

TP n°13 : Focométrie

But : Savoir déterminer la vergence d'une lentille de manière rapide et/ou précise, avec l'incertitude correspondante.

- **Question préliminaire** : Comment peut-on différencier très facilement une lentille convergente (CV) d'une lentille divergente (DV) ?

On pourra s'aider de l'animation suivante : [Simulation](#)

<https://femto-physique.fr/simulations/lentilles-minces.php>

En déduire - si vous portez des lunettes - si celles-ci sont constituées de lentilles CV ou DV.

I Évaluation rapide de la distance focale d'une lentille convergente

Faire une image nette sur le sol des lumières des tubes fluorescents du plafond. En déduire une estimation de la focale de la lentille ainsi que l'**incertitude correspondante** (on précisera l'origine des incertitudes et on évaluera le signe et l'ordre de grandeur de l'erreur systématique commise).

Pour la suite, on choisira la lentille dont la focale vaut $f' \simeq 33\text{cm}$

II Détermination précise de la focale d'une lentille

II.1 Cas d'une lentille convergente (CV)

- Proposer 4 méthodes permettant de mesurer la focale d'une lentille convergente. Dans chacune des méthodes, on expliquera le principe de chaque méthode le plus simplement possible, avec une ou deux phrases **et** un schéma, mais sans calcul¹.
On prendra un soin tout particulier au calcul des incertitudes associées aux mesures.

Appel professeur n°1, 2, 3 et 4 : Expliquer la méthode utilisée, expliquer le résultat obtenu et montrer comment ont été effectuées les mesures précédentes

- Parmi les méthodes focométriques, laquelle vous paraît la plus simple ? la plus précise ?

Remarque

Indications :

- **Autocollimation** : placer le miroir et la lentille sur un même support. Attention à la lecture des graduations ! A partir d'une seule mesure, en déduire la focale et son incertitude.
- **Relation de conjugaison** : on tracera $1/OA'$ en fonction de $1/OA$ (on commencera par mettre l'écran en bout de banc au début, puis on utilisera 2 autres positions d'écran telles que $D > 4f'$; à chaque fois, on exploitera les deux positions de la lentille qui donnent une image nette sur l'écran - cf méthode de Bessel), et on évaluera directement les incertitudes à l'aide du Jupyter Notebook **d651-1297691** disponible sur Capytale.
- **Bessel** : se placer dans une configuration pour laquelle la distance objet-écran est la plus grande possible (on expliquera pourquoi il faut s'écartier du cas critique $D = 4f'$). A partir de cette seule mesure, en déduire l'incertitude sur la focale à l'aide du Notebook précédent.
- **Silbermann** : on rappelle qu'il s'agit d'un cas particulier de la méthode de Bessel pour lequel le grandissement vaut $\gamma = -1$. A partir d'une seule mesure, en déduire l'incertitude sur la focale à l'aide du Notebook précédent.

1. On pourra reprendre directement les résultats vus dans le cours ou les TP de Sup.

II.2 Cas d'une lentille divergente (DV)

Proposer une méthode permettant de mesurer la focale de la lentille divergente notée V sur la tranche. Effectuer une mesure rapide, sans incertitude, en utilisant la méthode de votre choix.

Appel professeur n°4 : Expliquer la méthode utilisée et présenter le résultat obtenu

III Instruments d'optique

III.1 Microscope

- Proposer un montage permettant de mettre en œuvre un microscope. Les détails d'un verre dépoli placé juste à la sortie de la lampe pourront servir d'objet, et on pourra cette fois regarder à l'œil directement sans le modéliser par une lentille et un écran.

Appel professeur n°5 : Expliquer la méthode utilisée à l'aide d'un schéma

- Réaliser le montage et vérifier que celui-ci permet d'obtenir un grossissement des détails du verre dépoli.

III.2 Lunette astronomique

- Proposer un montage permettant de mettre en œuvre une lunette astronomique ; on proposera un montage complet avec une source à l'infini et un œil modélisé par une lentille et un écran.

Appel professeur n°6 : Expliquer la méthode utilisée à l'aide d'un schéma

- Réaliser le montage, mesurer le grossissement obtenu et le comparer à la valeur théorique attendue.

Exercice de préparation au TP de focométrie

I Focométrie

1. Autocollimation :

On place un miroir plan dans le plan focal image d'une lentille convergente de focale f' .

- (a) Montrer qu'un rayon lumineux ressort parallèlement à lui-même après avoir traversé le système optique {lentille,miroir}.
- (b) Trouver la position et la taille de l'image d'un objet placé dans le plan focal objet de la lentille. Cette propriété dépend-elle de la distance séparant la lentille et le miroir ?
- (c) En déduire comment placer facilement un objet dans le plan focal objet d'une lentille.
- (d) En déduire également comment mesurer expérimentalement la focale d'une lentille convergente.

2. Méthode focométrique de Bessel et Silbermann :

On réalise maintenant une image d'un objet (AB) à l'aide d'une lentille convergente sur un écran.

- (a) Quelle est la distance minimale D_{min} séparant objet et écran permettant de réaliser une image nette? Exprimer cette distance en fonction de la focale f' de la lentille.
Indication : on utilisera la formule de conjugaison avec origine au centre et on étudiera l'existence de solutions en fonction de la focale f' .
- (b) Lorsque la condition précédente est satisfaite, montrer qu'il existe deux positions de la lentille, distantes de d , pour lesquelles il y a une image nette sur l'écran. Exprimer f' en fonction de D et d . Le grandissement γ est-il le même dans les deux cas? Faire une figure et commenter le cas particulier pour lequel $D = 4f'$.
- (c) En déduire une méthode expérimentale pour mesurer la focale d'une lentille convergente.

