

LENTEILLE MINCE CONVERGENTE - TP

1. Mesure rapide d'une distance focale

1.1. Méthode de l'objet ou de l'image très éloigné

☞ remarque : afin de pouvoir récapituler les résultats en fin de TP, il faut étudier la même lentille (de focale ≈ 200 à 250 mm) pour l'ensemble des expériences.

- On peut connaître rapidement l'ordre de grandeur de la distance focale d'une lentille convergente en sachant que :
 - ◊ les rayons incidents passant par un foyer objet ressortent parallèles entre eux ;
 - ◊ les rayons incidents parallèles entre eux ressortent en passant par un foyer image.



Pour des rayons parallèles à l'axe, le foyer particulier (sur l'axe) est appelé "foyer principal" (objet ou image).

Si on dispose d'objet lumineux très éloigné (tel que les rayons lumineux qui en proviennent soient quasi-parallèles, par exemple le Soleil), alors la lentille en donne une image presque dans son plan focal image (facile donc à repérer en déplaçant un écran derrière la lentille pour voir où se forme l'image).

Sinon on peut déplacer la lentille de façon à former l'image d'une source lumineuse sur un mur très éloigné (au moins vingt fois la distance focale étudiée).

◊ remarque : on appelle "côté objet" d'une lentille celui d'où provient la lumière qui arrive sur la lentille, et "côté image" celui vers où repart la lumière après traversée de la lentille.

- Mesurer ainsi la distance focale d'une lentille convergente (et vérifier que la distance obtenue est très inférieure à la distance de l'objet ou de l'image utilisé pour la mesure).

1.2. Méthode par autocollimation

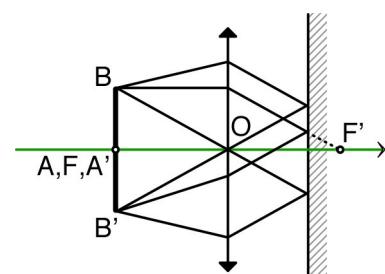
- Si on dispose d'un miroir plan, on peut obtenir une mesure plus précise par autocollimation.

• En plaçant devant une source lumineuse un écran percé d'un trou en forme de lettre (ou toute autre forme facilement reconnaissable), on construit un "objet" optique dont il est possible de former une image à l'aide de la lentille étudiée.

On repère cet objet par un segment AB reliant ses "extrémités", en supposant pour les schémas que A est placé sur l'axe optique de la lentille étudiée, et que AB est perpendiculaire à l'axe.

- En plaçant un miroir plan juste derrière la lentille, on fait revenir la lumière en sens inverse et on cherche la position de la lentille telle que l'image finale se forme (à l'envers) dans le plan de l'objet initial.

Le plan commun de l'objet et de l'image est alors le plan focal objet (et les rayons réfléchis par le miroir sont alors parallèles).

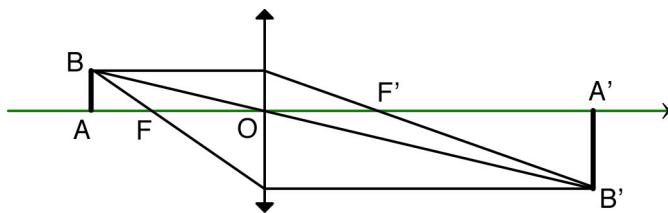


- Mesurer ainsi la distance focale de la même lentille convergente, comparer les mesures et les précisions, et justifier la construction des rayons du schéma précédent.

2. Formation d'une image par une lentille convergente

2.1. Image réelle d'un objet réel

- L'image de B peut être reconstruite en considérant les rayons particuliers connus :
 - ◊ le rayon incident BO, passant par le centre de la lentille, n'est pas dévié ;
 - ◊ le rayon incident provenant de B et parallèle à l'axe ressort en passant par le foyer image F' ;
 - ◊ le rayon incident BF, passant par le foyer objet F, ressort parallèle à l'axe.



Ces trois rayons se recoupent en un point B', image de B formée par la lentille.

◊ remarque : il suffirait en principe de tracer deux de ces trois rayons pour connaître la position de B', mais il est prudent de reconstruire les trois si on veut obtenir plus de précision.

