

Chapitre 1. Vision et image

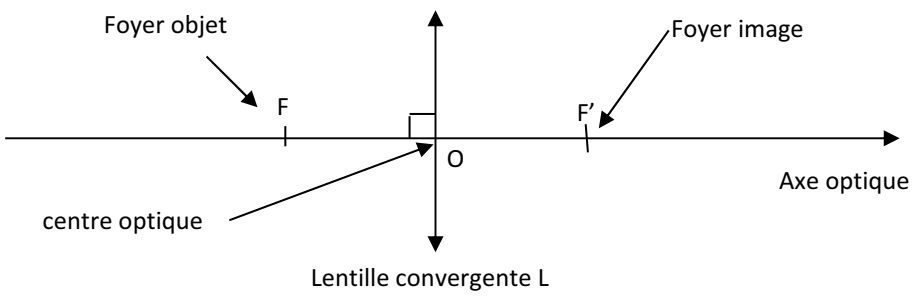
1. Comment schématiser une lentille convergente ?

Coach : Une lentille convergente est un instrument d'optique constitué par un milieu transparent comme le verre. Elle est plus épaisse en son centre qu'à ses bords.

Méthode

Pour schématiser une lentille convergente, il faut maîtriser le vocabulaire suivant :

- axe optique : axe orienté fictif qui coupe la lentille en son milieu de façon perpendiculaire.
- centre optique O : point d'intersection entre l'axe optique et la lentille convergente.
- foyer objet F et foyer image F' : points caractéristiques de la lentille, équidistants du centre optique O soit $OF = OF'$.



The diagram shows a horizontal line representing the optical axis. A vertical line with arrows at both ends represents the lens L. The intersection point is labeled O. To the left of O is a point F, and to the right is a point F'. A small square at O indicates the perpendicular intersection of the lens and the axis. Labels with arrows point to 'Foyer objet' (F), 'Foyer image' (F'), 'centre optique' (O), and 'Lentille convergente L'. The horizontal axis is labeled 'Axe optique' at its right end.

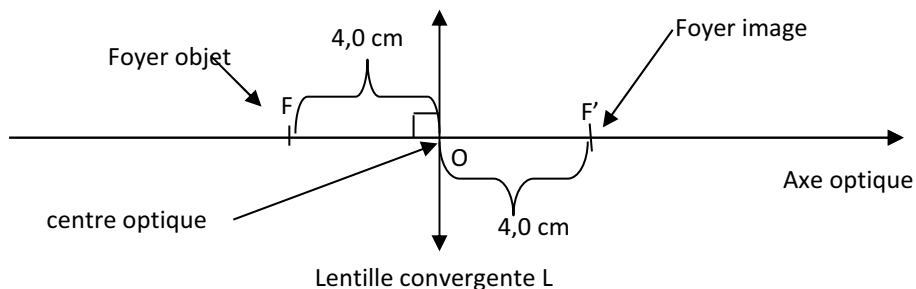
■ **Exemple (force 1)**

Coach : Attention, tu dois bien te souvenir que F et F' sont situés à égale distance du centre optique O.

Ex. 1. Schématiser une lentille convergente dont la distance entre le foyer objet et le foyer image est $FF' = 8,0 \text{ cm}$.

$$FF' = OF + OF' \text{ or } OF = OF' \text{ donc } FF' = 2OF \text{ soit } OF = \frac{FF'}{2} = \frac{8,0}{2} = 4,0 \text{ cm}$$

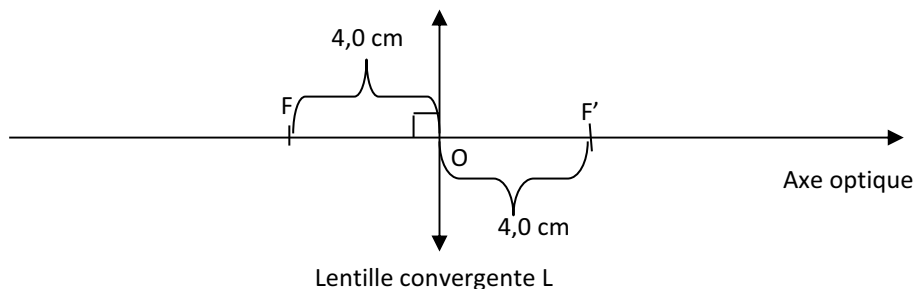
Schéma de la lentille convergente :



2. Comment interpréter la notion de grandeur algébrique ?

Méthode

Une grandeur algébrique est une mesure qui peut être positive ou négative. Un axe orienté va imposer le sens positif et le sens négatif.



