

Correction du TD d'application



I Constructions optiques de lentilles

Construisez les images par la lentille des objets suivants. On donnera à chaque fois la **nature de l'objet et de l'image**.

1 Pour une lentille convergente

- a – Objet avant le foyer objet ;
- b – Objet sur le foyer objet ;
- c – Objet entre le foyer objet et la lentille ;
- d – Objet après la lentille ;
- e – Faisceau parallèle à l'axe optique ;
- f – Rayon quelconque incliné par rapport à l'axe optique.

Réponse

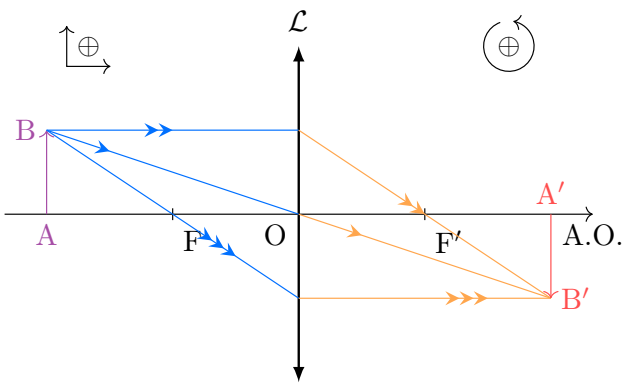


FIGURE O3.1 – a – Convergente avant F

Ces rayons, issus d'un objet réel, se croisent après la lentille : on a un faisceau émergent convergent qui donne une image réelle.

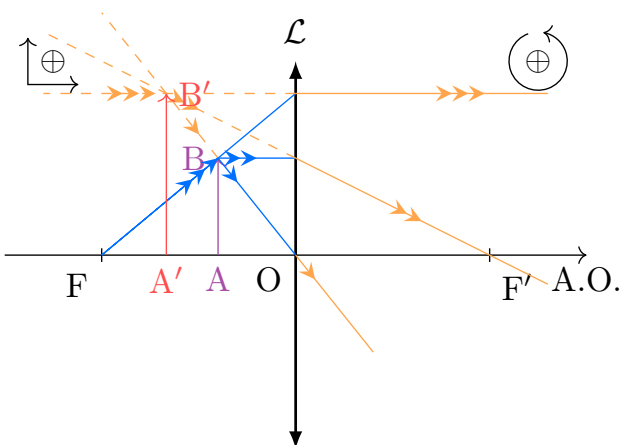


FIGURE O3.3 – c – Convergente entre F et O

Ici, l'objet est réel mais donne un faisceau émergent divergent, donnant donc une image virtuelle.

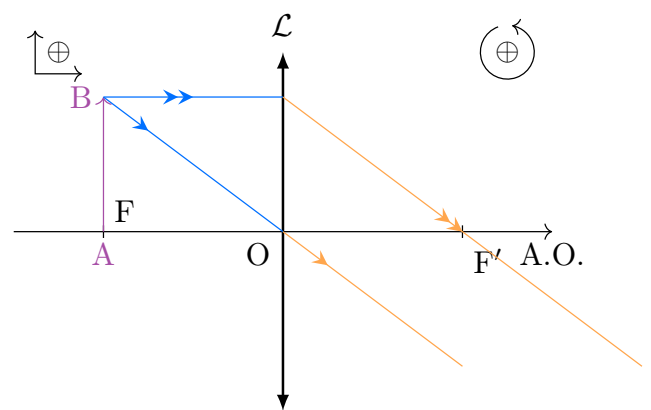


FIGURE O3.2 – b – Convergente sur F

À partir d'un objet réel, on obtient des rayons parallèles qui donnent une image à l'infini.

