Voir à travers

Question de cours

Les schémas ci-dessous correspondent-ils à une situation possible ? Si oui, faire la construction graphique de l'image de l'objet AB (qui peut être réel ou virtuel). Si non, expliquer pourquoi.

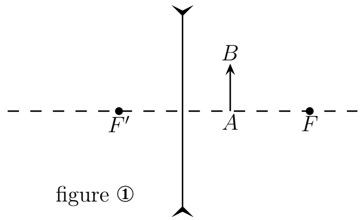


figure ①

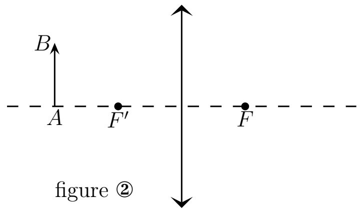


figure ②

Exercice 1 Constructions graphiques

Déterminer graphiquement les positions de l'objet et de son image telles que le grandissement soit égal à 2. Répondre à la question pour une lentille convergente et une lentille divergente.

Exercice 2 Lentille mince

On désire projeter, à l'aide d'une lentille mince convergente, l'image d'un petit objet AB sur un écran E parallèle à AB. La distance de AB à E est donnée et égale à D. On souhaite obtenir un grandissement dont la valeur absolue est égale à a. Quelle distance focale f' doit avoir la lentille utilisée ?

Lorsque $a = 1$, il s'agit de la méthode de Silbermann pour déterminer la distance focale f' d'une lentille convergente.

Exercice 3 Distance objet / image

Rechercher la distance minimale objet réel – image réelle à l'aide d'une lentille mince convergente.

Exercice 4 Focométrie : méthode de Bessel

On dispose d'un objet AB dont on veut projeter une image $A'B'$ sur un écran situé à la distance D de (AB). Pour ce faire, on dispose d'une lentille convergente de distance focale f'.

1. Montrer qu'une projection n'est possible que si $D \geqslant 4\,f'$.
2. Montrer que si $D > 4\,f'$, il existe deux positions de la lentille permettant d'obtenir une image nette de AB sur l'écran (E) et que ces deux positions sont distantes de d telle que : $f' = \dfrac{D^2 - d^2}{4\,D}$.
3. La méthode de Bessel découle du calcul précédent : on mesure D et d et on en déduit f'.

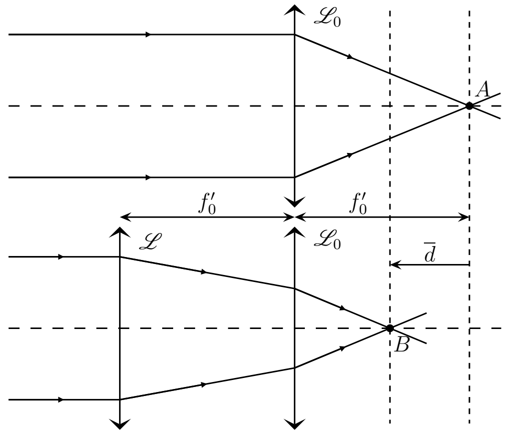
   La méthode de Bessel, appliquée à une certaine lentille, a conduit aux résultats suivants :

D (cm)	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
d (cm)	14,3	22,6	29,7	35,1	41,9	47,6	53,5	59,0

   Calculer la distance focale f' de la lentille utilisée et évaluer l'incertitude sur le résultat sachant que les mesures sont faites à 5 mm près.

Exercice 5 Focométrie : méthode de Badal

On cherche à déterminer la distance focale f' d'une lentille $\mathscr{L}$ inconnue à l'aide d'une lentille $\mathscr{L}_0$ de distance focale f'_0 connue. On repère tout d'abord l'image A que donne $\mathscr{L}_0$ d'un objet à l'infini. On positionne ensuite $\mathscr{L}$ dans le plan focal objet de de $\mathscr{L}_0$. On repère alors l'image B donnée par l'ensemble $\{\ \mathscr{L} + \mathscr{L}_0\ \}$ et on note $\overline{d} = \overline{AB}$.



