

[TP P11] Focométrie des lentilles convergentes

L'objectif de ce TP est de mesurer la distance focale d'une lentille convergente de différentes manières.

Matériel mis à disposition

Banc d'optique gradué
Source, objet (lettre), écran
Boîte de lentilles

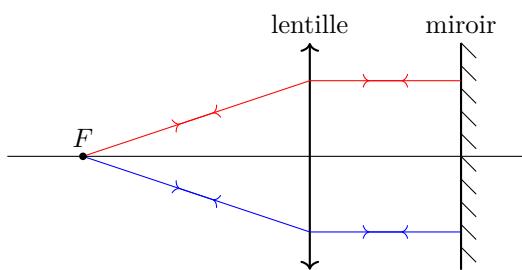
Les lentilles de la boîte de lentilles ont une distance focale précise à 10 % près. Il faut effectuer une mesure pour connaître leur valeur précise. On utilisera une lentille marquée +100.

Partie A. Méthode d'autocollimation

La méthode d'autocollimation permet de déterminer rapidement la distance focale d'une lentille convergente.

Protocole : on place la lentille face à un objet lumineux, puis on ajoute un miroir plan derrière la lentille sur un autre support. On déplace l'ensemble lentille-miroir jusqu'à observer une image nette **dans le même plan que l'objet**, inversée et de même taille exactement que l'objet.

Dans ce cas, l'objet est au foyer objet de la lentille, et par principe du retour inverse, l'image se trouve au même point comme le montre le schéma. La distance focale est alors égale à la distance objet-lentille.



- Placer l'objet-lettre sur un support collé à la lampe. Noter sa position x_o sur l'axe du banc d'optique et évaluer son incertitude-type.
- Mettre en œuvre le protocole de la méthode d'autocollimation. Mesurer l'intervalle sur lequel la lentille donne une image nette. En déduire sa position x_l avec son incertitude-type.
- En déduire la distance focale et calculer son incertitude-type.

Remarque

Cette méthode est aussi utilisée pour **créer un objet à l'infini**. Il suffit pour cela d'enlever le miroir une fois le réglage précédent réalisé.

Partie B. Relation de conjugaison

La relation de conjugaison de Descartes relie les distances algébriques \overline{OA} et $\overline{OA'}$ (avec les notations usuelles) :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

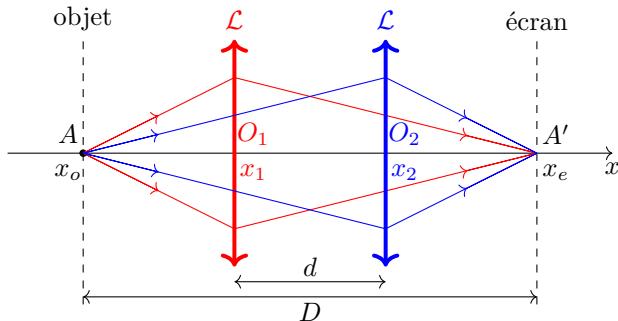
- Placer la lentille à différentes distances de l'objet environ égales à $d_i = \frac{1}{i}$ (d_i en mètre) pour $i \in \llbracket 2, \dots, 8 \rrbracket$. Pour chaque position, déterminer la position de l'image sur un écran et noter les valeurs de \overline{OA} et $\overline{OA'}$ au mm près. On n'évaluera pas leur incertitude. Attention : ne pas oublier les signes des distances algébriques.
- Placer la lentille à 8 cm de l'objet. Peut-on former l'image sur un écran ? Dans ce cas, quelle est la nature de l'image et où se trouve-t-elle ? Comment peut-on tout de même la voir ?
- Tracer dans un tableur-grapheur le graphe de $\overline{OA'}$ en fonction de \overline{OA} . Ces grandeurs semblent-elles liées de façon simple ?
- Tracer le graphe de $y = \frac{1}{\overline{OA'}}$ en fonction de $x = \frac{1}{\overline{OA}}$. Ces grandeurs semblent-elles liées de façon simple ?
- Faites une modélisation. Est-ce en accord avec la relation de conjugaison de Descartes ?
- Calculer dans le tableur la grandeur $z = \frac{1}{y - x}$ pour chaque couple de mesures.
- Que remarque-t-on ? Est-ce cohérent avec la relation de conjugaison de Descartes ?
- En déduire une mesure de la distance focale de la lentille, avec son incertitude-type évaluée avec une méthode de type A. On pourra utiliser les fonctionnalités statistiques du tableur.

Partie C. Méthode de Bessel

C.1) Principe

Lorsque la distance objet-écran $D > 4f'$, il existe deux positions de la lentille qui permettent d'obtenir une image nette de l'objet sur l'écran. Soit d la distance qui les sépare.

Note : il n'y a qu'une seule lentille \mathcal{L} , on représente ici ses deux positions avec des couleurs différentes.



La méthode de Bessel consiste à mesurer D et d et d'en déduire f' grâce à la relation (obtenue en cours) :

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

C.2) Mise en œuvre

- Placer l'écran à une distance D suffisante de l'objet (lettre) afin que $D > 4f'$. Relever sa position x_e sur le banc d'optique et évaluer l'incertitude-type associée.
- Chercher alors les deux positions x_1 et x_2 de la lentille qui permettent d'obtenir une image nette sur l'écran. Déterminer à chaque fois la latitude de mise au point sous forme d'un intervalle $[x_{\min}, x_{\max}]$. En déduire l'incertitude-type sur ces mesures.
- Calculer D et d et en déduire la distance focale f' . On ne cherchera pas ici à déterminer son incertitude-type.

C.3) Exploitation par la méthode de Monte-Carlo

La méthode Monte-Carlo consiste à simuler un grand nombre d'expériences où les valeurs des mesures sont tirées aléatoirement selon une loi de probabilité.

Pour l'expérience précédente, on utilise cette méthode afin d'obtenir une distribution des valeurs de la distance focale de la lentille, et ainsi en déduire sa valeur moyenne et son incertitude-type. On procède la façon suivante :

- pour chacune des grandeurs mesurées (x_o, x_e, x_1, x_2) , on simule un échantillon de N valeurs distribuées selon une loi de probabilité normale d'écart-type l'incertitude-type de chaque grandeur ;
- on calcule la valeur de f' pour chacun des N quadruplets (x_o, x_e, x_1, x_2) simulés à l'aide de la formule littérale : on obtient ainsi N valeurs attribuables à f' ;
- on trace la distribution de ces valeurs et on calcule la moyenne et l'écart-type de cette distribution : ils représentent la valeur de f' et son incertitude-type.

- Se connecter sur <https://capytale2.ac-paris.fr>, et sélectionner l'activité avec le code **0bb0-699956**
- Entrer les valeurs des positions ainsi que leur incertitude-type.
- Exécuter le code et relever la valeur de f' obtenue avec son incertitude-type.