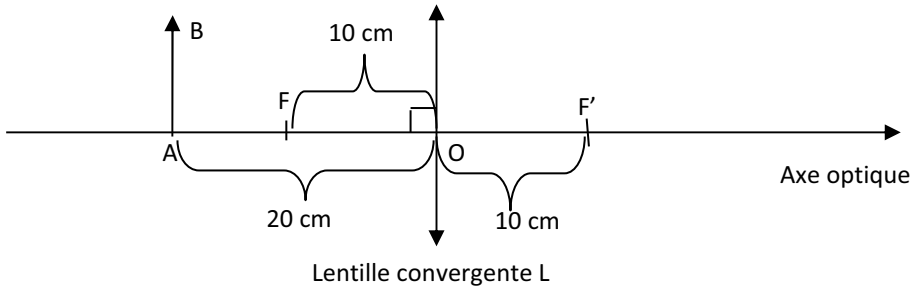
\overline{OF} représente la grandeur algébrique de la distance OF, ici $\overline{OF} = -4,0$ cm.

$\overline{OF'}$ représente la grandeur algébrique de la distance OF', ici $\overline{OF'} = +4,0$ cm.

Exemple (force 1)

Coach : Sois vigilant sur la valeur algébrique ! Le piège classique dans lequel bon nombre d'élèves tombent est le suivant : cette grandeur « algébrique » peut être positive ou négative...

Ex. 1. Soit la situation ci-dessous, donner les valeurs des grandeurs algébriques \overline{OF} , $\overline{OF'}$, \overline{OA} .



On a $\overline{OF} = -10 \text{ cm}$

$\overline{OF'} = 10 \text{ cm}$

$\overline{OA} = -20 \text{ cm}$

3. Comment exploiter la distance focale et la vergence d'une lentille convergente ?

Coach : La distance focale et la vergence sont des caractéristiques d'une lentille. Ces grandeurs sont constantes pour une lentille donnée. Bien sûr, tu n'oublies surtout pas les unités associées à chacune des grandeurs physiques...

Méthode

La distance focale se note f' et s'exprime en mètre (m). Elle correspond à la grandeur algébrique de la distance entre le centre optique O et le foyer image F' : $f' = \overline{OF'}$.

La vergence est notée C et s'exprime en dioptrie (δ). Elle correspond à l'inverse de la distance focale f' : $C = \frac{1}{f'}$ avec f' en m.

Exemples (force 1)

Ex. 1. On considère une lentille convergente de distance focale $f' = 20 \text{ mm}$. Déterminer la vergence C de cette lentille.

Coach : Le piège ultra classique à éviter : on convertit tout de suite la distance focale en m avant de calculer la vergence.

$$C = \frac{1}{f'} \text{ or } f' = 20 \text{ mm} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad \text{donc } C = \frac{1}{2,0 \cdot 10^{-2}} \quad \text{d'où } C = 50 \delta.$$

Ex. 2. On considère une lentille convergente de vergence $C = 8,0 \delta$. Déterminer la distance focale f' de cette lentille.

$$C = \frac{1}{f'} \quad \text{donc} \quad f' = \frac{1}{C} = \frac{1}{8,0} \quad \text{d'où} \quad f' = 1,3 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 13 \text{ cm}$$

EXERCICES-TESTS

■ Exercices-Tests (force 1)

ET1. On considère une lentille convergente de distance focale $f' = 15,0 \text{ cm}$. Déterminer la vergence C de cette lentille.

