TP n°10 Optique géométrique 1: Focométrie élémentaire

Objectifs: mettre en œuvre des protocoles simples de détermination de distances focales de lentilles.

Formulaire:

- relation de conjugaison de Descartes:

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

- relation de conjugaison de Newton:

$$\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2$$

1 Méthode d'autocollimation

On considère un objet AB éclairé par une lanterne dont le faisceau converge sur une lentille L. On place derrière L un miroir plan M. On déplace l'ensemble lentille L + miroir M .

- Montrer que si l'image finale $A'B'$ se forme dans le même plan que l'objet AB, l'objet est situé dans le plan focal objet de la lentille.
- Comment peut-on alors accéder expérimentalement à la distance focale f' ?

Pour déterminer la distance focale f',

- déplacer l'ensemble lentille + miroir jusqu'à observer une image nette $A'B'$ dans le même plan que AB.
- en déduire f' et $\Delta f'$.

Si on enlève le miroir plan M, on a réalisé un collimateur : l'image de l'objet AB est rejetée à l'infini. On peut le vérifier (et ainsi juger la qualité du collimateur réalisé) en utilisant une lunette de visée à l'infini :

$$AB \in \text{ pfo de L } \xrightarrow{L} \infty \xrightarrow{\text{Lunette}} \infty$$

L'image est donc superposée à celle du réticule : l'observation à l'observation se fait sans accommodation.

2 Avec un collimateur

On utilise un collimateur qui permet de simuler un objet à l'infini. L'image de l'objet du collimateur par une lentille convergente L se trouve donc dans le plan focal image de la lentille (pfi):

$$AB \xrightarrow{L} \infty \xrightarrow{L} A'B' \in pfi$$

Pour déterminer la distance focale f':

- régler le collimateur à l'aide de la lunette de visée à l'infini.
- placer la lentille L et observer la position de l'image.
- placer la lentille L et observer la position de l'image.
- en déduire f' ainsi que $\Delta f'$.

3 A l'aide de la relation de de conjugaison de Descartes

Pour mesurer f', on se propose de mesurer la position par rapport au centre O de la lentille de différents couples de points conjugués $(A;A')$.
Afin d'améliorer la précision des mesures, on essaiera de balayer la plus grande plage de valeurs possibles pour $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ et on utilisera un viseur à frontale fixe.

Attention : si l'on utilise un viseur à frontale fixe, tout le banc optique n'est pas accessible aux mesures (figure 1).

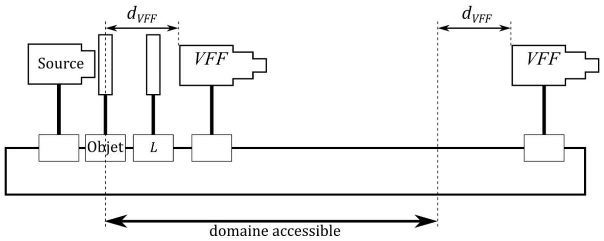

Figure 1: Domaine de mesures accessibles par le VFF

3.1 Objets réel et virtuel

Pour vérifier complètement la formule de conjugaison de Descartes, les points objets devront être réels et virtuels.

- **Objet réel :** pour avoir un objet optiquement réel pour une lentille, il suffit de placer un objet physiquement réel avant la lentille.
- **Objet virtuel :** on utilise une lentille auxiliaire L_a (figure 2).

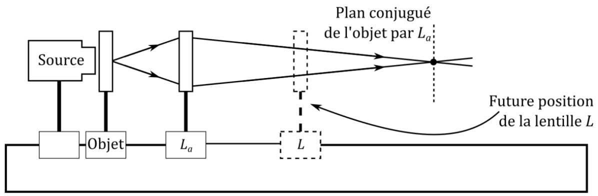

Figure 2: Réalisation d'un objet virtuel

3.2 Mesures

Avant de commencer la série de mesures, on réfléchira aux positions des points objet et image afin de ne pas travailler avec des couples de points dont les positions ne sont pas accessibles expérimentalement. Par exemple, en plaçant un objet au voisinage du foyer objet, on risque d'obtenir une image en dehors du banc optique et dont la position ne sera donc pas mesurable.

De la même façon, on ne pourra pas mesurer la position d'une image virtuelle se formant trop en avant de la lentille.

- Déterminer $\frac{1}{\overline{OA}}$ et $\frac{1}{\overline{OA'}}$ pour différents couples de points : on relèvera au minimum 6 couples (objet, image) dont au moins un couple objet réel / image virtuelle et un couple objet virtuel / image réelle.
- Exploiter les mesures pour estimer la distance focale de la lentille étudiée. Estimer l'incertitude sur cette mesure.

4 Méthode de Bessel et Silbermann

4.1 Méthode de Bessel

On note D la distance entre l'objet AB et l'écran.

- Montrer en utilisant la relation de conjugaison que l'on observe l'image de AB sur l'écran uniquement si $D \geq 4f'$.
- Montrer que si $D > 4f'$, il existe alors deux position O_1 et O_2 de la lentille donnant une image nette sur l'écran et que $d = O_1O_2$ vérifie:

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

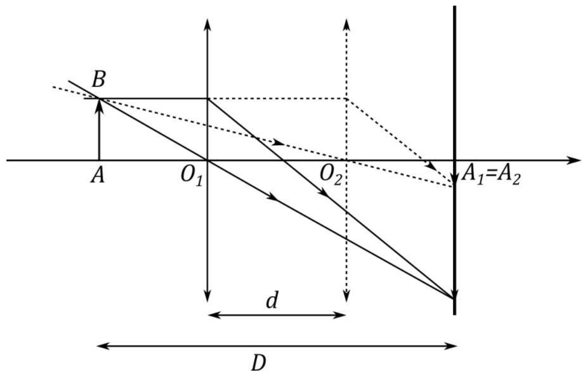

Figure 3: Méthode de Bessel-Silbermann

- Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant d'accéder à f' à l'aide de la relation précédente.

