

Chapitre P14 : Images formées par les systèmes optiques

I) Quelques généralités sur l'optique :

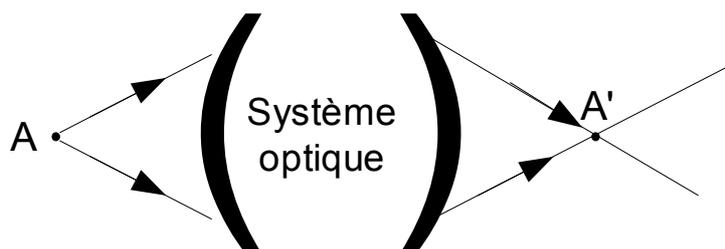
On appelle **système optique** un système qui forme une image d'un objet qui émet de la lumière. (ex : lentilles, miroirs ...)

On appelle **dioptre** une surface séparant deux milieux transparents homogènes d'indice différent.

On appelle le **point objet**, un point qui émet des rayons lumineux dans toutes les directions de l'espace. Il s'agit donc du point d'intersection des rayons arrivant sur le système optique.

On appelle **point image**, le point d'intersection des rayons lumineux émergeant du système optique.

On dit que deux points, objet A et image A' sont **conjugués** l'un de l'autre si et seulement si tous les rayons issus de A et qui traversent le système optique se croisent ensuite en A'.



II) Comment se forme l'image créée par un miroir plan ?

1) Position du point image : Voir TP P12 Miroir et lentilles (+ le corrigé)

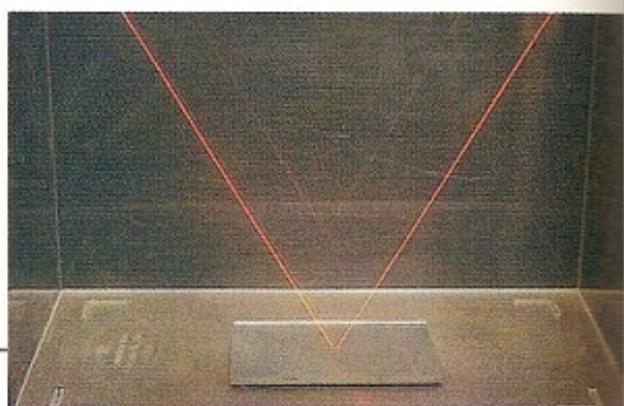
Nous avons montré en TP que si l'on dispose deux bougies de part et d'autre d'une plaque de plexiglas, la deuxième bougie paraît allumée grâce à l'image de la flamme de la première si et seulement si les deux bougies sont disposées symétriquement par rapport à la plaque de plexiglas.

Ceci démontre donc qu'une surface réfléchissante comme un miroir **donne d'un point objet A, une image conjuguée A', symétrique de A par rapport au plan de cette surface réfléchissante.**

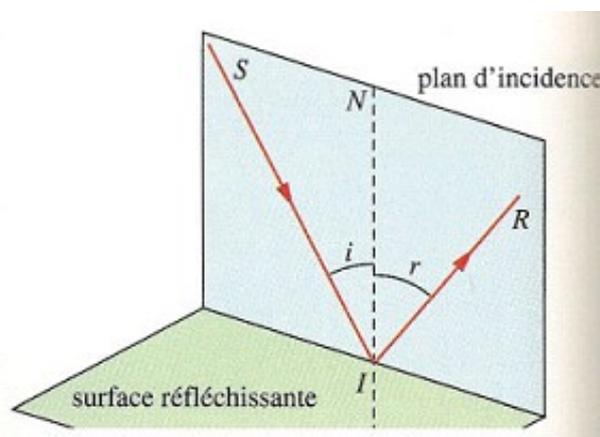
2) Quelles sont les lois de Descartes de la réflexion ?

