Chapitre 18 : vision et image

I) Rappel de seconde sur la lumière

- Dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage en ligne droite. On dit qu'elle a un trajet rectiligne.

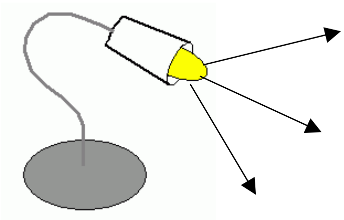
Que signifie homogène ? le milieu est identique en tout point. L'indice optique et constant.

Que signifie transparent ? le milieu laisse passer la lumière.

- Dans le vide, la lumière se déplace à la vitesse de $c = 3.10^8$ m/s. On appelle cette valeur la célérité c de la lumière. Cette valeur est légèrement inférieure dans l'air.

- Pour modéliser (= représenter de manière « simple ») la lumière, on utilise le modèle du rayon lumineux. Ce dernier représente la lumière à l'aide d'un segment au bout duquel on a ajouté une flèche qui désigne le sens de propagation.

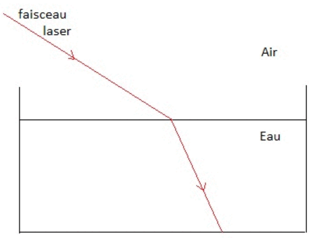
Exemple :



pointeur laser

- La lumière peut être amenée à changer de direction dans deux cas :

➢ Lorsqu'elle change de milieu :
Elle subit une réfraction si le milieu change d'indice optique.



Exemple : L'indice de réfraction de l'eau est : n_{eau} = 1,33, celui de l'air est n_{air} = 1.

La vitesse de la lumière dans ce verre vaut alors :

$$v_{eau} = \frac{c}{n_{eau}} = \frac{3.10^8}{1.33} = 2.25.10^8 \, m/s$$

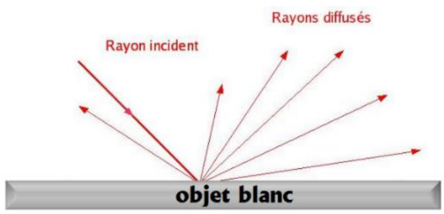
$$\boxed{n_{milieu} = \frac{C_{vide}}{v_{milieu}}}$$

Lorsqu'un rayon de lumière change de milieu transparent, sa vitesse change. C'est pour cette raison que sa trajectoire est déviée. **C'est le phénomène de réfraction à l'origine de la déviation de la lumière par une lentille.**

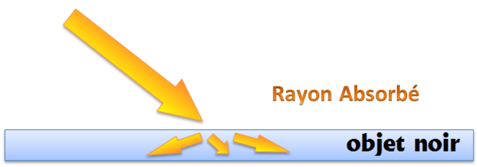
➢ Lorsqu'elle rencontre un obstacle :

❖ Elle est réfléchie par un miroir.
❖ = renvoyer dans une seule direction

❖ Elle est diffusée par un objet blanc.
❖ = renvoyer dans toutes les directions



❖ Elle est absorbée par un objet noir.
❖ = pas renvoyer

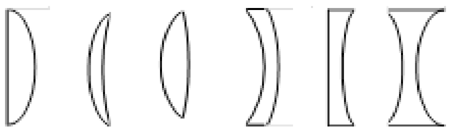


II) Les lentilles, présentation (activité expérimentale)

Définition : On appelle DIOPTRE une surface qui sépare deux milieux d'indices optiques différents

Définition : On appelle LENTILLE, l'association de deux dioptres transparents dont l'un au moins est sphériques.

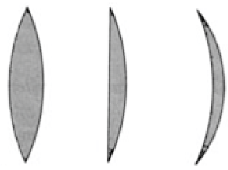
Voici les différentes sortes de lentilles que l'on peut rencontrer :



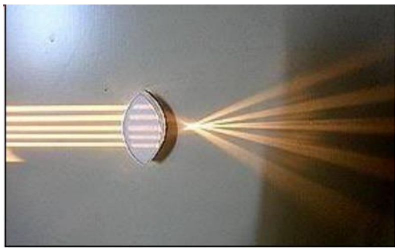
On peut les classer en deux catégories :

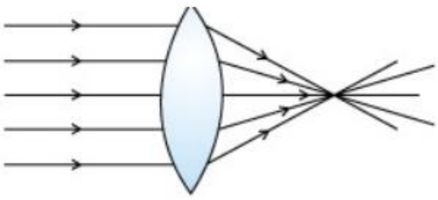
a) Les lentilles à bords minces

Ce sont des lentilles dont le bord est plus mince que le centre. Quand on regarde un texte avec, elles ont un effet grossissant.



- Lorsqu'on approche des rayons laser près de ces lentilles que constate-t-on ?



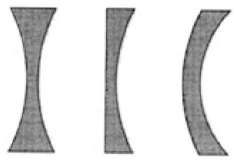


On constate que les rayons incidents convergent tous vers un point unique appelé Foyer.
Ces lentilles sont donc des lentilles CONVERGENTES.

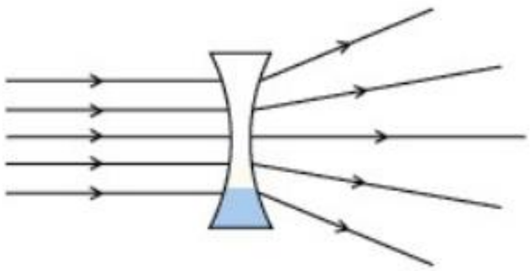
Le symbole d'une lentille convergente est :

b) Les lentilles à bords épais

Ce sont des lentilles dont le bord est plus épais que le centre. Quand on regarde un texte avec, elles ont un effet rétrécissant.



- Lorsqu'on approche des rayons laser près de ces lentilles que constate-t-on ?



On constate que les rayons incidents divergent tous.
Ces lentilles sont donc des lentilles DIVERGENTES.

Le symbole d'une lentille divergente est :

En classe de 1ère, seules les lentilles convergentes seront étudiées.

