

FOCOMETRIE - Lentilles minces -

Objectifs du TP

- Expérimenter et comparer différentes méthodes de **détermination de la distance focale (focométrie)** d'une lentille mince (convergente ou divergente).
- Connaître le principe et le réglage d'une **lunette à l'infini**, d'un **viseur à frontale fixe** et d'un **collimateur** (Voir TP COURS : Lunettes – Viseurs – Collimateurs).
- **Mesurer des distances longitudinales au banc d'optique à l'aide d'un viseur à frontale fixe.**

I. Préliminaires : Comment reconnaître rapidement la nature d'une lentille

Pour identifier rapidement la nature convergente ou divergente d'une lentille, on peut procéder de plusieurs manières:

- Une lentille à bords minces est convergente, une lentille à bords épais est divergente.
- Observer la page d'un livre, la lentille étant placée contre le livre et éloigner lentement celle-ci du livre. Si l'image observée grandit, la lentille est convergente, si sa taille diminue, elle est divergente.
- *Théoriquement* : voir l'exercice 1 du TD Lentilles minces et les constructions géométriques faites en cours.
- *Expérimentalement* : A l'aide des lentilles à votre disposition retrouver leur caractère convergent ou divergent en utilisant la méthode proposée.

II. Focométrie

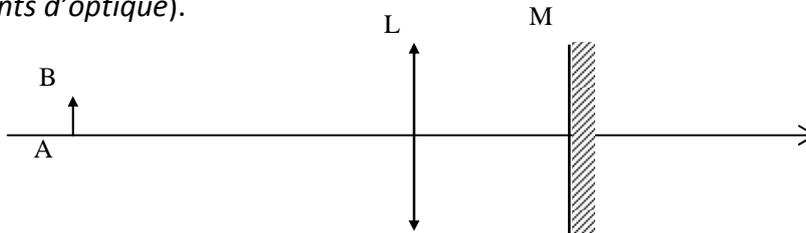
A. Méthodes par projection

Les différentes méthodes que nous allons expérimenter nécessitent d'obtenir des **images réelles** projetables sur un écran.

1) Méthode d'autocollimation

Nous avons déjà utilisé cette méthode pour le miroir concave dans le TP Miroirs (voir II.2.a).

Dans le cas d'une lentille, la détermination nécessite l'utilisation d'un miroir plan (voir l'exercice 6 du TD COURS Instruments d'optique).



Manipulation :

- Accoler un miroir plan derrière la lentille convergente ($V=+8 \delta$) et déplacer le système jusqu'à ce que l'image se forme dans le plan de l'objet. En déduire f' .
- Estimer l'incertitude sur cette mesure.

Remarque : Cette méthode ne peut être utilisée pour une lentille divergente. On peut cependant contourner la difficulté en utilisant un système de deux lentilles accolées convergente (vergence V_1 connue) et divergente (vergence V_2 à déterminer). On note V la vergence de ce doublet. On a montré dans l'exercice 1 du TD COURS Instruments d'optique que $V = V_1 + V_2$

Manipulation :

- Reprendre l'expérimentation précédente en prenant : $V_1 = +8 \delta$ (considérée comme connue) ; $V_2 = -3 \delta$ (à retrouver).
- En déduire f'_2 . Quelle est la limite de cette méthode ?

2) Lentille convergente : méthode de Silbermann et Bessel

Exercice préliminaire :

On considère une lentille L, convergente, de distance focale f' et un objet réel A sur l'axe optique. On veut obtenir une image A' réelle projetée sur un écran.

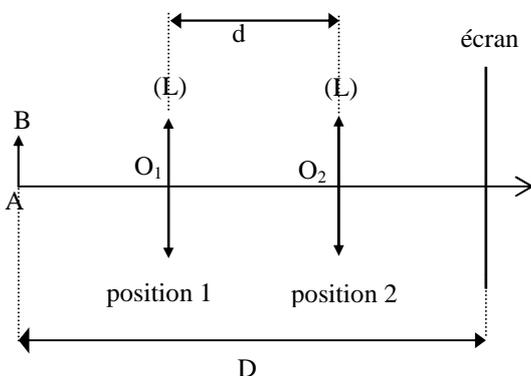
1) Dans quel domaine se situe l'objet ?

