

TD3 : Lentilles minces

Exercice 1 : Problèmes de lentilles

1. Un objet transverse réel, de 10 cm de hauteur, est situé à 37,5 cm d'une lentille dont la distance focale est $f' = 26,5$ cm. A quelle distance de la lentille se formera l'image ?
2. Un objet réel de 2 m de hauteur est situé à 2,2 m d'une lentille dont la distance focale est $f' = -4$ m. Quelle sera la hauteur de l'image formée ?
3. Un objet AB transverse virtuel est situé à 3 cm d'une lentille de distance focale $f' = -5$ cm. Construire l'image de AB à travers la lentille. Retrouver la position de l'image et le grandissement par le calcul.
4. À quelle distance d'une lentille convergente, dont la distance focale $f' = 1,5$ cm, doit-on placer un objet pour obtenir une image droite trois fois plus grande ? Où se trouve l'image ? Quelle est la nature de l'objet ? de l'image ?

Exercice 2 : Constructions géométriques

Construire, dans chacun des cas ci-dessous, l'image de l'objet transverse \overline{AB} à travers le système optique :

1. $\overline{OA} = -5$ cm et $f' = 10$ cm
2. $\overline{OA} = 12$ cm et $f' = 8$ cm
3. $\overline{OA} = -10$ cm et $f' = -6$ cm
4. $\overline{O_1A} = -5$ cm, $\overline{O_1O_2} = 8$ cm, $f'_1 = -10$ cm, $f'_2 = 5$ cm

★ Exercice 3 : Modélisation de l'appareil photo

L'objectif de l'appareil photo est assimilable en première approximation à une lentille de focale $f'_0 = 5$ cm. La pellicule est une plaque rectangulaire centrée sur l'axe optique. La mise au point est initialement faite à l'infini, la pellicule est centrée sur un point nommé P_0 .

1. À quelle distance de l'objectif se trouve alors la pellicule ?
2. De combien et dans quel sens faut-il déplacer la plaque afin de photographier une personne située à 5 m de l'objectif ? (Faire un schéma).
3. La mise au point ne permet pas de faire varier la distance entre l'objectif et la plaque de plus de 5 mm. À quelle distance minimale de l'objectif doit se trouver un objet pouvoir être photographié ?

★ Exercice 4 : Correction de myopie

Un oeil myope a son punctum proximum à 12 cm et son punctum remotum à 1,2 m. Le centre optique de la lentille équivalente est à 15,2 mm de la rétine. Entre quelles limites la distance focale de cet oeil varie-t-elle ?

Déterminer la vergence de la lentille cornéenne qu'il faut lui adjoindre pour lui permettre une bonne vision de loin. Où se situe alors le punctum proximum de l'oeil corrigé ?

★ Exercice 5 : Lunette de Galilée

Une lunette de Galilée est constituée de l'association d'une lentille mince convergente (\mathcal{L}_1) de centre O_1 , de distance focale $f'_1 = 20$ cm et d'une lentille divergente (\mathcal{L}_2) de centre O_2 , de distance focale $f'_2 = -2$ cm.

1. La lunette doit être afocale. Calculer la distance $\overline{O_1O_2}$ entre les centres des deux lentilles pour que cela soit le cas.
2. On observe avec la lunette une étoile de diamètre angulaire $\alpha = 1'$. Construire de manière graphique l'image formée par la lunette. Est-elle droite ? Renversée ?
3. On note α' l'angle sous lequel on observe l'image de l'étoile, vue à travers la lunette. Calculer α' et le grossissement $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ de la lunette.

★★ Exercice 6 : Méthode de Bessel

La méthode de Bessel permet de mesurer expérimentalement la valeur de la distance focale d'une lentille convergente. Un objet transverse AB est placé à une distance D fixe d'un écran. On a à disposition une lentille mince convergente de distance focale f' qu'on peut déplacer librement le long de l'axe optique. On note $x = \overline{OA}$ où O est le centre optique de la lentille. On cherche à déterminer comment placer la lentille, entre l'objet et l'écran, pour projeter l'image de AB sur l'écran.

1. Montrer que si la lentille est placée de manière à ce que l'image de AB se forme sur l'écran, alors x est solution d'une équation du second degré à établir.
2. En déduire que :
 - a). il est impossible de former l'image de AB sur l'écran si $D < 4f'$
 - b). si $D = 4f'$, il existe une unique position de la lentille, entre l'objet et l'écran, qui permet de projeter l'image de AB sur l'écran. Indiquer de quelle position il s'agit.
 - c). si $D > 4f'$, il existe deux positions possibles pour la lentille. On note d la distance entre ces deux positions. Montrer que :

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

★★ Exercice 7 : Doublet optique de Huygens

On considère un doublet de lentilles minces convergentes non accolées. Ce doublet est caractérisées par les focales f'_1 et f'_2 des deux lentilles et par l'intervalle optique $\overline{O_1O_2} = e$. Un doublet de Huygens est du type $f'_1 = 3a$, $e = 2a$ et $f'_2 = a$.