1. Montrer que la distance focale f' peut s'exprimer en fonction de $\overline{d}$ et de f'_0.
2. Y a-t-il des conditions à respecter sur f' et f'_0 pour pouvoir réaliser expérimentalement cette méthode ?

Exercice 6 Objectif photographique

Un objectif photographique est constitué d'une lentille convergente $\mathscr{L}_1$ de centre O_1, de distance focale image $f'_1 = O_1F'_1 = 75$ mm. La pellicule Π est placée dans le plan focal image de l'objectif. On ajoute à cet objectif deux lentilles additionnelles :

➜ une lentille $\mathscr{L}_2$ divergente, de centre O_2 et de distance focale $f'_2 = -25$ mm, que l'on accole à $\mathscr{L}_1$; on a ainsi $O_2 = O_1$.

➜ une lentille $\mathscr{L}_3$ convergente, de centre O_3 et de distance focale $f'_3 = 100$ mm, que l'on fixe devant le système $\{\ \mathscr{L}_1$ - $\mathscr{L}_2\ \}$.

La distance O_3O_1 est évidemment réglée de manière à ce que l'image d'un objet éloigné soit nette sur la pellicule.

1. Faire un schéma représentant des lentilles avec les positions relatives des centres optiques et des foyers.

   Compléter ce schéma par un tracé de rayons définissant la position du foyer image F' de ce téléobjectif constitué par l'ensemble $\{\ \mathscr{L}_1$ - $\mathscr{L}_2$ - $\mathscr{L}_3\ \}$.
2. Déterminer analytiquement et numériquement l'encombrement de cet appareil, c'est-à-dire la distance du centre O_3 de la lentille $\mathscr{L}_3$ à la pellicule Π.
3. Déterminer numériquement la grandeur $\overline{A'B'}$ de l'image d'une tour $\overline{AB}$ de 60 m de hauteur, située à une distance $d = 3{,}0$ km de l'objectif.
4. Déterminer numériquement l'encombrement d'un appareil qui aurait comme objectif une seule lentille donnant une image de même grandeur. Conclusion.

Exercice 7 VISEUR À FRONTALE FIXE

L'œil voit sans accommoder les objets situés à l'infini et en accommodant les objets situés à une distance supérieure à $d_0 = 12{,}5$ cm, distance minimale de vision distincte.

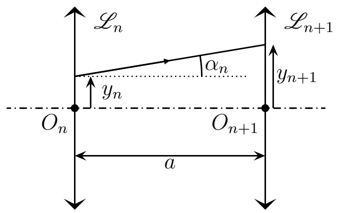
Un viseur constitué d'un objectif $\mathscr{L}_1$ (assimilable à une lentille mince convergente de distance focale $f'_1 = 10$ cm et de diamètre $d_1 = 3{,}0$ cm) et d'un oculaire $\mathscr{L}_2$ (assimilable à une lentille mince convergente de distance focale $f'_2 = 2{,}0$ cm).

Le viseur est réglé de façon à viser à $d = 20$ cm de la face d'entrée de l'objectif (c'est-à-dire que l'œil regardant à travers le viseur voit nettement et sans accommoder les objets situés dans le plan de front situé à 20 cm devant $\mathscr{L}_1$).

1. Déterminer numériquement la distance ℓ entre $\mathscr{L}_1$ et $\mathscr{L}_2$.
2. Déterminer numériquement la position et le diamètre du cercle oculaire, c'est-à-dire de l'image de l'objectif donnée par l'oculaire.
3. Soit AB un petit objet du plan de front situé à 20 cm en avant de $\mathscr{L}_1$ et α' l'angle sous lequel l'observateur voit AB à travers le viseur. Calculer le rapport $P = \dfrac{\alpha'}{AB}$.
4. Quelle région de l'espace objet l'observateur peut-il voir en accommodant à travers le viseur ?
   (a) On supposera l'œil placé dans le plan focal image $\mathscr{L}_2$.
   (b) On supposera l'œil placé contre la lentille $\mathscr{L}_2$.
5. Préciser le rôle du réticule dans le viseur.