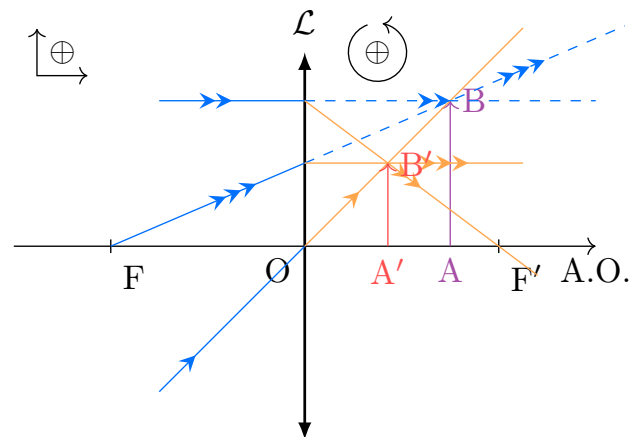


FIGURE O3.4 – d – Convergente après O

Objet virtuel. Les rayons partant de la gauche passent par B, mais une fois arrivés à la lentille on les fait en pointillés, puisqu'ils sont virtuels. Le faisceau émergent est convergent, donnant lieu à une image réelle.

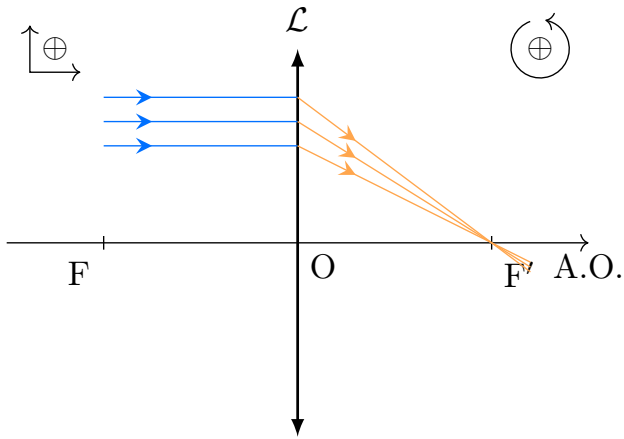


FIGURE O3.5 – e – Convergente faisceau parallèle

Ici, l'objet est réel et donne un faisceau émergent convergent, donnant donc une image réelle.

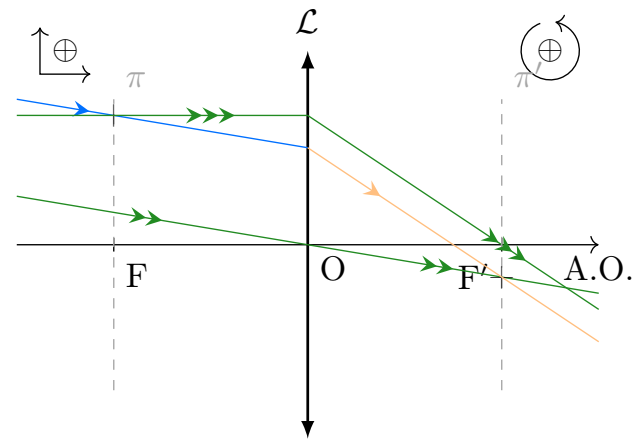


FIGURE O3.6 – f – Convergente rayon quelconque

On n'a qu'un seul rayon, donc pas d'intersection : aucune idée de la nature de l'objet/image.

2 Pour une lentille divergente

- a – Objet avant le foyer image ;
- c – Objet sur le foyer objet ;
- e – Faisceau parallèle à l'axe optique ;

- b – Objet entre le foyer objet et la lentille ;
- d – Objet après le foyer objet ;
- f – Rayon quelconque incliné par rapport à l'axe optique.

Réponse

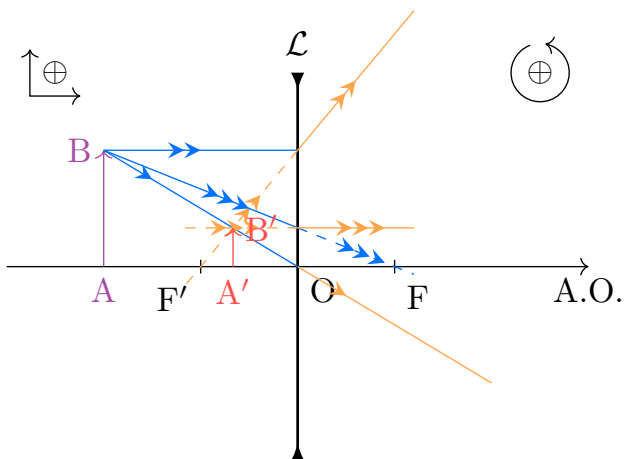


FIGURE O3.7 – a – Divergente avant F'

Ces rayons, issus d'un objet réel, se croisent avant la lentille : on a un faisceau émergent divergent qui donne une image virtuelle.