2) La condition précédente étant réalisée, la distance objet écran D est imposée : $\overline{AA'} = D$. La lentille est mobile sur le banc d'optique et on repère sa position par sa distance à l'objet $x = \overline{AO}$ ($0 < x < D$). Déterminer l'équation du second degré vérifiée par x pour que l'image se forme nette sur l'écran. A quelle condition sur D et f' existe-t-il des positions de netteté ?

3) D étant fixé et supérieur à $4f'$, montrer qu'il existe 2 positions de la lentille donnant une image réelle à la distance D. En déduire l'expression de f' en fonction de D et de la distance d entre les deux positions de la lentille donnant une image nette sur l'écran.

4) Montrer que le produit $\gamma_1 \cdot \gamma_2$ des grandissements pour les deux positions de netteté est égal à 1.

Les résultats de l'exercice précédent nous indiquent que dans le cas d'une lentille convergente de distance focale f' , on ne peut obtenir une image réelle d'un objet réel que si la distance objet-image est supérieure ou égale à $4f'$.



$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D} \quad \gamma_1 \cdot \gamma_2 = 1$$

(γ_1 et γ_2 étant les grandissements correspondant à chacune des 2 positions de la lentille (L_1 puis L_2))

Manipulation : Méthode de Bessel $D > 4f'$

Lorsque la distance objet-écran D est supérieure à $4f'$, il existe 2 positions de la lentille (L) assurant une image nette sur l'écran. Soit d la distance séparant ces 2 positions.

- D fixé, rechercher les deux positions de la lentille ($V = +8 \delta$) assurant une image nette sur l'écran. Mesurer d et les dimensions de l'image. Effectuer 4 mesures par cette méthode.
- En déduire f' et évaluer l'incertitude sur un résultat. Vérifier $\gamma \cdot \gamma' = 1$.
- Proposer une méthode graphique permettant d'exploiter la série de mesures précédentes et d'en déduire f' .

Manipulation : Méthode de Silbermann $D = 4f'$

Si $d = 0$, $f' = D/4$ et l'objet et l'image sont alors symétriques par rapport à la position de la lentille. Le grandissement est alors égal à -1.

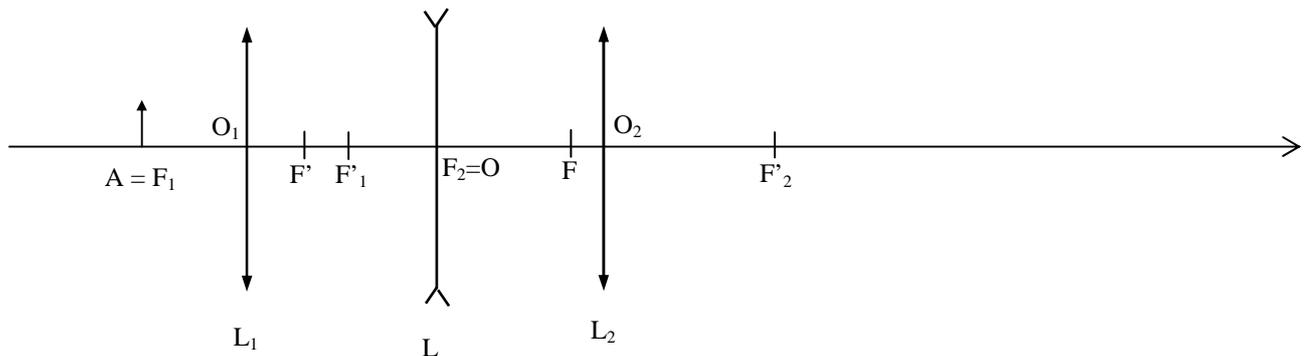
- Cette méthode consiste à déplacer simultanément la lentille ($V = +8 \delta$) et l'écran pour réaliser la condition $\gamma = -1$. En déduire f' et évaluer l'incertitude sur la mesure.

Conclusion : Commenter la commodité et la précision des deux méthodes.

3) Lentille divergente : méthode de Badal

La méthode consiste à associer deux lentilles minces convergentes L_1 et L_2 séparées de $D = \overline{O_1O_2}$ supérieure à la distance focale de L_2 , f'_2 connue.

