

TD Opt 3 : LENTILLES SPHERIQUES MINCES.

Applications directes du cours

- Un objet réel AB est placé à 2cm devant une lentille divergente de distance focale $f' = -2\text{cm}$. Déterminer par construction géométrique la position de l'image $A'B'$. Déterminer, en utilisant les relations de conjugaison, la position de l'image $A'B'$ et le grandissement.
- Un objet virtuel AB est situé dans le plan focal image d'une lentille convergente de focale $f' = 2\text{cm}$. Déterminer par construction géométrique la position de l'image $A'B'$. Déterminer, en utilisant les relations de conjugaison, la position de l'image $A'B'$ et le grandissement.
- A l'aide d'une lentille convergente, on regarde un objet très éloigné. Le pied de cet objet peut être considéré sur l'axe optique de la lentille. Le sommet de cet objet est vu à l'œil nu sous un angle $\alpha = 10^\circ$. L'image obtenue sur un écran a une hauteur de 8cm . Quelle est la distance focale de la lentille utilisée ?
- Comment peut-on obtenir simplement un système optique convergent, de distance focale 10cm , en partant d'une lentille divergente de distance focale -6cm ?
- Un doublet est constitué de l'association de deux lentilles minces convergentes de distances focales 15cm et 10cm . Les centres optiques sont distants de 25cm . Montrer que ce système est afocal et déterminer son grandissement angulaire.
- Un doublet est constitué de l'association de deux lentilles minces convergentes de distances focales 15cm et 10cm . Les centres optiques sont distants de $5,0\text{cm}$. Déterminer, graphiquement puis en utilisant les relations de conjugaison, la position des foyers du doublet.

Exercices

1 : Projection d'une image avec une lentille convergente. (**)

- Rechercher la distance minimale objet réel - image réelle à l'aide d'une lentille mince convergente.
- Méthode focométrique de Bessel et Silbermann :**
Un objet AB et un écran (E) sont fixes et distants de D . Entre l'objet et l'écran, on déplace une lentille mince convergente de distance focale image f' . Montrer que si $D \geq 4f'$, il existe deux positions de la lentille convergente, distante de d , pour lesquelles il y a une image nette sur l'écran. Exprimer f' en fonction de D et d .

2 : Projection d'une diapositive. (*)

On veut projeter sur un mur, l'image d'une diapositive, $24\text{mm} \times 36\text{mm}$, à l'aide d'une lentille de distance focale $f' = \pm 5\text{cm}$.

- Préciser sa nature convergente ou divergente ?
- Si l'écran est à 5m de la lentille, préciser la position de la diapositive le grandissement et les dimensions de l'image.
- En ne touchant plus à la distance D de la diapositive à l'écran, montrer qu'il existe une autre position de la lentille où l'image est nette. Calculer le nouveau grandissement.

3 : Lentilles accolées. (*)

Déterminer la nature, la vergence et la distance focale d'une lentille L_2 qui, accolée à une lentille convergente L_1 de 75cm de distance focale, donnerait d'un objet réel et pour une seule position du système $\{L_1, L_2\}$, une image nette sur un écran placé à $D = 4\text{m}$ de l'objet.

4 : Relations de conjugaison. (**)

Une lentille mince convergente donne d'un objet une image sur un écran agrandie deux fois et renversée. Lorsque l'on rapproche de $0,36\text{m}$ la lentille de l'écran on parvient à reformer l'image (toujours renversée) sur l'écran, mais sa taille devient la moitié de celle de l'objet. Déterminer la distance focale image de la lentille.

5 : Montage condenseur. (*)

On donne une lentille convergente de distance focale f' . Une source ponctuelle est placée en S , à la distance σ de son foyer objet : $\overline{SF} = \sigma$. On place un écran de l'autre côté de la lentille à distance f' . Calculer le diamètre ℓ de la tache lumineuse sur l'écran.

6 : Autocollimation. (**)

On place un miroir plan dans le plan focal image d'une lentille mince convergente de vergence $0,10\delta$.

- Montrer qu'un rayon lumineux ressort parallèlement à lui-même après avoir traversé le système optique {lentille-miroir plan-lentille}.
- Trouver la position et la taille de l'image d'un objet placé dans le plan focal objet de la lentille.
- En utilisant des tracés de rayons lumineux, donner la relation de conjugaison utilisant le foyer objet F de la lentille et déterminer le grandissement du système étudié.

7 : Oculaire. (*)

Un oculaire est constitué de l'association de deux lentilles minces L_1 et L_2 , $\overline{O_1O_2} = 2\text{cm}$, de même distance focale $f_1' = f_2' = 3\text{cm}$.