Pour les applications numériques, on prendra $a = 2,0$ cm.

1. Placer sur l'axe optique, en effectuant une construction à l'échelle, les foyers principaux des deux lentilles et déterminer par construction géométrique les positions des foyers principaux objet et image du doublet, notés respectivement F et F' .
2. Vérifier ces résultats par le calcul en déterminant algébriquement $\overline{F_1F}$ et $\overline{F_2F'}$.

TD3 : Lentilles minces

★★ Exercice 8 : Microscope

On observe un objet AB transverse de taille $h = 10\mu\text{m}$ à travers un microscope constitué de deux lentilles convergentes (\mathcal{L}_1) (objectif) et (\mathcal{L}_2) (oculaire) de distances focales respectives $f'_1 = 1,0\text{ cm}$ et $f'_2 = 3,0\text{ cm}$. On place l'objet à la position $\overline{AO_1} = 1,1\text{ cm}$.

1. On observe l'objet à l'oeil nu en se plaçant à une distance arbitraire $d_m = 25\text{ cm}$. Calculer la taille angulaire α de l'objet vu à l'oeil nu. Sachant que le pouvoir séparateur de l'oeil est d'environ une minute d'arc, l'oeil peut-il séparer les points A et B ?
2. Le microscope doit être réglé pour renvoyer une image à l'infini. Pourquoi ? Où doit se former l'image intermédiaire A_1B_1 de AB par (\mathcal{L}_1) pour que cela soit le cas ? En déduire la valeur de l'intervalle optique $\Delta = \overline{F'_1F_2}$ du microscope.
3. Construire l'image de AB par le microscope.
4. Sous quel angle α' voit-on l'image ? L'utilisation du microscope permet-elle à l'observateur de séparer A et B ?
5. Le grossissement commercial de l'objectif du microscope est défini par le rapport $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$. Calculer sa valeur numérique.

★★ Exercice 9 : Étude d'une lunette astronomique

On souhaite déterminer les distances focales des deux lentilles d'une lunette astronomique inconnue sans la démonter. Pour cela, on commence par mesurer la distance qui sépare les deux lentilles; elle vaut $d = 84\text{ cm}$. Ensuite, on pointe la lunette en direction de la pleine lune et on projette son image par la lunette dans le plan focal image d'une lentille convergente de distance focale $f' = 1\text{ m}$. On mesure le diamètre de l'image de la lune sur l'écran; il vaut $D = 18,3\text{ cm}$.

Calculer les distances focales de l'objectif et de l'oculaire. On prendra comme distance observateur/Lune $L = 3,8 \cdot 10^5\text{ km}$. Le rayon lunaire vaut $R_L = 1737\text{ km}$.

★★ Exercice 10 : Détermination d'une distance focale

Une lentille mince convergente donne d'un objet une image sur un écran renversée et agrandie deux fois. Lorsque l'on rapproche de $0,36\text{ m}$ la lentille de l'écran, l'image se forme à nouveau sur l'écran, elle est toujours renversée mais sa taille devient la moitié de celle de l'objet.

Déterminer la distance focale image de la lentille et la distance objet/écran.

Solutions :

Ex1 : 1. $\overline{OA'} = 90,3\text{ cm}$ 2. $1,29\text{ m}$ 3. $\overline{OA'} = 7,5\text{ cm}$, $\gamma = 2,5$
4. $\overline{OA} = -1\text{ cm}$ (objet réel) $\overline{OA'} = -3\text{ cm}$ (image virtuelle).

Ex3 : 1. 5 cm 2. il faut éloigner la plaque d'environ $0,5\text{ mm}$ 3. $d_{min} = 55\text{ cm}$.

Ex4 : f' varie entre $13,5\text{ mm}$ et $15,0\text{ mm}$ $V_{\text{correction}} = -0,88\delta$ le PP est à $13,5\text{ cm}$ de l'oeil

Ex5 : 1. $\overline{O_1O_2} = 18\text{ cm}$. 2. l'image est droite. 3. $\alpha' = 10'$, $G = 10$.

Ex6 : 1. $x^2 + Dx + Df' = 0$ 2. (b) à égale distance de l'objet et de l'écran.

Ex7 : 2. $\overline{F_1F} = 9\text{ cm}$; $\overline{F'_2F'} = -1\text{ cm}$

Ex8 : 1. $\alpha = 0,14'$. Non. 2. $\Delta = 10\text{ cm}$. 4. $\alpha' = 11'$. Oui. 5. $G = 82$.

Ex9 : $f'_1 = 80\text{ cm}$ et $f'_2 = 4\text{ cm}$

Ex10 : $f' = 24\text{ cm}$ et $D = 108\text{ cm}$