III) Etude des lentilles minces convergentes

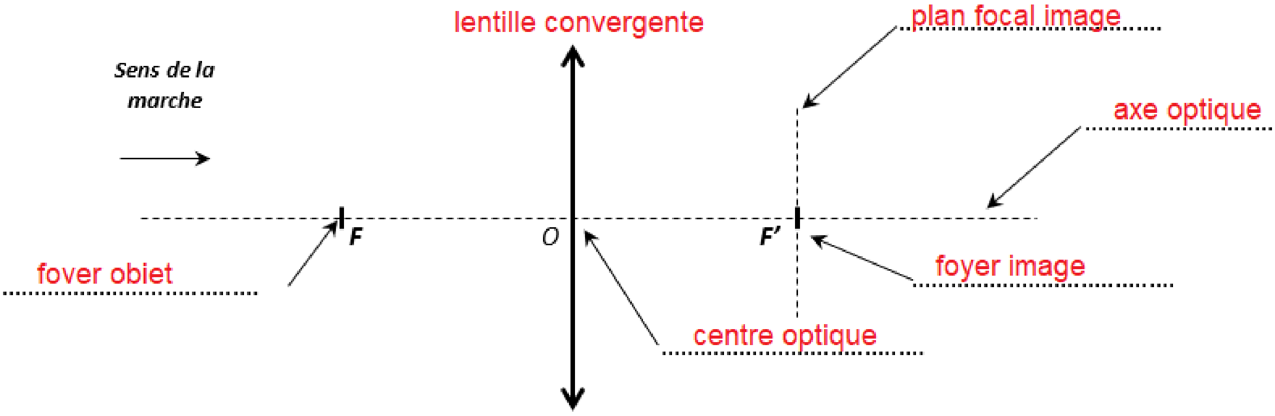
On appelle lentille mince, une lentille dont on néglige l'épaisseur (et donc la double réfraction à l'intérieur).

Le Temple du Soleil – Hergé – Casterman – 1949
Prisoners of the sun – Hergé – Magnet – 1983

- Zoom sur l'image où Tintin présente la loupe aux rayons du soleil, les concentrant sur le tabac au fond du foyer de la pipe.

  L'intérieur de la pipe, là où est déposé le tabac, s'appelle le foyer ou le fourneau. Définition du foyer, là où on fait du feu; de l'adjectif latin focarius signifiant: de feu.

a) Vocabulaire indispensable :



- Le point central O de la lentille est appelé centre optique.
- L'axe perpendiculaire à la lentille et passant par O est appelé axe optique.
- Le point de convergence F' des rayons émergeants issus des rayons incidents parallèles à l'axe optique est appelé foyer image.
- Le symétrique de F' par rapport à la lentille est appelé foyer objet F.
- Ces deux foyers sont placés à égale distance du centre optique O de la lentille.
  Ainsi $FO = OF' = FF' / 2$
- Le sens propagation (ou de marche) des rayons est donné par le sens des rayons lumineux qui arrivent sur la lentille.
  On définit alors une grandeur algébrique notée par exemple $\overline{OF'}$ (barre) comme la longueur (en mètres) du segment OF' avec un signe (+ ou -) en fonction de l'orientation de la grandeur algébrique par rapport au sens des rayons incidents.

  Ainsi, ici : $\overline{OF'} = +OF = OF$ valeur positive en mètres.

  - La distance focale notée f' d'une lentille est donnée par la relation : $\boxed{f' = \overline{OF'}}$

  - La vergence C d'une lentille se calcule avec la formule : $\boxed{C = \frac{1}{f'}}$

    C en δ (dioptries) ou m^{-1}

    f' en m

Questions :

a) Quelle relation existe-t-il entre $\overline{OF}$ et $\overline{OF'}$? $\overline{OF} = -\overline{OF'}$

c) Une lentille convergente possède une distance focale de + 5,0 *cm*. Déterminer les grandeurs $\overline{OF}$, $\overline{F'F}$ et *C*.

$\overline{OF} = -5cm$

$\overline{F'F} = \overline{F'O} + \overline{OF} = -5 + (-5) = -10cm$

$C = \frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{\overline{OF'}}} = \frac{1}{0.05} = 20\delta$ >0 donc lentille convergente.

d) Une lentille divergente possède une vergence de - 50 δ. Calculer sa distance focale.

$f' = \frac{1}{C} = \frac{1}{-50} = -0.02m = -2cm < 0$ donc lentille divergente.

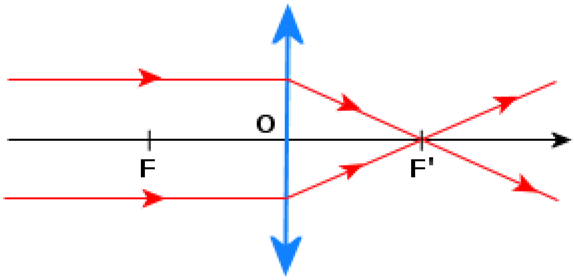
e) En déduire la position du foyer image *F '* par rapport au centre optique *O* pour une lentille divergente.

$f' < 0$ donc $\overline{OF'} < 0$, le point F' est situé à gauche de le lentille divergente. En fait les points F et F' sont inversés entre une lentille convergente et une lentille divergente.

b) Détermination expérimentale d'une vergence (voir TP)

Vous disposez d'une lentille convergente sur votre table. Expliquer comment procéder pour déterminer sa distance focale puis sa vergence.

Cette **première méthode** est simple à exécuter : si on obtient sur un écran une **image nette** d'un **objet** lumineux très éloigné (dont les rayons proviennent de **l'infini**) comme le **Soleil** par exemple, alors la distance mesurée entre la lentille et l'écran, sera la distance focale ***f '* = OA'** de cette lentille convergente.



c) Obtention d'une image nette avec une lentille convergente

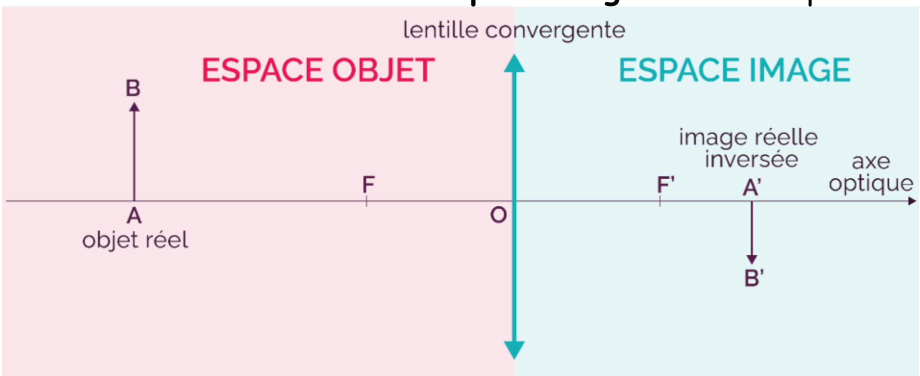
Une lentille sert à :
- ➢ Former une image nette sur un support (rétine, capteur CCD, écran, pellicule...)
- ➢ Former une image agrandie de l'objet (loupe, lunette astronomique, ...)

Vocabulaire :

*Si l'image se forme sur un écran et se trouve du côté opposé de l'objet : l'image est dite **réelle.***

*Si l'image ne se forme pas sur un écran, il faut un œil pour la voir et elle se forme du même côté que l'objet, l'image est dite **virtuelle.***

L'**espace objet** est situé avant la lentille et l'**espace image** est situé après la lentille.