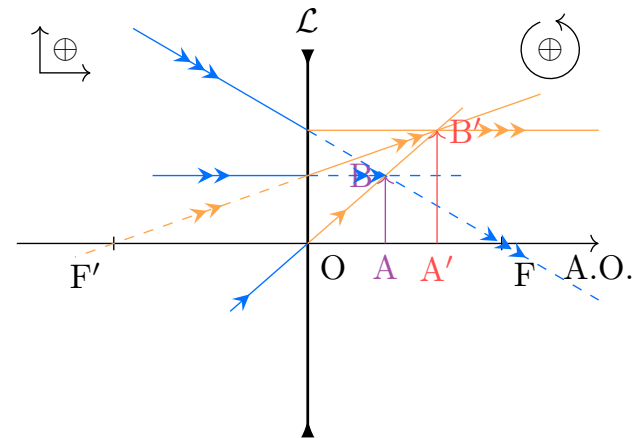


FIGURE O3.8 – b – Divergente entre O et F

À partir d'un objet virtuel, on obtient des rayons convergens qui donnent une image réelle.

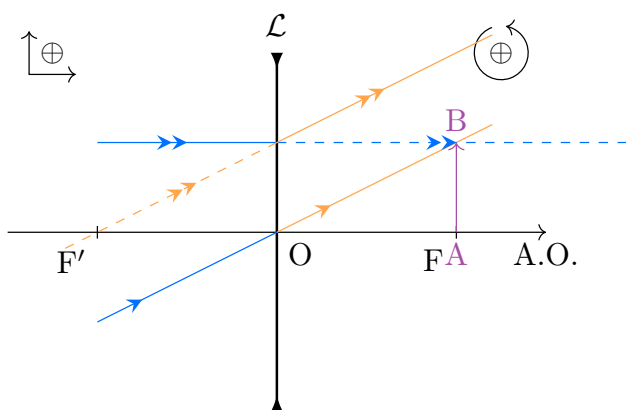


FIGURE O3.9 – c – Divergente sur F

Ici, l'objet est virtuel et donne un faisceau émergent parallèle, donnant donc une image à l'infini.

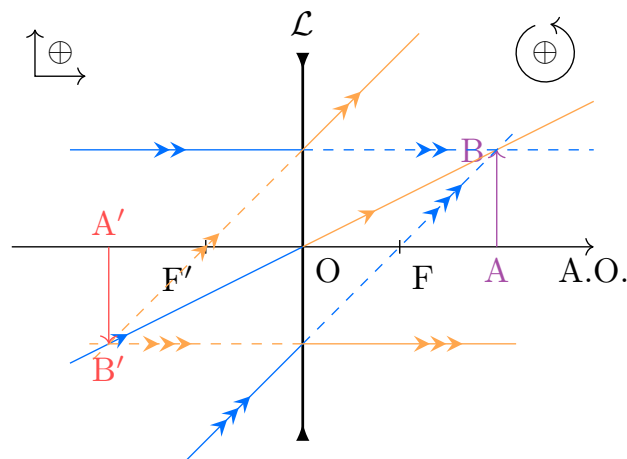


FIGURE O3.10 – d – Divergente après F

On part d'un objet virtuel. Le faisceau émergent est divergent, donnant lieu à une image virtuelle.

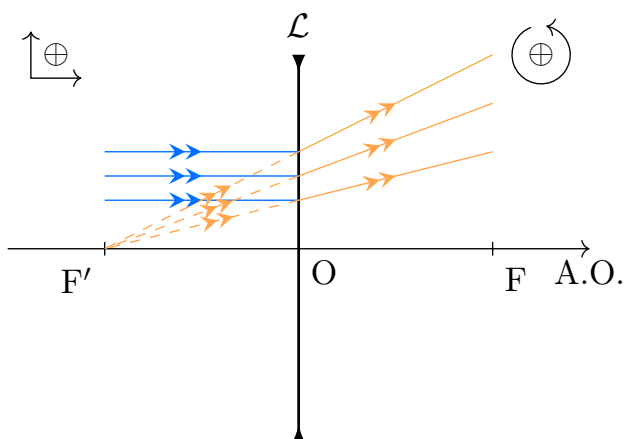


FIGURE O3.11 – e – Divergente faisceau parallèle

Ici, l'objet est réel et donne un faisceau émergent divergent, donnant donc une image virtuelle.

