TP1 – Focométrie (correction)

Ce TP sera corrigé par les pairs : chaque étudiant récupère le compte-rendu d'un autre, l'annote et donne une appréciation sur chacun des quatre aspects présents dans la grille. Chaque étudiant aura donc le CR d'un autre à corriger et annoter : faites preuve de la même **bienveillance** et de la même attention dont vous souhaiteriez bénéficier.

La correction porte sur les quatre points du tableau situé à la fin du compte-rendu. L'appréciation prendra la forme d'une lettre entre A (bonne maitrise) et D (insuffisant).

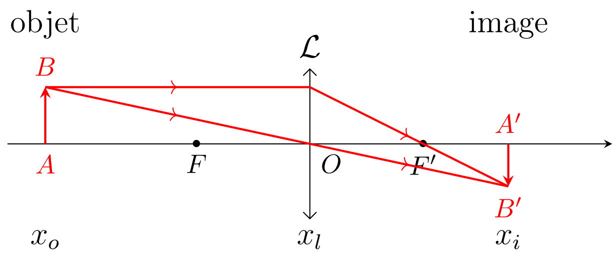
Proposition de correction pour la question 7

7. On souhaite mesurer la distance focale f' d'une lentille en utilisant la relation de conjugaison de Descartes $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$. Pour cela, on va former avec la lentille, sur un écran, l'image nette d'un objet et mesurer les distances $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ pour en déduire f'.

Matériel

- banc optique ;
- objet rétroéclairé ;
- écran ;
- monture de lentille ;
- lentille.

Schéma

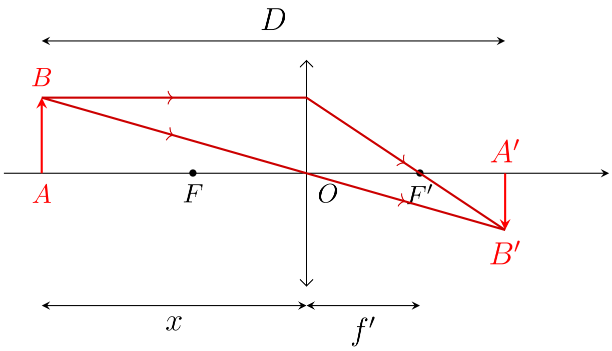


Protocole

1. Former une image nette de l'objet sur l'écran.
2. Relever la position de l'objet x_o, de la lentille x_l et de l'écran x_e.
3. Calculer $\overline{OA} = -(x_l - x_o)$ et $\overline{OA'} = x_e - x_l$, ainsi que leurs incertitudes.
4. Calculer $f' = \frac{\overline{OA} \times \overline{OA'}}{\overline{OA} - \overline{OA'}}$, ainsi que son incertitude.
5. Conclure.

Préparation

1. On forme l'image réelle d'un objet réel sur un écran à l'aide d'une lentille de distance focale f'. La distance entre l'objet et l'écran est fixe, on cherche la ou les positions de la lentille qui permettent d'obtenir une image nette sur l'écran.



Sur le schéma, on voit que $\overline{OA} = -x$ et $\overline{OA'} = D - x$. Avec ces notations, la relation de conjugaison de Descartes $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ devient :

$$\frac{1}{D-x} - \frac{1}{-x} = \frac{1}{f'}.$$

On en déduit :

$$\frac{1}{f'} = \frac{x}{x(D-x)} + \frac{D-x}{x(D-x)} = \frac{D}{x(D-x)},$$

d'où :

$$f' = \frac{x(D-x)}{D}, \quad \text{soit} \quad Df' = xD - x^2, \quad \text{ou encore} \quad x^2 - xD + Df' = 0.$$

On cherche les valeurs de x qui vérifient cette relation.
Le discriminant $\Delta = D^2 - 4Df' = D(D - 4f')$ est du même signe que $D - 4f'$ $(D > 0)$.
Plusieurs cas sont alors possibles :

- $\Delta > 0$, c'est-à-dire $D > 4f'$: il existe deux positions de la lentille qui permettent d'obtenir une image nette sur l'écran, telles que :

$$x_{\pm} = \frac{D \pm \sqrt{D(D-4f')}}{2}.$$

- $\Delta = 0$, c'est-à-dire $D = 4f'$: il existe une position qui permet d'obtenir une image nette, telle que :

$$x = \frac{D}{2}.$$

- $\Delta < 0$, c'est-à-dire $D < 4f'$: il n'est pas possible de placer la lentille de manière à obtenir une image nette sur l'écran.

On retrouve donc bien que **la distance D séparant un objet réel de son image réelle ne peut être inférieure à $4f'$.**

10. On forme l'image A_2B_2 d'un objet AB par deux lentilles $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$ de focale f'_1 et f'_2. On appelle A_1B_1 l'image intermédiaire :

$$AB \xrightarrow{\mathcal{L}_1} A_1B_1 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} A_2B_2.$$

Par ailleurs on suppose que les lentilles sont suffisamment proches pour qu'on puisse considérer que leurs centres optiques sont confondus : $O_1 = O_2 = O$. Pour ces deux lentilles, les relations de conjugaisons de Descartes s'écrivent :

$$\frac{1}{\overline{OA_1}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f_1'} \quad \text{et} \quad \frac{1}{\overline{OA_2}} - \frac{1}{\overline{OA_1}} = \frac{1}{f_2'}.$$

En additionnant terme à terme ces relations, on obtient :

$$\frac{1}{\overline{OA_1}} - \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OA_2}} - \frac{1}{\overline{OA_1}} = \frac{1}{f_1'} + \frac{1}{f'2}, \quad \text{c'est-à-dire} \quad \frac{1}{\overline{OA_2}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f_1'} + \frac{1}{f'2}.$$

Cette relation prend la forme d'une nouvelle relation de conjugaison : tout se passe comme si A_2B_2 était l'image de AB formée par une lentille dont la focale f' vérifie $\frac{1}{f'} = \frac{1}{f_1'} + \frac{1}{f_2'}$. L'inverse de la distance focale correspond à la vergence d'où :

$$V = V_1 + V_2,$$

où $V = 1/f'$, $V_2 = 1/f_2'$ et $V_2 = 1/f_2'$.

Pour trouver la vergence équivalente à une succession de plusieurs lentilles rapprochées, il suffit d'additionner les vergences des lentilles.