

Compte rendu TP01 – Focométrie

Auteurs : XU Max et Zheng William.

Objectif : dans ce TP, nous souhaitons essentiellement **vérifier la distance focale** d'une lentille à l'aide de plusieurs méthodes. La focométrie regroupe l'ensemble des techniques qui permettent de mesurer la distance focale des lentilles.

Liste de matériel :

- Un banc optique gradué
- Un objet
- Une lentille convergente de distance focale $f' = +200$ mm, avec un support adapté à la fixation sur le banc optique
- Une lentille divergente de distance focale $f' = -200$ mm, avec un support adapté à la fixation sur le banc optique
- Un écran avec un support adapté à la fixation sur le banc optique
- Un miroir, avec un support adapté à la fixation sur le banc optique
- Une source lumineuse

Étude préliminaire

En consultant les documents 2, 3 et 4, nous avons pu constater plusieurs méthodes, comme celle de l'**autocollimation**, ainsi que les méthodes de **Bessel** et **Silbermann**. Ces méthodes nous guident pour trouver et vérifier la distance focale d'une lentille.

Posons tout au long de ce TP D comme étant la distance entre l'objet et l'image, et L comme étant la distance entre l'objet et la lentille.

Pour les différentes méthodes, nous avons différentes égalités de la distance focale d'une lentille (cf. exercice 7 TD O2) :

- Autocollimation : $f'_2 = L$
- Méthode de Bessel : $f'_3 = \frac{D^2 - d^2}{4D}$
- Méthode de Silbermann : $f'_4 = \frac{D}{4}$

(Voir le programme Python pour la propagation des incertitudes pour les mesures avec les méthodes de Bessel et Silbermann.)

Mise en Place

Placer la source lumineuse, la lentille, et l'écran sur le banc optique.

Placer l'objet devant la source lumineuse (l'objet est donc rétroéclairé), aligner la lentille à la hauteur adéquate et placer l'écran à une certaine distance D de l'objet.

Formation d'images

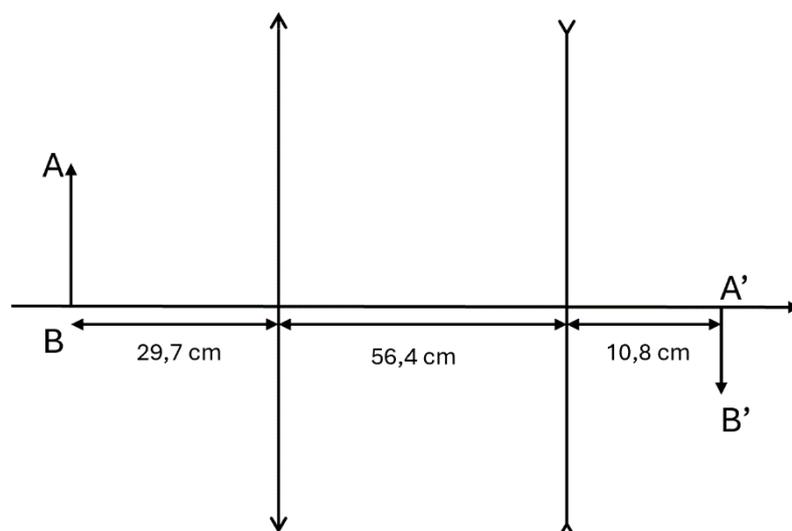
La formation d'une image d'un objet AB , dépend de nombreux facteurs :

- Le type de lentille
- La distance focale de la lentille
- La position de l'objet par rapport à la lentille et à l'écran

Tous ces facteurs nous donnent les caractéristiques de l'image formée.

L'image formée avec une lentille convergente, est réelle (elle peut être projetée sur un écran), renversée (par rapport à l'objet), et peut être agrandie, réduite ou de même taille (en fonction de la position de la lentille et de sa distance focale).

