

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.

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

- **Autocollimation** : $f'_2 = D$
- 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

Pour former une image nette, modifier la distance entre la lentille et l'écran en la déplaçant jusqu'à obtenir une image nette.

La possibilité de former une image dépend de la distance focale de la lentille.

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 ou réduite (en fonction de la position de la lentille et de sa distance focale).

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 $f'_1 : f'_1 = (19.5 \pm 0.3)\text{cm}$.

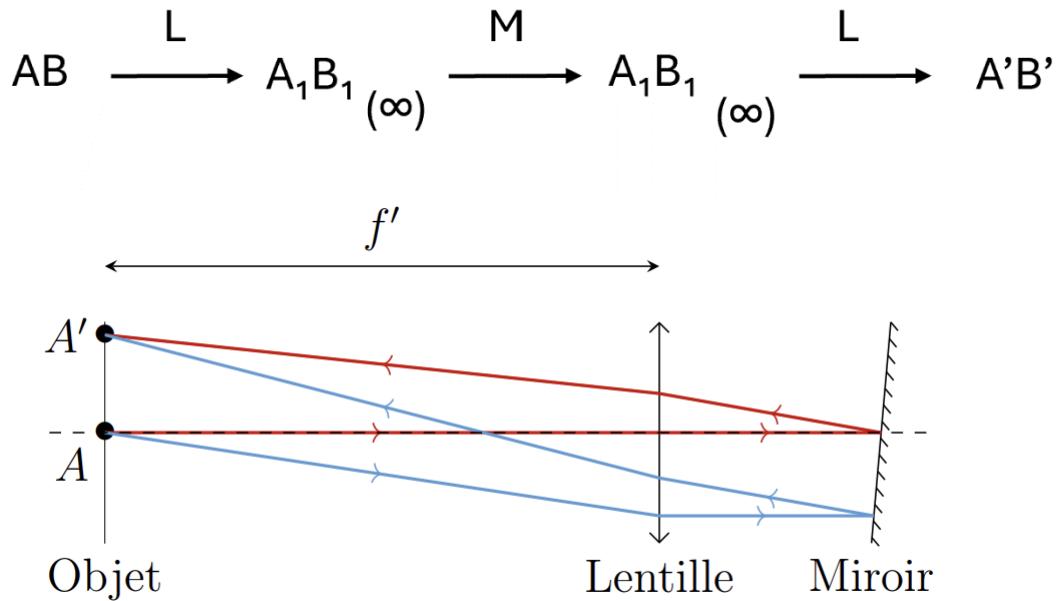
Autocollimation

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)

$$f'_2 = D$$

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 incertitudes**.

Méthodes de Bessel et Silbermann

Méthode de Bessel

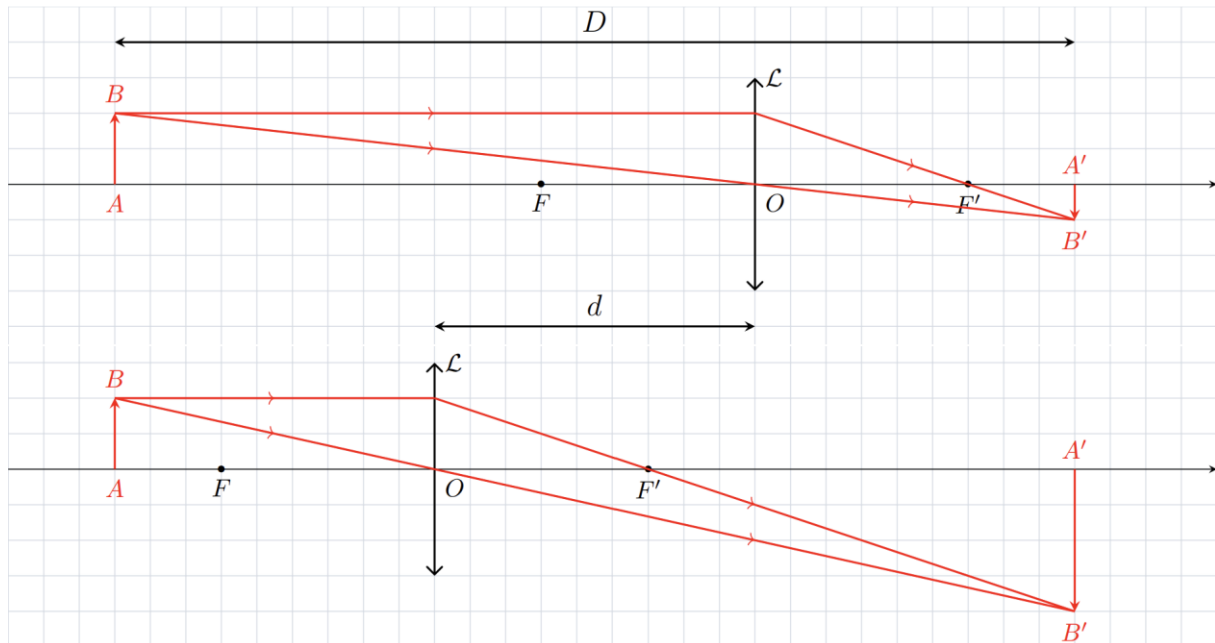
Protocole :

