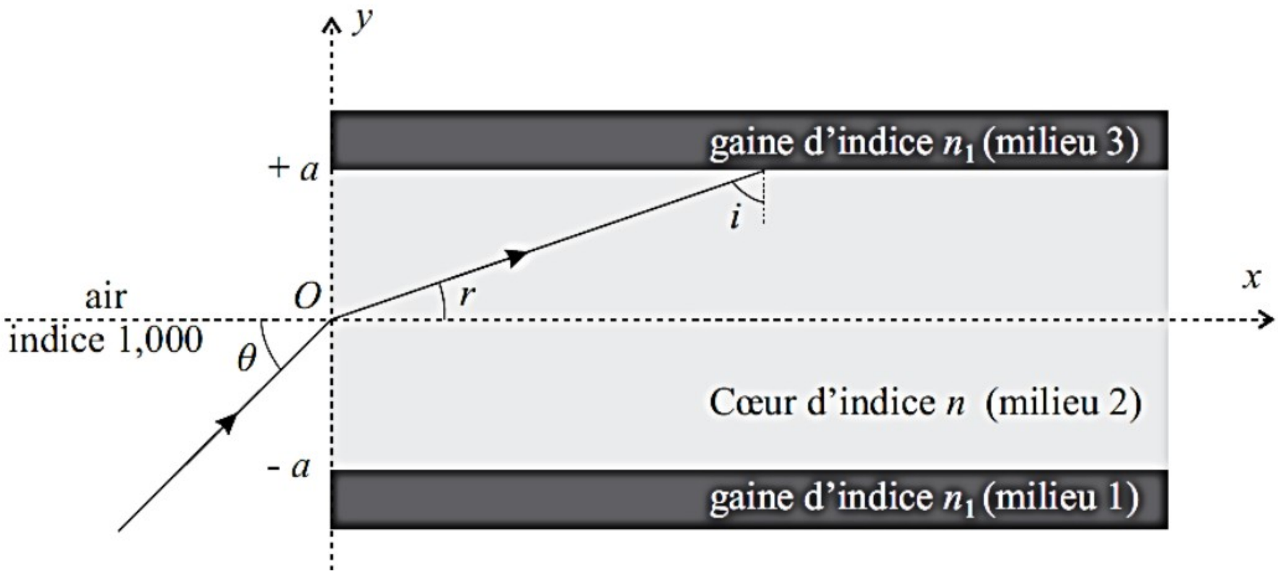
4. En différenciant les relations des questions 1 et 2, démontrer l'égalité suivante : $\frac{di'}{di} = \frac{\cos(i)\cos(r')}{\cos(i')\cos(r)}$.

5. Montrer qu'au minimum de déviation, $(1 - n^2)(sin^2(i) - sin^2(i'))=0$. En déduire qu'au minimum de déviation les angles i et i' vérifient i' = - i.

6. Établir la relation $n\sin(\frac{A}{2})=\sin(\frac{D_m-A}{2})$. En déduire une méthode expérimentale pour mesurer l'indice d'un matériau.

Exercice 6 (À savoir refaire) : Fibre optique à saut d'indice (extrait concours Mines-Ponts 2011) ★ ★ ★

Dans cet exercice, les rayons lumineux sont supposés issus d'une radiation monochromatique de fréquence f, de pulsation ω et de longueur d'onde λ dans le milieu constituant le cœur. Les différents angles utiles sont représentés sur la figure ci-dessous.



1. À quelle condition sur l'angle d'incidence à l'interface cœur/gaine, le rayon reste-t-il confiné à l'intérieur du cœur ? On note i_{lim} l'angle d'incidence limite.
2. Montrer que la condition précédente est vérifiée si l'angle d'incidence θ est inférieur à un angle limite θ_{lim} dont on exprimera le sinus en fonction de n et i_{lim}. En déduire l'expression de l'ouverture numérique ON = $\sin(\theta_{lim})$ de la fibre en fonction de n et n_1 uniquement.
3. Donner la valeur numérique de ON pour n = 1,50 et n_1 = 1,47.

On considère une fibre optique de longueur L. Le rayon entre dans la fibre avec un angle d'incidence θ variable compris entre 0 et θ_{lim}. On note c la vitesse de la lumière dans le vide.

4. Pour quelle valeur de l'angle θ, le temps de parcours de la lumière dans la fibre est-il minimal ? maximal ? Exprimer alors l'intervalle de temps δt entre le temps de parcours minimal et maximal en fonction de L, c, n et n_1.

5. On pose $2\Delta=1-(\frac{n_1}{n})^2$ .On admet que pour les fibres optiques $\Delta \ll 1$. Donner dans ce cas l'expression approchée de δt en fonction de L, c, n et Δ. On conservera cette expression de δt pour la suite du problème.

Indication mathématique* : *si x<<1, alors $\frac{1}{\sqrt{1-x}} \sim 1+\frac{1}{2}x$

6. Le signal transporté par la fibre est constitué d'impulsions lumineuses d'une durée T_1 à intervalle régulier T. Quelle valeur minimale de T faut-il choisir pour que les impulsions soient distinctes à la sortie de la fibre ? Proposer une définition de la bande passante en bits (ou nombre d'impulsions) par seconde pour une fibre de longueur L = 1,00 km . Comparer la valeur de la bande passante obtenue ici avec celle d'un téléphone portable (64 bits par seconde) et celle de la télévision (100 Mbits par seconde).