Exemple de montage avec une lentille convergente de distance focale $+200$ mm, et une lentille divergente de distance focale -200 mm :



Focométrie

Nous avons formé une image nette d'un objet éloigné, sur une feuille de papier. En effet, la distance entre la lentille et la feuille correspond à la distance focale de la lentille. Ainsi, nous en déduisons une première valeur de la distance focale $f'_1 : f'_1 = (19,5 \pm 0,3)\text{cm}$.

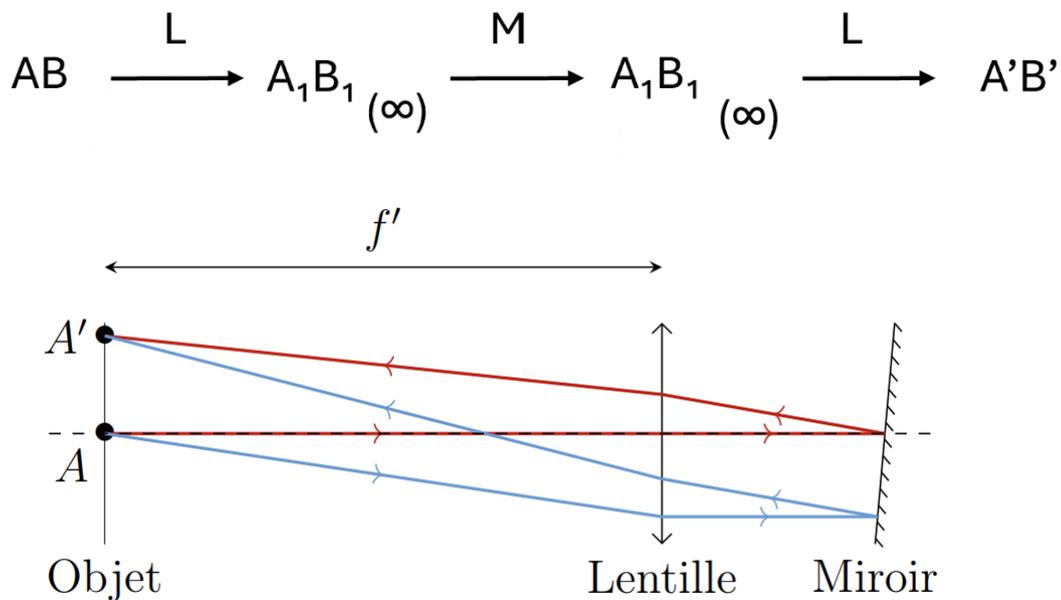
Autocollimation

Protocole :

- Accoler le miroir derrière la lentille
- Placer l'ensemble {lentille + miroir} près de l'objet
- Eloigner l'ensemble jusqu'à obtenir une image nette dans le plan objet avec un grandissement $\gamma = -1$
- Vérifier que la position du miroir est indifférente
- Noter la position de la lentille

L'autocollimation repose sur le principe suivant : placer l'objet sur le plan focal objet de la lentille permet d'obtenir une image à l'infini. Après réflexion sur le miroir, la lumière venant de l'infini converge dans le plan focal objet après avoir traversé la lentille.

Schémas de l'autocollimation :



(rappel de l'égalité)

$$f_2' = L$$

Nous trouvons $f_2' = (19,7 \pm 0,2)\text{cm}$

Ainsi, nous avons une nouvelle valeur f_2' de la distance focale de la lentille en s'appuyant sur le principe de l'autocollimation.

Avec cette méthode, l'image se forme sur **le plan objet**. Cette méthode permet de retrouver directement la distance focale de la lentille, en mesurant qu'**une distance**, sans faire de calcul, réduisant ainsi les sources d'incertitudes.