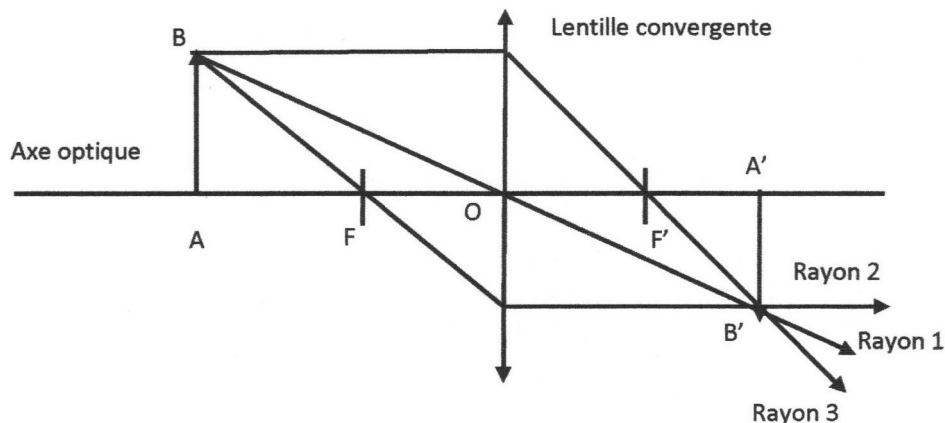
ET2. On considère une lentille convergente de vergence $C = 18 \delta$. Déterminer, en cm, la distance focale f' de cette lentille.

4. Comment tracer l'image d'un objet à travers une lentille convergente ?

Coach : Les tracés de rayons lumineux nécessitent beaucoup de précision. Je te conseille donc de les faire exclusivement sur papier millimétré.

Méthode

Pour construire l'image $A'B'$ d'un objet AB à travers une lentille convergente, trois rayons suffisent :



Rayon 1 : rayon issu de B passant par le centre optique qui n'est jamais dévié.

Rayon 2 : rayon issu de B passant par le foyer objet F et qui ressort parallèle à l'axe optique.

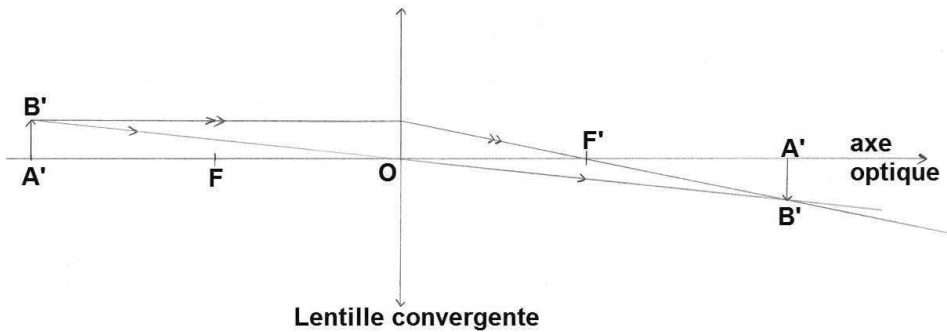
Rayon 3 : rayon issu de B parallèle à l'axe optique et qui ressort en passant par le foyer image F' .

Le point d'intersection de ces trois rayons donne l'image B' du point B à travers la lentille convergente.

■ Exemple (force 1)

Ex. 1. Construire, à l'échelle 1/4, l'image $A'B'$ d'un objet AB de taille 2,0 cm se trouvant à une distance de 20 cm du centre optique d'une lentille convergente de distance focale $f' = 10$ cm.

Coach : L'échelle 1/4 signifie que l'on construit l'image en divisant toutes les mesures par 4.



EXERCICES-TESTS

■ Exercices-Tests (force 1)

ET1. Construire, à l'échelle 1/5, l'image $A'B'$ d'un objet AB de hauteur 8,0 cm placé à 20 cm du centre optique d'une lentille convergente de distance focale $f' = 8,0$ cm.

ET2. Construire, à l'échelle 1/1, l'image $A'B'$ d'un objet AB de hauteur 1,4 cm placé à 2,3 cm du centre optique d'une lentille convergente de distance focale $f' = 3,3$ cm.

5. Comment exploiter la relation de conjugaison ?

Coach : Attention ! La relation de conjugaison utilise les grandeurs algébriques, il faut donc bien faire attention au signe de chaque grandeur. Tu n'oublieras pas dans tes calculs les signes (-)...

Méthode

Relation de conjugaison : elle illustre le lien mathématique existant entre la position de l'objet, la position de l'image et la distance focale de la lentille.