Exercice 8 ASSOCIATION DE LENTILLES

On considère une succession de lentilles convergentes minces identiques de même axe optique (Oz) de distance focale $f' > 0$, équidistantes de a avec $a \ll f'$. On se limite ici à des rayons se propageant dans un plan méridien (plan contenant l'axe (Oz)). Un rayon qui vient de traverser la lentille de rang n est parfaitement déterminé par sa distance y_n à l'axe – à la sortie de la lentille – et par l'angle α_n qu'il fait avec (Oz). Par hypothèse $|\alpha_n| \ll 1$.



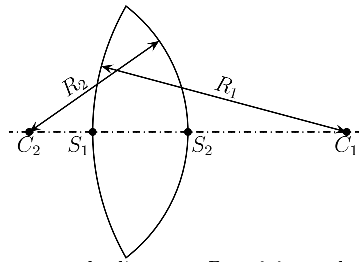
1. Établir une relation de récurrence entre y_{n+1}, y_n et y_{n-1}.
2. En tenant compte de la condition $\dfrac{a}{f'} \ll 1$ et de $|\alpha_n| \ll 1$, transformer cette relation en équation différentielle et en déduire l'allure du trajet d'un rayon lumineux dans un plan méridien.
3. Quel peut être l'intérêt d'un tel dispositif ?

Exercice 9 RÉALISATION D'UN ACHROMAT

On définit la constringence ν d'une lentille de la manière suivante : $\nu = \dfrac{n_\mathrm{D} - 1}{n_\mathrm{F} - n_\mathrm{C}}$ où n_D (resp. n_F et n_C) est l'indice pour la radiation jaune D (resp. rouge F et bleue C) du sodium (resp. de l'hydrogène).

On dispose de deux verres dont les indices sont donnés par le tableau suivant :

Radiation	λ (nm)	Crown B. 1864	Flint C. 8132
C	656,3	1,515 52	1,674 82
D	587,6	1,518 00	1,681 00
F	486,1	1,523 55	1,696 07



Dans le crown B. 1864, on taille une lentille mince $\mathscr{L}_1$ biconvexe de diamètre $D = 8{,}0$ cm ; les rayons de courbures sont $R_1 = 0{,}300$ m et $R_2 = 2{,}02$ m. On admet que la vergence d'une lentille est donnée par $V = \left(\dfrac{1}{\overline{S_1C_1}} - \dfrac{1}{\overline{S_2C_2}}\right)(n-1)$ avec les conventions représentées ci-dessus.

1. En considérant que la distance focale d'une lentille est celle de la raie D, calculer la distance focale f'_1 de cette lentille.
2. Exprimer l'aberration chromatique principale longitudinale $\Delta f'_1 = f'_1(\mathrm{C}) - f'_1(\mathrm{F})$ en fonction de f'_1 et de la constringence ν_1 du crown.
3. Un faisceau de lumière blanche, cylindrique, parallèle à l'axe optique de la lentille, recouvre toute la face d'entrée. L'intersection par un plan de front du faisceau émergent est, au voisinage du foyer image, un cercle irisé.

   Évaluer la valeur minimale ρ du rayon de ce cercle (ρ est l'aberration chromatique principale transversale).
4. On veut réaliser un doublet achromatique en accolant à $\mathscr{L}_1$ une lentille mince $\mathscr{L}_2$ réalisée en flint C. 8132, de façon que les foyers F et C du doublet ainsi constitué coïncident.
   (a) Montrer que $\mathscr{L}_2$ est divergente ; calculer la distance focale f'_2 de $\mathscr{L}_2$ et la distance focale f' du doublet achromatique.
   (b) Les faces en regard ont même rayon de courbure, soit 2,02 m. Calculer le rayon de courbure R'_2 de l'autre face de $\mathscr{L}_2$.