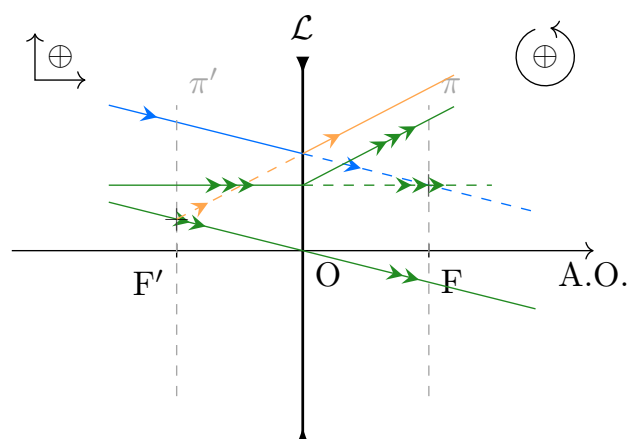


FIGURE O3.12 – f – Divergente rayon quelconque

On n'a qu'un seul rayon, donc pas d'intersection : aucune idée de la nature de l'objet/image.



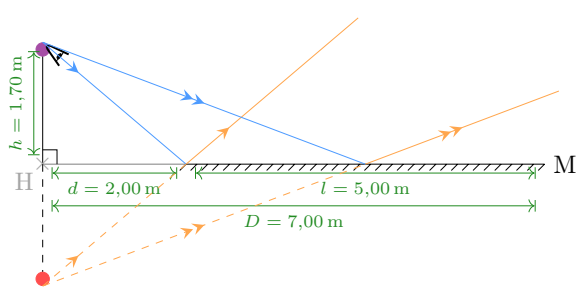
II Champ de vision à travers un miroir plan

Une personne dont les yeux se situent à $h = 1,70$ m du sol observe une mare gelée (équivalente à un miroir plan) de largeur $\ell = 5,00$ m et située à $d = 2,00$ m d'elle.

- 1 Peut-elle voir sa propre image ? Quelle est la nature de l'image ?

Réponse

Schéma



Outil

Pour voir une image, il faut qu'un rayon partant de l'image puisse arriver jusqu'à l'œil de l'observateur. Étant donné qu'on travaille avec un miroir, l'image de l'observateur est son symétrique par le plan du miroir (même si le miroir ne s'étend pas jusque-là!).

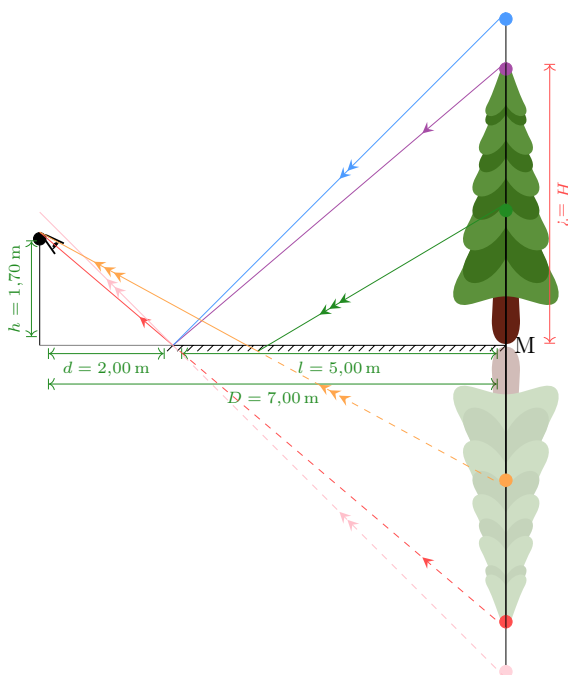
Application

On voit vite qu'il n'est pas possible qu'un rayon issu de l'image (en rouge) atteigne l'œil (en violet). On comprend par le tracé des rayons réfléchis que seul l'autre côté du lac sera visible.