- Trouver par construction puis par le calcul les foyers objet et image de ce système optique.
- On étudie un objet AB de hauteur $0,5\text{cm}$ et placé à $\overline{O_1A} = -0,75\text{cm}$. Déterminer la position de l'image finale. Justifier que cet oculaire joue le rôle de loupe.
- L'œil est placé au niveau du foyer image de l'oculaire. Déterminer le diamètre angulaire apparent de l'image $A'B'$.

8 : Doublet lentille convergente-lentille divergente. (**)

On considère un banc d'optique sur lequel on dispose un objet de 20cm de haut à 1m d'une lentille L_1 de vergence $+5\delta$. On met une lentille L_2 de vergence -10δ derrière L_1 à une distance de 20cm .

- Déterminer graphiquement la position de l'image $A'B'$ de AB à travers le dispositif optique ainsi que le grandissement du montage (on fera un schéma en choisissant une échelle adaptée).
- Retrouver les résultats en utilisant les formules de conjugaison.
- Dans quel sens faut-il déplacer L_2 pour agrandir l'image $A'B'$?
- Où faut-il placer L_2 pour rejeter l'image $A'B'$ à l'infini ?

9 : Concentration du flux solaire. (**)

Sur une île déserte, un naufragé dépourvu d'allumettes tente d'allumer un feu avec une loupe trouvée dans les débris du navire. Celle-ci est une lentille convergente de diamètre $D = 2\text{cm}$ et de distance focale image $f' = 10\text{cm}$. Vu de la surface de la Terre, le Soleil a un diamètre angulaire α de l'ordre de 10^{-2}rad , et envoie par rayonnement sur une surface S une puissance $P = \varphi_0 S$. φ_0 , flux surfacique solaire, est de l'ordre de 1kW.m^{-2} .

Le naufragé fait l'image du Soleil sur une feuille sèche et il attend qu'elle s'enflamme.

- Quel est le diamètre d de l'image du Soleil par la lentille ?
- Quelle est la valeur φ du flux surfacique au niveau de cette image ?
- On admet que, lorsque l'équilibre thermique est atteint et en dehors de toute conduction thermique, la température absolue T d'un corps absorbant soumis à un rayonnement caractérisé par un flux surfacique φ est donné par la loi de Stefan :

$$\varphi = \sigma T^4 \text{ avec } \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}.$$

Déterminer l'ordre de grandeur de la température atteinte au niveau de l'image du Soleil.

Réponses et éléments de réponses :

1. $\overline{OA'} = -1\text{cm}$, $\gamma = 0,5$. 2. $\overline{F'A'} = -1\text{cm}$, $\gamma = 0,5$. 3. $f' = 45,4\text{cm}$.
 4. $f' = 3,75\text{cm}$. 5. $G = -1,5$. 6. $\overline{O_2F'} = 5,0\text{cm}$, $\overline{O_1F} = -3,75\text{cm}$.

1 : $1. D \geq 4f'$. 2. $f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$.

2 : 1. $f' = +5\text{cm}$. 2. $\gamma = -99$. 3. $\overline{O_2A'} = 0,05\text{m}$, $\gamma_2 = -1/99$.

3 : $f'_2 = \frac{f'_1 D}{4f'_1 - D}$, $f' = -3\text{m}$.

4 : $f' = \frac{\gamma_2 \gamma_1 d}{\gamma_2 - \gamma_1} = 24\text{cm}$.

5 : $\ell = \frac{Df'}{\sigma + f'}$.

6 : 2. $\overline{A'B'} = -\overline{AB}$. 3. $\overline{FA'} = -\overline{FA}$, $\gamma = -1$.

7 : 1. $\overline{O_2F'} = \frac{f'_2(\overline{O_2O_1} + f'_1)}{f'_1 + f'_2 + \overline{O_2O_1}}$, $\overline{O_2F'} = 0,75\text{cm}$, $\overline{O_1F} = \frac{f'_1(\overline{O_2O_1} - f'_2)}{f'_1 + f'_2 + \overline{O_2O_1}}$, $\overline{O_1F} = -0,75\text{cm}$. 3. $\alpha' = 0,22\text{rad}$.