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \quad \text{avec } \overline{OA'}, \overline{OA} \text{ et } f' \text{ en m.}$$

$\overline{OA'}$ représente la position, en grandeur algébrique, de l'image A'B' par rapport au centre optique O.

\overline{OA} représente la position, en grandeur algébrique, de l'objet AB par rapport au centre optique O

Coach : Il faut impérativement s'entraîner à « manipuler » cette relation de conjugaison... En effet, grâce à elle et selon les données de l'exercice, tu seras amené à déterminer soit $\overline{OA'}$, soit \overline{OA} ou alors f' ! Bien sûr, les distances s'expriment toutes en mètre... N'oublie donc pas de convertir quand cela est nécessaire ! Voici quelques exemples pour te familiariser avec cette relation de conjugaison : au travail !

■ Exemples (force 1)

Ex. 1. Une lentille mince convergente de distance focale $f' = 10,0$ cm donne d'un objet AB situé à 20,0 cm du centre optique, une image A'B'. Déterminer la position de l'image A'B'.

Relation de conjugaison : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ donc $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}}$

Coach : L'objet AB est situé à 20,0 cm en avant du centre optique. Attention : \overline{OA} est négative !

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{10,0 \cdot 10^{-2}} + \frac{1}{-20,0 \cdot 10^{-2}} = \frac{20,0 \cdot 10^{-2} - 10,0 \cdot 10^{-2}}{10,0 \cdot 10^{-2} \times 20,0 \cdot 10^{-2}}$$
$$\overline{OA'} = \frac{10,0 \cdot 10^{-2} \times 20,0 \cdot 10^{-2}}{20,0 \cdot 10^{-2} - 10,0 \cdot 10^{-2}} = 0,200 \text{ m} = 20,0 \text{ cm.}$$

L'image A'B' se trouve à 20,0 cm après la lentille.

Ex. 2. On considère une lentille convergente de distance focale $f' = 20$ cm donnant d'un objet AB une image A'B' se trouvant à 60 cm après la lentille. Déterminer la position de l'objet AB.

$$\text{Relation de conjugaison : } \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \quad \text{donc} \quad \frac{1}{OA} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{f'}$$

$$\frac{1}{OA} = \frac{1}{60 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{20 \cdot 10^{-2}} \quad \text{donc} \quad \overline{OA} = 0,30 \text{ m} = 30 \text{ cm.}$$

L'objet AB se trouve à 30 cm en avant du centre optique de la lentille convergente.

Ex. 3. Une lentille convergente de distance focale f' donne d'un objet AB se trouvant à 20 cm en avant de la lentille, une image A'B' qui se trouve à 60 cm après la lentille. Déterminer la distance focale de la lentille. En déduire la vergence de la lentille.

$$\text{Relation de conjugaison : } \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \quad \text{donc} \quad \frac{1}{f'} = \frac{1}{60 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{-20 \cdot 10^{-2}}$$

$$f' = 0,15 \text{ m} = 15 \text{ cm.}$$

Coach : Tu n'oublies pas d'exprimer ta distance focale en m pour déterminer la valeur de la vergence qui s'exprime en dioptrie.

$$C = \frac{1}{f'} = \frac{1}{0,15} \quad \text{donc} \quad C = 6,7 \delta.$$

EXERCICES-TESTS

■ Exercices-Tests (force 1)

ET1. Un objet AB est placé à une distance de 5,0 cm d'une lentille convergente de distance focale $f' = 10$ cm. On appelle A'B' l'image de l'objet AB donnée par cette lentille. Déterminer la position de l'image A'B'.

ET2. Une lentille convergente, de vergence $C = 20 \delta$, donne d'un objet AB placé à 8,0 cm de la lentille une image A'B'. Déterminer la position de l'image A'B'.

ET3. L'objectif d'un appareil de projection de diapositives est assimilé à une lentille convergente. La diapositive est placée devant la lentille constituant l'objectif, dans un plan perpendiculaire à l'axe optique. Une image nette est obtenue sur un écran situé à 210 cm de l'objectif. La distance focale de la lentille utilisée est de 10,0 cm. Déterminer la distance, en cm, à laquelle on doit placer la diapositive devant l'objectif.

