

Focométrie

Ce qu'il faut savoir sur...

La focométrie est l'ensemble des méthodes permettant de déterminer expérimentalement la distance focale d'une lentille.

1 la méthode de Bessel

* Un objet et un écran sont placés à une distance fixe D l'un de l'autre. On déplace la lentille dont on veut déterminer la distance focale entre objet et lentille dans le but d'obtenir sur l'écran une image nette de l'objet.

On constate qu'il existe deux positions de la lentille permettant d'obtenir ce résultat (fig. 1).

* Si on note d la distance entre les deux positions de la lentille permettant d'avoir une image nette sur l'écran et D la distance objet-écran, l'utilisation des relations de conjugaison permet de démontrer que la distance focale $f' = \overline{OF'}$ de la lentille est donnée par la relation :

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

Cette méthode ne peut être appliquée que si $D \geq 4 f'$.

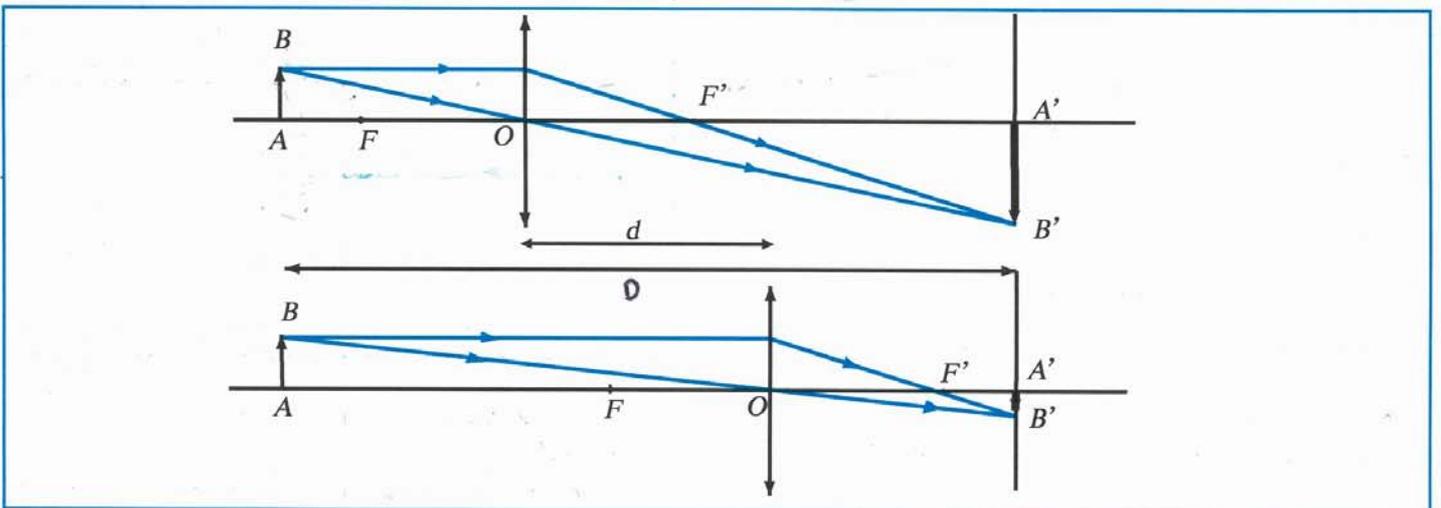


Fig. 1. Principe de la méthode de Bessel.

2 la méthode de Silbermann

* Elle consiste à obtenir sur l'écran une image réelle, renversée et de même dimension que l'objet. C'est un cas particulier de la méthode de Bessel pour lequel $d = 0$ (fig. 2).

* L'objet AB et l'image $A'B'$ sont alors symétriques par rapport au centre optique de la lentille. On montre, en utilisant les formules de conjugaison, que :

