

TD application : dispositifs optiques



I Vergence et grandissement de lentilles accolées

Soit le système de deux lentilles $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$, de centres optiques O_1 et O_2 et de vergences V_1 et V_2 .



Définition TDO4.1 : Lentilles accolées

Deux lentilles sont *accolées* si elles sont de même axe optique et de centres optiques confondus : $O_1 = O_2 = O$.

Dans la pratique, on veut $|\overline{O_1 O_2}| \ll |f'_1|$ et $\ll |f'_2|$ simultanément).

- 1 Montrer qu'il est équivalent à une lentille $\mathcal{L}$ de vergence $V_{\text{eq}} = V_1 + V_2$.
- 2 Préciser le grandissement de l'ensemble en fonction du grandissement de chaque lentille. L'hypothèse des lentilles accolées est-elle nécessaire ici ?



II Élargissement d'un faisceau laser

- 1 Un laser est un faisceau lumineux cylindrique dont le diamètre est de l'ordre du millimètre. On veut élargir ce faisceau jusqu'à lui donner un diamètre de quelque centimètres, en utilisant une lentille divergente et une lentille convergente. **Donner la relation entre les deux distances focales pour réaliser cet élargissement.** On prendra $d = 2 \text{ mm}$ le diamètre du faisceau entrant, et $D = 3 \text{ cm}$ celui du faisceau sortant.



III L'œil hypermétrope et sa correction

Dans cet exercice, on étudie un œil assimilé à une lentille mince convergente $\mathcal{L}$, dont le centre optique S se trouve à une distance constante $d = 17 \text{ mm}$ de la rétine. Cet œil est hypermétrope et donne d'un objet à l'infini une image située $1,5 \text{ mm}$ derrière la rétine lorsqu'il est au repos.

- 1 Déterminer la distance focale de cet œil au repos. On la considérera constante dans la suite du problème, l'œil n'accommodant pas.
- 2 L'œil est-il trop ou pas assez convergent ? Corrige-t-on ce défaut en ajoutant des verres de lunettes convergents ou divergents ?
- 3 L'œil est corrigé par un verre de lunettes, assimilé à une lentille mince de centre optique O et placé à une distance $d = 12 \text{ mm}$ du centre optique S de l'œil réduit. On souhaite que dans ces conditions, l'œil au repos ait une vision nette d'un objet situé à l'infini.
 - a – Rappeler l'endroit où doit se trouver l'image définitive donnée par l'œil corrigé.
 - b – Quels points caractéristiques du verre et de l'œil doivent être confondus afin de corriger la vision de loin ?
 - c – Déterminer la distance focale puis la vergence du verre correcteur.
 - d – Faire un schéma de principe expliquant la correction de l'œil par les lunettes.

TD entraînement : dispositifs optiques



I Étude d'un photocopieur

Un photocopieur permet la formation de l'image d'un document sur une surface photosensible par l'intermédiaire d'un objectif de reproduction. On désire reproduire un document de format A4 soit en A4 (même format), soit en A3 (format double en surface) soit en A5 (format moitié en surface).

On réalise ces différents tirages à l'aide d'un objectif en modifiant la position respective des lentilles à l'intérieur du système. La distance entre le document et le récepteur photosensible est de 384 mm et l'on positionne une première lentille mince divergente $\mathcal{L}_1$ de distance focale image $f'_1 = -90$ mm à 180 mm du récepteur (Figure O4.1).

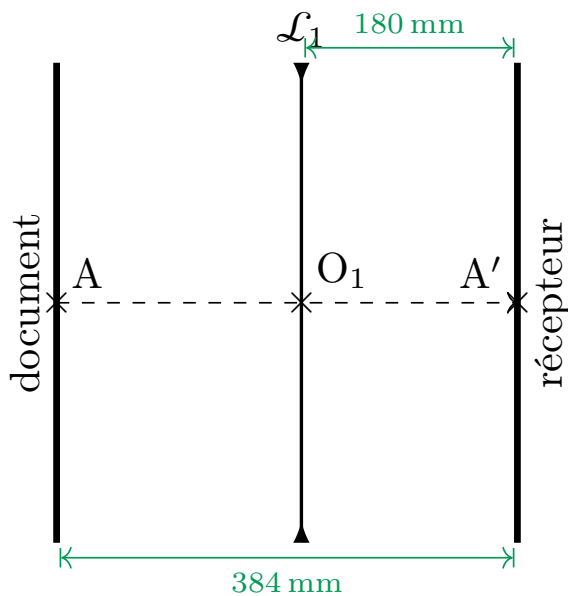


FIGURE O4.1 – Situation 1.

