Leçon OPT3

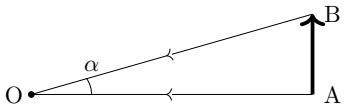
Lentilles

Prérequis
Propriétés des lentilles minces dans les conditions de Gauss. Vergence.
Relations de conjugaison des lentilles minces.

Grandeurs algébriques

Entraînement 9.1 — Diamètre apparent.

On considère le schéma suivant, montrant l'angle α, appelé diamètre apparent, sous lequel est vu un objet AB depuis un point O.



a) Exprimer le diamètre apparent α, en radians, en fonction de OA et AB .....

b) Exprimer le diamètre apparent α, en degrés, en fonction de OA et AB .....

Un observateur situé à la surface de la Terre observe des astres, caractérisés par les données suivantes :

	Soleil	**Lune**
Diamètre	$1{,}4 \cdot 10^6$ km	$3{,}5 \cdot 10^3$ km
Distance à la Terre	$150\,600 \cdot 10^3$ km	384 400 km

Pour simplifier les calculs, on pourra utiliser que, quand α est un angle petit et exprimé en radians, on dispose de l'approximation des petits angles : $\alpha \approx \tan(\alpha)$.

c) Calculer le diamètre apparent de la Lune α_L en degrés .....

d) Calculer le diamètre apparent du Soleil α_S en degrés .....

e) Que vérifient les valeurs numériques α_S et α_L ?

(a) $\alpha_S > \alpha_L$ (b) $\alpha_S \approx \alpha_L$ (c) $\alpha_S < \alpha_L$

.....

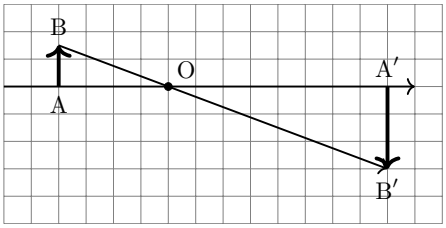
f) Quel phénomène astronomique la comparaison de α_L et α_S permet d'expliquer ?

(a) Les éclipses
(b) Les saisons
(c) Les marées

.....

Entraînement 9.2 — Configuration de Thalès et grandissement.

On considère la situation représentée sur le schéma ci-dessous.



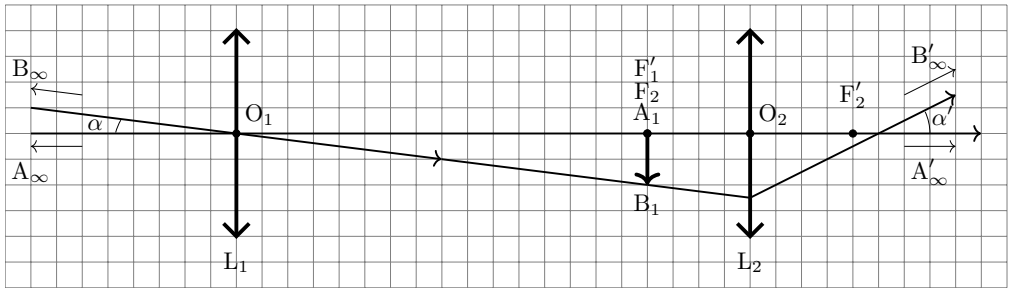
On note $\overline{x}$ la valeur algébrique de la longueur x et on définit le grandissement γ par la relation :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}.$$

a) Donner la relation reliant $\overline{OA}$, $\overline{OA'}$, $\overline{AB}$ et $\overline{A'B'}$ .....

b) Déterminer la valeur numérique de γ .....

Entraînement 9.3 — Schéma optique d'une lunette astronomique afocale.



Le schéma ci-dessus modélise une lunette astronomique afocale, où un carreau correspond à une longueur réelle de 2,5 cm.

Calculer les distances algébriques suivantes :

a) $\overline{O_1F'_1}$ .....

b) $\overline{O_2F_2}$ .....

