

## TP 13 : Lentilles minces sphériques

### Objectifs

- Vérifier expérimentalement une loi théorique à l'aide d'une régression linéaire : ici la relation de conjugaison pour une lentille.
- Réviser l'optique géométrique en réalisant des tracés de rayons qui justifient les expériences : pour l'autocollimation, pour la méthode de Bessel.
- Mesurer une grandeur accompagnée de son incertitude : ici mesure de  $f'$  en utilisant (i) la relation de conjugaison, (ii) l'autocollimation, (iii) la méthode de Bessel.

### Liste du matériel à votre disposition

- Banc optique
- Lentilles convergentes et divergentes (+200 mm, +300 mm, -200 mm)
- Écran
- Source de lumière blanche
- Objet
- Miroir plan

## I Vérification de la relation de conjugaison

On étudie une lentille. On la modélise de la façon suivante :

- on la suppose à symétrie cylindrique et mince (son épaisseur est négligée) ;
- on l'utilise dans les conditions de Gauss (rayons paraxiaux donc peu inclinés par rapport à l'axe optique, et rayons peu écartés de l'axe optique).

Sous ces hypothèses, on obtient un système optique qui réalise un stigmatisme et un aplanétisme approchés. On montre alors la relation de conjugaison avec origine au centre (ou relation de Descartes) :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \quad (1)$$

avec  $f'$  la longueur focale de la lentille,  $O$  son centre optique,  $A$  la position d'un objet sur l'axe optique, et  $A'$  la position de son image.

On souhaite savoir si cette relation est vérifiée expérimentalement.

- 1.a** – Vérifier si la relation est correcte en effectuant une seule mesure. On ne se souciera pas des incertitudes, et on vérifiera juste grossièrement l'accord.
- 1.b** – Proposer un protocole permettant vérifier cette relation à l'aide d'une série de mesures. Ce protocole devra mener au tracé d'une certaine grandeur  $y$  en fonction d'une autre  $x$ , mesurées expérimentalement, de sorte que l'on s'attende théoriquement à une relation affine entre  $y$  et  $x$ .

Appeler le professeur pour faire vérifier votre proposition.

- 1.c** – Réaliser le protocole (et décrire ce que vous faites sur votre compte rendu). Conclure sur la validité de la relation 1.

En déduire également une mesure de la distance focale de la lentille utilisée (avec incertitude).

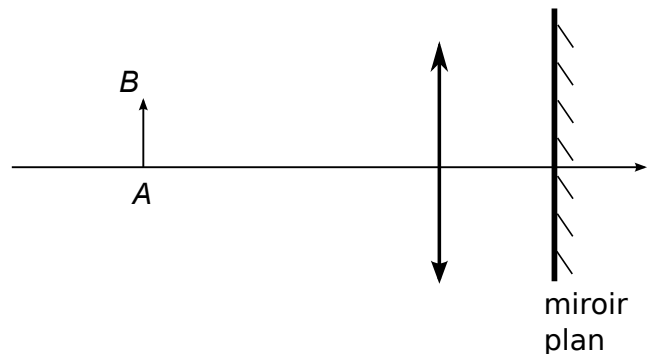
## II Déterminer une longueur focale par autocollimation

On garde la lentille précédente. On souhaite encore déterminer sa longueur focale  $f'$ . Un moyen simple est d'utiliser la méthode par autocollimation. On place pour cela un miroir plan derrière la lentille, et on réalise l'image d'un objet à l'aide du système optique lentille+miroir.

On montre alors que lorsque l'objet est dans le plan focal de la lentille, alors son image est dans le même plan, et ceci indépendamment de la distance entre miroir et lentille. La distance objet-lentille est alors égale à la distance focale de la lentille.

**2.a** – Déterminer expérimentalement la focale de la lentille utilisée, ainsi que l'incertitude sur la mesure. On expliquera comment on procède, et d'où provient l'incertitude.

**2.b** – Montrer théoriquement, par un tracé de rayons, que lorsque l'objet est dans le plan focal on a bien une image dans ce même plan, et avec un grandissement de -1.



## III Déterminer une longueur focale par la méthode de Bessel

Dans cette méthode, on place l'objet à une distance fixe  $D$  de l'écran, et c'est la lentille que l'on déplace.

On peut montrer que si  $D > 4f'$ , il existe deux positions de la lentille pour lesquelles on obtient une image nette sur l'écran. Ces deux positions sont séparées par une distance  $d$  qui vérifie

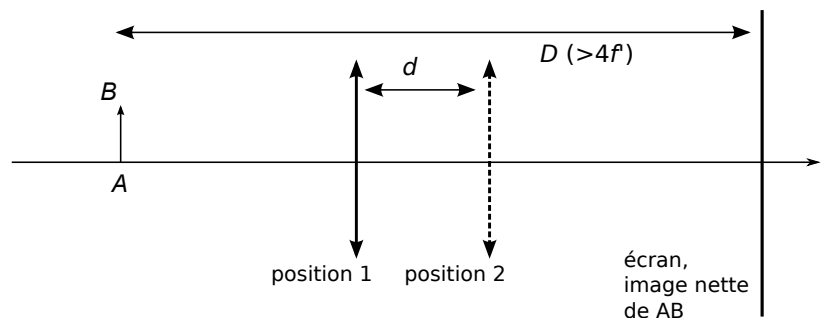
$$\frac{d^2}{D^2} = 1 - \frac{4f'}{D}$$

Si  $D < 4f'$ , on ne peut pas obtenir une image nette sur l'écran.

**3.a** – Déterminer expérimentalement la focale de la lentille utilisée, ainsi que l'incertitude sur la mesure. On expliquera comment on procède, et d'où provient l'incertitude.

**3.b** – Démontrer théoriquement la relation  $\frac{d^2}{D^2} = 1 - \frac{4f'}{D}$ . On pourra appeler  $x$  la distance entre objet  $A$  et lentille  $O$ , et chercher les solutions  $x$  qui vérifient la relation de conjugaison.

**3.c** – Si le temps le permet, vérifier expérimentalement que la relation ci-dessus est bien vérifiée (cette vérification doit mener, comme dans la partie I, au tracé expérimental d'une grandeur  $y$  en fonction d'une grandeur  $x$  qui doivent, côté théorie, être liées par une relation affine).



## IV Cas d'une lentille divergente

**4.a** – Reprendre la méthode par autocollimation et l'adapter pour mesurer la focale d'une lentille divergente.