Représentation de l'espace objet et image de la lentille

On dit que l'**objet** AB est **réel** s'il est situé dans l'espace objet, **virtuel** s'il est situé dans l'espace image.

Cet objet forme une image A'B' représentée par une flèche et perpendiculaire à l'axe optique. Il existe une position unique pour laquelle l'image A'B' apparaitra nette sur un écran.

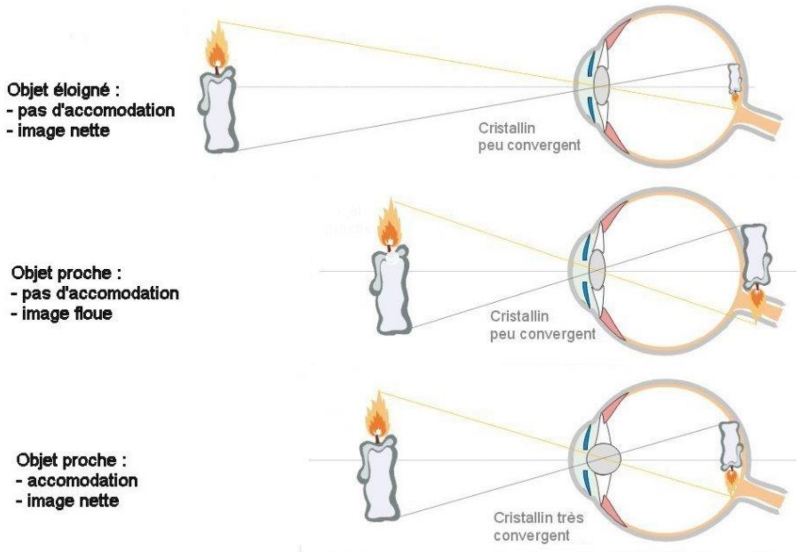
On dit que cette **image** A'B' est **réelle** si elle est située dans l'espace image, **virtuelle** si elle est située dans l'espace objet.

d) Mise au point

Pour obtenir une image nette, il faut effectuer les réglages nécessaires appelés mise au point.

Pour réaliser une mise au point, on peut :

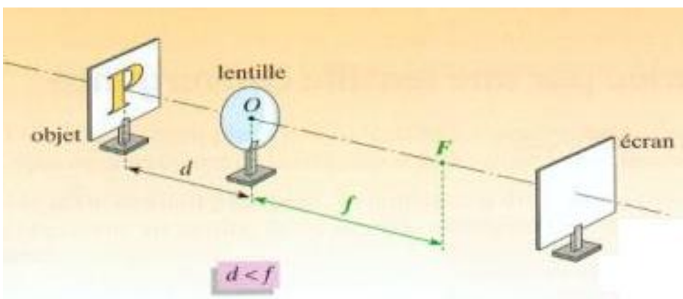
- **modifier la distance focale de la lentille mince convergente ;**
  Exemple : Dans le cas de l'accommodation de l'œil, le cristallin se bombe pour être plus épais, changeant ainsi sa distance focale pour que l'image se forme sur la rétine.
- **modifier la géométrie du montage, c'est-à-dire les distances objet – lentille ou lentille – écran.**
  Exemple : Avec un appareil photo, l'objectif (la lentille) se déplace pour que l'image se forme sur le capteur.



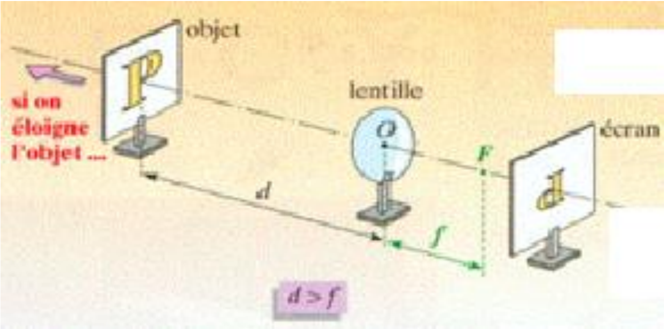
e) Activité expérimentale

A l'aide d'un banc optique, d'une lentille convergente +8δ, d'une lanterne et d'un écran, réaliser les deux cas suivants et compléter vos observations.

Calculer la distance focale f' de la lentille : f' = 1/8=0.125m=12,5cm



si ***d < f'***, **aucune image ne peut être observée sur l'écran** mais on peut observer une image à travers la lentille avec son oeil : elle joue alors le rôle de loupe. On dit que l'image est **virtuelle**

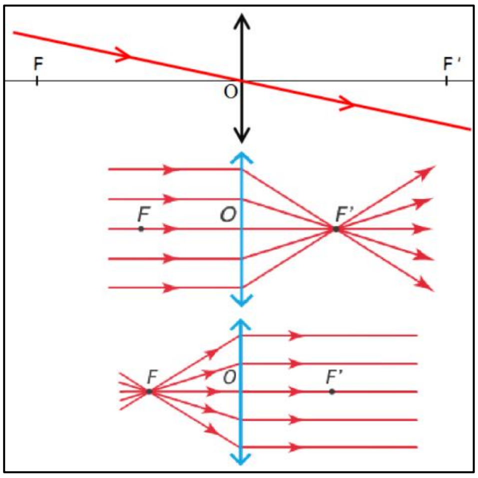


si $d > f'$, nous observons une **image nette et inversée** de l'objet sur un écran mais à une distance plus **grande** que la distance focale.
On dit que l'image est réelle.

f) Construction graphique d'une image

i) Marche de trois rayons particuliers

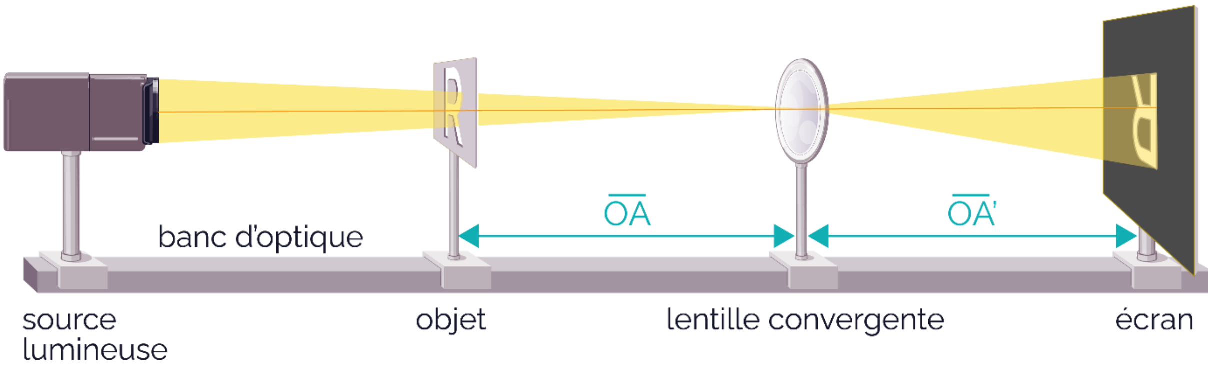
Pour construire géométriquement une image à partir d'un objet et d'une lentille, il faut au préalable maitriser la marche de trois rayons particuliers émis par l'objet et pénétrant dans la lentille.