- 2 Quelle est la hauteur maximale H d'un arbre situé de l'autre côté de la mare (en bordure de mare) qu'elle peut voir par réflexion dans la mare? On notera $D = \ell + d$.

Réponse

Schéma



Outil

Ici aussi, l'idée est de trouver l'image de l'arbre, et de voir la condition limite pour la taille visible.

Application

Un schéma avec l'image de l'arbre nous permet de voir que le point le plus haut qu'on peut voir par réflexion sur le lac est quand on regarde proche de nous : si on regarde plus loin, on voit en effet plus vers le bas de l'arbre (rayon vert incident, rayon orange émergent). Un arbre qui est trop grand ne sera pas visible en regardant ce point-là (rayon bleu incident, rose émergent). On s'intéresse donc à la construction géométrique formée par le rayon violet incident, rouge émergent, qui nous permet d'appliquer le théorème de Thalès : $\frac{H}{l} = \frac{h}{d}$, soit

$$H = \frac{l \times h}{d} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} l = 5,00 \text{ m} \\ h = 1,70 \text{ m} \\ d = 2,00 \text{ m} \end{cases}$$

D'où

$$H = 4,25 \text{ m}$$



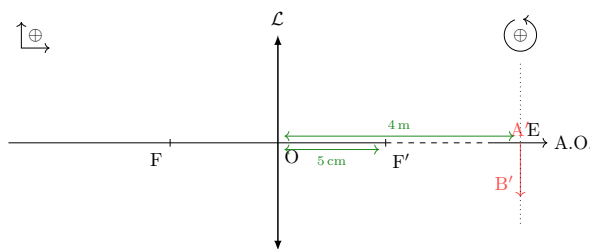
III Vidéoprojecteur

- 1 On modélise l'objectif d'un vidéoprojecteur par une lentille mince convergente de distance focale de 5,0 cm. L'objet transverse a une hauteur de 24 mm et l'écran se situe à 4,0 m de la lentille. Déterminer la position, la nature de l'objet ainsi que la taille de l'image.

Réponse

Données

- 1) $(AB) = 24 \text{ mm}$: « l'objet transverse a une hauteur de 24 mm » ;
- 2) $\overline{OA'} = +4,0 \text{ m}$: « l'écran se situe à 4,0 m » (c'est là que se forme l'image, c'est donc la position de A') ;
- 3) $\overline{OF'} = +5,0 \text{ cm}$.



Résultats attendus

- 1) Que vaut $\overline{OA}$? : « Déterminer la position et la nature de l'objet » (O est bon point d'intérêt à partir duquel on peut mesurer des distances, et selon la valeur algébrique de $\overline{OA}$ on saura de quel côté de la lentille l'objet se situe, et donc son caractère virtuel ou réel) ;
- 2) Que vaut $\overline{A'B'}$? : « Déterminer [...] la taille de l'image ».

Outils du cours

- 1) Relation de conjugaison pour une lentille mince :

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

- 2) Grandissement pour une lentille mince :

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



Application

1) De la relation de conjugaison, on a :

$$\overline{OA} = \frac{\overline{OA'}\overline{OF'}}{\overline{OF'} - \overline{OA'}}$$

Et avec les données,

$$\overline{OA} = -5,1 \text{ cm}$$

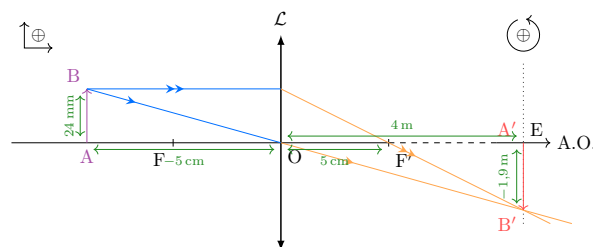
Ainsi, on a un objet réel situé à 5 centimètres à gauche de la lentille.

2) De l'expression du grandissement, on a :

$$\overline{A'B'} = \overline{AB} \times \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

Et avec les données,

$$\overline{A'B'} = -1,9 \text{ m}$$



Remarque

Comme $\overline{OA'} \gg \overline{OF'}$, le résultat numérique est proche de $-\overline{OF'}$. En effet, plus l'objet s'approche du foyer objet, plus le vidéoprojecteur forme l'image à l'infini.