On a montré en TP que le phénomène de réflexion est décrit par les lois de Snell-Descartes :

- Première loi : **Le rayon réfléchi est situé dans le plan d'incidence défini par le rayon incident et la normale au miroir.**
- Deuxième loi : **L'angle de réflexion r est égal à l'angle d'incidence i : $i = r$**



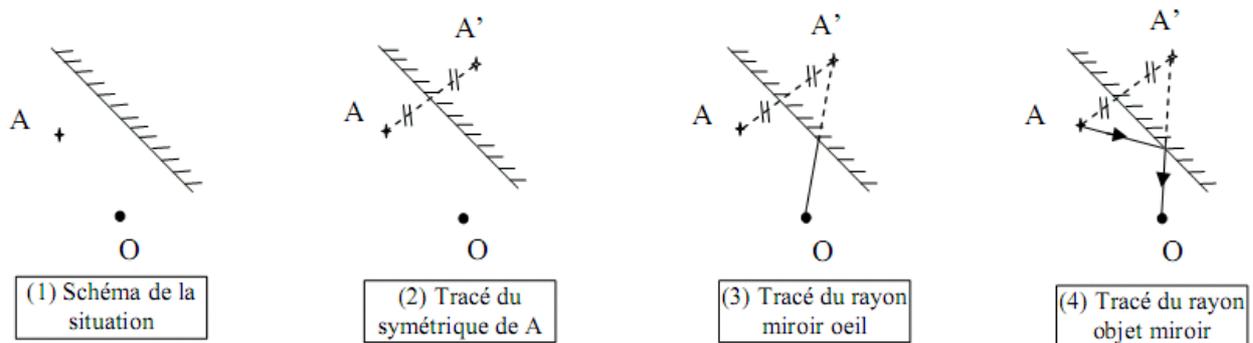
Doc. 10 Réflexion d'un faisceau laser à la surface d'un miroir.



3) Comment construire l'image d'un objet donnée par un miroir plan ?

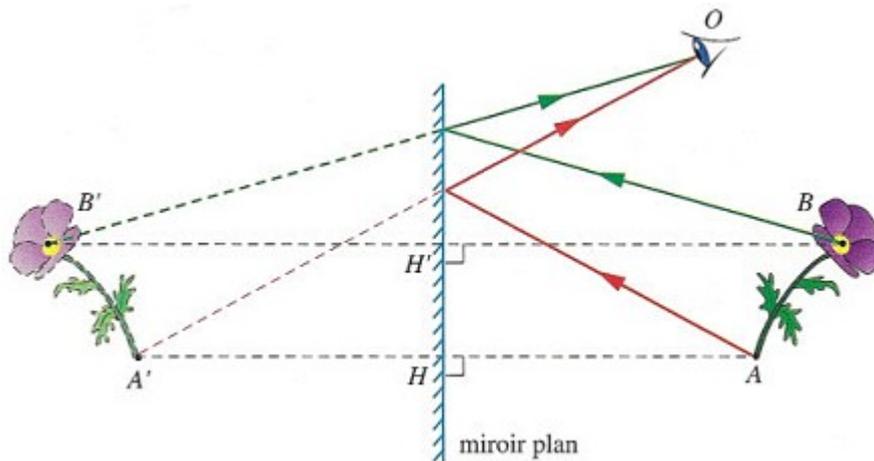
Soit A le point objet dont on veut construire le point image.

Soit O l'œil de l'observateur.



Tous les rayons issus des points A d'un objet et se réfléchissant sur le miroir semblent provenir du point image A', conjugué du point A et symétrique de celui-ci par rapport au miroir plan. Il en est de même pour tous les points de l'objet : l'image est symétrique de l'objet par rapport au miroir.

Exemple :



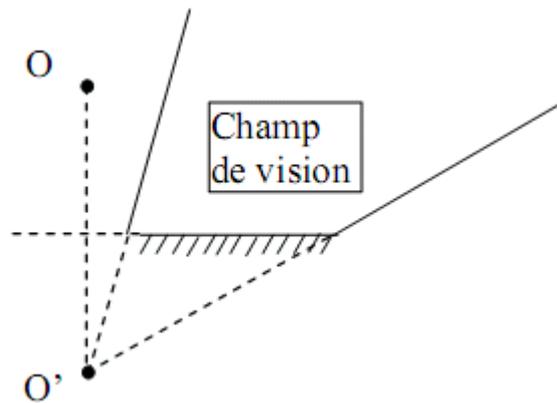
L'ensemble de tous les points images conjugués des points d'un objet, par un miroir, constitue **l'image** de cet objet. **L'image donnée par un miroir plan a la même dimension que l'objet**, toutefois l'objet et l'image ne sont pas superposables si l'objet n'est pas symétrique.

