

21 Systèmes optiques

21.1 Problèmes de khôlle

21.1.1 Lunette astronomique

La planète Mars est située à une distance variant entre 56 et 160 millions de kilomètres de la Terre. Son diamètre vaut 6800 km. On l'observe au travers d'une lunette astronomique composée d'un objectif et d'un oculaire. Ces deux systèmes optiques complexes sont modélisables par deux lentilles convergentes, la première (l'objectif) de focale 1,0 m et la seconde (l'oculaire) de focale 2,5 cm.

1. Calculer le diamètre apparent α de la planète Mars lorsqu'elle est observée sans lunette.
2. La lunette est un instrument d'optique afocal. Quel en est l'intérêt ? Quelle en est la conséquence sur la position des lentilles ?
3. Tracer la marche d'un faisceau non parallèle à l'axe dans la lunette, en prenant pour le schéma $f_{\text{obj}} = 4f_{\text{oc}}$. L'image finale est-elle droite ou renversée ?

La lunette est caractérisée par son grossissement $G = \alpha'/\alpha$, où α est le diamètre apparent de la planète et α' l'angle sous lequel elle est vue en sortie de la lunette.

4. Exprimer G en fonction de f_{obj} et f_{oc} . Sous quel angle Mars est-elle perçue au travers de la lunette lorsque son diamètre apparent est minimal ?
5. Où faut-il placer le capteur CCD d'un appareil photo pour photographier la planète ?

Données :

On donne les relations de conjugaison

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \quad \text{et} \quad \overline{FA} \overline{F'A'} = -f'^2$$

avec les notations habituelles.

CCINP

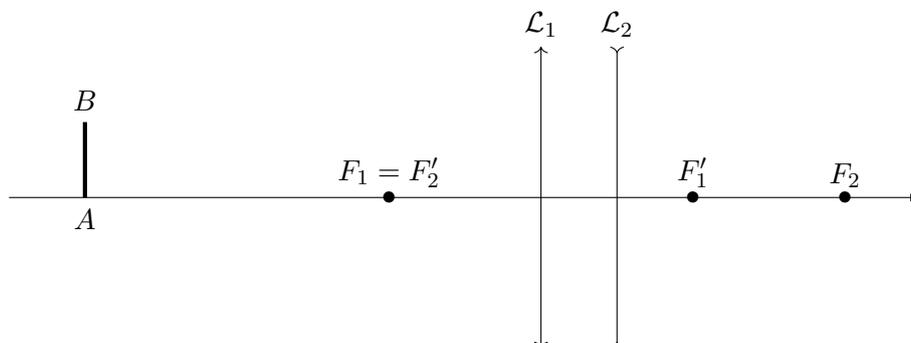
21.1.2 Scanner

La partie optique d'un scanner couleur est un système centré constitué de deux lentilles minces \mathcal{L}_1 , convergente de distance focale image $f'_1 = 60$ mm, et \mathcal{L}_2 , divergente de distance focale image

$f'_2 = -90$ mm. Les lentilles \mathcal{L}_1 et \mathcal{L}_2 sont distantes de $e = 30$ mm.

Le document-papier à scanner, représenté par un objet plan $[AB]$ perpendiculaire à l'axe optique, est situé à une distance $d = 180$ mm en amont de \mathcal{L}_1 . La taille transversale de l'objet est de 8 cm. Le système doit fournir une image sur un capteur photosensible dont on souhaite déterminer la position.

Le schéma du système (avec une échelle non respectée) est fourni ci-dessous :



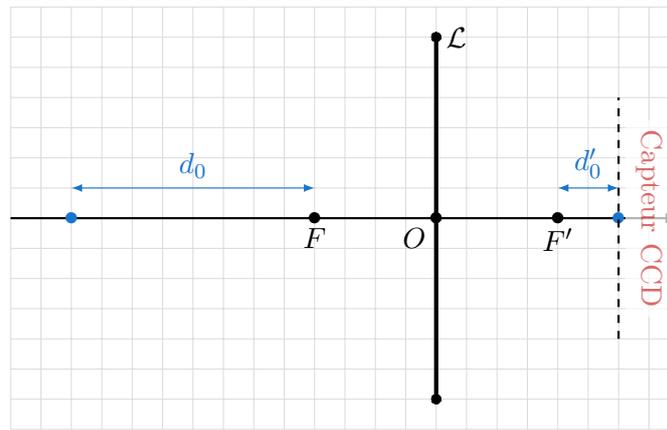
- Rappeler brièvement ce qu'est l'approximation de l'optique géométrique, ainsi que la définition d'un système centré.
- L'intérêt de l'utilisation de deux lentilles au lieu d'une est de limiter les aberrations chromatiques liées au phénomène de dispersion. Indiquer brièvement ce qu'est le phénomène de dispersion et préciser en quoi il nuit à la qualité des images.
- On note $[A'B']$ l'image de $[AB]$ par \mathcal{L}_1 , et $[A''B'']$ l'image finale par le système.
 - Tracer très soigneusement l'image intermédiaire $[A'B']$ ainsi que l'image finale $[A''B'']$.
 - Relativement à \mathcal{L}_1 , l'objet $[AB]$ est-il réel ou virtuel? Son image $[A'B']$ est-elle réelle ou virtuelle? Droite ou renversée?
 - Relativement à \mathcal{L}_2 , l'objet $[A'B']$ est-il réel ou virtuel? Son image $[A''B'']$ est-elle réelle ou virtuelle? Droite ou renversée?
- Calculer numériquement les valeurs de $\overline{O_2A'}$ et $\overline{A''B''}$.
- En déduire à quelle distance en aval de \mathcal{L}_2 il faut positionner le plan du capteur du scanner, ainsi que la taille transversale de l'image finale.

