
TD5

Rappel optique

Questions de cours

- Qu'est ce qu'un milieu MTHI
- Donner les lois de Descartes
- Expliquer le phénomène de réflexion totale. Quand ce phénomène peut-il se produire ?
- Définir le stigmatisme
- Définir l'aplanétisme
- Que sont les conditions de Gauss ?
- Donner les relations de Descartes et de Newton
- Quelle est la condition de projection d'une image
- Expliquer les différents problèmes de l'oeil et leurs implications optiques
- Définir le grossissement et le grandissement

Applications directes du cours

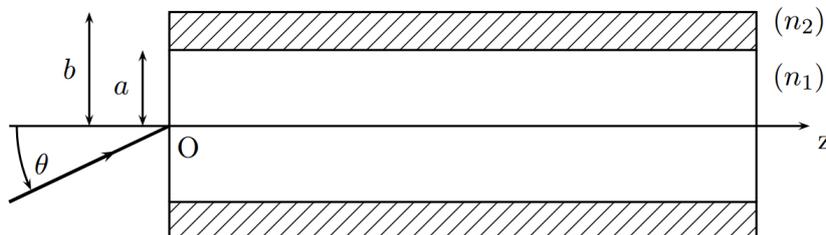
Exercice 1 - Fibre optique à saut d'indice - ♥♥♥ / ★

Les câbles à fibre optique 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 coeur, de rayon a (de l'ordre de 8 à 50 μm) et d'indice n_1 , entouré d'une couche cylindrique, la gaine, 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).

Déterminer la condition sur θ pour que le rayon se propage dans le coeur de la fibre.



Exercice 2 - Diamètre apparent d'un astre - ♥ / ★

Un astre est vu à l'oeil nu sous un diamètre apparent de une minute d'arc (soit 1/60ème de degré). On veut en faire une image sur un écran à l'aide d'une lentille convergente de vergence $V = 1\delta$.

Où doit-on placer l'écran pour matérialiser l'image de l'astre ? Quelle est le diamètre d de l'image de l'astre sur l'écran ?

Exercice 3 - Correction d'un œil myope - ♥♥♥ / ★

Un œil myope est modélisé par une lentille convergente L dont le centre optique O est placé à 15 mm de la rétine. Son PR est situé à la distance finie de 1,2 m, et son PP est situé à 2 cm.

1. Quelles sont les limites de variation de la distance focale f' de la lentille équivalente au cristallin ?
2. Déterminer la distance focale f'_1 de la lentille L_1 qu'il faut placer à 4 cm devant L pour permettre une vision sans fatigue à l'infini.
3. Où est dans ce cas situé le nouveau PP ?

Exercice 4 - Méthodes de Bessel et Silberman - ♥♥♥ / ★★

Soit un objet A dont on souhaite obtenir l'image A' sur un écran par une lentille convergente de distance focale image f' . Pendant toute l'expérience, la distance D entre l'objet et l'écran est fixée, et seule la lentille peut se déplacer. On note $x = \overline{OA}$, avec O le centre optique de la lentille.

1. Dans le cas où $D > 4f'$, montrer qu'il existe deux positions x_1 et x_2 de la lentille telles que A et A' soient conjugués ; en déduire que la mesure de la distance $d = |x_2 - x_1|$ entre ces deux positions permet de déterminer la distance focale f' de la lentille (méthode de BESSEL) par la relation

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

2. Dans le cas particulier où $D = 4f'$, montrer qu'il n'existe plus qu'une seule position de la lentille telle que l'image A' de A soit située à l'écran, et que le grandissement est alors égal à -1 (méthode de SILBERMAN).

Approfondissements

Exercice 5 - Incidence de Brewster - ♥ / ★

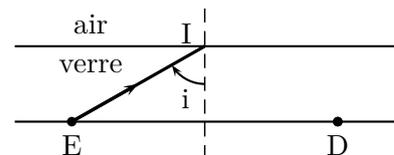
On considère l'interface air (indice $n_a = 1,00$) – eau (indice $n = 1,33$). Pour quel angle d'incidence i_B le rayon réfléchi est-il perpendiculaire au rayon réfracté ?

Refaire l'application numérique dans le cas d'un dioptre air – verre (indice $n = 1,5$).

Exercice 6 - Détection de la pluie sur un pare-brise - ♥ / ★★

On modélise un pare-brise par une lame de verre à faces parallèles, d'épaisseur $e = 5\text{ mm}$, 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 $i = 60^\circ$.