4.2 Méthode de Silbermann

- Dans le cas où $D = 4f'$, que vaut le grandissement?

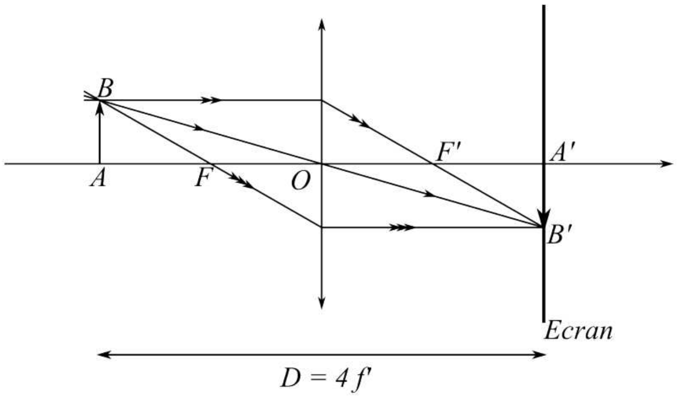

Figure 4: Méthode de Silbermann

- Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant d'accéder à f' à l'aide du résultat précédent.

5 Conclusion

Comparer les différentes méthodes de mesure et conclure. On prendra soin de comparer les incertitudes associées à chacune des méthodes.

Annexe: utilisation d'un VFF

Pour mesurer précisément des distances sur un banc d'optique (et notamment la position d'objets ou images virtuels), on utilise un viseur à frontale fixe.

Description d'un viseur à frontale fixe

Le viseur à frontale fixe est une lunette donnant d'un objet à distance finie, une image à l'infini, ce qui permet à l'oeil d'observer l'objet sans accommoder. Il est constitué d'un objectif (pouvant être constitué de plusieurs lentilles) et d'un oculaire (cf figure 5). L'image de l'objet par l'objectif se forme au niveau du réticule dans le plan focal objet de l'oculaire ; de cette manière, l'image finale est envoyée à l'infini.

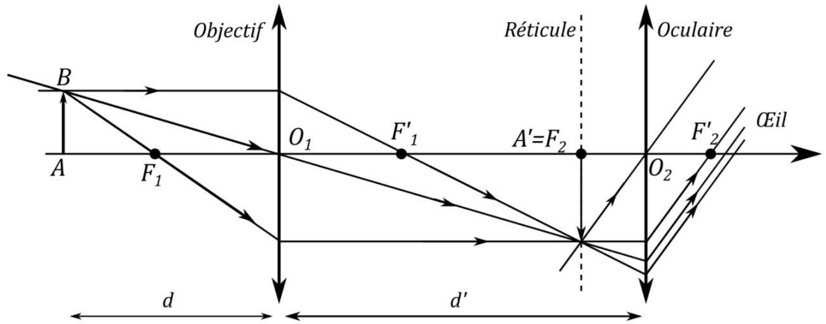

Figure 5: Principe d'un viseur à frontale fixe

Réglage d'un viseur à frontale fixe

Une fois réglé, le viseur à frontale fixe permet de voir net uniquement les objets situés à une distance d_{VFF} fixée mais inconnue devant lui. Cette distance s'appelle la `frontale`. Pour mesurer une distance, on procède de la façon suivante (figure 6):

- Viser le premier objet (ou image) afin de l'observer nettement à travers le viseur puis noter la position x_1.

- Déplacer le VFF.

- Viser le deuxième objet (ou image) afin de l'observer nettement à travers le viseur puis noter x_2.

La distance recherchée vaut alors $d = x_2 - x_1$

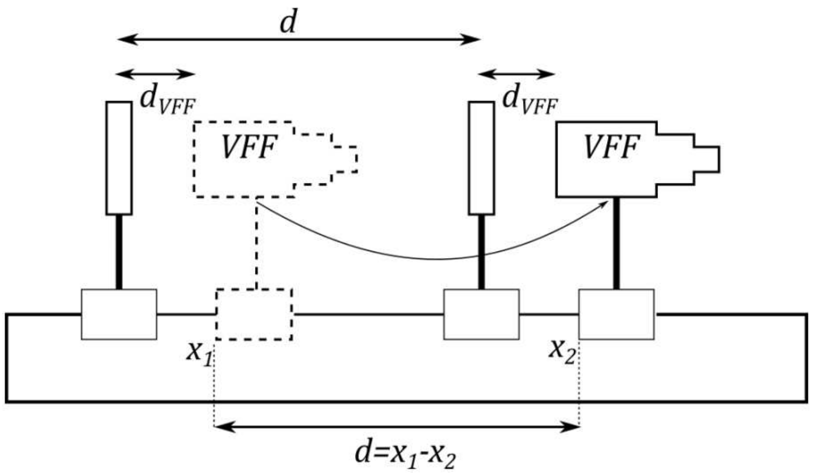

Figure 6: Usage d'un VFF