

Approfondissement

Lentilles minces convergentes et modèle de l'œil

Mesures et incertitudes, deux fois Thalès, projection, œil et Lune, deux lentilles

5 exercices · niveau ●●● · durée conseillée : 2 h · calculatrice, règle et crayon

★ À RETENIR — Pour aller plus loin

- Traiter une série de mesures de distance focale : moyenne, dispersion, incertitude-type, écriture et comparaison du résultat.
- Utiliser deux fois le théorème de Thalès sur une construction, régler une projection, exploiter le modèle de l'œil réduit pour des objets astronomiques et construire l'image donnée par deux lentilles successives.

Exercice 1 Une distance focale et son incertitude



Huit binômes mesurent la distance focale d'une même lentille convergente par la méthode de l'objet éloigné : ils visent un clocher situé à 600 m et relèvent la distance entre la lentille et l'écran donnant l'image la plus nette. Ils obtiennent, en centimètres : 20,4 ; 19,8 ; 20,1 ; 19,7 ; 20,3 ; 20,0 ; 19,9 ; 19,8.

- 1.1 Pourquoi l'image du clocher se forme-t-elle pratiquement au foyer image de la lentille ? En visant un objet situé à 2 m seulement, la distance mesurée serait-elle plus petite ou plus grande que f' ?
- 1.2 Calculer la valeur moyenne $\overline{f'}$ de la série.
- 1.3 À la calculatrice, déterminer l'écart-type expérimental s de la série (noté s_x ou σ_{n-1} selon les modèles ; arrondi au centième de centimètre). Que traduit cette grandeur ?
- 1.4 L'incertitude-type sur la moyenne se calcule par $u(\overline{f'}) = \frac{s}{\sqrt{n}}$, où n est le nombre de mesures. La calculer, puis écrire le résultat de la mesure sous la forme $f' = \overline{f'} \pm u(\overline{f'})$, avec un nombre de chiffres cohérent.
- 1.5 Le fabricant indique $f' = 20,0$ cm. Le résultat de la classe est-il compatible avec cette valeur de référence ? Justifier.
- 1.6 Un binôme propose de ne garder que la mesure la plus proche de 20,0 cm « pour être plus précis ». Que penser de cette démarche ?

Exercice 2 Le théorème de Thalès, deux fois



On place un objet AB devant une lentille convergente de centre O, de foyers F et F', avec $OF' = f'$. L'image A'B' est réelle. On note I le point de la lentille où arrive le rayon issu de B et parallèle à l'axe optique ; ce rayon ressort en passant par F', puis par B'.

- 2.1 Faire une figure soignée (sans échelle imposée) et y placer les points A, B, O, F, F', I, A' et B'. Justifier que $OI = AB$.
- 2.2 Les segments [OI] et [A'B'] sont perpendiculaires à l'axe optique : que peut-on en dire ? En appliquant le théorème de Thalès dans les triangles F'OI et F'A'B', montrer que

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA' - f'}{f'}.$$

- 2.3 Une lentille de distance focale $f' = 4,0$ cm donne d'un objet une image nette sur un écran placé à $OA' = 12,0$ cm. Calculer le grandissement γ à l'aide de la relation précédente, puis en déduire la distance OA.
- 2.4 En déduire une méthode permettant de mesurer la distance focale d'une lentille à partir des seules mesures de OA' et du grandissement. Détailler le protocole en trois étapes.

Exercice 3 Régler un projecteur



Un projecteur doit former, sur un écran, l'image d'une diapositive de 3,6 cm de large agrandie 20 fois. Son objectif a pour distance focale $f' = 10,0$ cm. On utilise la relation démontrée à l'exercice 2.

- 3.1 Quelle sera la largeur de l'image projetée sur l'écran ?
- 3.2 Montrer que la distance objectif-écran vaut $OA' = f'(1 + \gamma)$, puis la calculer en mètres.
- 3.3 En déduire la distance OA entre la diapositive et l'objectif. Commenter sa valeur par rapport à f' .
- 3.4 La salle ne permet de reculer l'écran qu'à 1,65 m de l'objectif. Quel grandissement obtient-on alors ? Quelle largeur d'image ? Faut-il rapprocher ou éloigner la diapositive de l'objectif ?

Exercice 4 La Lune au fond de l'œil



On modélise l'œil par une lentille convergente (le cristallin) et un écran (la rétine) placé à 17 mm derrière elle. La Lune a un diamètre de 3 474 km et se trouve à $3,844 \times 10^5$ km de la Terre ; le Soleil a un diamètre de $1,39 \times 10^6$ km et se trouve à $1,50 \times 10^8$ km.

- 4.1 Calculer le grandissement γ pour l'observation de la Lune à l'œil nu, puis le diamètre de son image sur la rétine. Exprimer le résultat en millimètres.
- 4.2 Une pièce de monnaie de 2,0 cm de diamètre est tenue à bout de bras, à 60 cm de l'œil. Calculer le diamètre de son image sur la rétine et comparer à celle de la Lune.
- 4.3 À quelle distance de l'œil faut-il tenir cette pièce pour qu'elle cache exactement la Lune ? Justifier par le calcul.
- 4.4 Calculer, pour la Lune puis pour le Soleil, le rapport (diamètre)/(distance à la Terre). Que constate-t-on ? Quel phénomène spectaculaire ce résultat rend-il possible ?

Exercice 5 Deux lentilles à la suite (hors programme — pour aller plus loin)



Deux lentilles convergentes L_1 et L_2 , de même distance focale $f' = 2,0$ cm, sont alignées sur un même axe optique, leurs centres O_1 et O_2 distants de 9,0 cm. Un objet AB de hauteur 1,0 cm est placé à 3,0 cm devant L_1 (figure 1 ; un carreau représente 1,0 cm). L'image A_1B_1 donnée par L_1 sert d'objet pour L_2 .

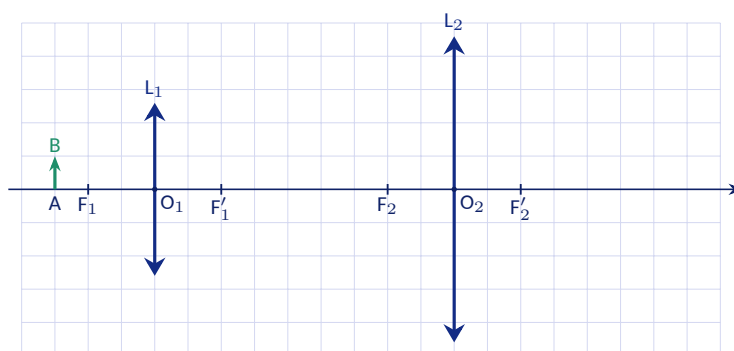


Figure 1 — Deux lentilles convergentes sur le même axe (1 carreau pour 1,0 cm)

- 5.1 Reproduire la figure et construire l'image A_1B_1 de AB donnée par L_1 seule. Lire O_1A_1 et A_1B_1 , puis calculer le grandissement γ_1 .
- 5.2 A_1B_1 se trouve-t-il avant ou après L_2 ? Justifier qu'il peut alors jouer le rôle d'objet pour L_2 .
- 5.3 Construire l'image finale A_2B_2 donnée par L_2 . Lire O_2A_2 et A_2B_2 , puis calculer le grandissement γ_2 .
- 5.4 Calculer le grandissement total $\gamma = A_2B_2/AB$ et le comparer au produit $\gamma_1 \times \gamma_2$. L'image finale est-elle droite ou renversée par rapport à l'objet de départ ?