- Le rayon incident passant par le centre optique de la lentille n'est pas dévié.
- Le rayon incident qui arrive parallèlement à l'axe optique ressort de la lentille en passant par le foyer image F'.
- Le rayon incident qui passe par le foyer objet F ressort de la lentille parallèle à l'axe optique.

ii) Construire graphiquement une image

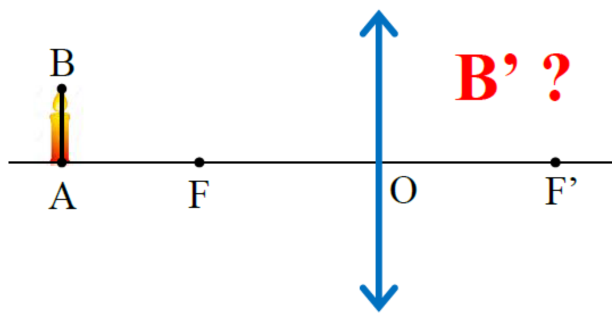
Lorsqu'on place un **objet** devant une lentille, les rayons venant de cet objet et pénétrant dans la lentille vont alors former une **image**.



Pour obtenir une image nette, il est nécessaire de placer un écran à l'endroit où elle se forme.

On se limite à la construction de l'image d'un objet AB perpendiculaire à l'axe optique. L'image A'B' est elle aussi perpendiculaire à l'axe optique. La construction permet de trouver où se trouve le point B' : image de B à travers la lentille.

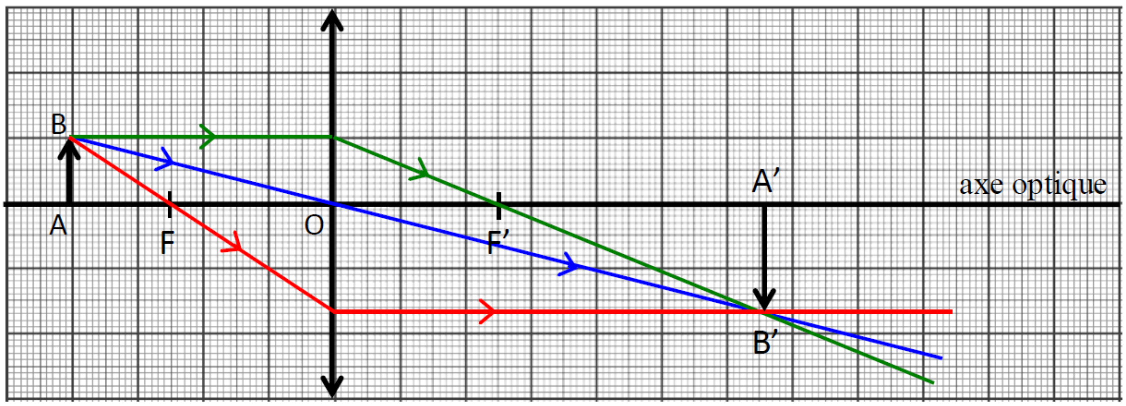
On réalise cette construction à l'aide des trois rayons particuliers issus de B vus précédemment.
L'image B' se trouvera alors à l'intersection de ces trois rayons, même si deux rayons suffisent pour trouver la position de B' !
La position de A' se déduit par projection orthogonale de B' sur l'axe optique.



Exemples d'application

BUT : vous devez construire pour chaque exemple, les image A'B' des objets AB.

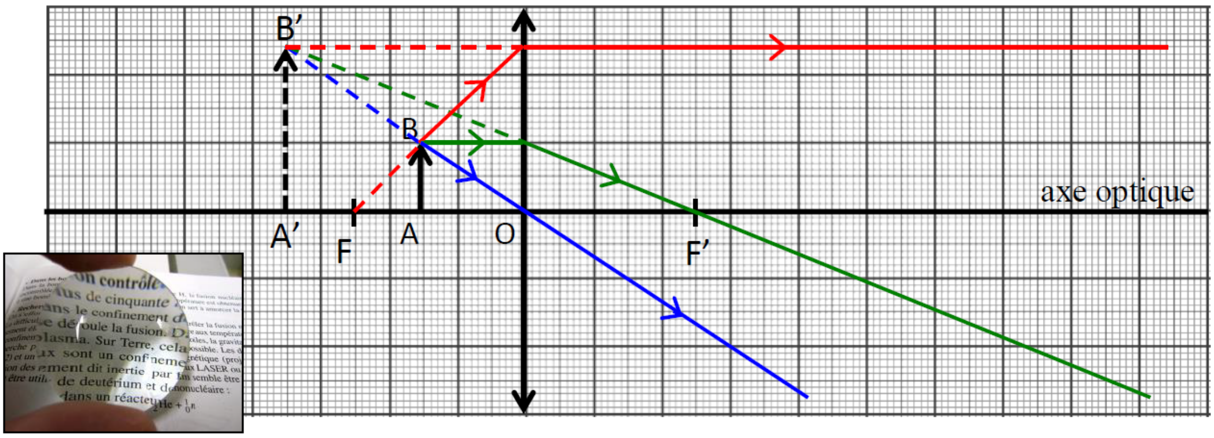
Exemple 1 : l'objet AB est situé avant le foyer objet F.



- **L'image A'B' obtenue est <u>renversée</u>.**
- **L'image A'B' est dite <u>réelle</u> car elle est située après la lentille, elle est observable sur un écran qui serait placé en A'B'.**

NB : l'image peut être agrandie ou rétrécie tout dépend de la position de l'objet.