- L'image A' de A ne peut pas être reconstruite par cette méthode, mais (pour une lentille mince) l'image A'B' est non déformée, et parallèle à l'objet AB ; il suffit donc de considérer que A' est sur l'axe (le rayon AO n'est pas dévié) et que A'B' est perpendiculaire à l'axe.

◊ remarque : cette reconstruction n'est bien sûr valable avec précision que dans les conditions de Gauss.

- On appelle "grandissement" de l'image par la quantité : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ (définition).

On montre alors d'une façon générale les deux relations algébriques suivantes (relations de conjugaison), donnant la position A' et le grandissement γ de l'image :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \quad \left(= -\frac{1}{\overline{OF}} \right) \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

(propriété).

Démontrer ces relations en comparant les différents triangles mis en évidence dans le schéma précédent.

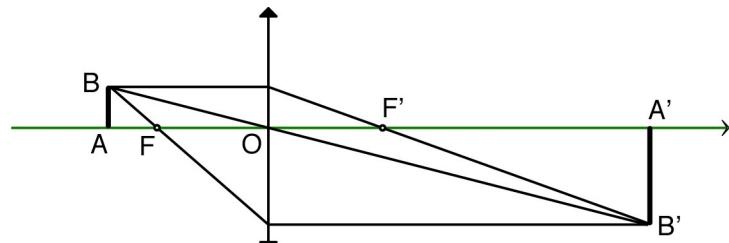
◊ remarque : ces relations avec origine au centre O sont les "formules de Descartes" ; elles peuvent aussi s'exprimer autrement (par exemple les formules de Newton avec origines aux foyers : $\overline{F'A'} \cdot \overline{FA} = \overline{F'O} \cdot \overline{FO}$).

- Placer donc la lentille à une distance de l'objet supérieure à sa distance focale, puis chercher la position de l'image en déplaçant un écran jusqu'à y obtenir une image (nette, sinon ce n'est pas vraiment une image).

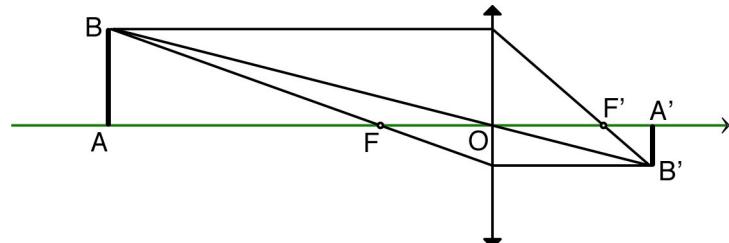
☞ remarque : ceci n'est possible qu'en plaçant l'écran tel que $\overline{AA'} > 4 \overline{OF'}$ (quadruple de la distance focale).

- Mesurer (et noter, pour tracer en fin de manipulation des graphiques récapitulatifs généraux) les grandeurs suivantes : \overline{OA} , $\overline{OA'}$, \overline{AB} et $\overline{A'B'}$. Vérifier qu'elles sont bien en accord avec les relations de conjugaison.

- En déplaçant la lentille sans déplacer l'écran, vérifier qu'il existe une seconde position de la lentille (symétrique par rapport au milieu de AA') donnant une image sur l'écran :



cas de la projection (agrandie) d'une diapositive sur un écran



cas de la formation d'une image (rétrécie) dans un appareil photographique, ou sur la rétine au fond d'un œil (dont la lentille est le cristallin)

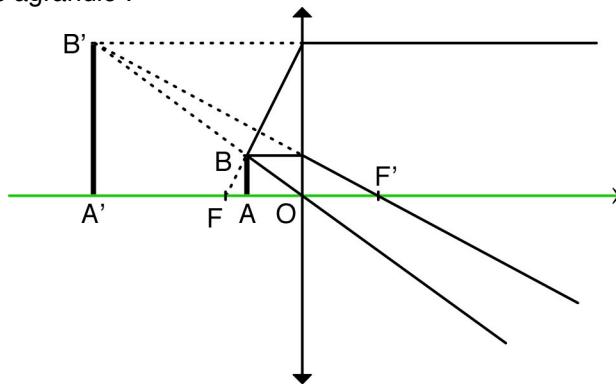
Mesurer (et noter) de même les grandeurs : \overline{OA} , $\overline{OA'}$, \overline{AB} et $\overline{A'B'}$; vérifier qu'elles sont bien en accord avec les relations de conjugaison.