Correction du TD d'entraînement



I Œil réduit et accommodation

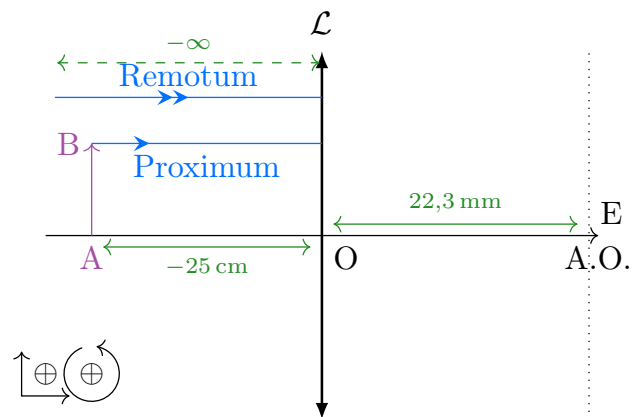
Le cristallin de l'œil est assimilable à une lentille mince de distance focale variable (accommodation). L'image, pour être nette, doit se former sur la rétine qui est située à 22,3 mm du cristallin. Lorsque l'œil n'accommode pas (cristallin au repos), il voit nettement un objet situé à l'infini. Lorsqu'il accommode au maximum, il voit nettement un objet jusqu'à 25 cm (valeur moyenne).

- 1) Quelles sont la vergence et la distance focale du cristallin lorsque l'œil voit nettement un objet placé à 25 cm ? À l'infini ?

Réponse

Données

- 1) Rétine = écran, cristallin = lentille ;
- 2) Au repos, A à l'infini ;
- 3) Au *proximum*, A à 25 cm ($\overline{OA} = -25$ cm).



Résultats attendus

- 1) $\overline{OF'}_{\text{repos}}$?
- 2) $\overline{OF'}_{\text{accommodation}}$?

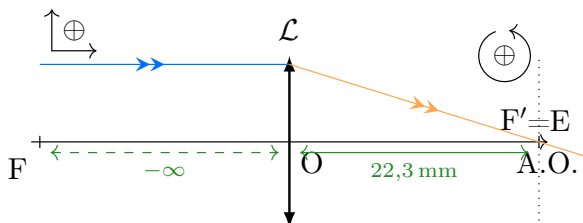
Outils du cours

Relation de conjugaison pour une lentille mince, avec $\overline{OA'} = \overline{OE} = 22,3$ mm (le principe d'un écran c'est que l'image se forme dessus!!) et $\frac{1}{\overline{OA}} = 0$ quand $\overline{OA} = -\infty$

Résultats

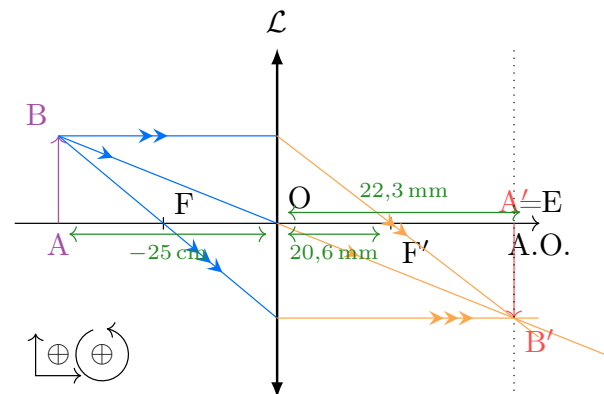
$$V_{\text{repos}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} \Leftrightarrow V_{\text{repos}} = \frac{1}{\overline{OE}}$$

$$\text{A.N. : } V_{\text{repos}} = 44,8 \delta \Leftrightarrow \overline{OF'}_{\text{repos}} = 22,3 \text{ mm}$$



$$V_{\text{acc}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} \Leftrightarrow V_{\text{acc}} = \frac{\overline{OA} - \overline{OE}}{\overline{OE} \cdot \overline{OA}}$$

$$\text{A.N. : } V_{\text{acc}} = 49 \delta \Leftrightarrow \overline{OF'}_{\text{acc}} = 21 \text{ mm}$$



- 2) On observe nettement un objet de 10 cm de haut placé à 1,0 m. Quelle est la vergence du cristallin ?