Ainsi, l'image d'une main droite donnée par un miroir donne une main de même taille mais qui n'est pas superposable : il s'agit d'une main gauche.



4) Champ d'observation d'un miroir plan :

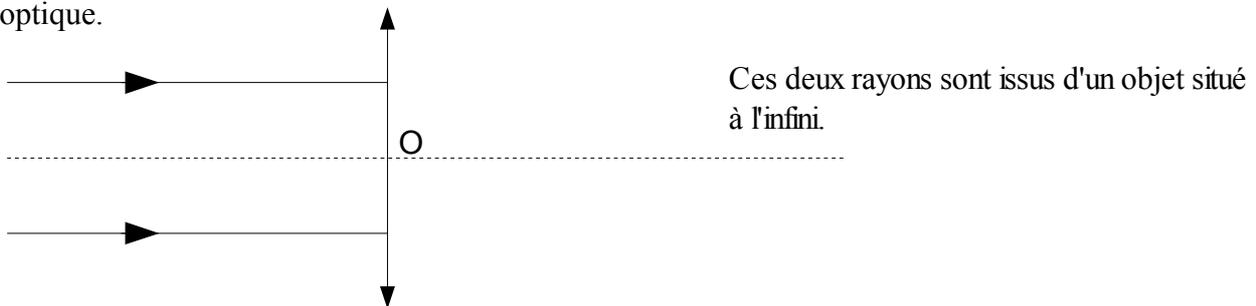
Pour une position donnée de l'œil de l'observateur, il existe une portion de l'espace dans laquelle doit-être située l'objet pour que son image soit visible par l'œil de l'observateur. C'est ce que l'on appelle **le champ du miroir**. C'est la portion de l'espace que peut observer l'œil par réflexion à travers le miroir.



II) Comment observer une image avec une lentille convergente ?

1) Foyers et plans focaux :

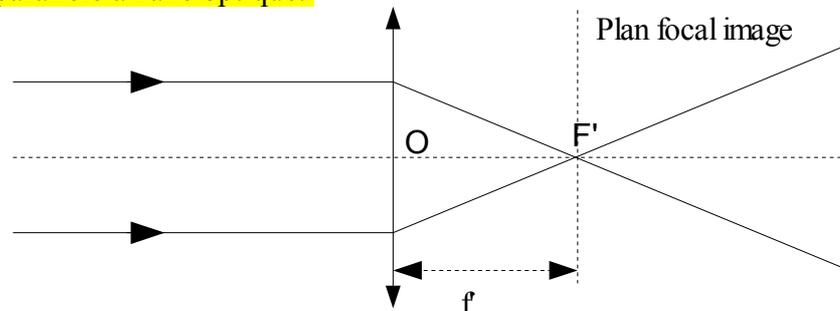
Remarque : Les rayons issus d'un objet situé à l'infini arrivent sur la lentille parallèle à l'axe optique.



Définitions :

On définit le **foyer image** d'une lentille, noté F' , comme étant l'image conjuguée d'un objet ponctuel situé à l'infini sur l'axe optique.

Le foyer image est donc le point particulier de l'axe optique où converge un faisceau de lumière arrivant sur la lentille parallèle à l'axe optique.



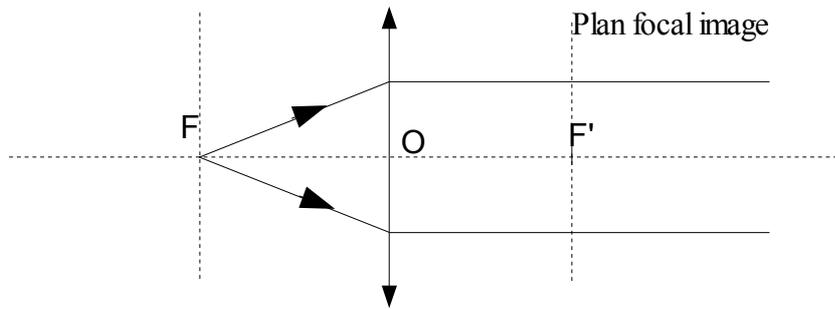
Le plan perpendiculaire à l'axe optique et qui contient le foyer image F' est appelé **plan focal image**. Tous les points de ce plan sont appelés **les foyers images secondaires** de la lentille.

