

Binôme 1 : _____

Binôme 2 : _____

TP 4 : FOCOMÉTRIE DES LENTILLES MINCES

Objectif

- Déterminer la distance focale d'une lentille.

La focométrie est la mesure expérimentale de la distance focale f' d'un système centré (ici une lentille). Vous disposez d'un banc d'optique horizontal gradué sur lequel peuvent coulisser des sabots portant : une lampe suivie d'un objet (lettre F), une lentille et un écran.

Le constructeur certifie la valeur de $f' = +50$ mm à 5% près. Il faut comparer cette valeur à l'expérience, conclure sur la méthode utilisée, sa mise en œuvre et sa précision en gardant la même lentille tout au long de la manipulation.

Pour l'ensemble des mesures de focales réalisées, on pensera à déterminer l'écart relatif par rapport à la valeur constructeur ainsi qu'à comparer les mesurandes correspondant aux différents mesurages, aux incertitudes associées près. Le compte-rendu ne doit pas être la réponse successive aux questions de l'énoncé. Il doit être présenté comme un exposé écrit de votre séance. En particulier, n'oubliez pas d'introduire vos protocoles (introduction des notations avec des schémas, principe du protocole et matériel pour y parvenir)

I. Distance focale d'une lentille mince convergente

Les mesures seront effectuées sur la lentille convergente marquée +50 mm.

I.1. Méthode d'autocollimation

1.  À l'aide d'un schéma, rappeler le protocole de la méthode d'autocollimation vue au *TP n°2 : Principes de base en optique*.

 Expérience

1. Mettre en œuvre ce protocole pour déterminer la valeur de la distance focale de la lentille étudiée.

2. On mesure sur le banc d'optique $f = \overline{OA}$. En déduire f' .
3. Pensez à toutes les sources d'incertitudes et présenter le résultat sous la forme

$$f' = \dots \pm \dots \text{ unité.}$$

I.2. Méthode de Bessel

A et A' sont deux points réels conjugués par rapport à la lentille (L) de distance focale f' . D'après la loi du retour inverse de la lumière :

- si A est un objet alors A' est son image,
- si A' est un objet alors A est son image.

4.  En utilisant la relation de conjugaison de Descartes, démontrer que la distance minimale entre l'objet réel et son image réelle est égale à $4 \times f'$. Les deux positions de la lentille pour lesquelles l'image est nette sont les racines d'un polynôme à déterminer.

En choisissant deux points A et A' sur l'axe optique tels que $AA' > 4 \times f'$, on devrait trouver deux positions de la lentille telles que A' soit l'image de A .

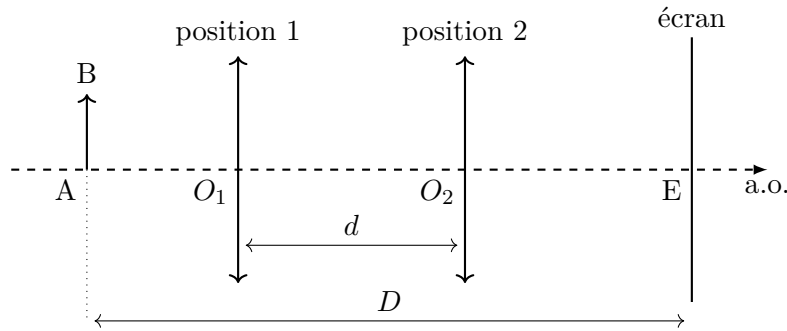


Fig. 1 Montage pour la méthode de Bessel

5.  En calculant $|p_1 - p_2|$, établir la relation

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

Expérience

- Choisir une distance D entre l'objet et l'écran supérieure à $4 \times f'$, puis intercaler la lentille (L).
 - Chercher les deux positions de (L), distantes de d , qui donnent une image nette sur l'écran (ces images sont inversées par rapport à l'objet, l'une est agrandie alors que l'autre est réduite).
 - À l'aide de la relation précédente, déduire f' partir des mesures de d et D .
6. Déterminer l'incertitude sur D qui est liée à l'utilisation d'un instrument.
7. Déterminer l'incertitude sur d qui est liée à une latitude de mise au point et à l'utilisation d'un instrument.
8. Déterminer la valeur de f' et de son incertitude à l'aide d'une simulation Monte-Carlo.

Codage

- Récupérer l'accès au Notebook pré-rempli en suivant ce lien

<https://capitale2.ac-paris.fr/web/c/fab0-11441821/mcer>



- Cliquez sur Ma Classe en Région (Auvergne-Rhône-Alpes), et connectez-vous avec vos codes EduConnect.
- Compléter les lignes à compléter puis exécuter le code.