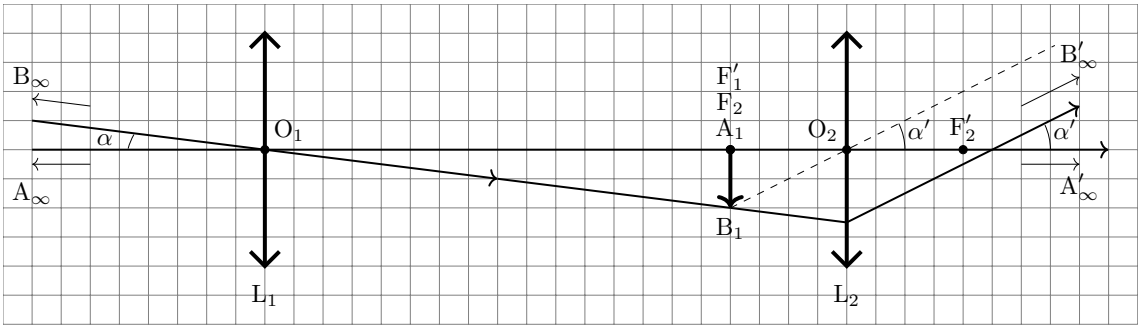
c) $\overline{O_2O_1}$ .....

d) $\overline{A_1F'_2}$ .....

Entraînement 9.4 — Grossissement d'une lunette astronomique afocale.

On considère la lunette astronomique afocale schématisée dans l'entraînement précédent.

Elle est constituée d'un objectif (lentille convergente L_1) et d'un oculaire (lentille convergente L_2) alignés sur le même axe optique.



On introduit les grandeurs suivantes :

- la distance focale image de l'objectif, notée f_1'
- la distance focale image de l'oculaire, notée f_2'
- l'objet lointain observé par la lunette, noté $\overline{A_\infty B_\infty}$
- l'image intermédiaire de l'objet par l'objectif, notée $\overline{A_1B_1}$
- l'image à l'infini de l'image intermédiaire par l'oculaire, notée $\overline{A'_\infty B'_\infty}$
- le diamètre apparent α de l'objet
- le diamètre apparent α' de l'image

On définit le grossissement de la lunette, noté G, comme le rapport du diamètre apparent de l'objet observé à la lunette sur le diamètre apparent réel de l'objet.

Autrement dit, on pose

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}.$$

Dans cet entraînement, les angles ne seront pas orientés et on travaillera avec des longueurs plutôt que des valeurs algébriques.

a) Exprimer α en fonction de A_1B_1 et d'une distance focale.

.....

b) Exprimer α' en fonction de A_1B_1 et d'une distance focale.

.....

c) Exprimer G en fonction de f_1' et de f_2'.

.....

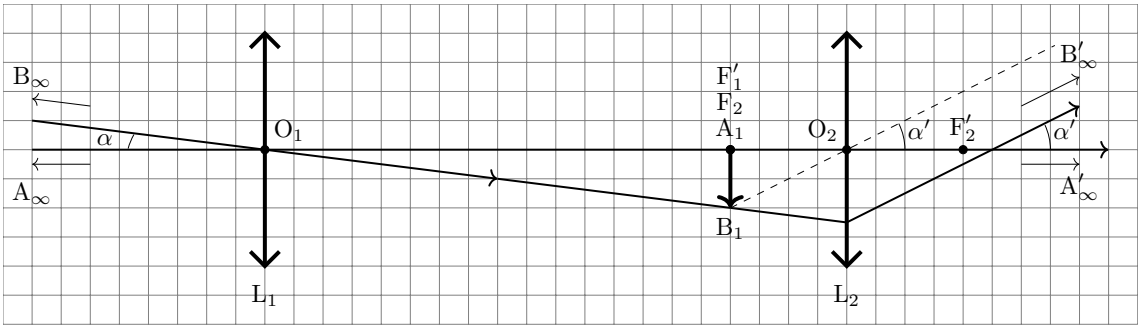
d) Déterminer la valeur de G.

