

TP3φ : Introduction aux lentilles

Objectifs pédagogiques du TP :

- Former une image optique : éclairer un objet de manière adaptée, optimiser la qualité de l'image.
- Estimer et mesurer une distance focale : mesurer une longueur sur banc d'optique.
- Analyser une lumière : obtenir et analyser un spectre à l'aide d'un réseau.

Matériel disponible :

- Banc optique avec pieds, boîte de lentilles, miroir plan, lanterne blanche avec condenseur, supports et écran de projection.

Travail demandé

Dans un compte-rendu, vous expliquerez clairement les **objectifs**, les **protocoles** mis en œuvre, les **observations** et **mesures** réalisées puis effectuerez une **analyse** critique des résultats en évaluant les incertitudes de mesures.

1. Introduction aux lentilles :

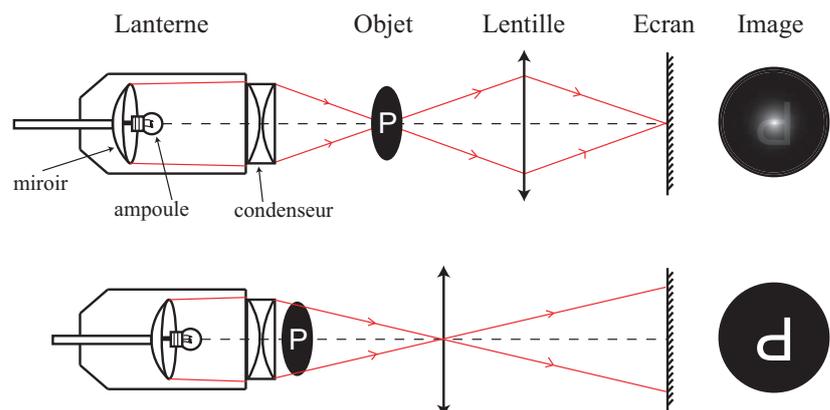
- 👁 Observer à l'œil un objet proche puis lointain à travers une lentille convergente et une lentille divergente. Décrire rapidement l'image observée dans les quatre cas et évaluer la distance focale de chaque lentille grâce au changement de comportement visuel.
- ✋ Réaliser l'image projetée d'une lettre ou d'une fente. 👁 Observer les positions formant une image agrandie et une image rétrécie. Vérifier la condition d'existence $D \geq 4f'$.
- 📏 Mesurer grossièrement la distance focale d'une lentille à l'aide de la formule de conjugaison pour une position particulière objet/lentille/écran.
- 📏 Déterminer la distance focale f' d'une lentille convergente par la méthode de BESSEL en mesurant l'écart d entre positions de la lentille pour plusieurs longueurs D puis en effectuant une régression linéaire.
- ✋ Utiliser l'auto-collimation pour évaluer rapidement la distance focale d'une lentille.

I Projection d'une image

I.1 Fabriquer un objet réel lumineux

La première étape consiste à **former un objet réel lumineux** dont on pourra projeter l'image. La source primaire utilisée est une lanterne composée d'une ampoule et d'une grosse lentille convergente de courte focale appelée **condenseur**.

En modifiant la distance qui sépare l'ampoule du condenseur, il est possible de déplacer le point de convergence du faisceau lumineux le long de l'axe optique et d'éclairer un objet qui servira de source secondaire. L'objet que l'on utilise couramment est une plaque sur laquelle est gravée une lettre.



En pratique, il est préférable d'éclairer l'objet le plus uniformément possible en le rapprochant de la lanterne, de façon à utiliser la lentille dans les conditions de Gauss. Si l'on fait converger le faisceau sur l'objet, on fait non seulement travailler la lentille hors des conditions de Gauss, mais l'image du filament se superpose à celle de l'objet sur l'écran.