- Un objet AB réel, situé dans le plan focal objet de L_1 (réglage par autocollimation) aura par l'ensemble une image $A'B'$ située dans le plan focal image de L_2 : $A' = F'_2$.
- Placer la lentille divergente (L) à étudier dans le plan focal objet de (L_2). L'image $A''B''$ de AB par l'ensemble des 3 lentilles, se forme au-delà du plan focal de L_2 . On désigne par $d = \overline{A'A''} = \overline{F'_2A''}$ le déplacement de l'image de A .



➤ Tracer le chemin suivi par un rayon issu de A et incliné par rapport à l'axe optique, d'abord sans la lentille (L) puis avec (L).

➤ Montrer que la mesure du déplacement $d = \overline{F'_2A''}$ de l'image permet d'accéder à la distance focale

de (L) :
$$f' = -\frac{f'^2_2}{d}$$

Il suffit donc de connaître f'_2 et de mesurer $d = \overline{F'_2A''}$, qui correspond au déplacement de l'image de A lorsque l'on intercale (L), pour déterminer f' .

Manipulation :

En suivant la démarche explicitée ci-dessus déterminer f' en prenant : $V_1 = +3 \delta$ (considérée comme connue); $V_2 = +8 \delta$ (considérée comme connue) et $V = -3 \delta$ (à retrouver). On prendra soin de bien décrire le mode opératoire.

B. Utilisation d'un viseur à frontale fixe

Dans le TP Miroirs, nous avons déterminé la distance focale d'un miroir concave à l'aide des mesures des positions de l'objet A (objet réel) et de son image A' (image réelle) par application des relations de conjugaison de Descartes :

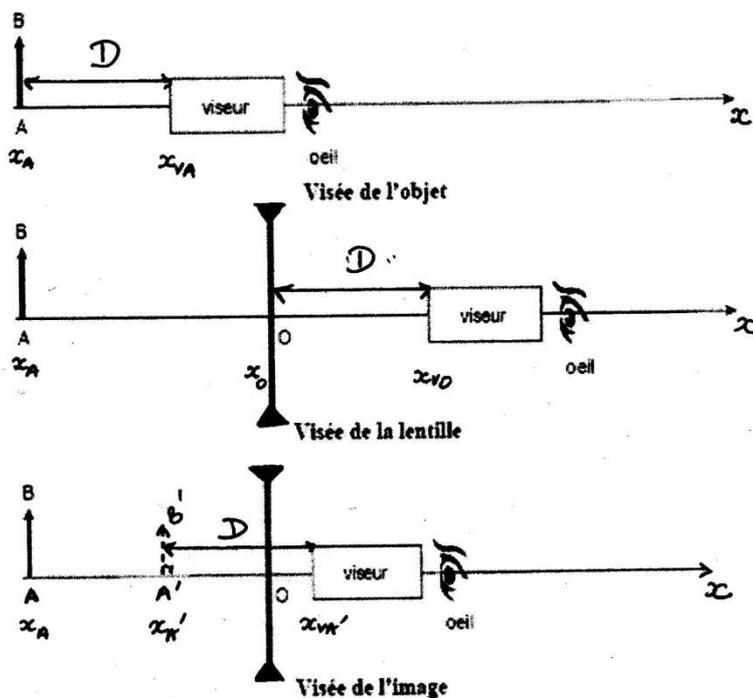
- $\frac{1}{SA} + \frac{1}{SA'} = \frac{2}{SC} = \frac{1}{f'}$ (Miroir sphérique de sommet S et de centre C)

Pour une lentille, on procède de la même façon en utilisant la relation de conjugaison suivante :

- $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f'}$ (Lentille mince sphérique de centre O et de distance focale f')

En utilisant un objet réel dans le cas d'une lentille divergente, on obtient par la relation de conjugaison une image virtuelle non projetable sur un écran. Cette image peut être vue à l'œil mais la détermination de sa position est approximative. Afin de mesurer avec précision la position d'une image virtuelle, nous allons utiliser un viseur à frontale fixe (*Voir TP COURS : Lunettes – Viseurs – Collimateurs et l'exercice 4 du TD COURS Instruments d'optique*).