.....

Entraînement 9.4 — Grossissement d'une lunette astronomique afocale.

On considère la lunette astronomique afocale schématisée dans l'entraînement précédent.

Elle est constituée d'un objectif (lentille convergente L_1) et d'un oculaire (lentille convergente L_2) alignés sur le même axe optique.



On introduit les grandeurs suivantes :

- la distance focale image de l'objectif, notée f_1'
- la distance focale image de l'oculaire, notée f_2'
- l'objet lointain observé par la lunette, noté $\overline{A_\infty B_\infty}$
- l'image intermédiaire de l'objet par l'objectif, notée $\overline{A_1B_1}$
- l'image à l'infini de l'image intermédiaire par l'oculaire, notée $\overline{A'_\infty B'_\infty}$
- le diamètre apparent α de l'objet
- le diamètre apparent α' de l'image

On définit le grossissement de la lunette, noté G, comme le rapport du diamètre apparent de l'objet observé à la lunette sur le diamètre apparent réel de l'objet.

Autrement dit, on pose

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}.$$

Dans cet entraînement, les angles ne seront pas orientés et on travaillera avec des longueurs plutôt que des valeurs algébriques.

a) Exprimer α en fonction de A_1B_1 et d'une distance focale.

.....

b) Exprimer α' en fonction de A_1B_1 et d'une distance focale.

.....

c) Exprimer G en fonction de f_1' et de f_2'.

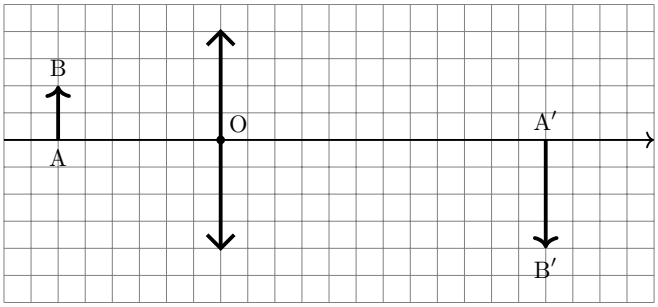
.....

d) Déterminer la valeur de G.

.....

Entraînement 9.7 — Construction de rayons lumineux.

On considère le schéma suivant montrant un objet $\overline{\text{AB}}$ et son image $\overline{\text{A}'\text{B}'}$ par une lentille convergente.



On donne l'échelle du schéma : 8 carreaux sur le schéma correspondent à 10 cm en réalité.

a) Déterminer graphiquement la distance focale de la lentille .....

b) Calculer la vergence de la lentille .....

Entraînement 9.8 — Batailles de convergence.

Quelle est la lentille la plus convergente ?

(a) une lentille de vergence $+8{,}0\ \delta$

(b) une lentille de focale image $+8{,}0$ cm

(c) une lentille de focale objet $-10{,}0$ cm

(d) une lentille de focale image $-8{,}0$ cm

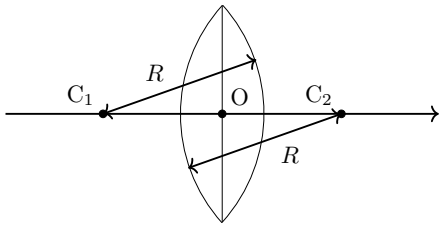
.....

Entraînement 9.9 — Focale d'une lentille biconvexe.

La distance focale d'une lentille biconvexe symétrique de rayon de courbure R, taillée dans un matériau d'indice n et utilisée dans l'air est donnée par la relation suivante :

$$f' = \frac{R}{2(n - n_{\text{air}})}$$

où n_{air} est l'indice optique de l'air.