$$D = AA' = 4f', \quad \text{d'où } f' = \frac{D}{4}$$

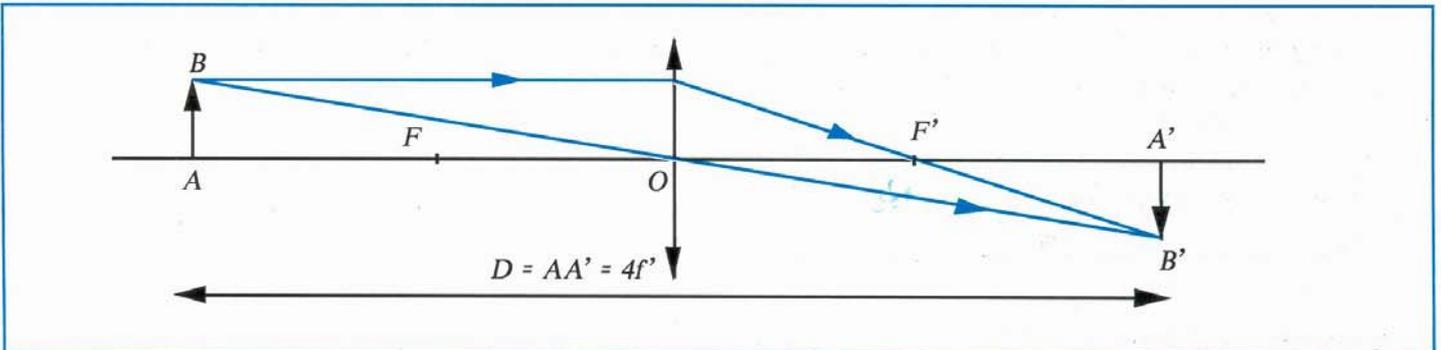


Fig. 2. La distance entre objet et image est égale à 4 fois la distance focale.

3 la méthode des lentilles accolées

Les deux méthodes précédentes ne s'appliquant qu'aux lentilles convergentes, nous présentons ici une méthode pour déterminer la distance focale d'une lentille divergente.

* On accole à la lentille L_1 divergente à étudier (fig. 3), une lentille convergente L_2 de façon à ce que l'ensemble soit convergent.

* La vergence de l'ensemble est $C = C_1 + C_2$, si C_1 et C_2 désignent respectivement les vergences de la lentille convergente et de la lentille divergente, donc $\frac{1}{f'} = \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2}$.

On en déduit :

$$f'_2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{f'} - \frac{1}{f'_1}\right)}$$

Le résultat trouvé est évidemment négatif.

* On détermine f' par l'une des méthodes (Bessel ou Silbermann), et on calcule f'_2 à l'aide de la formule précédente, f'_1 étant connu.

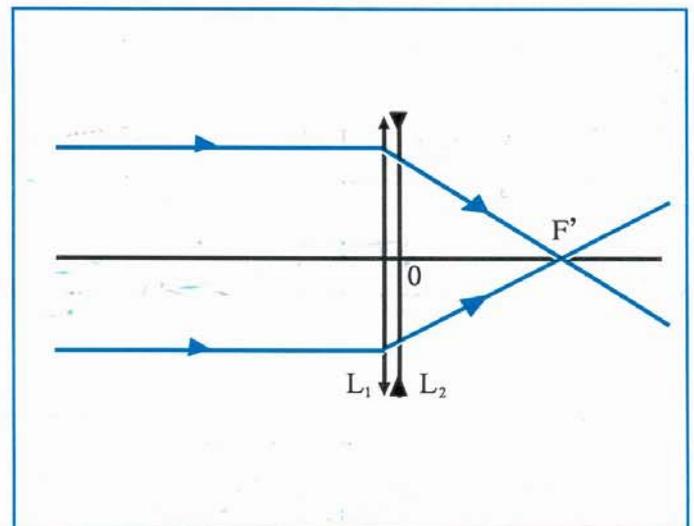


Fig. 3. L_1 (lentille convergente) est accolée à L_2 (lentille divergente) $f' = \overline{OF'}$.

On détermine expérimentalement f' et on déduit f'_2 par le calcul.

Tests

Vérifiez vos connaissances sur...

1 la schématisation de la méthode de Silbermann

Faites à l'échelle 1/5 le schéma du montage correspondant à la méthode de Silbermann appliquée à une lentille convergente de 20 cm de distance focale. L'objet AB utilisé mesure 5 cm de hauteur. Quelle est la valeur numérique du grandissement ?

2 l'exploitation de la méthode de Silbermann

On utilise la méthode de Silbermann pour déterminer la distance focale f' d'une lentille mince convergente :

- si la distance objet-image est égale à 80 cm, quelle est la valeur de f' ?
- Si $f' = 15$ cm, quelle est la distance qui sépare l'objet AB de son image A'B' ?
- Si la taille de l'objet est de 1 cm, quelle est la taille de l'image ? Quel est son sens ?

3 la validité de la méthode de Bessel

La méthode de Bessel est-elle applicable pour :

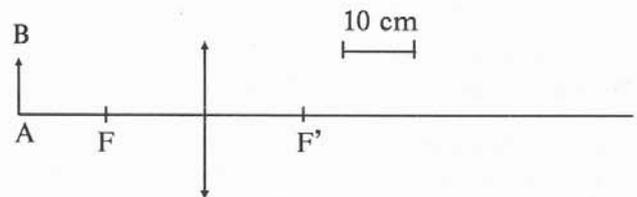
- $D = 1$ m et $f' = 50$ cm
- $D = 80$ cm et $f' = 10$ cm
- $D = 40$ cm et $f' = 10$ cm.
- une lentille divergente.

Si la réponse est non, précisez pour quelle raison la méthode de Bessel ne peut s'appliquer à ce cas.