ET4. Une lentille convergente de distance focale $f' = 25$ cm donne d'un objet réel A, situé sur l'axe optique à 105 cm devant le foyer objet une image A'. Calculer la distance, en cm, qui sépare A' du foyer image.

ET5. Un objet AB de taille 1,0 cm, est placé à une distance de 30 mm du centre optique d'une lentille convergente de distance focale $f' = 50$ mm. Déterminer la position de l'image A'B'.

6. Comment utiliser le grandissement ?

Coach : Attention ! Pour calculer le grandissement on utilise les grandeurs algébriques, alors encore une fois attention aux signes.

Méthode

Le grandissement est noté γ , c'est une grandeur sans unité.

Pour calculer la valeur du grandissement, deux relations sont possibles :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad \text{avec } \overline{OA} \text{ et } \overline{OA'} \text{ dans le même unité.}$$

\overline{OA} : distance algébrique entre l'objet et le centre optique.

$\overline{OA'}$: distance algébrique entre l'image et le centre optique.

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \quad \text{avec } \overline{AB} \text{ et } \overline{A'B'} \text{ dans le même unité.}$$

\overline{AB} : mesure algébrique de la taille de l'objet.

$\overline{A'B'}$: mesure algébrique de la taille de l'image.

Exemple (force 1)

Ex. 1. L'image $A'B'$ d'un objet AB , de taille 20 mm, est obtenu grâce à une lentille convergente de distance focale $f' = 8,0$ cm placé à une distance de 16 cm de l'objet AB .

- Déterminer la position de l'image.
- Calculer la valeur du grandissement.
- Déterminer la taille de l'image $A'B'$.

Coach : Piège récurrent sur les valeurs algébriques :

La distance AB est positive.

La distance OA est négative.

a) Relation de conjugaison : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ donc $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}}$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{8,0 \cdot 10^{-2}} + \frac{1}{-16 \cdot 10^{-2}} \quad \text{donc } \overline{OA'} = 0,16 \text{ m} = 16 \text{ cm.}$$

b) Grandissement : $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{16}{-16} = -1,0.$

$$c) \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \quad \text{donc} \quad \overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB} = -1,0 \times 20 = -20 \text{ mm.}$$

L'image $A'B'$ a une taille de 20 mm, elle est de même taille que l'objet.

EXERCICE-TEST

■ Exercice-Test (force 1)

ET1. À l'aide d'une lentille convergente, de distance focale $f' = 10,0 \text{ cm}$, on souhaite projeter sur un écran, placé à $50,0 \text{ cm}$ du centre optique O de la lentille, l'image $A'B'$ d'un objet AB de taille $5,0 \text{ cm}$

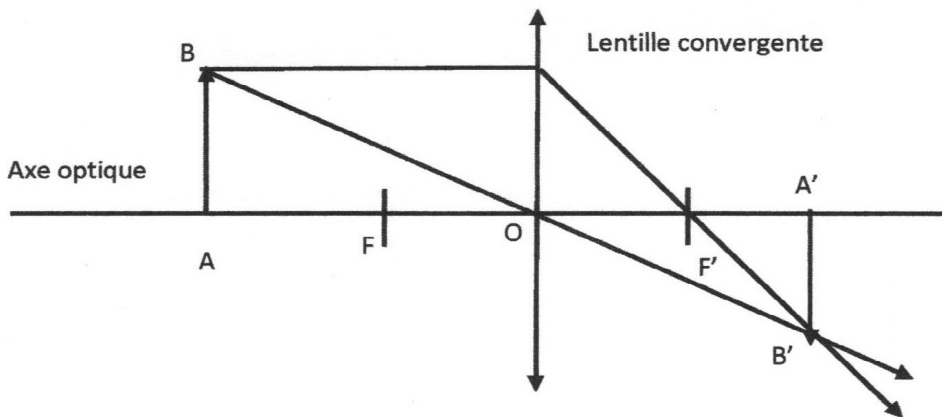
- Déterminer la position de l'objet.
- Calculer la valeur du grandissement.
- Calculer la taille de l'image.

7. Comment établir les caractéristiques d'une image?

Méthode

Pour établir les caractéristiques d'une image deux possibilités :

Soit graphiquement :



L'image $A'B'$ est réelle, inversée et plus petite que l'objet.