Exemple 2 : l'objet AB est situé entre le foyer objet F et la lentille

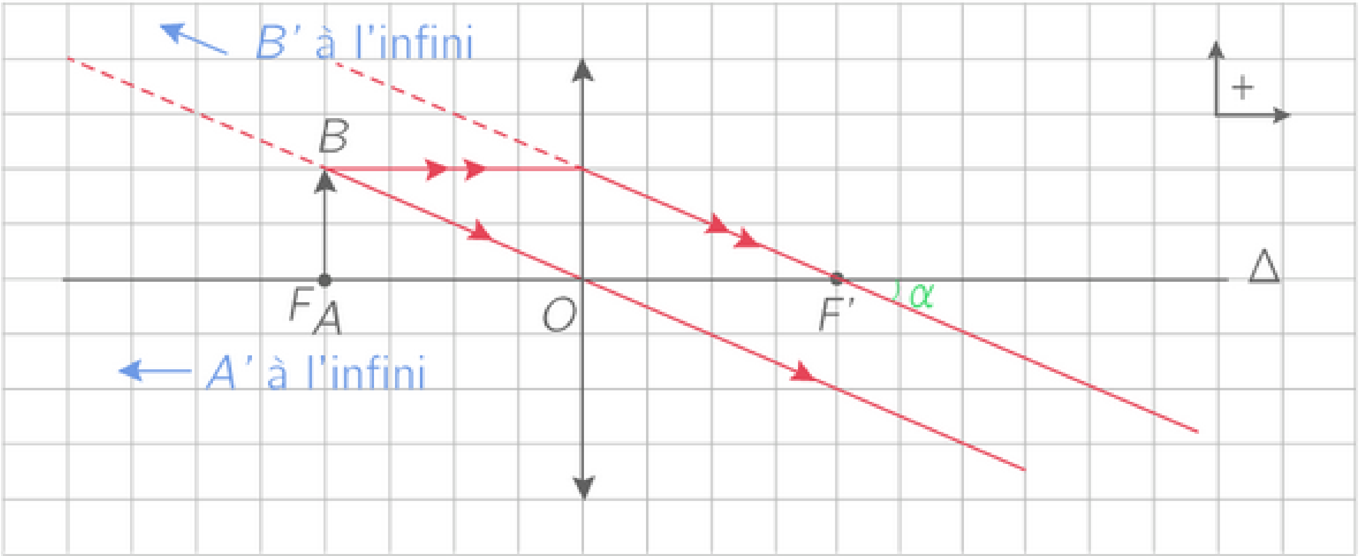


Les rayons émergents se coupent si on les prolonge du côté de l'objet AB. Ils permettent de tracer l'image A'B'.

- **L'image A'B' obtenue est <u>droite</u> car elle dans le même sens que l'objet.**
- **L'image A'B' est dite <u>virtuelle</u> car elle est située avant la lentille, du même côté que l'objet. Elle n'est pas observable sur un écran.**

NB : l'image est toujours agrandie, c'est le cas d'une loupe !

Exemple 3 : L'objet est dans le plan focal objet

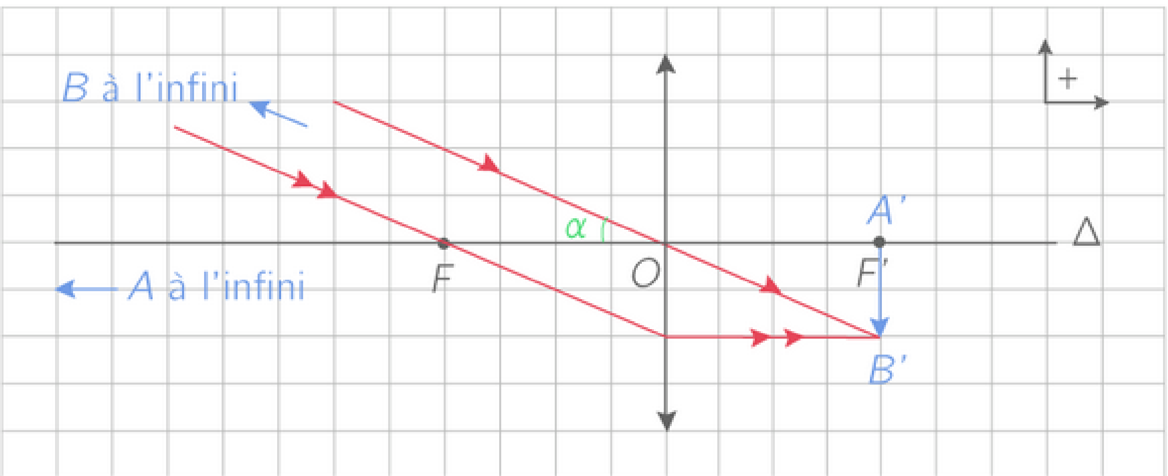


Construction graphique de l'image *A'B'* d'un objet placé sur le foyer objet de la lentille

On remarque que les rayons ressortent parallèles entre eux : on dit que l'image A'B' est rejetée à l'infini. Elle se forme dans l'espace objet, elle est donc virtuelle. Elle est visible à l'œil nu et peut se former sur un écran placé suffisamment loin de la lentille par rapport à sa distance focale.

Exemple 4 : l'objet est à l'infini en dehors de l'axe optique

On peut considérer qu'un objet est situé à l'infini s'il est très éloigné de la lentille comparativement à sa distance focale. Les rayons qui parviennent sur la lentille sont alors parallèles entre eux. Le tracé des rayons passant par le foyer objet F et le centre optique O permet de déterminer la position du point B'.

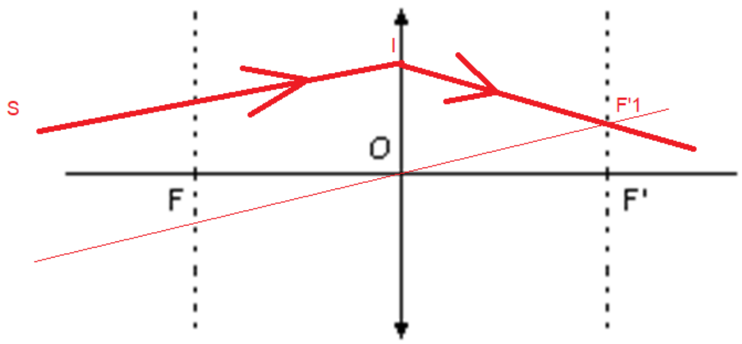


Construction graphique de l'image *A'B'* d'un objet situé à l'infini

L'image est renversée, réelle et réduite.