4 l'exploitation de la méthode de Bessel

On utilise la méthode de Bessel pour déterminer la distance focale d'une lentille convergente. La distance objet-écran est $D = 1,2$ m et la distance qui sépare les deux positions de la lentille donnant une image nette est $d = 69,3$ cm. Calculez la distance focale f' de la lentille utilisée.

5 la schématisation de la méthode de Bessel



- Trouvez en utilisant le schéma précédent que vous complétez, la position de l'écran pour laquelle l'image A'B' obtenue sera nette.
- Vérifiez que si la lentille occupe alors une position symétrique de la précédente par rapport au milieu du segment [AA'], l'image obtenue se forme encore sur l'écran.

6 l'exploitation de la méthode des lentilles accolées

- Expliquez dans quel cas on ne peut utiliser ni la méthode de Silbermann ni celle de Bessel.
- On accole à une lentille convergente, de vergence 10δ , une lentille divergente de vergence inconnue. On utilise la méthode de Silbermann et on trouve que l'image a la même taille que l'objet pour une distance objet-écran de 50 cm. Déterminez la vergence puis la distance focale de la lentille testée.

7 la validité de la méthode des lentilles accolées

Peut-on utiliser la méthode des lentilles accolées dans les cas suivants :

- On accole une lentille de 10δ et une de 2δ .
- On accole une lentille de 10δ et une de -8δ .
- On accole une lentille de 10δ et une de -12δ .

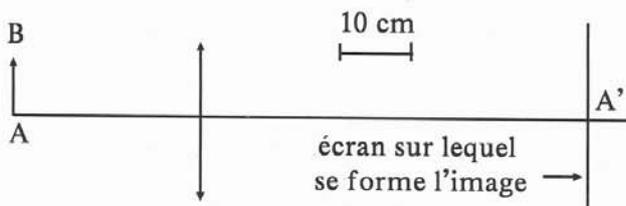
Exercices

Appliquez vos connaissances

8 Précision de la mesure de la distance focale

On utilise la méthode de Silbermann pour déterminer la distance focale d'une lentille convergente. La distance écran-objet est comprise entre 79,8 cm et 80,1 cm. Entre quelles limites est comprise la valeur de la distance focale de la lentille ? Quelle est l'incertitude sur la mesure de f' ?

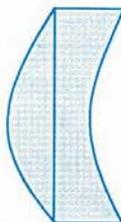
9 Méthode de Bessel



- Sur le schéma précédent, déterminez graphiquement la distance focale de la lentille et l'image $A'_1B'_1$ de AB .
- Placez sur le schéma la deuxième position de la lentille symétrique de la première par rapport au milieu $[AA']$.
- Dessinez la nouvelle image $A'_2B'_2$ obtenue sur l'écran.
- Déterminez le grandissement dans les deux cas.

10 Méthode des lentilles accolées

On accole deux lentilles comportant chacune une face plane suivant le schéma ci-contre. Le rayon de courbure de la première face de l'ensemble est égal à 0,1 m.



- Calculez la vergence de la lentille convergente.

On rappelle que $C = (n - 1) (1/R_1 - 1/R_2)$;
 $n = 1,5 =$ indice du verre constituant les lentilles.

- On applique la méthode de Bessel à l'ensemble des deux lentilles. On trouve $D = 2$ m et $d = 10$ cm. Déterminez la vergence de l'ensemble puis celle de la lentille divergente. Calculez sa distance focale.

11 Exercice résolu

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

On utilise la méthode de Bessel pour déterminer la distance focale f' d'une lentille.

- En posant $OA = x$ et $OA' = x'$, écrivez la relation de conjugaison des lentilles minces. Quelle autre relation lie x et x' ?

- En utilisant les deux relations précédentes, écrivez l'équation du second degré vérifiée par x en fonction de D et f' .

Exprimez le discriminant de cette équation. Quelle relation doivent vérifier D et f' pour que l'équation ait deux solutions ?

- Donnez l'expression des deux racines de l'équation soit x_1 et x_2 , puis celle de $d = x_1 - x_2$ et de d_2 .

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

Solution

$$1) -1/x + 1/x' = 1/f' \quad -x + x' = D \Rightarrow x' = D + x.$$

$$2) -1/x + \frac{1}{(D+x)} = 1/f' \Rightarrow x^2 + Dx + Df' = 0$$

$$\Delta = D^2 - 4Df'$$

Δ est positif si $D^2 > 4Df'$, soit $D > 4f'$.

Alors l'équation a deux solutions x_1 et x_2 .

$$3) x_1 = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4Df'}}{2} \quad x_2 = \frac{-D - \sqrt{D^2 - 4Df'}}{2}$$

$$d = \sqrt{D^2 - 4Df'} \quad d^2 = D^2 - 4Df'$$

$$D^2 - d^2 = 4Df' \quad \text{et} \quad \frac{D^2 - d^2}{4D} = f'.$$