9. Donner le résultat sous la forme

$$f' = \dots \pm \dots \text{ unité.}$$

I.3. Méthode de Silbermann

On cherche à obtenir l'image réelle d'un objet réel, inversée, symétrique de l'objet par rapport à la lentille. La distance entre l'objet et l'image est alors minimale : $D = 4 \times f'$ (voir Fig. 2). Il s'agit donc d'un cas limite de la méthode de Bessel.

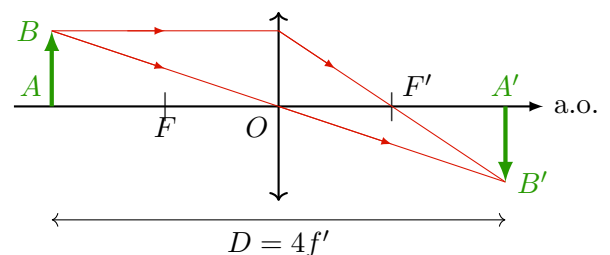


Fig. 2 Montage pour méthode de Silbermann

Expérience

- Réaliser sur l'écran une image nette et réduite de la lettre F (objet).
- Rapprocher la lentille de la lanterne, déplacer l'écran pour former encore une image nette. Continuer ainsi jusqu'à la position limite de la lentille permettant d'observer une image nette sur l'écran.
- Améliorer la précision de ce repérage en mesurant le grandissement γ qui doit être égal à -1.
- En déduire la valeur de la distance focale f' et son incertitude.

II. Distance focale d'une lentille mince divergente

II.1. Méthode des lentilles accolées

Une lentille convergente (L_c de distance focale image f'_c) est accolée à une lentille divergente (L de distance focale image f') de façon à constituer une lentille équivalente convergente. La distance focale image f'_c est supposée connue. On choisira le résultat le plus précis obtenu dans la section précédente (meilleure incertitude) : **on travaillera donc avec la lentille convergente indiquée +50 mm (L_c) et la lentille marquée -300 mm (L).**

10. Rappeler la relation entre la vergence V et la distance focale f' en précisant les unités.

Expérience

- Monter les deux lentilles sur le même support et vérifier que l'ensemble est bien convergent.
- Utiliser la méthode d'autocollimation pour mesurer la distance focale f'_{eq} de l'ensemble ainsi que l'incertitude associée $\Delta f'_{eq}$.
- En déduire la vergence V et la distance focale image f' de la lentille divergente.
- Évaluer ΔV . Donner le résultat de votre mesure. Le comparer avec la valeur fournie par le constructeur. Expliquer les principales sources d'erreur.

II.2. Méthode de Badal

Animation

Le principe de la méthode est schématisé ici :

<https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/focometrie/badal.php>



Expérience

- **Étape 1 :** Soient deux lentilles convergentes L_1 et L_2 de focale 10 cm. Placer par autocollimation l'objet A dans le plan focal objet de L_1 .
 - Placer L_2 après L_1 à une distance de l'ordre de 50 cm et au niveau d'une graduation simple du banc d'optique : noter cette graduation x_2 . Évaluer l'incertitude Δx_2 .
 - Déplacer un écran jusqu'à obtenir une image nette. La position de l'écran sur l'axe optique est notée A' image de A par le système des deux lentilles. Noter la graduation $x_{A'}$. Évaluer l'incertitude $\Delta x_{A'}$.
 - Vérifier la distance focale image de L_2 : $f'_2 = x_{A'} - x_2$. Estimer l'incertitude $\Delta f'_2$ de type B.
- **Étape 2 :** La lentille divergente L est interposée de façon que son centre optique O soit en F_2 foyer objet de la lentille L_2 .
 - Déplacer l'écran jusqu'à obtenir à nouveau une image nette. L'image de A se forme alors en A'' . Noter la graduation $x_{A''}$. Évaluer l'incertitude $\Delta x_{A''}$.
 - En déduire le déplacement $D = A'A''$ de l'image.

11.  *Étude théorique : relation de conjugaison.* En appliquant la relation de conjugaison de Newton à la lentille L_2 , montrer que la distance focale de la lentille divergente L peut être obtenue par la relation

$$\overline{F_2F'} = f' = -\frac{f_2'^2}{D}.$$

Expérience

Résultats expérimentaux : détermination de la distance focale image de L

- Mettre en œuvre le protocole et estimer l'incertitude ΔD par le calcul de l'incertitude de type B. On prendra en compte l'incertitude due à la lecture sur le banc d'optique mais AUSSI l'incertitude due à la latitude de mise au point.
- Déterminer la valeur de f' et son incertitude $\Delta f'$. Attention au signe !
- Présenter le résultat de la mesure.