- **Marche d'un rayon quelconque**

Soit un rayon lumineux quelconque SI, issu d'une source S et frappant la lentille en I : il existe une méthode pour construire géométriquement le trajet de la lumière à la sortie de la lentille :



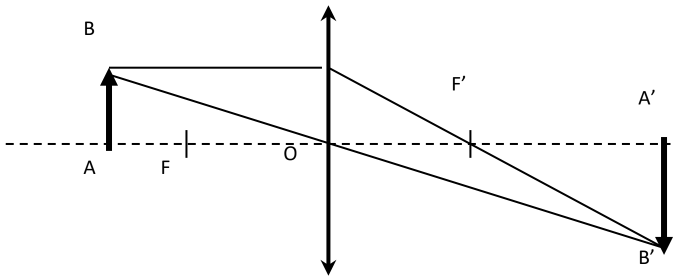
Méthode :

1) Tracé un rayon parallèle à SI passant par O. Ce rayon passe par le centre optique il n'est donc pas dévié et coupe le plan focal image en un point F1'.
2) Tracé le segment [IF1'] qui est le rayon émergeant de la lentille.

g) Calcul de la position et de la grandeur d'une image

Voir activité expérimentale (TP)

Position



Pour déterminer mathématiquement la position et la grandeur de l'image obtenue à travers une lentille convergente, on dispose des relations suivantes :

Relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} = C$$

C en δ (dioptries) ou m^{-1}

f', $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ en m

Petit rappel mathématique des calculs de distance à partir de la relation de conjugaison

__Petit rappel mathématique__ : Pour additionner (ou soustraire) deux fractions, on NE PEUT PAS additionner les deux dénominateurs. Il FAUT mettre les deux fractions au même dénominateur :

__Exemple__ : $\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \neq \frac{1}{3+4}$ ☠ !! $\frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{1 \times \mathbf{4}}{3 \times \mathbf{4}} + \frac{1 \times \mathbf{3}}{4 \times \mathbf{3}} = \frac{4}{12} + \frac{3}{12} = \frac{4+3}{12} = \frac{7}{12}$

Il faut ABSOLUMENT savoir redémontrer les expressions permettant de calculer :

- **La position de l'image $\overline{\mathbf{OA'}}$:**

✓ On isole $\frac{1}{\overline{OA'}}$: $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}}$

✓ On met au même dénominateur les deux fractions : $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1 \times \overline{\mathbf{OA}}}{\overline{OF'} \times \overline{\mathbf{OA}}} + \frac{1 \times \overline{\mathbf{OF'}}}{\overline{OA} \times \overline{\mathbf{OF'}}}$

✓ On peut maintenant réaliser l'addition : $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1 \times \overline{OA} + 1 \times \overline{OF'}}{\overline{OA} \times \overline{OF'}} = \frac{\overline{OA} + \overline{OF'}}{\overline{OA} \times \overline{OF'}}$

✓ On obtient enfin l'expression de $\overline{OA'}$ en inversant les deux termes de l'égalité : $\boxed{\overline{\mathbf{OA'}} = \frac{\overline{\mathbf{OA}} \times \overline{\mathbf{OF'}}}{\overline{\mathbf{OA}} + \overline{\mathbf{OF'}}}}$

- **La position de l'objet $\overline{\mathbf{OA}}$:**

✓ On isole $\frac{1}{\overline{OA}}$: $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}}$ donc $\frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OF'}}$

✓ On met au même dénominateur les deux fractions : $\frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1 \times \overline{\mathbf{OF'}}}{\overline{OA'} \times \overline{\mathbf{OF'}}} - \frac{1 \times \overline{\mathbf{OA'}}}{\overline{OF'} \times \overline{\mathbf{OA'}}}$

✓ On peut maintenant réaliser la soustraction : $\frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1 \times \overline{OF'} - 1 \times \overline{OA'}}{\overline{OF'} \times \overline{OA'}} = \frac{\overline{OF'} - \overline{OA'}}{\overline{OF'} \times \overline{OA'}}$

✓ On obtient enfin l'expression de $\overline{OA}$ en inversant les deux termes de l'égalité : $\boxed{\overline{\mathbf{OA}} = \frac{\overline{\mathbf{OF'}} \times \overline{\mathbf{OA'}}}{\overline{\mathbf{OF'}} - \overline{\mathbf{OA'}}}}$

- **La distance focale $\overline{\mathbf{OF'}}$:**

✓ On isole $\frac{1}{\overline{OF'}}$: $\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$

✓ On met au même dénominateur les deux fractions : $\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1 \times \overline{\mathbf{OA}}}{\overline{OA'} \times \overline{\mathbf{OA}}} - \frac{1 \times \overline{\mathbf{OA'}}}{\overline{OA} \times \overline{\mathbf{OA'}}}$

✓ On peut maintenant réaliser la soustraction : $\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1 \times \overline{OA} - 1 \times \overline{OA'}}{\overline{OA} \times \overline{OA'}} = \frac{\overline{OA} - \overline{OA'}}{\overline{OA} \times \overline{OA'}}$

✓ On obtient enfin l'expression de $\overline{OF'}$ en inversant les deux termes de l'égalité : $\boxed{\overline{\mathbf{OF'}} = \frac{\overline{\mathbf{OA}} \times \overline{\mathbf{OA'}}}{\overline{\mathbf{OA}} - \overline{\mathbf{OA'}}}}$

Grandeur $\gamma = \frac{\text{Taille image}}{\text{Taille objet}}$

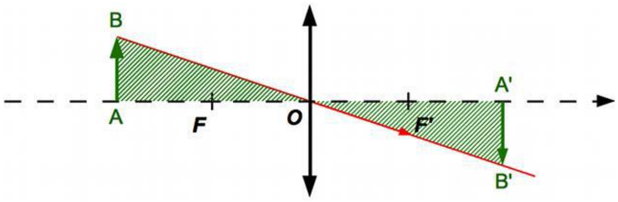
Le grandissement : $$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

combien de fois l'image est agrandie ou rétrécie

γ sans unité

$\overline{AB}$, $\overline{A'B'}$, $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ en *m*

(c'est en réalité le théorème de Thalès dans les triangles hachurés en vert)



Thalès

$$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \left(\frac{\overline{OB'}}{\overline{OB}}\right) = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

A noter :

- Si $\gamma > 0$ alors l'image est dite "droite" (dans le même sens que l'objet)

  Si $\gamma < 0$ alors l'image est dite "renversée"

- Si $|\gamma| > 1$ alors la taille de l'image est plus grande que celle de l'objet.

  Si $|\gamma| < 1$ alors la taille de l'image est plus petite que celle de l'objet.

Image réelle : $\overline{OA'} > 0$ peut être vue sur un écran		**Image virtuelle :** $\overline{OA'} < 0$ ne peut pas être vue sur un écran

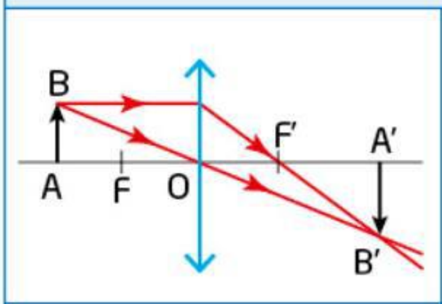
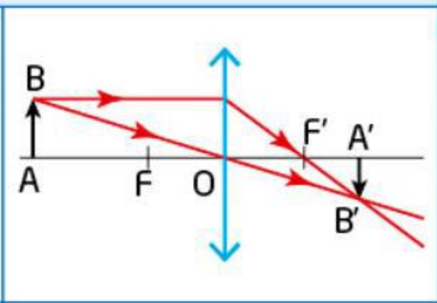
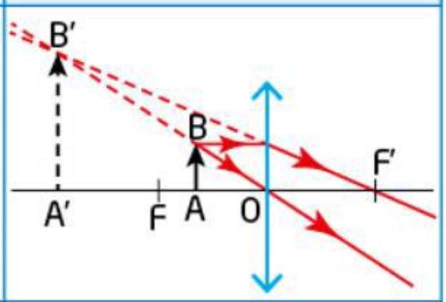