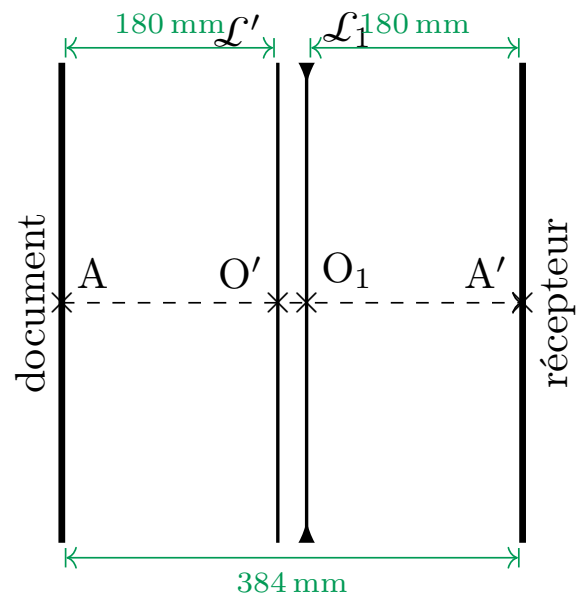


FIGURE O4.2 – Situation 2.

- 1 La lentille $\mathcal{L}_1$ peut-elle donner une image du document sur le récepteur ?
- 2 On ajoute une lentille mince $\mathcal{L}'$ devant la lentille $\mathcal{L}_1$, à 180 mm du document (Figure O4.2). La lentille $\mathcal{L}'$ peut-elle être divergente ? Justifier votre réponse.
- 3 Calculer la distance focale image f' de cette lentille $\mathcal{L}'$ pour obtenir une image réelle du document sur le récepteur. Pour cela, on utilisera deux relations de DESCARTES.
- 4 En déduire le grandissement γ de l'association des deux lentilles et indiquer quel type de tirage permettra cet objectif : transformer du A4 en A3 ou du A4 en A5 ?



II Le microscope

Un microscope est schématisé par deux lentilles minces convergentes de même axe optique : l'objectif $\mathcal{L}_1$ de centre O_1 et de distance focale image $f'_1 = 5$ mm, et l'oculaire $\mathcal{L}_2$ de centre O_2 et de distance focale image $f'_2 = 25$ mm. On note respectivement F'_1 et F_2 les foyers image de $\mathcal{L}_1$ et objet de $\mathcal{L}_2$. On appelle *intervalle optique* et on la note Δ la distance $\overline{F'_1 F_2} = 25$ cm. L'œil de l'observateur est placé au foyer image F'_2 de l'oculaire. On y visualise un objet étendu transverse AB avec A sur l'axe optique.

- 1 Où doit se situer A pour que l'œil n'ait pas à accommoder ? Répondre en donnant l'expression et la valeur numérique de $\overline{F'_1 A}$.
- 2 On se place dans les conditions de la question précédente. Représenter le trajet de 2 rayons issus de B sur une figure horizontale respectant le fait que $f'_1 < f'_2$.
- 3 Soient α' l'angle algébrique sous lequel l'œil voit l'image finale de AB par le microscope, et α l'angle algébrique sous lequel il apercevrait l'objet sans microscope et à la distance Δ . Calculer le grossissement, et interpréter son signe.



III Lunettes astronomiques de Kepler et Galilée

On construit une lunette astronomique de Kepler par un objectif $\mathcal{L}_1$ de diamètre $D = 30$ mm, de centre O_1 et de vergence $V_1 = 3,125 \delta$, et d'un oculaire $\mathcal{L}_2$ de centre O_2 et de vergence $V_2 = 25 \delta$.

III/A Kepler

- 1 Calculer les distances focales images f'_1 et f'_2 de l'objectif et de l'oculaire respectivement.
- 2 Définir le caractère afocal d'une lunette et son intérêt pour un œil emmétrope.
- 3 Calculer alors l'encombrement $\overline{O_1 O_2}$ de la lunette.
- 4 Faire un schéma à l'échelle avec comme rayons incident :
 - ◇ Un rayon passant par O_1 venant d'en haut ;
 - ◇ Deux rayons proches, parallèles entre eux et au premier rayon.

On prendra soin de :

- a – placer l'image intermédiaire donnée par l'objectif ;
- b – puis l'image finale donnée par l'oculaire ;
- c – tracer le cheminement du pinceau lumineux entre les deux rayons proches (on hachurera la zone qu'ils délimitent).

- 5 Calculer le grossissement de la lunette.
- 6 Rappeler la définition du cercle oculaire et son intérêt.
- 7 Déterminer sa position $\overline{O_2 C'_K}$.
- 8 Donner sa taille (diamètre D'_K).

III/B Galilée

On obtient une lunette de Galilée en remplaçant l'oculaire convergent par un oculaire divergent. Dans cet exercice, la valeur de la vergence est la même que précédemment en valeur absolue. On nomme cette lentille $\mathcal{L}_3$, son centre sera noté O_3 . La lunette astronomique reste afocale.

- 9 Expliquer que la vergence de l'oculaire sera $V_3 = -25 \delta$.
- 10 Calculer le nouvel encombrement $\overline{O_1 O_3}$.
- 11 Tracer, toujours à l'échelle, le même schéma que précédemment avec cette nouvelle situation.
- 12 Déterminer la position $\overline{O_3 C'_G}$ du cercle oculaire.
- 13 Donner sa taille (diamètre D'_G).
- 14 Quels sont les avantages et inconvénients de ces 2 lunettes astronomiques ?