

TP 2 : Focométrie des lentilles minces

Objectifs :

La focométrie est la mesure expérimentale de la distance focale f' d'un système centré (ici une lentille). L'objectif de ce TP est donc de mesurer la distance focale de différentes lentilles par plusieurs méthodes et de comparer la précisions de ces méthodes.

Matériel :

- Banc optique horizontal gradué
- Lampe blanche
- Un objet (lettre F)
- Des lentilles
- Un écran

Incertitude sur la mesure :

Dans tout le TP, pensez aux différentes sources d'incertitudes et présenter vos résultats correctement :

$f' = (\dots \pm \dots)$ unité.

TRAVAIL PRÉLIMINAIRE

- Lire TOUT l'énoncé
- Faire le schéma explicatif de l'autocollimation (II.1.)
- Établir la formule de la focale f' pour la méthode de Bessel (II.2.)
- Établir la formule de f' pour la méthode de Badal (III.2.)
- Réfléchir aux calculs d'incertitudes pour l'ensemble des mesures.

I Identification rapide d'une lentille

Rapide, donc pas plus de 5 min !

1 Par sa forme

Une lentille à bord mince est convergente, une lentille à bord épais est divergente.

- ☞ Palper les lentilles disponibles et les classer de la plus "bombée" à la plus "creuse".
- ☞ Lire la vergence (en dioptries) gravée par le fabricant sur la bague de chaque lentille.
- ☞ Commenter... puis essayer avec un papier doux.

2 Par l'observation d'un objet proche.

- ☞ Observer une page de texte à travers une lentille : si l'image est agrandie, la lentille est convergente (loupe), si l'image est réduite la lentille est divergente.

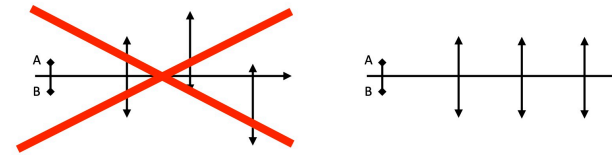
II Distance focale d'une lentille mince convergente

Dans cette partie, on utilisera la lentille de vergence 8 dioptries. **Quelle est sa distance focale théorique ?**

Précautions à prendre :

Il faut centrer et aligner en hauteur les différents éléments optiques (source, diaphragme, lentille, écran...etc).

Sur le schéma de gauche, si les conditions de Gauss sont respectées pour la première lentille (celle la plus proche de l'objet AB), elles ne le seront pas nécessairement pour les lentilles suivantes, désaxées. À droite au contraire, si tous les éléments sont correctement alignés, alors les conditions de Gauss sont respectées pour toutes les lentilles. Les relations de conjugaisons seront donc applicables.



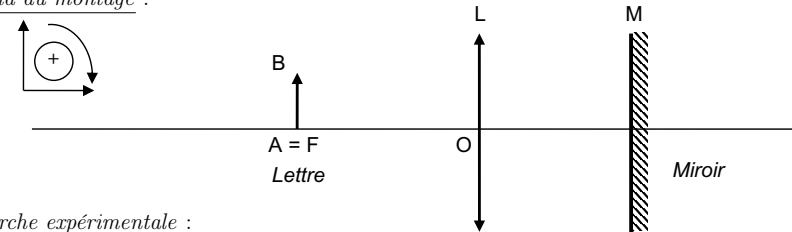
1 Méthode d'autocollimation

Un miroir plan (M) est placé derrière la lentille (L) de centre optique O. Si l'objet AB est situé dans le plan focal objet de (L) alors l'image A'B' se trouve dans le même plan que l'objet et son grandissement est égal à -1.

$$A \equiv F \xrightarrow{(L)} \infty \xrightarrow{(M)} \infty \xrightarrow{(L)} A' \equiv F$$

- ☞ Faire la construction illustrant cette situation.

Schéma du montage :



Démarche expérimentale :

- ☞ Accoler un miroir plan à la lentille.
- ☞ Déplacer l'ensemble jusqu'à l'obtention d'une image nette A'B' dans le plan de l'objet AB.
- ☞ Déplacer légèrement la lentille tout en conservant une image nette ;
- ☞ Repérer avec précision les deux positions extrêmes entre lesquelles on ne perçoit pas de différence de netteté ; la distance entre ces deux positions est la *latitude de mise au point*.
- ☞ Mesurer sur le banc optique \overline{AO} . En déduire f' .

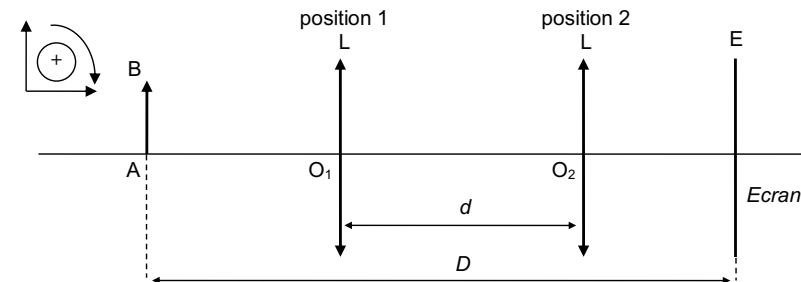
2 Méthode de Bessel

Soient A et A' 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.

