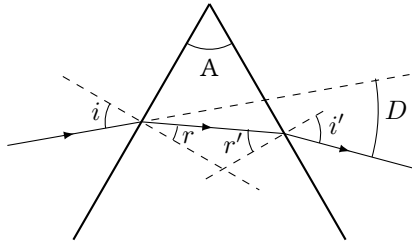


DS2 : Optique géométrique

Durée 3h, calculatrices autorisées. Le DS est probablement trop long pour que vous puissiez tout faire, c'est normal, faites-en le maximum.

Exercice 1 : UN PRISME



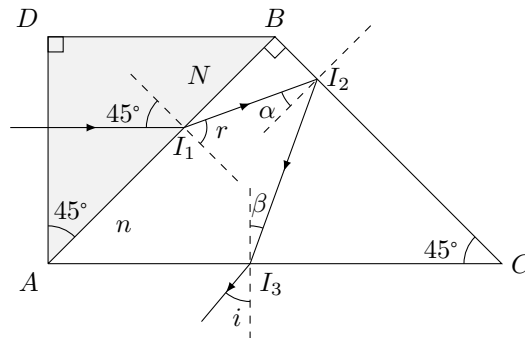
Un rayon incident entre dans un prisme d'angle A et d'indice n avec un angle d'incidence i . Le rayon émergent a subi une déviation D . Tous les angles indiqués sur la figure sont positifs. Le prisme est dans l'air d'indice 1.

1. Écrire les lois de la réfraction aux deux interfaces, et donner leurs approximations aux petits angles.
2. Écrire la relation entre r , r' et A .
3. Exprimer D en fonction de i , r , i' et r' .
4. En déduire l'expression de D en fonction de n et A dans l'approximation des petits angles.
5. Expliquer pourquoi un milieu dispersif en forme de prisme permet d'observer le spectre d'une lumière.

Exercice 2 : DEUX PRISMES ACCOLÉS

Deux morceaux de verre taillés sous forme de triangles isocèles rectangles d'indices respectifs N et n ont leur face AB commune. Un rayon incident frappe AD sous une incidence normale, se réfracte en I_1 , subit une réflexion en I_2 puis ressort en I_3 sous une incidence i .

Les valeurs de N et n sont telles que la réflexion soit totale en I_2 .



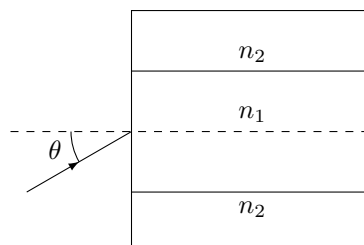
1. Écrire la relation de Snell-Descartes aux points I_1 et I_3 .
2. Quelles relations vérifient les angles r et α ? α et β ?
3. Montrer que la valeur limite N_0 de N pour que la réflexion soit totale en I_2 vérifie :

$$N_0^2 = 2(n^2 - 1)$$

4. Pour que la réflexion soit totale en I_2 la valeur de N doit-elle être supérieure ou inférieure à N_0 ? Justifier la réponse.
5. Écrire la relation vérifiée par N et n pour que l'angle i soit nul.

Exercice 3 : FIBRE OPTIQUE À SAUT D'INDICE

Une fibre optique à saut d'indice est composée d'un cœur d'indice n_1 entouré d'une gaine d'indice n_2 . On considère un rayon qui entre dans le cœur de la fibre avec un angle d'incidence θ . On utilise les fibres optiques pour transmettre des données numériques qui sont codées sous forme d'impulsions lumineuses distinctes qui se propagent dans la fibre.



1. Quelle condition doit-on avoir sur n_1 et n_2 pour qu'il puisse y avoir réflexion totale à leur interface ?
2. Montrer qu'un rayon qui subit une réflexion totale reste confiné dans le cœur de la fibre.
3. Calculer l'angle d'incidence maximum θ_m pour que le rayon incident reste confiné dans le cœur. Donner la valeur numérique de θ_m pour une fibre optique en matière plastique dont $n_1 = 1,59$ et $n_2 = 1,46$
4. Une impulsion lumineuse incidente est formée de rayons ayant tous les angles d'incidence compris entre 0 et θ_m . Expliquer pourquoi une impulsion extrêmement brève qui entre dans la fibre en ressort à une distance L avec une durée τ plus longue. On pourra comparer le temps de propagation dans la fibre des rayons incidents avec un angle $\theta = 0$ avec celui des rayons incidents avec un angle $\theta = \theta_m$.
5. Exprimer τ en fonction de L , n_1 et n_2 . Pourquoi cela a-t-il une influence sur le débit maximum des données transmises par la fibre ?
6. Quelle est l'influence de la longueur de la fibre sur le débit maximum des données qu'elle transporte ?

