

Détermination de focales de lentilles

✂ Capacités exigibles

- ◇ 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'appropriier

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

II/A Méthode de BESSEL

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

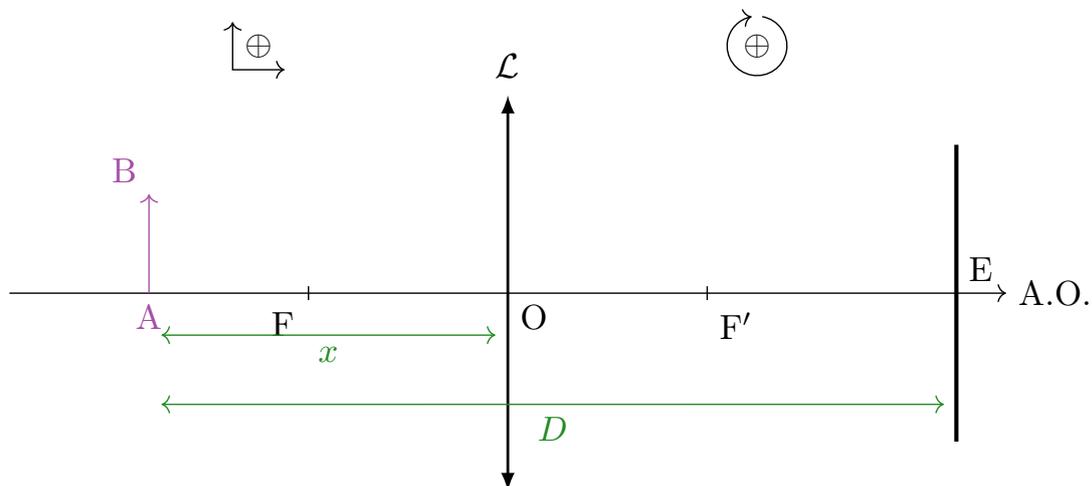


FIGURE TP1.1 – Situation de la méthode de BESSEL.

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.

II/B Méthode de SILBERMANN

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

II/C Utilisation de la relation de conjugaison

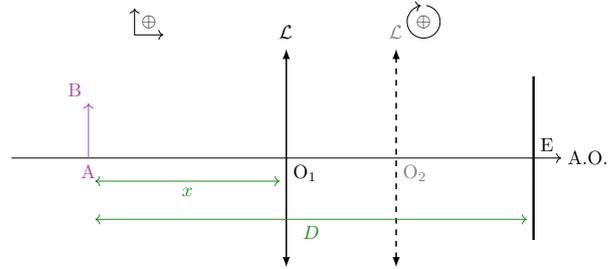
Cette méthode consiste à utiliser une régression linéaire permettant de vérifier la relation de conjugaison :

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

III Analyser

III/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 chapitre N2 – 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 II/C)1-, l'incertitude sur $d^2/4D$ avec II/C)2- produit de puissances, et enfin l'incertitude sur f' avec II/C)2- somme ou différence.
- ④ Déterminer un protocole expérimental permettant la mesure d'une distance focale par cette méthode.

III/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.

III/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

IV/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 |
|---|--|

IV/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.

- 1 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 grande 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.

IV/C Projection sur un écran avec une lentille convergente

Expérience TP1.1 : Projection

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.

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

- 3 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 disponible à l'adresse <https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/1228-1802331> et les résultats sur vos copies.
- 4 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

- 5 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.
- 6 Calculer alors les écarts normalisés. Conclure.