

Détermination de focales de lentilles

Au programme



Savoir-faire

- ◇ Former une image.
- ◇ Éclairer un objet de manière adaptée.
- ◇ Modéliser expérimentalement à l'aide de plusieurs lentilles un dispositif optique d'utilisation courante.
- ◇ Optimiser la qualité d'une image (alignement, limitation des aberrations).
- ◇ Estimer une valeur approchée d'une distance focale.



I Objectifs

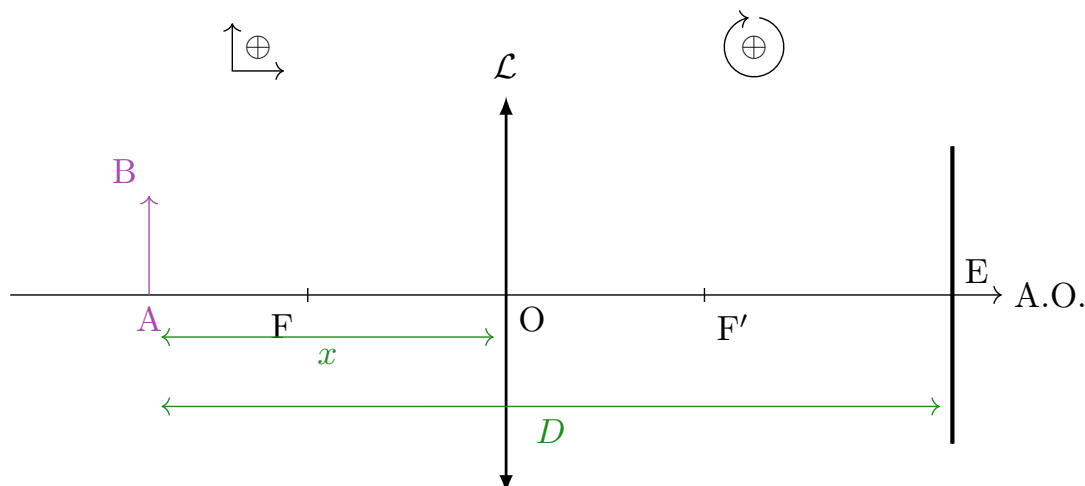
- ◇ Réaliser des alignements sur un banc optique ;
- ◇ Reconnaître rapidement une lentille convergente et une lentille divergente ;
- ◇ Déterminer une distance focale par différentes méthodes.

II S'approprier

Trois méthodes sont possibles pour la détermination expérimentale de la distance focale d'une lentille convergente.

A Méthode de BESSEL

La méthode de BESSEL utilise le montage ci-dessous où D , la distance objet-écran, est fixée, avec $D > 4f'$.



La méthode de BESSEL pour déterminer la distance focale f' consiste donc à imposer une distance D entre un objet et un écran et à rechercher les deux positions de la lentille \mathcal{L} qui donnent une image nette de l'objet sur l'écran E . En mesurant les deux distances D et d (distance entre les deux positions de la lentille pour lesquelles on obtient une image nette), on peut calculer la valeur de la distance focale image f' de la lentille.

B Méthode de SILBERMANN

La méthode de Silbermann est le cas particulier de la méthode de BESSEL pour lequel $D = 4f'$.

C Utilisation de la relation de conjugaison

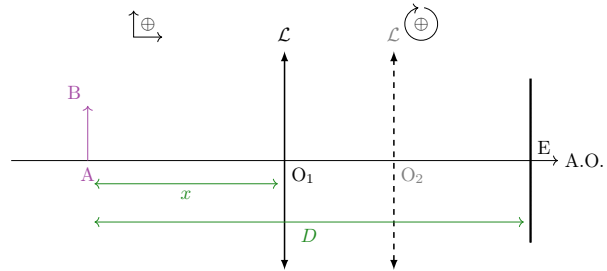
Cette méthode consiste à utiliser une régression linéaire permettant de vérifier la relation de conjugaison :

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

III Analyser

A Méthode de BESSEL

À l'aide d'une lentille mince convergente \mathcal{L} de distance focale image f' , on veut former l'image d'un objet réel sur un écran situé à une distance D de l'objet. En déplaçant la lentille, on trouve une ou deux positions O_1 et O_2 qui donnent une image nette sur l'écran (cf. figure ci-contre).