Soit en connaissant la position de l'image $\overline{OA'}$ et le grandissement γ :

- Si $\overline{OA'} > 0$: l'image est réelle.
- Si $\overline{OA'} < 0$: l'image est virtuelle.

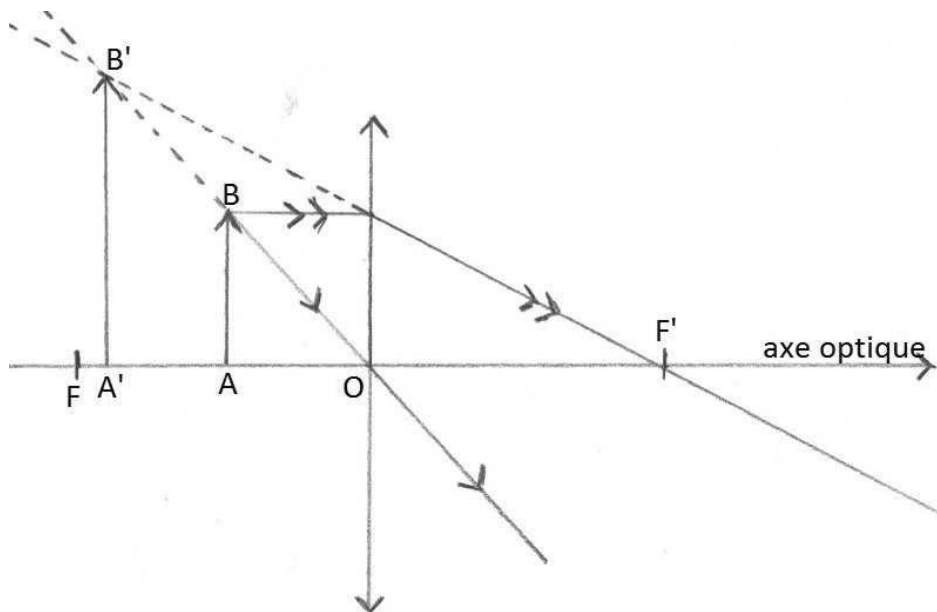
- Si $\gamma > 0$: l'image est droite.
- Si $\gamma < 0$: l'image est renversée (ou inversée).

Coach : Pour savoir si l'image obtenue est plus grande, plus petite ou de même taille que l'objet initial, on travaille avec la « valeur absolue » du grandissement qui se note $|\gamma|$. Tu raisones alors uniquement sur la valeur positive du grandissement que tu as calculé.

- Si $|\gamma| > 1$: l'image est agrandie ;
- Si $|\gamma| < 1$: l'image est réduite ;
- Si $|\gamma| = 1$: l'image est de même taille que l'objet.

■ Exemples (force 1)

Ex. 1. Donner les caractéristiques de l'image obtenue dans la situation ci-dessous.



Coach : C'est le cas classique de l'effet « loupe ». Retiens que pour une lentille convergente, si ton objet AB est situé entre le centre optique O et le foyer objet F, tu obtiens toujours une image virtuelle A'B', droite et plus grande que l'objet. C'est le principe d'une loupe...

L'image A'B' est donc virtuelle car elle est située du côté du foyer objet, droite et agrandie.

Ex. 2. Un objet AB est placé à une distance $OA = 15 \text{ cm}$ d'une lentille convergente de vergence $C = 10 \delta$. On appelle $A'B'$ l'image de l'objet AB donnée par cette lentille.

- Calculer la distance focale f' de la lentille convergente.
- Déterminer la position de l'image $A'B'$.
- Calculer la valeur du grandissement.
- Donner, en justifiant, les caractéristiques de l'image $A'B'$.

a) Distance focale : $f' = \frac{1}{C} = \frac{1}{10} = 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$

b) Relation de conjugaison : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ donc $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{OA}$

$\frac{1}{OA'} = \frac{1}{0,10} + \frac{1}{-15 \cdot 10^{-2}}$ donc $\overline{OA'} = 0,30 \text{ m} = 30 \text{ cm}$.

c) Grandissement : $\gamma = \frac{30}{-15} = -2$.

d) $\overline{OA'} > 0$: image réelle

$\gamma < 0$: l'image est renversée

$|\gamma| > 1$: l'image est agrandie

EXERCICES-TESTS

■ Exercices-Tests (force 1)

ET1. On considère une lentille convergente de distance focale $f' = 8,0 \text{ cm}$. On place un objet AB de taille $3,0 \text{ cm}$ à 20 cm en avant du centre optique de la lentille.