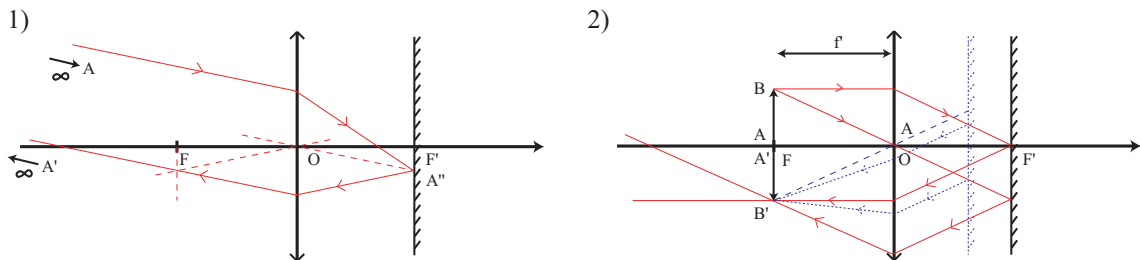
~

Corrigé

II Focométrie

1. Autocollimation :

- (a) Un rayon incident ressort parallèle à lui-même. Ceci se montre par construction d'après la figure 1) ci-dessous. Un point A placé à l'infini hors de l'axe donne une image A'' par la lentille dans le plan focal image, autrement dit sur le miroir. Ce point intermédiaire A'' n'est pas modifié par le miroir qui retourne juste le sens de propagation de la lumière, et se comporte comme un point source. Étant placé dans le plan focal objet (et non plus image à cause du sens de propagation de la lumière), son image A' est à l'infini. D'après les propriétés de retour inverse de la lumière, les rayons ont la même inclinaison par rapport à l'axe optique.



- (b) D'après la construction de la figure 2), l'image est contenue dans le plan focal objet de la lentille (dans le même plan que l'objet). Le grandissement est de $\gamma = -1$. Cette propriété est indépendante de la distance séparant miroir et lentille comme le montre la figure 2).

- (c) Il suffit d'accoler un miroir plan derrière la lentille (la distance les séparant ne joue aucun rôle d'après la question précédente) et de déplacer l'ensemble jusqu'à obtenir une image nette (renversée) dans le plan de l'objet (sur le support de l'objet par exemple - cf TP). La position de l'objet ne doit pas être modifiée.
- (d) Lorsque l'image est nette dans le plan de l'objet, une distance égale à f' sépare l'objet de la lentille. Cette distance peut par exemple être mesurée à l'aide d'un banc optique (cf TP).

2. Méthode focométrique de Bessel et Silbermann :

- (a) En utilisant la relation $D = \overline{AA'} = \overline{OA'} - \overline{OA}$ dans la relation de conjugaison avec origine au centre, on obtient l'équation du second degré en $\overline{OA'}$ suivante :

$$\overline{OA'}^2 - D \cdot \overline{OA'} + f' \cdot D = 0$$

Cette équation admet des solutions réelles ssi le discriminant $\Delta = D^2 - 4f' \cdot D > 0$. On en déduit donc qu'une image nette peut être obtenue ssi D est supérieure à

$$D_{min} = 4f'$$

- (b) Lorsque la condition précédente est satisfaite, l'équation précédente admet deux solutions :

$$\overline{OA'} = \frac{D}{2} \pm \frac{\sqrt{\Delta}}{2}$$

Ces deux positions sont donc distantes de $d = \sqrt{\Delta}$. On en tire :

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

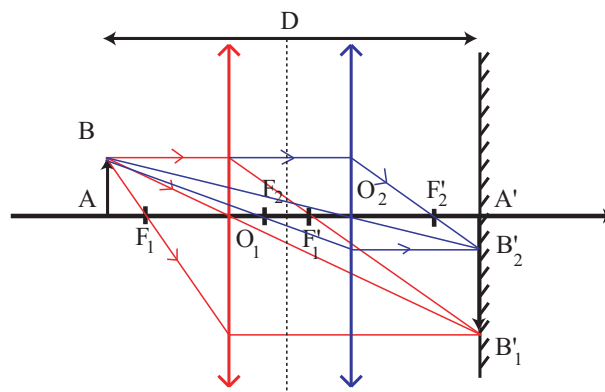
La figure ci-dessous montre que le grandissement n'est pas le même dans les deux cas. En effet, ils s'écrivent :

$$\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}} = -\frac{\frac{D}{2} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2}}{\frac{D}{2} - \frac{\sqrt{\Delta}}{2}}$$

$$\gamma_2 = \frac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A}} = -\frac{\frac{D}{2} - \frac{\sqrt{\Delta}}{2}}{\frac{D}{2} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2}}$$

Les deux grandissements sont négatifs et sont inverses l'un de l'autre, de sorte que $|\gamma_1| > 1$ et $|\gamma_2| < 1$. Ceci est bien en accord avec la figure.

Remarque : On notera que les deux positions de la lentille sont symétriques par rapport au milieu du segment objet-écran.



- (c) En gardant la distance objet-écran fixe, on peut avoir accès à la focale de la lentille en mesurant la distance D et en mesurant la distance d séparant les deux positions successives pour lesquelles l'image est nette sur l'écran. On en déduit f' à partir de la formule obtenue plus haut (cf TP).