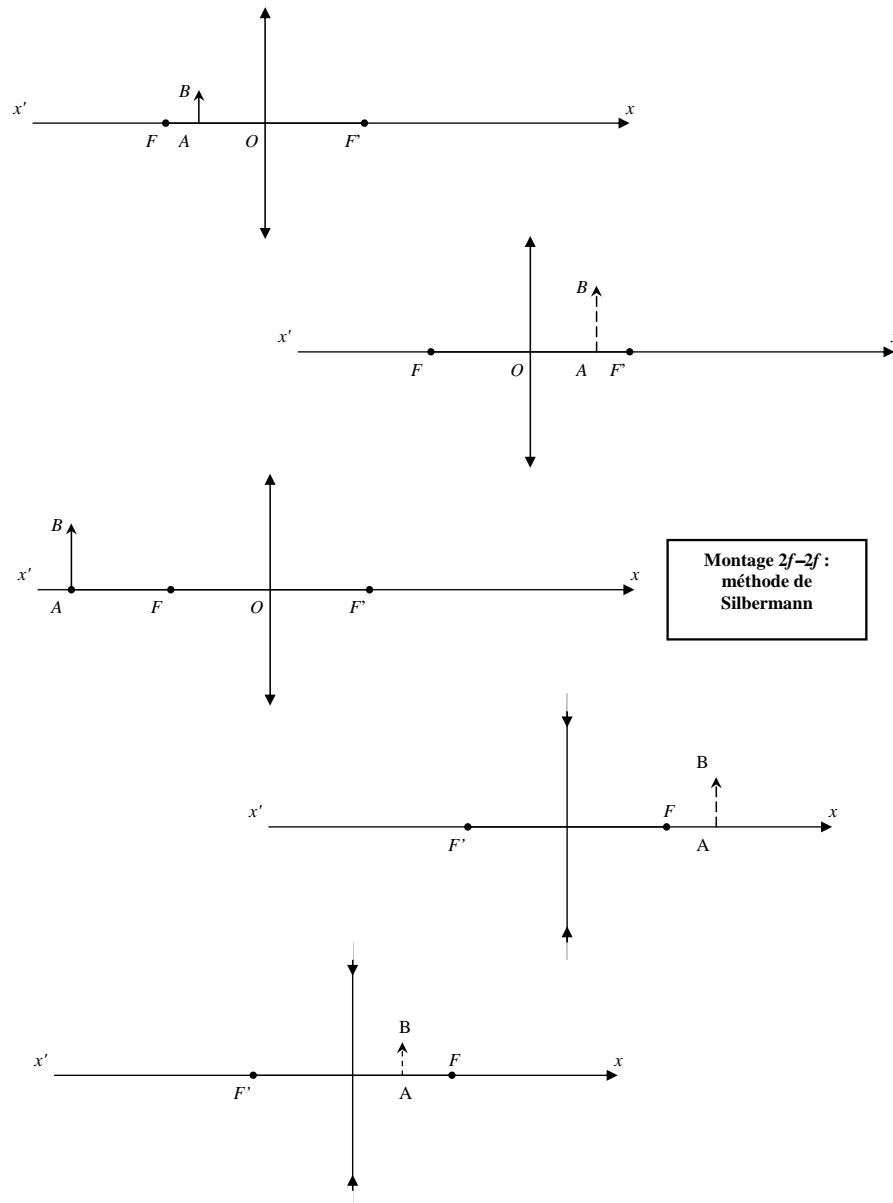
8 : 2. $\overline{O_2A'} = 0,1\text{m}$, $\gamma = -0,5$. 3. $\overline{O_1O_2} = 0,175\text{m}$. 4. $\overline{O_1F_2} = 0,25\text{m}$.

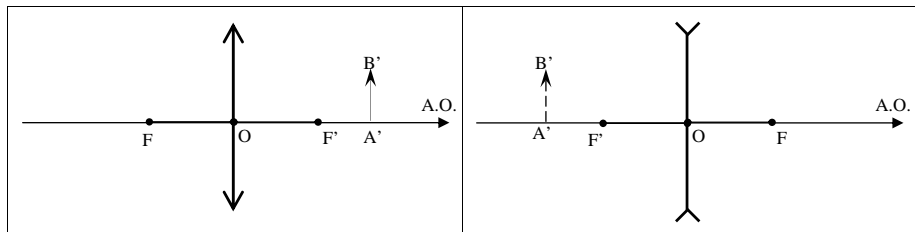
9 : 1. $d = \alpha f'$, $d = 1,0 \cdot 10^{-3}\text{m}$. 2. $\varphi = \varphi_0 \frac{D^2}{d^2}$, $\varphi = 4,0 \cdot 10^5 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$. 3. $T = \sqrt[4]{\frac{\varphi}{\sigma}}$, $T = 1600\text{K}$.

Constructions fondamentales.

1. Construction d'une image, construction d'un objet.

Construire l'image de l'objet AB (ou l'objet associé à l'image A'B') dans les cas suivants. On précisera à chaque fois, la nature (réelle ou virtuelle) de l'objet et de l'image.





2. Construction de rayons émergent ou incident.