I.2 Projection d'un image

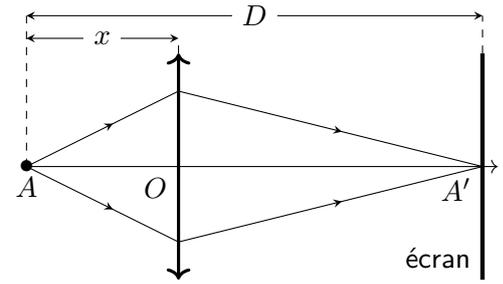
On souhaite désormais projeter l'image de l'objet sur un écran. Le but est d'obtenir une image agrandie le plus possible tout en restant lumineuse et nette, sachant que la distance D entre l'objet et l'écran est imposée par les conditions expérimentales. Pour obtenir une image réelle (projetable sur un écran) d'un objet réel, on utilisera une

lentille convergente de distance focale $f' > 0$. On voit une **image nette** si la lentille forme l'image de l'objet exactement sur l'écran. La question est de savoir où placer la lentille entre l'objet et l'écran.

- La relation de conjugaison de DESCARTES donne $\frac{1}{D-x} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f'}$,

ce qui conduit à la résolution du polynôme $x^2 - xD + Df' = 0$.

- Pour que cette équation ait une solution, il faut que son discriminant soit positif, or $\Delta = D^2 - 4f'D = D(D - 4f')$. Ainsi, pour projeter l'image d'un objet sur un écran avec un lentille convergente de distance focale f' , il faut que la distance D entre l'objet et l'écran vérifie $D > 4f'$.



- Le grandissement vaut alors $\gamma = \frac{D-x}{-x} = -\left(\frac{D}{x} - 1\right)$ et est forcément négatif : l'image est renversée par rapport à l'objet.

La position qui donne la plus grande des images est correspondant au x le plus petit, donc à la lentille plus proche de l'objet. L'image est d'autant plus grande que la distance focale f' de la lentille est petite.

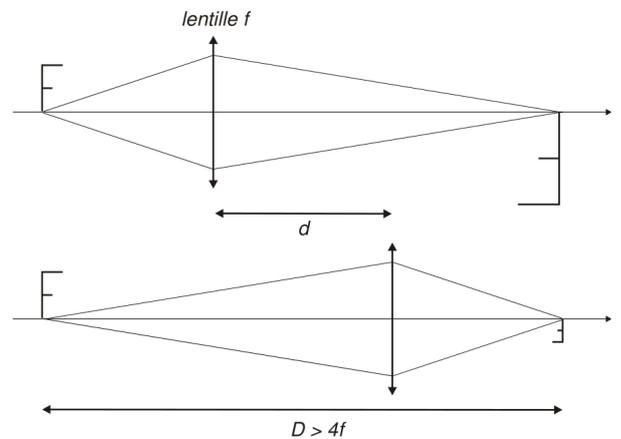
1.3 Méthode de Bessel

- Si les conditions précédentes sont vérifiées, il existe deux positions de la lentille pour lesquelles l'image est nette : $x_1 = \frac{1}{2}(D - \sqrt{D^2 - 4Df'})$ et $x_2 = \frac{1}{2}(D + \sqrt{D^2 - 4Df'})$. La distance $d = x_2 - x_1$ entre les deux positions est telle

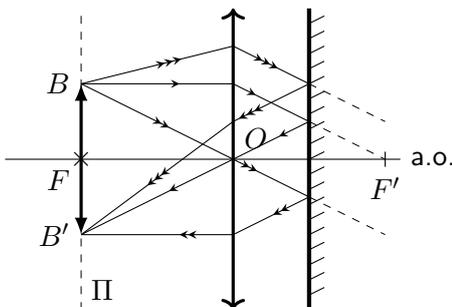
que $f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$.

Cette méthode est précise car elle s'affranchit de la mesure précise de la position de l'image et de l'écran.

- On peut améliorer la méthode en réalisant l'expérience pour plusieurs valeurs de D et en réalisant une regression linéaire $D^2 - d^2 = a \times 4D$, le coefficient directeur a étant alors égal à la distance focale f' .



1.4 Autocollimation



Pour placer facilement un objet lumineux dans le plan focal image d'une lentille, on pourra procéder par autocollimation à l'aide d'un miroir plan. Pour cela on colle un miroir plan derrière la lentille et on déplace cette dernière jusqu'à visualiser l'image dans le même plan que l'objet. De sorte à voir l'image, on pourra pivoter légèrement la lentille autour de l'axe vertical pour que l'image se crée juste à côté de l'objet. La distance entre l'objet et la lentille correspond alors à la distance focale.