Données :

On donne les relations de conjugaison $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ et $\overline{FA} \overline{F'A'} = -f'^2$.

21.1.3 Profondeur de champ d'un appareil photo

On modélise l'objectif d'un appareil photographique par une seule lentille, de distance focale $|f'| = 50$ mm, limitée par un diaphragme de rayon R accolé à la lentille. On place le capteur CCD de sorte que l'image d'un objet réel \overline{AB} , de hauteur $h = 20$ cm et situé à une distance d_0 du foyer objet F , soit réelle, nette et de hauteur $h' = 35$ mm.



1. Quel type de lentille doit-on utiliser pour obtenir une image réelle d'un objet réel? Où doit-on placer l'objet par rapport à F' ? En déduire le signe de f' .
2. Placer l'objet \overline{AB} sur un schéma, et tracer les 3 rayons de construction de l'image.
3. Déterminer la valeur de d_0 ainsi que la distance d'_0 qui sépare la pellicule du foyer image.

Un objet A_1B_1 identique à AB est placé sur l'axe optique à une distance $d > d_0$ du foyer objet.

4. Construire l'image de A_1 sur le même schéma, ajouter le diaphragme ainsi que les rayons extrêmes passant par la lentille et convergeant en A'_1 .
5. Montrer que le rayon r de la tâche image obtenue sur la matrice CCD vérifie $r = R \frac{d'_0 - \frac{f'^2}{d}}{f' + \frac{f'^2}{d}}$.

On considère que la netteté de l'image est acceptable si le rayon de la tâche image d'un objet ponctuel n'excède pas 0,05 mm. On donne le nombre d'ouverture $N = \frac{f'}{2R} = 10$

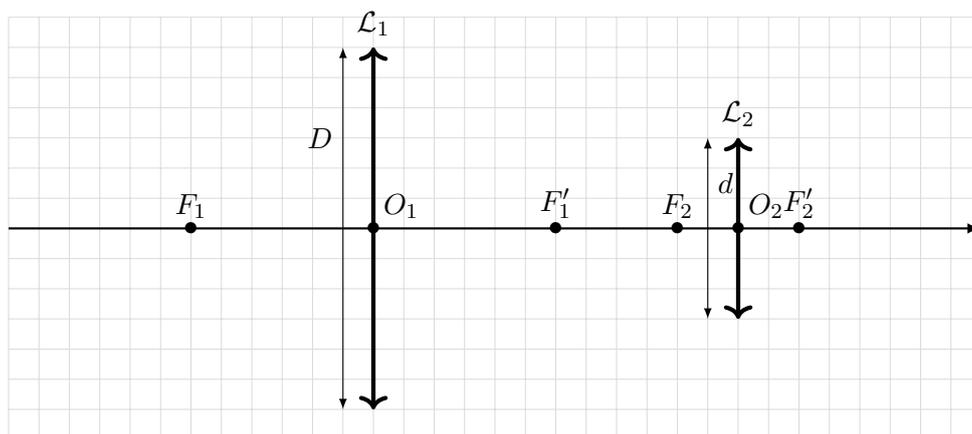
6. L'image d'un objet à l'infini est-elle nette?
7. Déterminer la profondeur de champ, c'est à dire l'ensemble des valeurs de d pour lesquelles l'image est nette dans ces conditions.

Données :

$$\text{Relation de conjugaison de NEWTON : } \overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2$$

21.1.4 Jumelles

On schématise le système optique d'une jumelle par deux lentilles convergentes. La première est appelée l'objectif, notée \mathcal{L}_1 , de distance focale $f'_1 = 10$ cm et la seconde est l'oculaire, notée \mathcal{L}_2 , de distance focale $f'_2 = 1$ cm. La distance séparant les deux lentilles reste à régler.



1. Quelle doit être la distance séparant \mathcal{L}_1 de \mathcal{L}_2 pour que le système optique jumelle soit afocal ?
2. Tracer la trajectoire d'un rayon lumineux provenant d'un objet étendu placé à l'infini et arrivant avec un angle α_∞ à travers tout le système optique.
3. Un observateur place son œil au delà de \mathcal{L}_2 . Sous quel angle les rayons issus de l'objet placé à l'infini pénètrent-ils dans son œil ? Même question en l'absence de tout système optique.
4. On appelle grossissement angulaire la grandeur G définie comme le rapport de l'angle sous lequel est vu l'objet à l'infini grâce au système optique, sur l'angle sous lequel il est vu sans système optique. Calculer sa valeur.

Le cercle oculaire délimite une surface particulière située dans un plan transverse de l'espace image. Cette surface est définie comme étant l'image par l'oculaire de la monture de l'objectif.

5. Construire l'image de l'objectif par l'oculaire.
6. On note C la position de ce cercle oculaire. Exprimer la grandeur $\overline{O_2C}$ en fonction de f'_1 et f'_2 .
7. On note ϕ le diamètre du cercle oculaire. Exprimer ϕ en fonction de D , f'_1 et f'_2 .
8. Quel est l'intérêt de ce cercle oculaire ? En déduire un ordre de grandeur de sa taille, puis D .

Données :

La relation de conjugaison est de DESCARTES est : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$