- Procéder de même pour plusieurs distances objet-écran, en mesurant les différentes grandeurs à chaque fois pour les deux positions symétriques de la lentille.

2.2. Image virtuelle d'un objet réel (observation à la loupe)

☞ remarque : pour ce montage, l'image virtuelle se forme avant l'objet ; il est donc "prudent" d'avancer un peu la source lumineuse afin de disposer d'un peu de place au début du banc d'optique.

- Dans les cas où l'objet AB est placé à une distance de la lentille inférieure à la distance focale, l'image (c'est-à-dire le point d'intersection des "rayons image") est alors virtuelle (car l'intersection "mathématique" est du côté objet) et toujours agrandie :

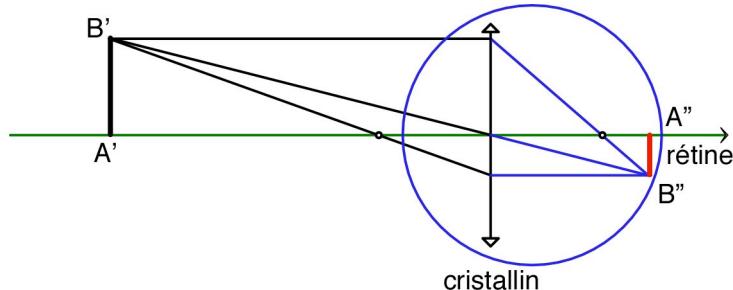


Il est alors impossible de placer un écran pour y former A'B' (puisque cette image est virtuelle, c'est-à-dire du côté objet) ; par contre, on peut l'observer facilement en plaçant l'œil derrière la lentille (loupe).

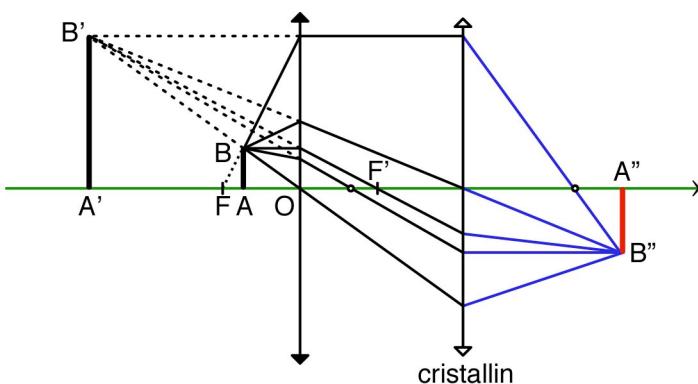
- Le tracé des rayons passant respectivement par O, F' et F (virtuellement) permet de même dans ce cas de reconstruire l'image virtuelle A'B'.

Les positions et grandeurs des objets et images sont liées par les mêmes relations (algébriques) de conjugaison que pour une image réelle, mais elles sont plus difficile à démontrer et à vérifier par les mesures.

- Les mesures peuvent être effectuées à l'aide d'un "œil artificiel" : puisqu'on peut observer l'image virtuelle en plaçant l'œil derrière la lentille, il suffit de reconstruire un dispositif réalisant la même opération. Derrière un objet lumineux, on place une lentille annexe (cristallin) et un écran (rétine) dans des positions telles qu'il se forme une image sur l'écran.



Placer l'œil artificiel derrière la lentille étudiée (loupe) et l'ajuster pour qu'il "voie" l'image artificielle sur l'écran-rétine, puis le "verrouiller" sur le banc d'optique.



Dans ces conditions, l'œil donne sur l'écran (rétine) une image $A''B''$ de l'image virtuelle $A'B'$ (utilisée comme objet observé par l'œil). Repérer la position O de la lentille (loupe) et la taille de l'image $A''B''$ sur la rétine.