- 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 d'incertitude**). En revanche, nous pouvons réaliser plusieurs mesures avec une même lentille. Cela permet d'obtenir une **valeur moyenne** plus précise, ce qui réduit les incertitudes.

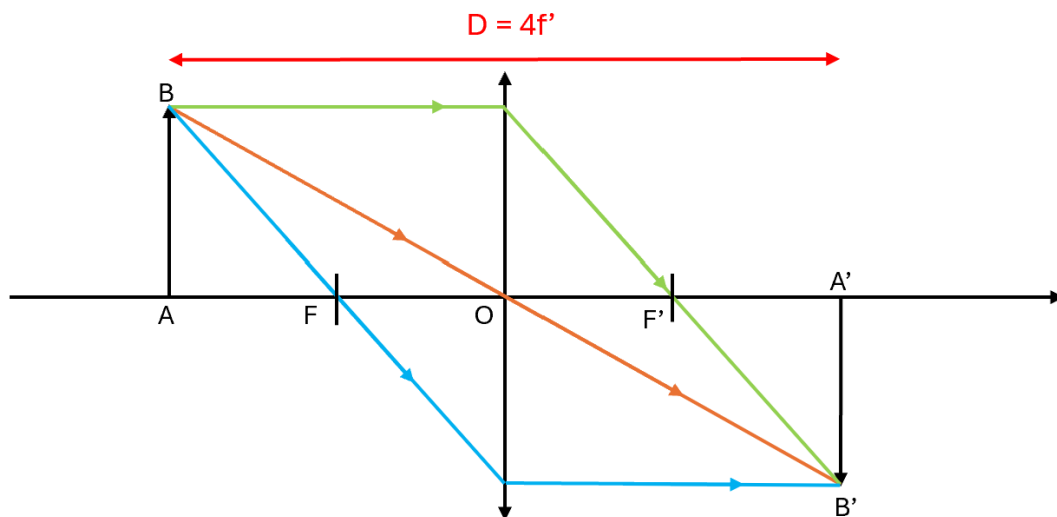
Méthode de Silbermann

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 mais reste moins précise que celle de l'autocollimation.

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. Les méthodes d'autocollimation et de Silbermann donnent des résultats plus précis, car elles reposent sur une seule mesure directe, ce qui limite les sources d'incertitude. Les résultats obtenus avec ces deux méthodes sont donc très proches et compatibles entre eux. 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 l'écart normalisé, nous remarquons une différence par rapport à la valeur de référence. Cette situation peut s'expliquer par des erreurs humaines : par exemple, une image peut sembler nette sur un intervalle de demi-largeur de plusieurs millimètres, impliquant une incertitude plus importante.

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, les méthodes ne sont pas équivalentes en termes de précision et de simplicité, mais elles donnent des résultats compatibles dans l'ensemble.