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 $e' = 1\text{ mm}$ se dépose sur le pare-brise. Représenter le rayon lumineux dans ce cas. À quelle distance du détecteur arrive-t-il ?



Exercice 7 - Relations de conjugaisons - ♥ / ★★★

En prenant un cas simple (l'image d'un objet réel donné par une lentille convergente, par exemple) retrouver les relations de conjugaison de Newton et Descartes.

Exercice 8 - Système afocal - ♥♥ / ★★

Soit le doublet optique L_1 ($O_1, f'_1 = 20 \text{ cm}$), L_2 ($O_2, f'_2 = -5,0 \text{ cm}$), les foyers F'_1 et F_2 étant confondus.

1. Quelle est la nature de ce doublet ? Calculer le grandissement γ . γ dépend-il de la position de l'objet A ?
2. Un objet est vu, à l'infini, sous un angle α . Déterminer le grossissement $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$, α' étant l'angle sous lequel est vue l'image.

Exercice 9 - Lunette astronomique - ♥♥♥ / ★★

On considère une lunette astronomique formée :

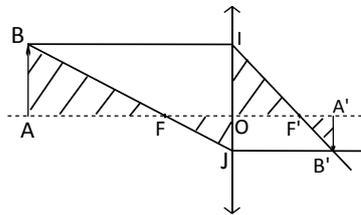
- d'un objectif constitué d'une lentille mince convergente L_1 , de distance focale $f'_1 = \overline{O_1F'_1} > 0$;
- d'un oculaire constitué d'une lentille mince convergente L_2 , de distance focale $f'_2 = \overline{O_2F'_2} > 0$.

On souhaite observer la planète Mars, qui est vue à l'oeil nu sous le diamètre apparent α .

1. Pour voir la planète nette à travers la lunette, on forme un système afocal.
 - (a) Que cela signifie-t-il ? Que cela implique-t-il pour les positions des lentilles ?
 - (b) Faire le schéma de la lunette en prenant $f'_1 = 5f'_2$. Dessiner sur ce schéma la marche à travers la lunette d'un faisceau lumineux formé de rayons issus de la planète. On appellera $\overline{A'B'}$ l'image intermédiaire.
 - (c) On souhaite photographier cette planète. Où faut-il placer la pellicule ?
2. On note α' l'angle que forment les rayons émergents extrêmes en sortie de la lunette.
 - (a) L'image est-elle droite ou renversée ?
 - (b) La lunette est caractérisée par son grossissement $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$. Exprimer G en fonction de f'_1 et f'_2 .
3. On veut augmenter le grossissement de cette lunette et redresser l'image. Pour cela, on interpose entre L_1 et L_2 une lentille convergente L_3 , de distance focale $f'_3 = \overline{O_3F'_3} > 0$. L'oculaire est déplacé pour avoir de la planète une image nette à l'infini à travers le nouvel ensemble.
 - (a) Quel couple de points doit conjuguer L_3 pour qu'il en soit ainsi ?
 - (b) On appelle γ_3 le grandissement de la lentille L_3 . En déduire $\overline{O_3F'_1}$ en fonction de f'_3 et γ_3 .
 - (c) Faire un schéma. On placera O_3 entre F'_1 et F_2 , et on appellera $\overline{A'B'}$ la première image intermédiaire et $\overline{A''B''}$ la seconde image intermédiaire.
 - (d) En déduire le nouveau grossissement G' en fonction de γ_3 et de G . Comparer à G , en norme et en signe. Conclure.

Éléments de réponse

1. $\theta \leq \arcsin(\sqrt{n_1^2 - n_2^2})$
2. $A'B' = 2,91 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
3. 1) $1,52 \text{ cm} \leq f' \leq 1,71 \text{ cm}$
 2) $f'_1 = -1,16 \text{ m}$
 3) le nouveau PP est situé à $12,8 \text{ cm}$ devant \mathcal{L} .
4. x_1 et x_2 sont solutions de $x^2 - Dx + Df' = 0$
5. $i_B(\text{eau}) = \arctan n = 53^\circ$
6. $ED = 2e \tan i = 1,7 \text{ cm}$
7. Utiliser le théorème de Thalès dans les triangles hachurés de la figure suivante.



8. 1) Lunette afocale, $\gamma = 1/4$, indépendant de A
 2) $G = 4$
9. 1) $F'_1 = F_2$
 2) renversée; $G = -\frac{f'_1}{f'_2} = -5$
 3) L_3 doit conjuguer F'_1 et F_2 ; $\overline{O_3 F'_1} = f'_3 \left(\frac{1}{\gamma_3} - 1 \right)$; $G' = \gamma_3 G$