Enlever la lentille (loupe), puis reculer l'objet AB (la source) jusqu'à ce que l'œil le voie nettement sur la rétine. Puisque l'œil n'a pas été modifié, l'objet se trouve maintenant à une position A_2B_2 qui est la même que celle où était l'image $A'B'$ avant qu'on enlève la lentille (loupe) ; repérer cette position.

En comparant la taille de l'objet et celle de son image $A''_2B''_2$ sur la rétine (avec la nouvelle position de l'objet), mesurer le rapport de grandissement de l'œil : $\gamma = \frac{\overline{A''_2B''_2}}{\overline{A_2B_2}}$. Connaissant ce rapport (non modifié), en déduire quelle était la taille de l'image $A'B'$ donnée par la loupe : $\gamma = \frac{\overline{A''B''}}{\overline{A'B'}}$.

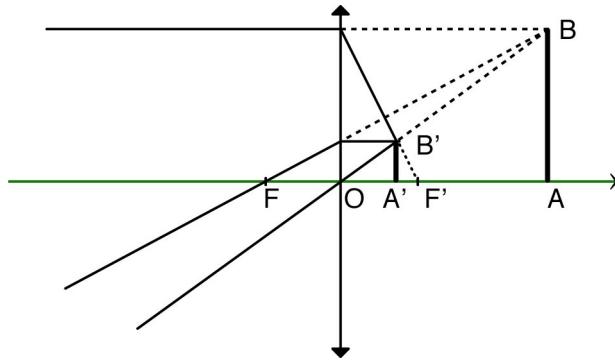
- Réaliser au moins une mesure de ce type (et si possible plusieurs) ; noter à chaque fois les grandeurs : OA , OA' , AB et $A'B'$; vérifier qu'elles sont bien en accord avec les relations de conjugaison.

◊ variante : pour repérer et mesurer l'image $A'B'$, on peut aussi utiliser un "viseur à frontale fixe" gradué.

2.3. Image réelle d'un objet virtuel (projection rapprochée)

- Dans les cas où on étudie un dispositif optique qui donne une image réelle trop éloignée (au delà des murs de la pièce), il n'est pas possible d'observer cette image sur un écran (faute de pouvoir placer ce dernier).

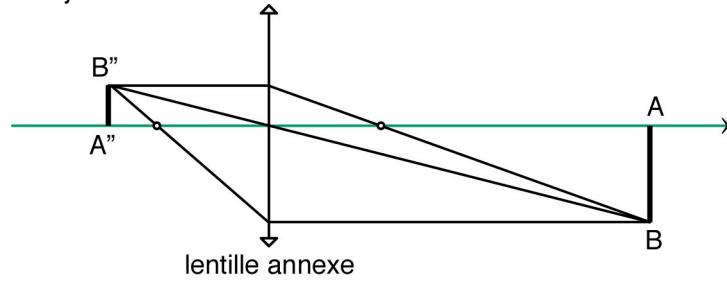
Il est alors possible d'utiliser une lentille (avec un montage symétrique du précédent) pour former une image rapprochée (et rétrécie) de "l'image" précédente utilisée comme objet virtuel ("objet" car intersection des rayons incidents sur la lentille étudiée ; "virtuel" car l'intersection mathématique du côté image) :



- Le tracé des rayons passant respectivement par O, F et F' (virtuellement) permet de même dans ce cas de reconstruire l'image virtuelle A'B'.

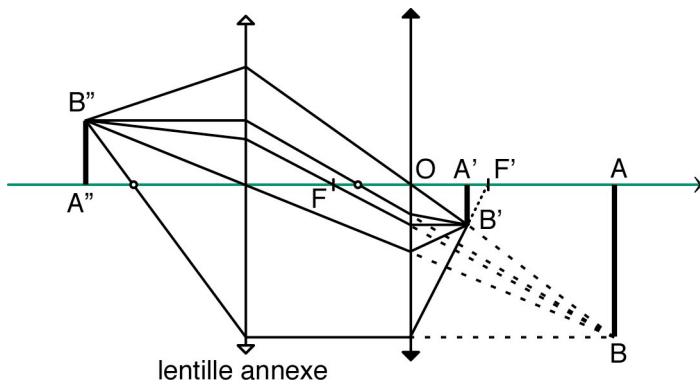
Les positions et grandeurs des objets et images sont liées par les mêmes relations (algébriques) de conjugaison que pour un objet réel, mais elles sont plus difficile à démontrer et à vérifier par les mesures.