Exercice 4 : L'APPAREIL PHOTO NUMÉRIQUE

On modélise un appareil photo numérique par un objectif assimilable à une lentille mince convergente L de distance focale image $f' = 55$ mm. Le capteur C de l'appareil photo se trouve à une distance d de la lentille.

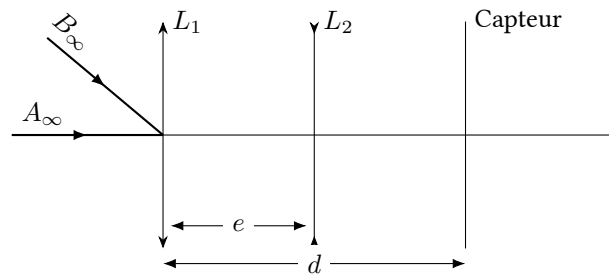
1. Faire un schéma de l'appareil photo ainsi modélisé en faisant apparaître un objet et son image sur le capteur. Expliquer succinctement son fonctionnement.
2. Où doit-on placer l'objectif par rapport au capteur pour obtenir une image nette d'un objet très éloigné ? On dit alors que l'objectif est réglé sur l'infini.
3. On souhaite maintenant produire une image nette sur le capteur d'un objet qui se situe à 1,20 m de la lentille, quelle doit être alors la distance d ?
4. Expliquer comment on procède pour *faire la mise au point* avec cet appareil.
5. On photographie une tour de 50 m de hauteur située à une distance de 100 m. Calculer la hauteur de l'image de la tour sur le capteur.
6. Le capteur a la forme d'un rectangle de hauteur $a = 24$ mm et de largeur $b = 36$ mm. Calculer la hauteur maximale d'un objet situé à une distance de 100 m pour que son image soit entièrement sur le capteur. (l'appareil photo est tenu horizontalement)
7. On ajoute juste après la lentille un diaphragme circulaire qui limite la taille du faisceau entrant dans la lentille. Quelle est l'influence de la taille du diaphragme sur l'image projetée sur le capteur ?
8. L'objectif étant réglé sur l'infini, un point A de l'axe optique à une distance AO finie de l'objectif ne produit pas sur l'écran une image nette mais une tache. Faire un schéma qui le montre. À quelle condition sur la taille de cette tache, l'image enregistrée par le capteur restera-t-elle nette ?
9. Les pixels du capteur de l'appareil sont des carrés d'environ $10\mu\text{m}$ de côté. Calculer la distance minimale A_0O pour laquelle l'image enregistrée restera nette. Pour un diaphragme dont l'ouverture est de 20 mm puis pour une ouverture de 5 mm
10. Lorsque l'objectif fait la mise au point sur un point A de l'axe optique, la distance ΔD autour de A sur laquelle un objet produira une image nette s'appelle la *profondeur de champ*. Comment évolue la profondeur de champ en fonction de l'ouverture du diaphragme ?
11. La série de photographies représentée sur la figure 1 a été prise avec le même appareil photo en changeant uniquement l'ouverture du diaphragme. Pour quelle photo le diaphragme est-il le plus ouvert ? le plus fermé ?



FIGURE 1 – Série de photos prises avec des ouvertures différentes

Exercice 5 : LE TÉLÉOBJECTIF

Un téléobjectif d'appareil photo est formé de deux lentilles minces L_1 et L_2 distantes de $e = 2\text{ cm}$. La lentille L_1 est convergente de distance focale image $f'_1 = 6\text{ cm}$ et la lentille L_2 est divergente de distance focale objet $f_2 = 8\text{ cm}$. Le capteur est placée à la distance $d = 10\text{ cm}$ de L_1 (voir figure). Dans ces conditions l'appareil photographique est mis au point à l'infini.



1. Reproduire le schéma à l'échelle en indiquant la position des foyers principaux F_1 , F'_1 , F_2 , F'_2 des deux lentilles.
2. Un objet $A_\infty B_\infty$ situé à l'infini est vu sous un diamètre angulaire α . Construire l'image $A_1 B_1$ formée par la lentille L_1 puis l'image finale $A_2 B_2$ formée par la lentille L_2 .
3. Calculer la dimension de l'image $A_1 B_1$ en fonction de α et f'_1 .
4. Calculer la dimension de l'image $A_2 B_2$ en fonction de f'_1 , f_2 , e et α (On utilisera la formule de conjugaison donnée en début d'énoncé). Faire l'application pour $\alpha = 3 \times 10^{-4}\text{ rad}$.
5. Quelle serait la longueur focale d'une lentille convergente simple qui donnerait une image de taille identique ? Quelle devrait être alors la distance d entre la lentille et le capteur.
6. Conclure sur l'intérêt d'un montage de type téléobjectif relativement à son encombrement.