		

Image plus grande : $\lvert\gamma\rvert > 1$	Image plus petite : $\lvert\gamma\rvert < 1$	Image plus grande : $\lvert\gamma\rvert > 1$
Image renversée : $\gamma < 0$	Image renversée : $\gamma < 0$	Image droite : $\gamma > 0$

Exercices indispensables (à faire sur une feuille à part)

Exercice 1 : une lentille convergente

Une lentille mince convergente de centre optique O a pour vergence $C_1=25\ \delta$. Un objet AB de longueur 2 cm est placé perpendiculairement à l'axe de la lentille à 10 cm devant celle-ci. Le point A est situé sur l'axe optique. La lumière se propage de gauche à droite.

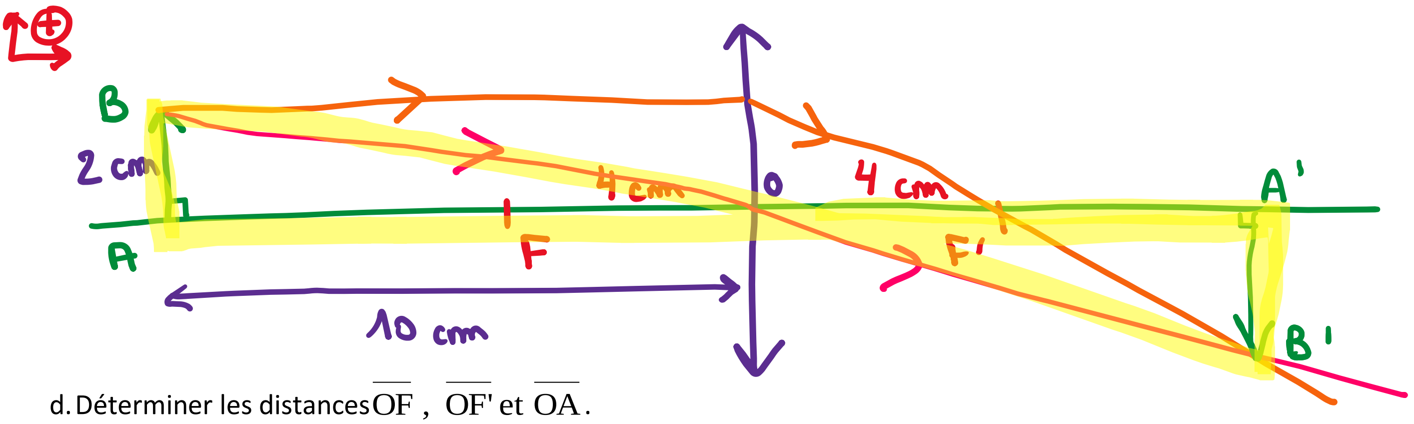
a. Déterminer la distance focale de cette lentille.

$f' = \frac{1}{C} = \frac{1}{25} = 0{,}04\ m = 4\ cm$

b. Quelles sont les conditions à respecter pour obtenir une image nette ?

Les Rayons doivent être peu inclinés et proche de l'axe optique.

c. Sur un schéma à l'échelle 1 / 1, placer les points F, F', A et B.



d. Déterminer les distances $\overline{OF}$, $\overline{OF'}$ et $\overline{OA}$.

$\overline{OF} = -4\ cm$ $\quad \overline{OF'} = f' = 4\ cm$ $\quad \overline{OA} = -10\ cm$

e. Construire graphiquement l'image $\overline{A'B'}$ de $\overline{AB}$.

f. Cette image est-elle de même taille que l'objet, plus grande ou plus petite ? Elle est plus petite que l'objet

g. L'image est-elle à renversée ou non ? virtuelle ou réelle ? Renversée et Réelle

h. Déterminer **graphiquement** $\overline{OA'}$ et $\overline{A'B'}$.

$\overline{OA'} = 6{,}3\ cm$ $\quad \overline{A'B'} = -1{,}3\ cm$

i. Retrouver $\overline{OA'}$ et $\overline{A'B'}$ par le calcul.

* Relation de conjugaison

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

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{f' + \overline{OA}}{f' \times \overline{OA}}$$

$$\overline{OA'} = \frac{f' \times \overline{OA}}{f' + \overline{OA}} = \frac{4 \times (-10)}{4 - 10} = \frac{-40}{-6} = \underline{6{,}7\ cm}$$

* Thalès :

$$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Rightarrow \overline{A'B'} = \frac{\overline{OA'} \times \overline{AB}}{\overline{OA}} = \frac{6{,}7 \times 2}{-10}$$

$$\overline{A'B'} = -1{,}34\ cm$$

j. Calculer le grandissement γ de l'image et commenter la valeur trouvée ainsi que son signe

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-1,34}{2} = -0,67$$

$\gamma < 0 \Rightarrow$ image à l'envers

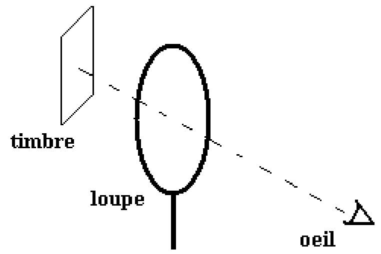
$|\gamma| < 1 \Rightarrow$ " plus petite que l'objet

Exercice 2 : une loupe

Pour examiner les détails d'un timbre-poste, on utilise une loupe, dans les conditions décrites dans la figure 1 ci-contre :

- le timbre est placé à une distance d = 4,5 cm du centre optique de la loupe.

- l'œil est placé à une distance d' = 30,0 cm du centre optique de la loupe.



1 La loupe est constitué d'une lentille convergente, L, de vergence C = 20 δ. Calculer sa distance focale image, f'

2 L'objet étudié est constitué d'une paire de points AB (AB= 4 mm) située sur le timbre. Expliquer pourquoi il est préférable de viser l'objet AB en utilisant une zone de la partie centrale de la loupe. (pour cette question, aucun calcul n'est demandé)

3 Faire la construction **soignée** de l'image A'B' de l'objet AB

4 L'image A'B' est-elle droite ou renversée ?

L'image A'B' est-elle visible seulement à l'œil ou est-elle formable sur un écran ?

5 On pose $\overline{OA} = p$ $\overline{OA'} = p'$ et $\overline{OF'} = f'$

Établir la relation littérale permettant de calculer p' en fonction de p et f'.