Méthodes de Bessel et Silbermann

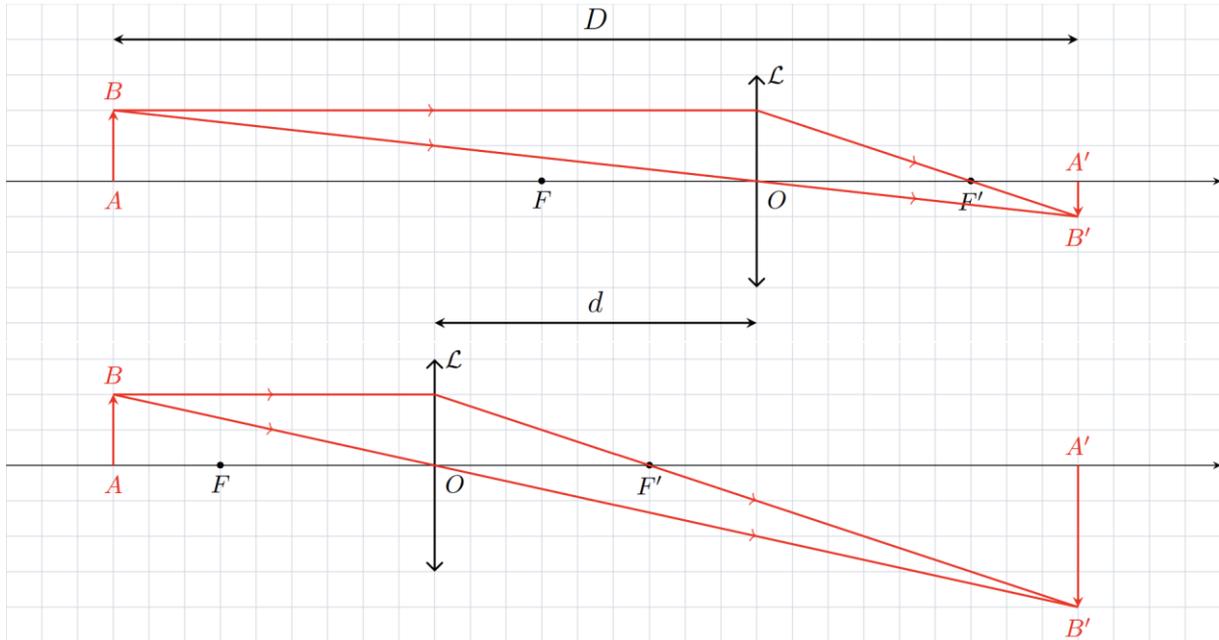
Méthode de Bessel

Protocole :

- Placer l'écran loin de l'objet
- Placer la lentille près de l'objet
- Déplacer la lentille vers l'écran jusqu'à obtenir une image nette
- Noter cette position de la lentille d_1
- Déplacer la lentille vers l'écran jusqu'à obtenir une autre image nette
- Noter cette position de la lentille d_2
- Noter d la différence de d_2 et d_1
- Noter D la distance entre l'objet et l'écran

La méthode de Bessel repose sur le principe suivant : il existe une distance entre deux positions d'une lentille convergente qui permet de former une image nette sur un écran pour une même distance D fixe entre l'objet et l'écran. Les deux positions sont symétriques par rapport au milieu du segment objet écran.

Schéma de la méthode de Bessel :



(rappel de l'égalité)

$$f'_3 = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

Nous trouvons $f'_3 = (19,34 \pm 0,07)$ cm

Ainsi, nous avons une nouvelle valeur f'_3 de la distance focale de la lentille en s'appuyant sur la méthode de Bessel.

En définitive, cette méthode prend en compte **plusieurs paramètres** (il y a plus de mesures à prendre, donc plus de sources d'incertitudes) En revanche, comme le prouve l'estimation de l'incertitude, la méthode est plus précise que la précédente. De plus, nous pouvons réaliser plusieurs mesures avec une même lentille. Cela permet d'obtenir une **valeur moyenne** plus précise, ce qui réduit les incertitudes.