La distance entre le centre optique O et le foyer image F' , est appelé **distance focale f'** .
 $f' = \overline{OF'}$

On définit le **foyer objet** d'une lentille, que l'on note F , comme le conjugué du foyer image F' . C'est donc l'objet conjugué d'une image ponctuelle située à l'infini sur l'axe optique.

Le foyer objet est donc le point particulier de l'axe optique, symétrique de F' par rapport à la lentille, dont les rayons qui y sont issus émergent de la lentille parallèle à l'axe optique.

On définit de façon similaire à l'image, le plan focal objet et les foyers objets secondaires.



2) Convention de signe et vergence d'une lentille :

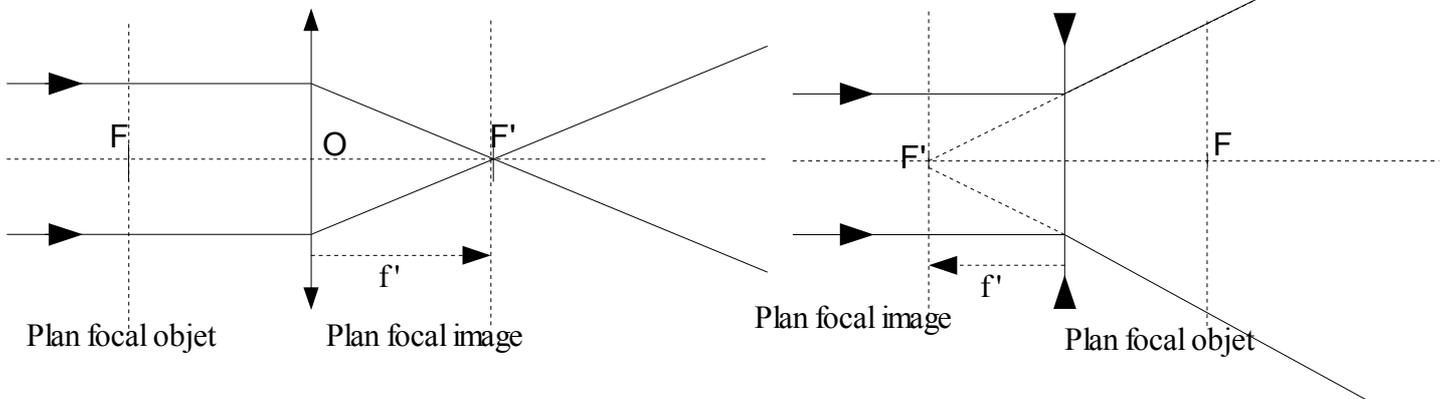
Par convention en optique, on adopte le sens de propagation de la lumière comme sens positif pour les grandeurs algébriques.

Ainsi : sur le schéma précédent :

la distance focale $f' = OF'$ est une grandeur positive

la distance \overline{OF} est une grandeur négative.

Dés lors nous en déduisons, que les lentilles convergentes ont une distance focale qui positive. Les lentilles divergentes ont elles une distance focale qui est négative.



Pour une lentille convergente, le plan focal objet est situé avant la lentille et le plan focal image après la lentille. La distance focale f' est donc positive.

Pour une lentille divergente, le plan focal objet est situé après la lentille et le plan focal image avant. La distance focale f' est donc négative.

Pour chaque lentille, on définit une grandeur caractéristique appelée **vergence** qui est l'inverse de la distance focale. Elle est notée C et s'exprime en dioptrie (δ).

$$C = \frac{1}{f'}$$

Nous en déduisons donc qu'une lentille convergente possède une vergence positive, alors que la vergence d'une lentille divergente est une grandeur négative. (Voir TP P12 et son corrigé)

Exemples : Calculer les vergences des lentilles suivantes dont les distances focales sont données (ou inversement). Dire s'il s'agit d'une lentille divergente ou convergente.