L'utilisation du viseur à frontale fixe (distance de visée constante) permet une étude plus générale puisqu'en jouant sur la distance de visée, nous pouvons repérer la position d'une image ou d'un objet réels ou virtuels. Ce pointé est souvent plus précis qu'un pointé par projection (image réelle).



En notant D la distance de visée fixe, les abscisses de A, O et A' vérifient :

$$x_A = x_{VA} - D$$

$$x_O = x_{VO} - D$$

$$x_{A'} = x_{VA'} - D$$

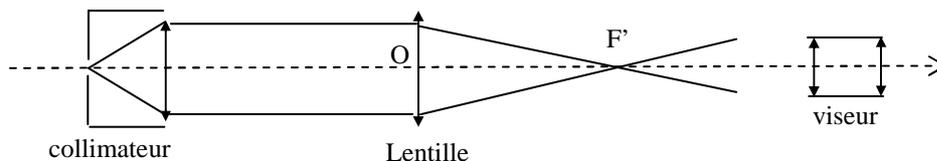
Soit :

$$\overline{OA} = x_A - x_O = x_{VA} - x_{VO}$$

$$\overline{OA'} = x_{A'} - x_O = x_{VA'} - x_{VO}$$

La distance de visée D s'élimine. Elle n'a donc pas besoin d'être connue, il suffit qu'elle soit constante pour les trois pointés.

1) Mesure directe de la distance focale - Utilisation d'un collimateur



*A l'aide du TP COURS : Lunettes – Viseurs – Collimateurs :

- Régler l'oculaire et l'objectif de votre lunette à l'infini.
- Régler le collimateur à l'aide de cette lunette.
- Régler le viseur à une distance finie et fixe (ajouter la bonnette à la lunette précédente ou augmenter la distance objectif-oculaire de celle-ci).

*Placer sur le banc la lentille. Utiliser les lentilles $+10 \delta$ et -10δ .

*Pointer successivement au viseur :

- la face de sortie de la lentille
- l'image de la mire du collimateur

*En déduire la distance focale de la lentille. Déterminer l'incertitude sur la mesure effectuée.

* Quelle est la limite de cette méthode ?

2) Méthode des points conjugués

*La distance de visée étant **fixée** :

- Pointer l'objet - sur diapositive - en l'absence de système optique.
- Mettre la lentille en place (lentille divergente de vergence -10δ)
- Pointer la position de la lentille.
- Pointer la position de l'image de l'objet par la lentille.

*Compléter le tableau joint (environ 8 mesures \overline{OA} variant par pas de 10cm à partir de $\overline{OA} \approx -10cm$ jusqu'à $\overline{OA} \approx -80cm$).

* Estimer les incertitudes sur une mesure (voir sous le tableau joint).

EXPLOITATION

❖ **Vérification de la loi de conjugaison : Courbe $\frac{1}{OA'}$ en fonction de $\frac{1}{OA}$**

En utilisant un logiciel de traitement de données expérimentales faire tracer la droite passant au mieux par les points expérimentaux correspondant à la courbe (méthode de la régression linéaire). D'après les caractéristiques de cette droite (coefficient de corrélation, coefficient directeur, ordonnée à l'origine) que peut-on en conclure et en déduire ?

❖ **Détermination de la distance focale de la lentille**

- ✓ En déduire la valeur moyenne de la distance focale de la lentille divergente (à l'aide des données de la colonne 6). Calculer l'incertitude sur cette grandeur (on fera le calcul à partir d'une seule mesure). La valeur moyenne de la distance focale est-elle compatible avec celle obtenue graphiquement compte-tenu des incertitudes de mesure ?

Lentilles minces - Tableau de mesures

x_{VA}	x_{VO}	$x_{VA'}$	\overline{OA}	$\overline{OA'}$	f'

Incertitudes sur la mesure

- **Directe (lecture des positions, appréciation de la netteté de l'image...)**

$$\Delta x_{VA} =$$

$$\Delta x_{VO} =$$

$$\Delta x_{VA'} =$$

- **Indirecte (déduite des mesures d'autres grandeurs – calcul différentiel)**

$$\Delta \overline{OA} =$$

$$\Delta \overline{OA'} =$$

$$\Delta f' =$$