On souhaite fabriquer une lentille biconvexe de vergence $6{,}0\,\delta$ afin de corriger une hypermétropie forte à partir d'un plastique organique d'indice $n = 1{,}67$. On donne $n_{\text{air}} = 1{,}00$.

a) Calculer le rayon de courbure à réaliser .....

b) Pour quelle valeur de l'indice n la lentille ne dévie pas les rayons lumineux ?

(a) $n \approx n_{\text{air}}$ (b) $n = \frac{3}{2} n_{\text{air}}$ (c) $n = \frac{R}{n_{\text{air}}}$

.....

Entraînement 9.10 — Relation de conjugaison au centre optique.

Un objet lumineux est placé au point A, à 15,0 cm devant une lentille mince convergente de centre optique O et de distance focale $f' = 4{,}0\,\text{cm}$.

On rappelle la relation de conjugaison aux sommets de Descartes qui permet de faire le lien entre la position $\overline{\text{OA}}$ de l'objet et la position $\overline{\text{OA}'}$ de l'image :

$$\frac{1}{\overline{\text{OA}'}} - \frac{1}{\overline{\text{OA}}} = \frac{1}{\overline{\text{OF}'}}.$$

a) Exprimer $\overline{\text{OA}'}$ en fonction de $\overline{\text{OA}}$ et f' .....

b) Exprimer $\overline{\text{OA}}$ en fonction de $\overline{\text{OA}'}$ et f' .....

c) Exprimer f' en fonction de $\overline{\text{OA}}$ et $\overline{\text{OA}'}$ .....

d) L'image est-elle située avant ou après le centre optique O ? .....

Entraînement 9.11 — Relation de conjugaison aux foyers.

Dans un dispositif optique convergent de distance focale $f' = 12{,}0\,\text{cm}$, on souhaite qu'une image réelle se trouve exactement à 5,0 mm après le foyer image. On cherche la position où l'on doit placer l'objet, dans un premier temps par rapport au foyer objet F, puis par rapport au centre optique O.

On rappelle la relation de conjugaison aux foyers de Newton :

$$\overline{\text{F}'\text{A}'} \times \overline{\text{FA}} = -f'^2.$$

a) Exprimer $\overline{\text{FA}}$ en fonction de f' et $\overline{\text{F}'\text{A}'}$ .....

b) Exprimer $\overline{\text{OA}}$ en fonction de $\overline{\text{FA}}$ et f' .....

c) Cet objet est-il réel ou virtuel ? .....

Entraînement 9.12 — Grandissement.

Un système optique donne d'un objet, une image dont le grandissement est le suivant : $\gamma = -2{,}0$.

a) Par rapport à l'objet, cette image est :

(a) rétrécie (b) agrandie

.....

b) Par rapport à l'objet, cette image est :

(a) droite (b) renversée

.....

Entraînement 9.13 — Projecteur de cinéma.

Un projecteur de cinéma contient une lentille convergente de distance focale $f' = 50{,}0\,\text{mm}$.

L'écran se situe à 15,0 m de la lentille et on dispose d'une pellicule dont les vignettes sont de dimensions $36{,}0\,\text{mm} \times 24{,}0\,\text{mm}$.

a) À quelle distance algébrique de la lentille doit-on placer la pellicule ? .....

b) Quelles sont les dimensions de l'image d'une vignette sur l'écran ? .....

Entraînement 9.14 — Objets et images à l'infini.

a) Un objet lumineux très éloigné, comme une étoile, peut être considéré comme étant situé à l'infini.

Où se situe l'image d'un tel objet par une lentille ?

(a) dans son plan focal image
(b) dans son plan focal objet
(c) à l'infini

.....

b) Un œil « normal » (emmétrope) n'accomode pas lorsqu'il observe une image à l'infini. Dans ce but, on souhaite projeter à l'infini, l'image d'un objet en utilisant une lentille.

Où doit-on placer l'objet ?

(a) dans son plan focal image
(b) dans son plan focal objet
(c) à l'infini

.....