- Lentille 1 : $f'_1 = 50 \text{ cm}$ $C_1 = \frac{1}{0,50} = 2 \delta$ Lentille convergente
- Lentille 2 : $C_2 = 3\delta$ $f'_2 = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$ Lentille convergente
- Lentille 3 : $C_3 = -5\delta$ $f'_3 = \frac{1}{-5} = -0,20 \text{ m} = -20 \text{ cm}$ Lentille divergente

- Lentille 4 : $f'_4 = -10 \text{ mm}$ $C_4 = \frac{1}{-0,010} = -100 \delta$ Lentille divergente

3) Comment construire l'image formée par une lentille convergente d'un objet AB :

En optique géométrique, on modélise un objet ou une image par une flèche perpendiculaire à l'axe optique.

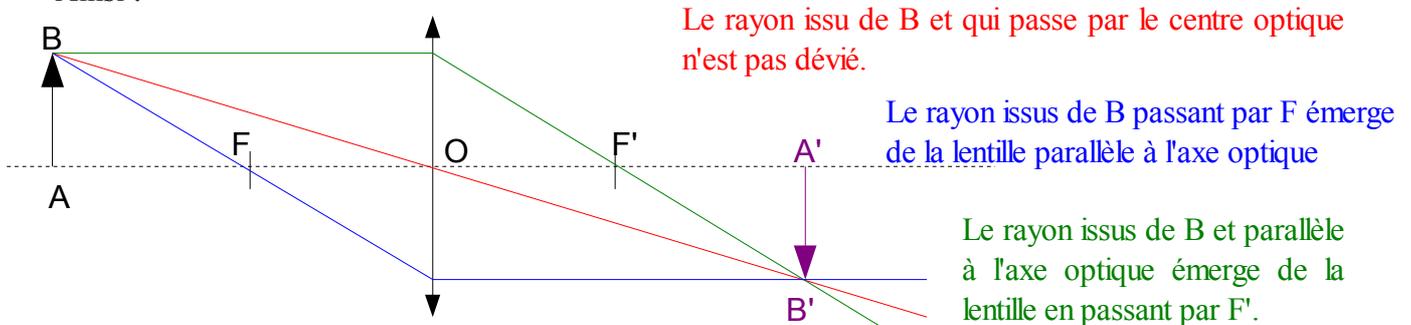
➤ Quelques rayons particuliers :

- Tous les rayons lumineux qui passent par le centre optique O d'une lentille ne sont pas déviés.
- Tous les rayons lumineux qui arrivent sur la lentille parallèles à l'axe optique, émergent de la lentille en passant que le foyer image F'.
- Tous les rayons lumineux qui passent par le foyer objet F, émergent de la lentille parallèles à l'axe optique.

➤ Construction de l'image A'B' d'un objet AB :

Pour construire l'image B' de B, il faut avoir en tête que B' est le point d'intersection des rayons lumineux émergent de la lentille, issus du point objet B. Deux rayons issus de B suffisent alors, pour trouver l'image conjuguée B'. Il suffit alors de tracer les rayons particuliers précédents.

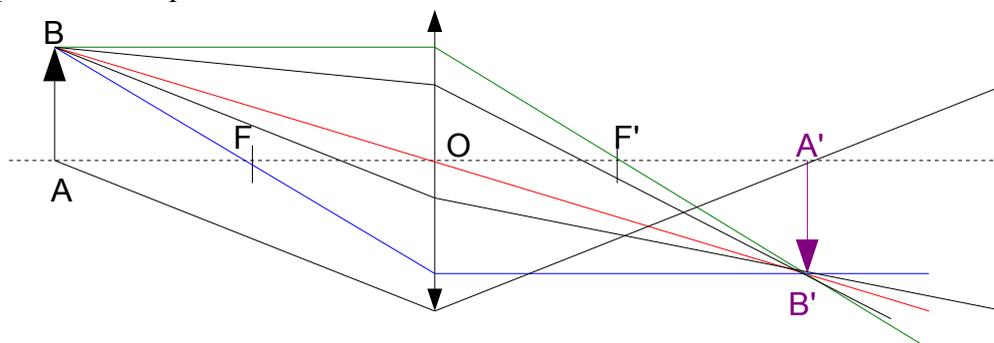
Ainsi :



Tous les rayons issus de B, passent par B'. Ainsi B' est le point d'intersection de tous les rayons issus de B et traversant la lentille.

L'image A' de A se déduit alors par symétrie. A étant sur la même verticale que B, alors on en déduit que A' sera sur la même verticale que B'. Ainsi A' est l'intersection entre la verticale passant par B' et l'axe optique.