- Faire une construction graphique à l'échelle $1/3$.
- Déterminer à l'aide de la construction graphique les caractéristiques de l'image $A'B'$.
- Déterminer la position de l'image à l'aide de la relation de conjugaison.
- Calculer la valeur du grandissement.
- Etablir, en justifiant, les caractéristiques de l'image $A'B'$. Est-ce cohérent avec la question b) ?

ET2. Une lentille convergente de vergence inconnue donne une image $A'B'$ inversée et deux fois plus grande d'un objet placé à $1,2 \text{ m}$ du centre optique de la lentille.

- Déterminer la valeur du grandissement. En déduire la position de l'image $A'B'$.
- Etablir, en justifiant, les caractéristiques de l'image $A'B'$.
- Déterminer la valeur de la distance focale f' . En déduire la valeur de la vergence C de la lentille.

ET3. On considère une lentille convergente de vergence $C = 10 \delta$ et un objet AB situé à $5,0 \text{ cm}$ en avant du foyer objet de cette lentille tel que la taille de l'objet AB est de $1,0 \text{ cm}$.

- Déterminer la position de l'image $A'B'$.
- Calculer la valeur du grandissement.
- Etablir, en justifiant, les caractéristiques de l'image $A'B'$.

8. Comment modéliser l'œil par des instruments d'optique ?

Méthode

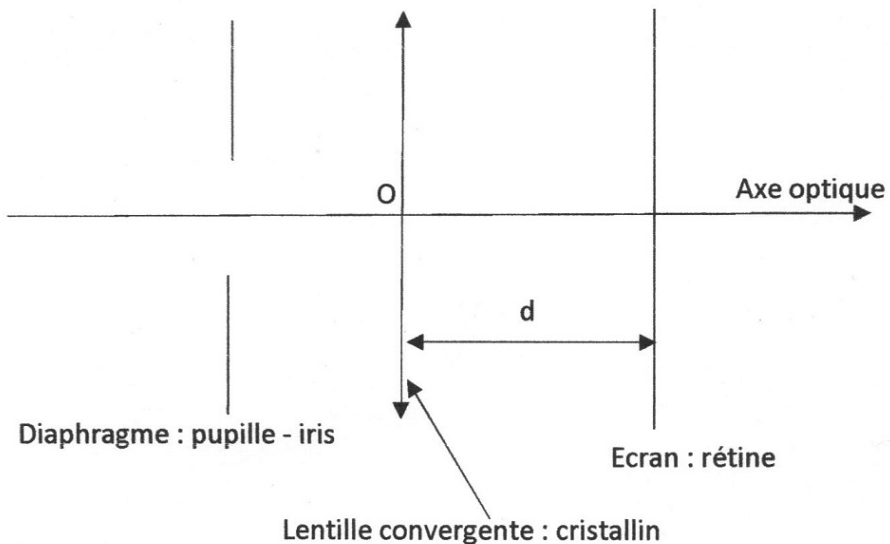
L'œil est l'organe de la vision, il est constitué de milieux transparents et de membranes opaques. Le physicien s'intéresse principalement à trois parties de l'œil pour le modéliser par des instruments d'optique : l'ensemble pupille-iris, le cristallin et la rétine.

Ensemble pupille-iris : modélisé par un diaphragme. Un diaphragme est une ouverture circulaire variable qui permet de contrôler la quantité de lumière qui pénètre dans le système optique.

Cristallin : modélisé par une lentille convergente.

Rétine : modélisé par un écran.

Schéma de la modélisation de l'œil réduit :



La distance d entre le cristallin et la rétine est fixe et voisine de 15 mm.

Exemple (force 1)

Ex. 1. Pour chaque proposition dire si l'affirmation est juste. Dans le cas contraire, la corriger.

a. Le cristallin est modélisé par une lentille divergente.