Méthode de Silbermann

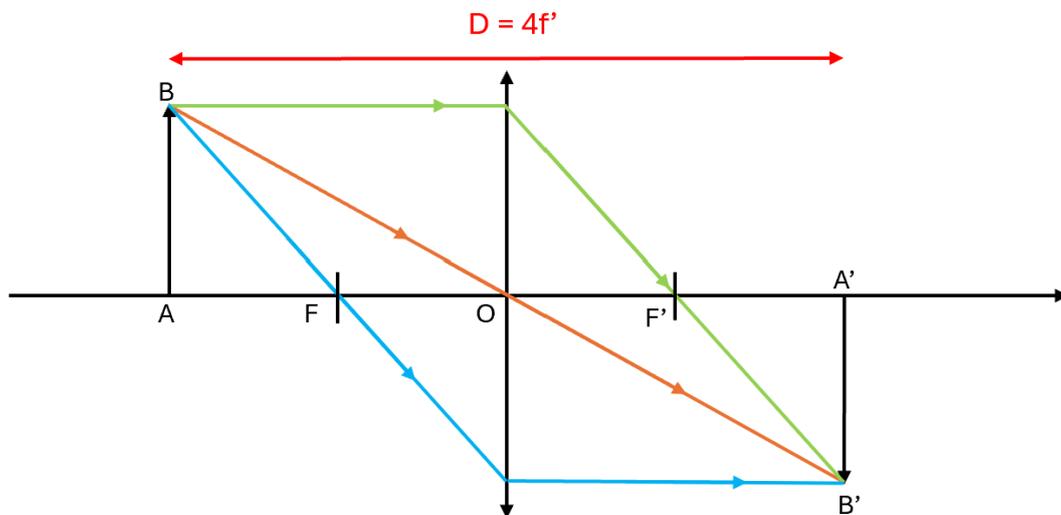
Protocole :

- Placer l'écran loin de l'objet
- Placer la lentille près de l'objet
- Déplacer la lentille vers l'écran jusqu'à obtenir une image nette

- Rapprocher l'écran si l'image est plus grande ou plus petite que l'objet
- Repositionner la lentille de manière à obtenir une image nette
- Recommencer ainsi jusqu'à ce que l'image soit de même taille que l'objet
- Noter D la distance entre l'objet et l'écran

Dans la méthode de Silbermann, le cas étudié est le suivant : l'image est de même taille que l'objet, ce qui permet d'utiliser les relations de Newton.

Schéma de la méthode de Silbermann :



(rappel de l'égalité)

$$f'_4 = D/4$$

Nous trouvons $f'_4 = (19,63 \pm 0,05)\text{cm}$

Ainsi, nous avons une nouvelle valeur f'_4 de la distance focale de la lentille en s'appuyant sur la méthode de Silbermann.

En définitive, cette méthode nous permet d'obtenir une distance focale plus précise que celle de la méthode de Bessel et celle de l'autocollimation.

Écart normalisés

Écart normalisé f1-f2 : 1.2247448713915847 < 2

Écart normalisé f1-f3 : 0.8328225000873398 < 2

Écart normalisé f1-f4 : 1.0136060675992289 < 2

Conclusion

En comparant les résultats obtenus avec les différentes méthodes, nous constatons que chacune fournit une valeur approchée de la distance focale, mais de précisions différentes.

La méthode de **Silbermann** donne des résultats plus précis, car elle repose sur une seule mesure directe, ce qui limite les sources d'incertitude. En revanche, la méthode de **Bessel**, est moins précise en raison du nombre plus élevé de mesures à effectuer. Cela augmente les incertitudes, mais ces imprécisions peuvent être compensées par la répétition des mesures.

En examinant les écarts normalisés, toutes les méthodes sont compatibles avec la première méthode, ce qui signifie que les résultats sont cohérents.

En termes de facilité de mise en œuvre, l'autocollimation est plus simple et rapide, tandis que la méthode de Bessel et la méthode de Silbermann sont plus complexes à mettre en œuvre.

En conclusion, si l'on doit effectuer une seule mesure, la méthode de Silbermann est à privilégier pour sa simplicité et sa précision. En revanche, pour des mesures répétées, la méthode de Bessel offre une meilleure robustesse grâce à la compensation des imprécisions par la répétition.