Entraînement 9.15 — Loupe.

Une loupe est une lentille convergente utilisée dans des conditions particulières. Dans cet exercice, la lentille utilisée a une distance focale de 10,0 cm. On place un objet $\overline{AB} = 2{,}0\,\text{cm}$ à une distance de 6,0 cm en avant de la loupe.

a) Calculer la position de l'image formée par la loupe .....

b) Donner la nature de l'image .....

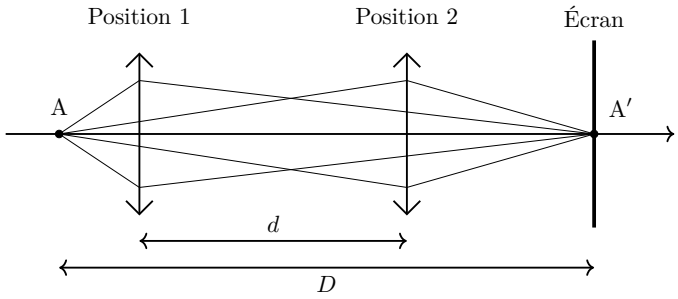
c) Calculer la taille de l'image formée par la loupe .....

d) Cette image est-elle droite ou renversée ? .....

Entraînement 9.16 — Méthode de Bessel.

Pour mesurer la distance focale d'une lentille, on peut utiliser la méthode de Bessel.

On considère un objet donné, et on fixe la distance D entre l'objet et l'écran. On s'assure que D soit suffisamment grande pour qu'il existe deux positions où intercaler la lentille entre l'objet et l'écran, pour lesquelles l'image sur l'écran soit nette. On note d la distance entre ces deux positions.



On peut alors montrer la relation suivante :

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{\frac{D+d}{2}} - \frac{1}{\frac{-(D-d)}{2}}.$$

a) Exprimer f' en fonction de D et d .....

b) Exprimer f' lorsque $d = \dfrac{D}{4}$ .....

c) Exprimer d lorsque $f' = \dfrac{D}{4}$ .....

Réponses mélangées

5,0 cm ⓑ ⓐ $\dfrac{\mathrm{A_1B_1}}{f'_1}$ Correct $\overline{\mathrm{FA}} - f'$ 0 20 cm

$\overline{\mathrm{OA}} = -5{,}02$ cm ⓑ $\dfrac{15D}{64}$ virtuelle Incorrect ⓐ 4 -10 cm

-2 10,8 m × 7,2 m 0,52° ⓑ droite Incorrect $\dfrac{f'_1}{f'_2}$ $\arctan\left(\dfrac{\mathrm{AB}}{\mathrm{OA}}\right)$

réel 0,53° $\dfrac{\overline{\mathrm{A_1B_1}}}{f'_2}$ -50 cm $\dfrac{\overline{\mathrm{OA}} \times \overline{\mathrm{OA'}}}{\overline{\mathrm{OA}} - \overline{\mathrm{OA'}}}$ ⓐ ⓑ $+20$ δ 40 cm

$\arctan\left(\dfrac{\mathrm{AB}}{\mathrm{OA}}\right) \times \dfrac{180}{\pi}$ $\dfrac{\overline{\mathrm{OA}} \times \overline{\mathrm{OF'}}}{\overline{\mathrm{OA}} + \overline{\mathrm{OF'}}}$ 5,0 cm 0,22 m $\overline{\mathrm{OA'}} = -15$ cm ⓑ

après ⓑ $\dfrac{\overline{\mathrm{OA'}} \times f'}{f' - \overline{\mathrm{OA'}}}$ Correct $\dfrac{D^2 - d^2}{4D}$ $\dfrac{-f'^2}{\overline{\mathrm{F'A'}}}$ $\dfrac{\overline{\mathrm{OA'}}}{\overline{\mathrm{OA}}} = \dfrac{\overline{\mathrm{A'B'}}}{\overline{\mathrm{AB}}}$