- ① Déterminer dans ce cas, les deux expressions des positions correspondantes de la lentille notées $x_1 = \overline{O_1A}$ et $x_2 = \overline{O_2A}$ en fonction de D et f' et vérifier que celles-ci n'existent que si $D > 4f'$.
- ② Exprimer $d = \overline{O_1O_2}$, puis montrer qu'alors

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$
- ③ À l'aide du TP00 - mesures et incertitudes, déterminer analytiquement l'expression de l'incertitude-type sur f' en fonction de d , D , $u(d)$ et $u(D)$. Il faut pour cela déterminer l'incertitude d'une fraction avec IV/A), l'incertitude sur $d^2/4D$ avec IV/B) produit de puissances, et enfin l'incertitude sur f' avec IV/B) somme ou différence.
- ④ Déterminer un protocole expérimental permettant la mesure d'une distance focale par cette méthode.

B Méthode de SILBERMANN

- ⑤ Montrer qu'il existe un cas particulier intéressant où $x_1 = x_2$.
- ⑥ En déduire la nouvelle expression de f' dans ce cas.
- ⑦ Déterminer un protocole expérimental permettant d'utiliser cette deuxième méthode.

C Méthode utilisant la relation de conjugaison

- ⑧ Déterminer un protocole expérimental permettant d'utiliser cette troisième méthode. Vous l'expliciterez clairement et me le proposerez avant mise en application.

IV Réaliser

A Matériel disponible

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ◇ Lentilles convergentes et divergentes (en dioptries, δ) : -10 ; -3 ; -2 ; -1 ; 1 ; 2 ; 3 ; 8 ; 10. ◇ Lampe spectrale et écran dépoli ◇ Banc d'optique et supports | <ul style="list-style-type: none"> ◇ Support magnétique constitué des lettres F et de la mini-règle ◇ Écran ◇ Réglet |
|---|--|

B Reconnaissance rapide convergente ou divergente

Attention

Afin de se protéger de la lumière émise par la lampe, insérer un écran dépoli entre la lampe et l'objet.

Avec les lentilles disponibles, vérifier expérimentalement les critères suivants après les avoir expliqués de manière théorique à l'aide de tracés de rayons :

- 1) **Observation directe** : Les lentilles convergentes sont des lentilles à bords minces, les lentilles divergentes sont à bords épais.
- 2) **Effet loupe** : Une lentille convergente donne d'un objet placé à faible distance une image virtuelle, droite et agrandie.
- 3) **Effet anti-loupe** : Une lentille divergente donne d'un objet réel proche ou éloigné une image virtuelle, droite et réduite.
- 4) **Déplacement transversal** : Lorsqu'on déplace transversalement une lentille convergente devant un objet placé à faible distance, son image se déplace dans le sens inverse de celui de la lentille. Dans le cas d'une lentille divergente, le sens du déplacement est identique.

C Projection sur un écran avec une lentille convergente

- 1) Réaliser un alignement sur le banc d'optique permettant de projeter l'image d'un objet sur un écran à l'aide d'une lentille convergente.
- 2) Pour une position de la lentille donnée, déterminer le grandissement $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ et vérifier la relation :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

en mesurant $\overline{OA'}$ et \overline{OA} à l'aide d'un réglet.

D Mesure précise de la distance focale d'une lentille convergente

- 9 Mettre en œuvre les trois méthodes proposées dans les parties Analyser et S'approprier pour déterminer la distance focale de la lentille convergente notée (+10). Vous noterez les valeurs expérimentales, calculs et résultats sur le *notebook Capytale* correspondant¹ et les résultats sur vos copies.
- 10 Comparer alors les résultats obtenus par les différentes méthodes. Vous calculerez dans chaque cas l'écart relatif par rapport à la valeur théorique. Conclure.

V Valider et conclure

- 11 Déterminer l'incertitude-type sur la détermination de la distance focale f' obtenue pour chaque méthode.

Pour la méthode de BESSEL, on évaluera dans un premier temps l'incertitude de type B sur la détermination de D et d (avec incertitude composée de type différence) puis on calculera l'incertitude-type sur f' dont l'expression a été trouvée dans la partie Analyser. Faire de même avec une simulation MONTE-CARLO.

Pour la méthode de SILBERMANN, on évalue l'incertitude sur f' directement par le calcul à partir de la mesure de D .

Pour la régression linéaire, il faut estimer les incertitudes sur les composantes X et Y de la régression par l'incertitude composée de type inverse, effectuer une simulation de MONTE-CARLO pour avoir l'incertitude sur l'ordonnée à l'origine et trouver l'incertitude sur f' par la composition des incertitudes avec une fonction inverse.

- 12 Calculer alors les écarts normalisés. Conclure.

1. <https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/1228-1802331>