En choisissant deux points A et A' sur l'axe optique tels que $AA' > 4f'$, on devrait trouver deux positions de la lentille, notées $p'_1 = O_1A'$ et $p'_2 = O_2A'$ telles que A' soit l'image de A :



Établir la relation $f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$

Démarche expérimentale :

- ☞ Choisir une distance D entre l'objet et l'écran supérieure à $4f'$.
- ☞ Placer la lentille (L) entre l'objet et l'écran.
- ☞ 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).
- ☞ Mesurer d et D , en déduire f'

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 : $D = 4f'$. Il s'agit donc d'un cas limite de la méthode de Bessel.

Démarche expérimentale :

- ☞ Réaliser sur l'écran une image nette et réduite de la lettre F (objet).
- ☞ Rapprocher la lentille de la lampe, et 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. La précision de cette position peut être améliorée en mesurant le grandissement γ qui doit être égal à -1 .

III Distance focale d'une lentille divergente (si le temps le permet)

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 de la lentille convergente f' est supposée connue. On choisira le résultat le plus précis obtenu précédemment.

Démarche expérimentale :

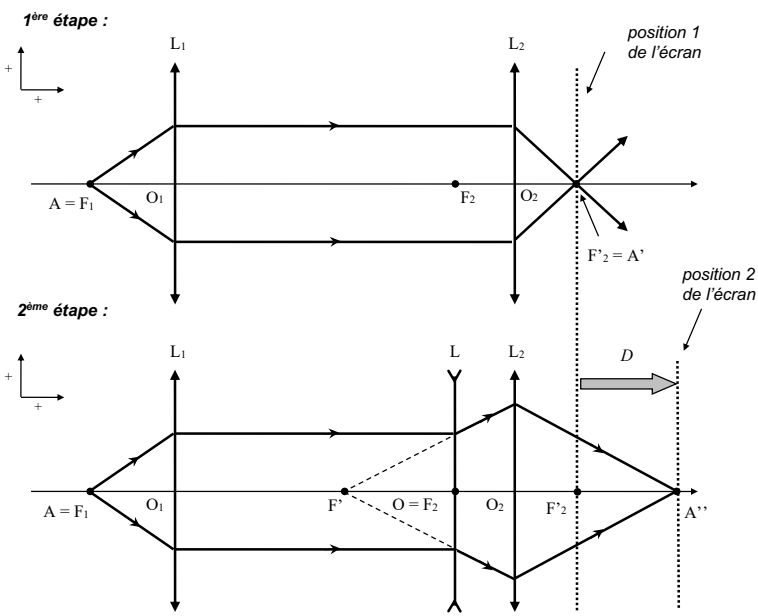
- ☞ Monter les deux lentilles sur le même support et vérifier que l'ensemble est bien convergent.
- ☞ Utiliser la méthode d'autocollimation pour mesurer la distance focale f'_{eq} de l'ensemble ainsi que l'incertitude élargie associée $\Delta f'_{eq}$.
- ☞ En déduire la vergence V et la distance focale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

2 Méthode de Badal

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

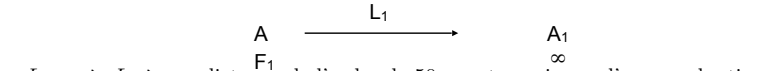
Schéma :



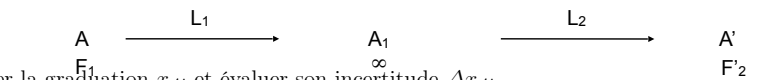
Démarche expérimentale :

Etape 1 : Soient deux lentilles convergentes L_1 et L_2 de vergence $+8 \delta$.

- ☞ Placer par autocollimation l'objet A dans le plan focal objet de L_1 .



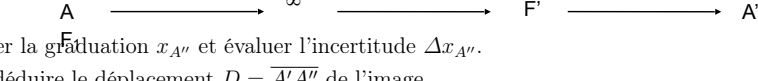
- ☞ Placer L_2 après L_1 à une distance de l'ordre de 50 cm et au niveau d'une graduation simple du banc d'optique.
- ☞ Noter cette graduation x_2 et évaluer son incertitude Δx_2 .
- ☞ Déplacer l'écran jusqu'à obtenir une image nette. La nouvelle position de l'écran sur l'axe optique est notée A' image de A par le système des deux lentilles



- ☞ Noter la graduation $x_{A'}$ et évaluer son incertitude $\Delta x_{A'}$.
- ☞ Déterminer la distance focale de L_2 : $f'_2 = x_{A'} - x_2$ et estimer son incertitude $\Delta f'_2$.

Etape 2 :

- ☞ Placer la lentille divergente L sur le foyer objet F_2 de la lentille L_2 .
- ☞ Déplacer l'objet A jusqu'à ce qu'il soit à la distance D de l'écran, alors en A'' .



- ☞ Noter la graduation $x_{A''}$ et évaluer l'incertitude $\Delta x_{A''}$.
- ☞ En déduire le déplacement $D = \overline{A'A''}$ de l'image.

Résultats : détermination de la distance focale image de L :

- ☞ 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!