En déduire la distance, D, de l'image A'B' à l'œil de l'observateur

6 Faire l'application numérique et calculer D en cm, avec le bon nombre de chiffres significatifs.

7 Calculer la grandissement, γ, de cette loupe, dans les conditions de son utilisation.

8 Quelle est la distance maximum entre le timbre et la loupe, d_{maxi}, à respecter pour que la loupe puisse remplir son usage ? Que se passe-t-il si on éloigne trop la loupe du timbre ? (pour cette question, aucun calcul n'est demandé mais on détaillera le raisonnement suivi)

9

a) Calculer l'angle, α, sous lequel l'œil voit l'objet AB quand on utilise la loupe.

b) L'utilisateur retire la loupe (sans déplacer son œil ni le timbre). Sous quel angle, β, voit-il l'objet AB ?

c) En déduire le grossissement de la loupe : $G = \frac{\alpha}{\beta}$

CORRECTION

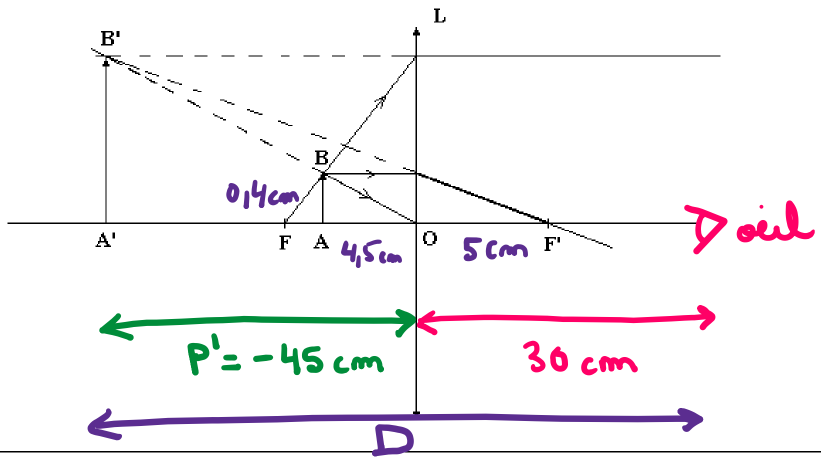
Exercice 2 : LA LOUPE

1-1 La distance focale image est définie à partir de la vergence par f' = 1/C

donc : f' = 1/20 = $5,0 \times 10^{-2}$ m = **5,0 cm**

1-2 Pour qu'une lentille fonctionne convenablement, les rayons lumineux doivent le traverser au voisinage de son centre optique (conditions de stigmatisme ou **conditions de Gauss**) : objet de petite taille et rayons pas trop inclinés par rapport à l'axe optique.

1-3 La construction de l'image est réalisée ci-dessous :



1-4 L'image est virtuelle car **située avant la lentille** (par rapport au sens de propagation de la lumière) : elle n'est visible qu'à l'œil et n'est pas formable sur écran.

1-5 En appliquant la formule de conjugaison de Descartes, on obtient :

$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \Leftrightarrow \frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$ d'où on déduit : $p' = \frac{pf'}{p+f'}$ d'où finalement **D = d' - p'** (car p'<0)

$p' = \frac{-4,5 \times 5}{-4,5+5} = -45 \text{cm} \Rightarrow$

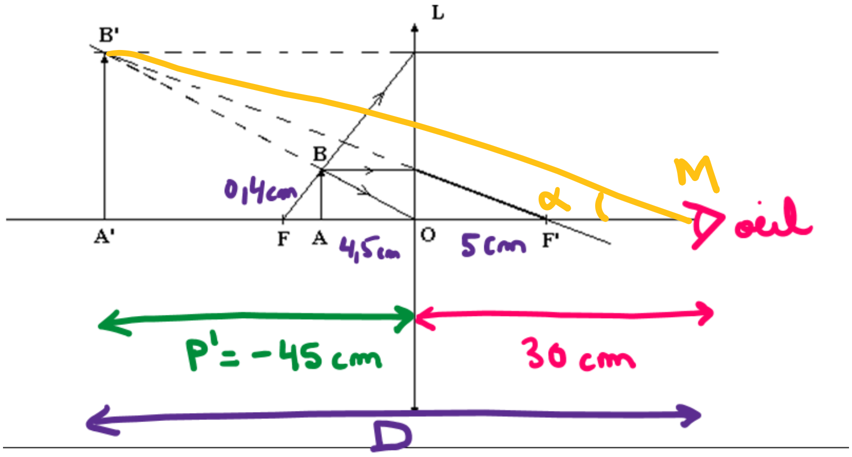
1-6 Numériquement on a : $D = 0,30 - \frac{-0,045 \times 0,050}{-0,045+0,050} = 0,30 + 0,45$ = **0,75 m**

1-7 Le grandissement, γ, de la lentille est défini par :

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{p'}{p}$ numériquement γ = (-0,45)/(-0,045) = **10**

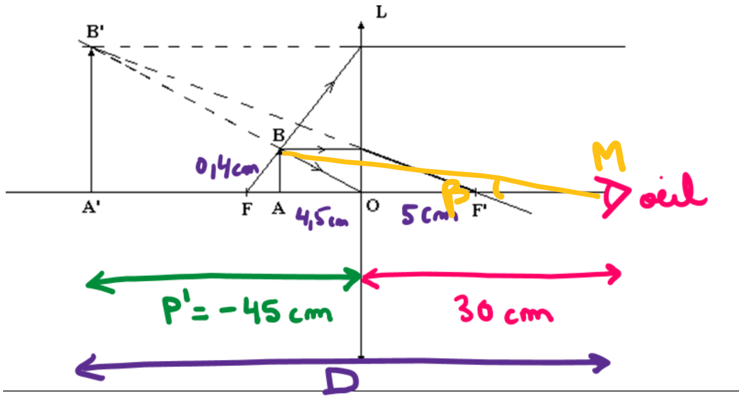
La taille de l'image A'B' est donc A'B' = 10 AB = 10 $\times$ 4 = 4 $\times$ 10^1 mm = **4 cm**

1-8 La loupe doit être assez près du timbre : la distance du timbre au centre de la lentille doit être **inférieure à la distance focale de la lentille** pour avoir une image droite et virtuelle. Si tel n'est pas le cas, l'image devient réelle, inversée et se forme de l'autre côté de la lentille (par rapport au timbre) : l'effet de loupe n'existe plus.



1-9 L'œil étant placé au point M on a :

$\tan\alpha = \frac{A'B'}{MA'}$ d'où tan α = 4/ 75 = 0,05 α = **3°**



En l'absence de loupe on a : $\tan\beta = \frac{AB}{MA}$ d'où tan β = 0,4 /(30,0 + 4,5) = 0,011 β = **0,6°**

G = 3/0,6 = 5 (sans unité)