

TP Lentilles minces et mesures de focales

Matériel : banc optique, lentille +200 mm, +100 mm et -300 mm, miroir plan, écran, source de lumière, lettre objet, viseur.
Ce TP est centré sur des méthodes de mesures de la focale f' d'une lentille et la comparaison des précisions obtenues ($\Rightarrow$ voir fiche sur les incertitudes)

I. Formation d'une image avec une lentille mince

Pour avoir une image la plus nette possible, on utilisera la règle du "plus plat le plus près" : la partie la moins bombée de la lentille doit toujours être du côté du dispositif le plus proche entre l'objet et l'écran.

$\rightsquigarrow$ À l'aide du matériel disponible, observer l'image d'un objet sur un écran à l'aide d'une lentille convergente. Attention, une image doit être nette!

$\rightsquigarrow$ Sans utiliser le banc d'optique, essayer de s'éloigner des conditions de Gauss (rayons faiblement inclinés et arrivant près du centre de la lentille), constater l'effet sur l'image.

II. Mesure rapide

Q1 Proposer une méthode rapide pour estimer l'ordre de grandeur de la focale de la lentille convergente dont vous disposez. Cette méthode n'utilisera que la lentille et les néons du plafond. (Rappel : Le point focal image est le lieu de l'image d'un point objet situé à l'infini sur l'axe optique.)

Faire un schéma optique de la situation, décrire ce que vous faites, et donner le résultat de votre mesure avec une incertitude

III. Mesure par autocollimation

On garde la lentille précédente. On souhaite encore déterminer sa longueur focale f' . Un moyen simple est d'utiliser la méthode par autocollimation. On colle pour cela un miroir plan derrière la lentille, et on réalise l'image d'un objet à l'aide du système optique lentille + miroir.

On montre alors (voir TD) que lorsque l'objet est dans le plan focal objet de la lentille, alors son image est dans le même plan que l'objet, indépendamment de la distance entre miroir et lentille. La distance objet-lentille est alors égale à la distance focale de la lentille (puisque l'objet est dans son plan focal objet).

Q2 Déterminer expérimentalement la focale de la lentille utilisée, ainsi que l'incertitude sur la mesure. On expliquera comment on procède, et d'où provient l'incertitude.

IV. Focométrie par vérification de la relation de conjugaison

Cette méthode consiste à vérifier la relation de conjugaison (1) $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$, qui fournit

$$f' = \frac{\overline{OA} \cdot \overline{OA'}}{\overline{OA} - \overline{OA'}} \quad (2)$$

1. Mesure unique

$\rightsquigarrow$ Pour une lentille convergente, mesurer une position d'image d'un objet à distance fixée. En déduire une valeur de f' .

$\rightsquigarrow$ Estimer la précision des mesures des trois positions O, A et A' (attention à bien considérer la plage de netteté pour la mesure de la position de l'image).

Réécrire la formule (2) en faisant apparaître les positions de chaque point x_O , x_A et $x_{A'}$.

↪ Réaliser une simulation Monte Carlo : adapter le programme sur Cahier de Prépa (00-informatique/montecarlo.py)

Q3 En déduire une mesure de f' et l'incertitude associée

2. Mesures multiples

↪ Reproduire au moins 9 autres mesures de positions image/objet et en déduire autant de valeur de f' .

↪ À l'aide d'un traitement statistique (calculatrice ou python), estimer l'incertitude-type de la mesure unique.

Q4 À l'aide de cette incertitude-type, en déduire une valeur moyenne de f' ainsi que son incertitude-type correspondante.

Q5 Cette mesure est-elle cohérente avec celle menée au paragraphe précédent ?

3. Tracé d'un graphe

Q6 Quel graphe tracer pour vérifier par une régression linéaire la relation de conjugaison (1) ? A quoi correspondent la pente et l'ordonnée à l'origine de la modélisation ?

↪ Le faire (python + IA ou Regressi) en introduisant les incertitudes dans les valeurs mesurées.

Tracé rapide d'une modélisation avec Regressi

- ① Initialisation : Fichier > Nouveau > Clavier. Compléter uniquement symboles puis OK
- ② Réglages : Options > Utilisation des incertitudes (χ^2), onglet Graphiques, cocher Tracé des incertitudes
- ③ Grandeurs > Remplir le tableau de valeurs avec les incertitudes (faire apparaître les colonnes incertitudes en cliquant sur la touche $u(x)$) (si identiques, double-clic sur la colonne incertitudes et remplir la case incertitude-type)
- ④ Graphe > Modélisation. Choisir le modèle adapté, puis Ajuster. Vérifier la validité (la courbe passe-t-elle par les ellipses d'erreur ?)

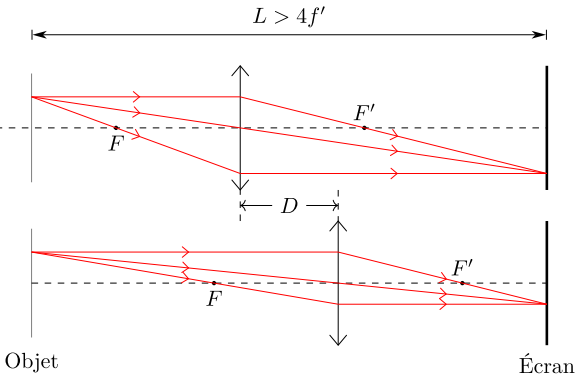
Q7 Discuter de la validité de la modélisation et donner la valeur de f' donnée par cette méthode avec l'incertitude associée.

V. Autre méthode : méthode de Bessel

Dans cette méthode, on place l'objet à une distance fixe D de l'écran, et c'est la lentille que l'on déplace. On peut montrer que si $D > 4f'$, il existe deux positions de la lentille pour lesquelles on obtient une image nette sur l'écran. Ces deux positions sont séparées par une distance d qui vérifie (cf TD) :

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

Si $D < 4f'$, on ne peut pas obtenir une image nette sur l'écran.



Q8 Commencer par mesurer d et D , leurs incertitudes, puis en déduire la focale et son incertitude.

• Cas particulier, méthode de Silbermann :

Si $L = 4f'$, il n'existe alors qu'une seule position de la lentille qui conjugue l'écran et l'objet.

Q9 Déplacer écran et lentille de façon à ce qu'il ne soit plus possible de distinguer deux positions distinctes conjuguant l'objet et l'écran. Pour affiner le résultat, bouger à nouveau l'écran et la lentille afin que la plage de netteté à l'écran soit la plus restreinte possible. La mesure de L permet alors d'obtenir la focale.

VI. Conclusion

Q10 Comparer (classer ?) très succinctement les méthodes proposées (précision, praticité,...)

VII. Cas d'une lentille divergente

S'il reste du temps....

Q11 Utiliser une ou plusieurs des méthodes ci-dessus pour mesurer la distance focale d'une lentille divergente.

Indication : lorsqu'on accole deux lentilles, on obtient une lentille équivalente dont la vergence vaut la somme des deux précédentes.