Réponse

Données

- 1) $AB = 10 \text{ cm}$
- 2) $\overline{OA} = -1,0 \text{ m}$

Outil

$$V = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$$

Application

$$V = \frac{\overline{OA} - \overline{OA'}}{\overline{OA'} \cdot \overline{OA}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \overline{OA} = -1,0 \text{ m} \\ \overline{OA'} = 22,3 \times 10^{-3} \text{ m} \end{cases}$$

A.N. : $V = 46 \delta$

- 3 Dans ces conditions d'observation, quels sont le sens et la taille de l'image formée sur la rétine ?

Réponse

Résultat attendu

$$\overline{A'B'} = ?$$

Outil

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

Application

$$\overline{A'B'} = \overline{AB} \times \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \overline{AB} = 10 \text{ cm} \\ \overline{OA'} = 22,3 \times 10^{-3} \text{ m} \\ \overline{OA} = -1,0 \text{ m} \end{cases}$$

A.N. : $\overline{A'B'} = -0,22 \text{ cm}$

L'image est donc renversée et rétrécie, elle fait 2,2 mm. C'est logique en considérant la taille de la rétine de l'œil.



II Coin de miroir

- 1 Un rayon lumineux pénètre dans un système optique composé de deux miroirs plans faisant un angle α entre eux. Il rentre parallèlement à un miroir et ressort du système en revenant sur lui-même par le même chemin optique après trois réflexions. Quelle est la valeur de α ?

Réponse

On compte 3 réflexions, et il doit revenir sur lui-même : le rayon incident et le rayon émergent doivent faire le même angle avec la normale à BC. L'angle i_2 est également identique de I à J et de J à I. Cela n'est vérifié que si la lumière est en incidence normale sur AB.

Or, $i_1 = \frac{\pi}{2} - \alpha$, donc $i_2 = -i_1 = \alpha - \frac{\pi}{2}$. Pour avoir i_2 dirigé verticalement, il faut $-i_1 + i_2 = -\frac{\pi}{2}$, autrement dit $2i_1 = \frac{\pi}{2} \Leftrightarrow i_1 = \frac{\pi}{4}$. Finalement, on trouve

$$\alpha = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$$

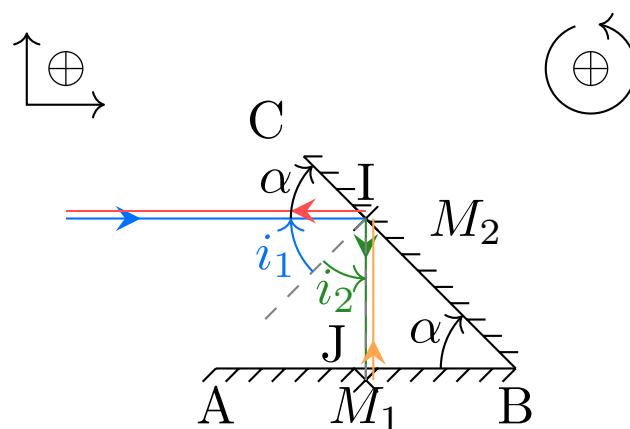


FIGURE O3.1 – Schéma du système

III Étude d'un rétroprojecteur

Un rétroprojecteur est un ensemble lentille-miroir, avec un miroir plan incliné à 45° par rapport à la lentille. L'ensemble lentille-miroir est réglable en hauteur (h). On étudie un rétroprojecteur dont la lentille a une vergence de $2,0\delta$, avec une distance lentille-miroir $d = 10\text{ cm}$.

On désire projeter un objet transparent AB sur un écran placé à $D = 3,0\text{ m}$ de l'axe optique de la lentille.