- Les mesures peuvent être effectuées à l'aide d'une lentille annexe permettant de former une image "lointaine" utilisée comme objet virtuel :



Derrière un objet lumineux A''B'', on place une lentille annexe et un écran dans des positions telles qu'il se forme une image sur l'écran. Dans ces conditions, on repère expérimentalement la distance lentille-écran et la taille de l'image AB (repérage de la position et de la taille de l'objet virtuel).

On enlève alors l'écran et on place la lentille étudiée derrière la lentille annexe. On ajoute enfin l'écran derrière la lentille étudiée, et on ajuste la position de celui-ci pour obtenir une image :



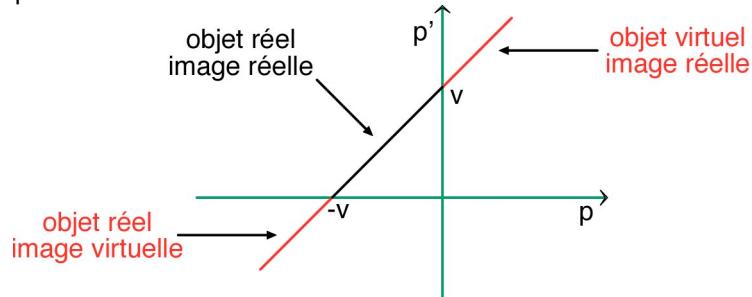
Dans ces conditions, la lentille étudiée donne sur l'écran une image A'B' de l'objet virtuel AB (image réelle initiale utilisée comme objet virtuel). Connaissant la position et la taille de AB, il suffit de mesurer la position et la taille de A'B' pour comparer aux relations de conjugaison.

- Réaliser au moins une mesure de ce type (et si possible plusieurs) ; noter à chaque fois les grandeurs : \overline{OA} , $\overline{OA'}$, \overline{AB} et $\overline{A'B'}$; vérifier qu'elles sont bien en accord avec les relations de conjugaison.

2.4. Graphiques récapitulatifs

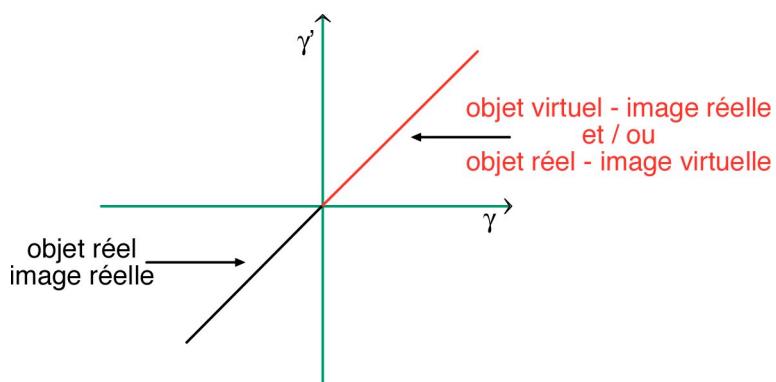
- Pour visualiser la relation de conjugaison sur les positions respectives des objets et des images, on peut représenter : $p' = \frac{1}{OA'}$ en fonction de : $p = \frac{1}{OA}$.

D'après la définition de la vergence : $v = \frac{1}{OF'} = -\frac{1}{OF}$, la première relation de conjugaison correspond à la droite d'équation : $p' = p + v$.



- Pour visualiser la relation sur les grandsissements des images par rapport aux objets, on peut représenter : $\gamma' = \frac{OA'}{OA}$ en fonction de : $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$ (définition du grandissement).

La seconde relation de conjugaison correspond à la droite d'équation : $\gamma' = \gamma$.



LENTEILLE MINCE CONVERGENTE - TP

Matériel

Pour chaque groupe (10 groupes)

1 banc d'optique avec lentilles et accessoires
1 lampe de poche

Au bureau

1 mètre ruban (≈ 10 m)