Une fois que l'on a déterminé les positions des images A' et B' on peut tracer n'importe quel rayon quelconque. Par exemple :



III) Comment prévoir les caractéristiques de l'image formée par une lentille convergente ?

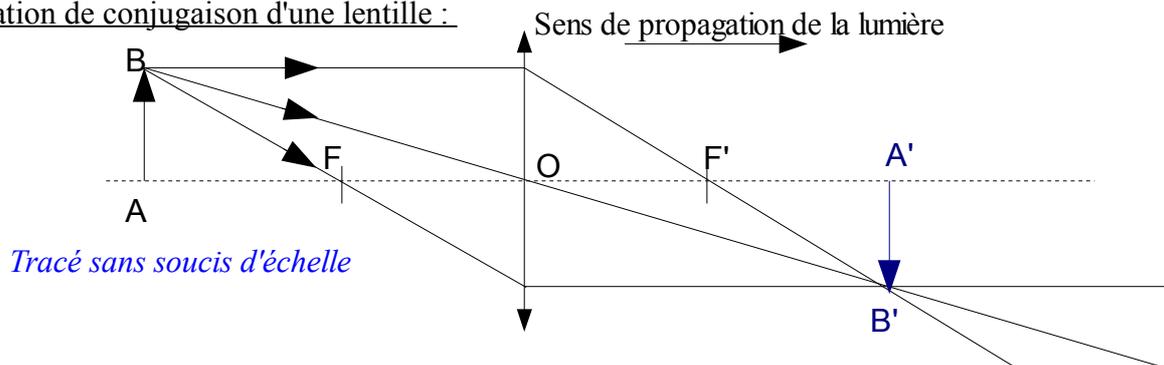
1) Par construction graphique :

Voir activité : détermination graphique des caractéristiques d'une image formée par une lentille convergente.

2) Comment déterminer la position de l'image par le calcul ? relation de conjugaison.

La position de l'image par rapport au centre optique de la lentille, peut se déduire la relation de conjugaison des lentilles de Descartes, connaissant la distance focale de la lentille et la position de l'objet par rapport au centre optique.

Relation de conjugaison d'une lentille :



Soit A'B' l'image de l'objet AB formé par la lentille.

Alors on a la relation de conjugaison (ou relation de Descartes) :

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

$\overline{OF'}$ est la distance focale image de la lentille ($\overline{OF'} = f'$)

$\overline{OF'}$; $\overline{OA'}$ et \overline{OA} sont des grandeurs algébriques, dont le signe dépend par convention du sens de propagation de la lumière (positive si leur sens est identique au sens de propagation de la lumière).

Exercice d'application :

Déterminer la position de l'image A'B' dans la situation schématisée ci-dessus. On donne :

- distance focale de la lentille : $f' = 5,00 \text{ cm}$
- distance objet-lentille : $d = 15,0 \text{ m}$

On utilise la relation de conjugaison :

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

On obtient alors $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OF'}}$

$$\overline{OA'} = \left(\frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} \right)^{-1}$$

AN : $\overline{OA'} = \left(\frac{1}{-1,50} + \frac{1}{5 \cdot 10^{-2}} \right)^{-1}$

$$\overline{OA'} = 5,17 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 5,17 \text{ cm}$$

3) Comment déterminer la taille de l'image par le calcul ? le grandissement.

Par définition, le rapport de la dimension (algébrique) de l'image à celle de l'objet, est appelé le grandissement, noté γ . Ce dernier peut-être déterminé à partir de la relation du grandissement :

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

Exercice d'application :

a- A partir de l'exemple précédent. Calculer le grandissement et en déduire les caractéristiques de l'image.

b- Calculer la taille de l'image si l'objet mesure 25 cm.

a- Grandissement : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

$$\gamma = \frac{5,17 \cdot 10^{-2}}{-1,50} = -3,45 \cdot 10^{-2}$$

On a $\gamma < 0$, l'image est donc renversée.

De plus $|\gamma| < 1$, l'image est donc plus petite que l'objet.

b- $\overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB} = -3,45 \cdot 10^{-2} \times 25 = 0,862 \text{ cm} = 8,62 \text{ mm}$

L'image est bien plus petite que l'objet.