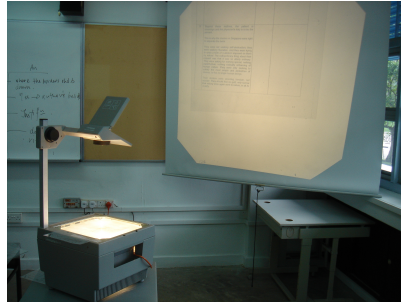


FIGURE O3.2

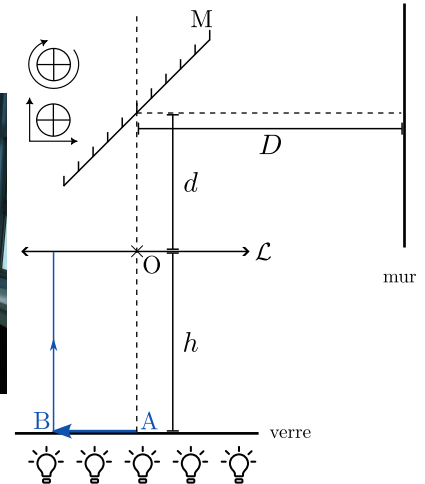


FIGURE O3.3

- 1 Déterminer la distance h permettant d'obtenir une image nette sur l'écran.

Réponse

On a $\overline{AB} \xrightarrow{L} \overline{A_1B_1} \xrightarrow{M} \overline{A'B'}$, avec C le point d'intersection entre le miroir plan et l'axe optique de la lentille. On commence par un beau et grand schéma.

En appelant H_1 (resp. H_2) le projeté orthogonal de A_1 (resp. B_1) sur le plan du miroir, on a $\overline{H_1A'} = -\overline{H_1A_1}$ et $\overline{H_2B'} = -\overline{H_2B_1}$, mais en utilisant le point C on a plus simplement

$$\overline{CA'} = \overline{CA_1} = D$$

On a donc pour la lentille

$$\begin{aligned} \overline{OA_1} &= \overline{OC} + \overline{CA_1} \\ \Leftrightarrow \overline{OA_1} &= d + D \end{aligned}$$

On utilise la relation de conjugaison des lentilles minces en nommant V la vergence de la lentille :

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{d+D} - \frac{1}{-h} \\ \Leftrightarrow h &= \frac{d+D}{V(d+D)-1} \\ \text{avec } \begin{cases} d = 10 \times 10^{-2} \text{ m} \\ D = 3,0 \text{ m} \\ V = 2,0 \text{ m}^{-1} \end{cases} \\ \text{A.N. : } h &= 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

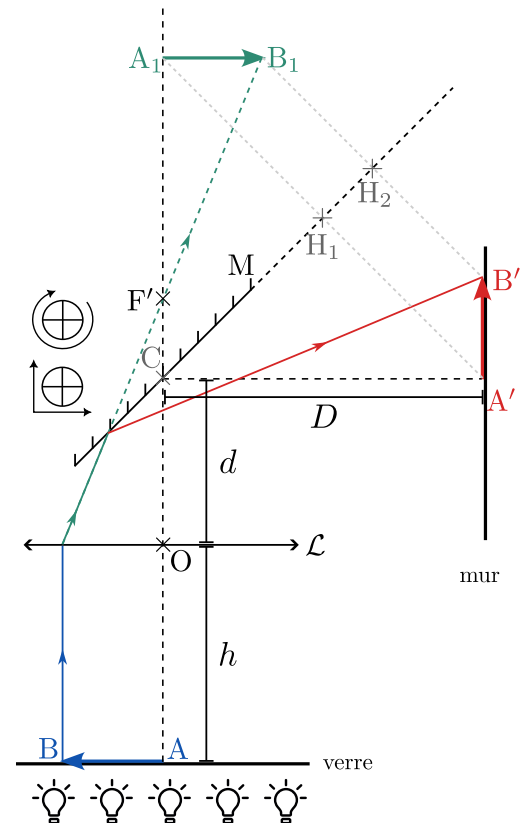


FIGURE O3.4 – Rétroprojecteur complété

- 2 Calculer le grandissement.

Réponse

D'une manière générale, le grandissement d'un système optique est le **produit des grandissements** des éléments qui le composent : $\gamma = \gamma_L \cdot \gamma_M$.

Or, un miroir plan a un grandissement de $\gamma_M = 1$, donc le grandissement du système est celui de la lentille :

$$\gamma = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA_1}}{\overline{OA}} \Leftrightarrow \gamma = \frac{d+D}{-h} \quad \text{A.N. : } \gamma = -5,2$$