

## TP N° 19 : FOCOMETRIE

### I. Objectif.

- Savoir distinguer rapidement une lentille convergente d'une lentille divergente ; déterminer la vergence (ou la distance focale) d'une lentille mince sphérique.
- Savoir distinguer rapidement un miroir concave d'un miroir convexe ou d'un miroir plan ; déterminer la vergence (ou la distance focale) d'un miroir sphérique.

### II. Lentilles sphériques minces.

#### 1. Identification rapide des lentilles.

- Une lentille à bords minces est convergente, une lentille à bords épais est divergente. Examiner les lentilles disponibles (marquées +2, +3, +8, -2, -3) et conclure.
- Observer une page de texte à travers une lentille tenue près du texte : si son image est plus grande, la lentille est convergente (loupe) ; si son image est plus petite, la lentille est divergente. Faire la construction correspondant à chaque cas.
- Observer à travers une lentille un objet « à l'infini » (observer par la fenêtre un banc de la cour du lycée à travers la lentille) : si son image est renversée, la lentille est convergente, si son image est droite, la lentille est divergente. Faire la construction correspondant à chaque cas.

#### 2. Evaluation rapide de la vergence des lentilles.

- Lentille convergente.

Placer une lentille convergente contre un objet (page de texte) et écarter la lentille de l'objet : l'image reste nette tant que l'objet reste entre la lentille et le plan focal objet puis devient floue au-delà. Faire les constructions correspondantes. En déduire un ordre de grandeur des distances focales images des lentilles convergentes disponibles.

- Lentille divergente.

Nous pouvons trouver la position approximative du foyer image en plaçant un objet (crayon par exemple) de façon à voir cet objet et l'image d'un objet à grande distance (banc dans la cour) nets simultanément (le crayon est tenu à bout de bras derrière et sous la lentille). Faire la construction correspondante. En déduire un ordre de grandeur des distances focales images des lentilles divergentes disponibles.

#### 3. Mesure de la distance focale (ou de la vergence) d'une lentille mince convergente.

##### a) Méthode de l'objet à l'infini.

Sur le *banc d'optique*, positionner l'objet réel (lettre F éclairée par une lanterne) sur la graduation 0. Placer la lentille dans le porte lentille aussi loin que possible de l'objet pour former son image réelle sur l'écran. Où se trouve-t-elle ? En déduire la distance focale image (couramment appelée distance focale)  $f'$ .

Que penser de l'expérience menée avec la lentille marquée +8 par rapport à celle menée avec les lentilles marquées +3 ou +2 ?

##### b) Méthode d'autocollimation.

Plaquer le miroir plan derrière la lentille convergente (dans le même porte-lentille). Obtenir une image réelle de même taille que l'objet, dans le plan de l'objet.

Faire la construction correspondante pour une position du miroir quelconque.

Evaluer l'incertitude sur la mesure : on peut déplacer légèrement la lentille tout en conservant une image nette ; repérer avec précision les deux positions extrêmes entre lesquelles on ne perçoit pas de différence de netteté ; la distance entre ces deux positions est la latitude de mise au point, assimilable à  $\Delta f'$ .

Remplir le tableau suivant :

lentille	+2	+3	+8
$f'$ (cm)			
$\Delta f'$			
$V = 1/f'$ (δ)			

c) Méthode de Bessel.

Montrer que, pour une distance  $D > 4 f'$  entre un objet réel et son image réelle, il existe deux positions de la lentille, distantes de  $d$ , pour lesquelles l'image est nette,  $D$ ,  $d$  et  $f'$  vérifiant la relation :

$$\left(\frac{d}{D}\right)^2 = 1 - 4 \frac{f'}{D}$$

Montrer que ces positions sont symétriques par rapport au milieu de l'objet et de son image, et que le produit des grandissements correspondants est égal à 1.

Utiliser par exemple la lentille marquée +8. La condition  $D > 4 f'$  s'obtient pour  $f'$  déterminé par autocollimation. Remplir le tableau suivant (l'incertitude peut s'évaluer comme précédemment):  $D = \overline{AA'} > 4 f' = \dots\dots\dots$

$D = \overline{AA'}$ (cm)	180	170	160	150	140	130
$d = \overline{O_1O_2}$ (cm)						
$\frac{1}{D}$ (δ)						
$\left(\frac{d}{D}\right)^2$						

Porter le graphe  $\left(\frac{d}{D}\right)^2$  en fonction de  $\frac{1}{D}$  sur une feuille de papier millimétré. En déduire  $f'$ .

Vérifier pour une des mesures que le produit des grandissements correspondants à chaque position de la lentille est égal à 1.

d) Méthode de Silbermann.

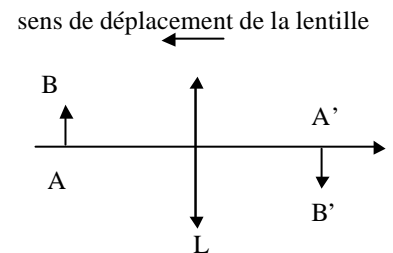
La méthode de Silbermann consiste à obtenir l'image réelle d'un objet réel, inversée, symétrique de l'objet par rapport à la lentille.

La distance objet réel - image réelle est alors minimale :  $D = 4 f'$  (voir ci-dessus).

Réaliser sur l'écran l'image nette rapetissée de la lettre F. Rapprocher la lentille de l'objet, rapprocher l'écran pour obtenir une image nette. Rapprocher progressivement la lentille de l'objet et rapprocher l'écran, jusqu'à qu'il soit impossible de trouver une position de l'écran où l'image soit nette (à moins d'éloigner l'écran).

Améliorer la précision de cette mesure en mesurant le grandissement qui doit être égal à -1.

Remplir le tableau suivant (l'incertitude peut s'évaluer comme précédemment):



lentille	+2	+3	+8
$D = \overline{AA'}$ (cm)			
$f' = \frac{D}{4}$ (cm)			

e) Méthode utilisant la formule de conjugaison, origine au centre optique O.

Utiliser par exemple la lentille marquée +3. L'objet réel (lettre F) étant au repère 0, fixer  $|\overline{OA}| > f'$  pour en former une image réelle sur l'écran, la valeur de  $f'$  étant celle déterminée par autocollimation.

Remplir le tableau suivant (l'incertitude peut s'évaluer comme précédemment):

$p = \overline{OA}$ (cm)	-50	-60	-70	-80	-90	-100
$p' = \overline{OA'}$ (cm)						
$\frac{1}{p}$ (δ)						
$\frac{1}{p'}$ (δ)						

Porter  $\frac{1}{p'}$  en fonction de  $\frac{1}{p}$  sur une feuille de papier millimétré, en déduire la vergence de la lentille étudiée.

Pour une des mesures, vérifier la formule du grandissement.

4. Mesure de la distance focale (ou de la vergence) d'une lentille mince divergente.

a) Formation d'un doublet accolé.

On appelle ainsi un ensemble de deux lentilles suffisamment proches pour que l'on puisse considérer leurs centres optiques confondus.

Montrer que le système ainsi constitué peut-être assimilé à une lentille mince dont la vergence est la somme des vergences des deux lentilles minces accolées :

$$V = V_1 + V_2 .$$

Réaliser un doublet convergent accolé avec une lentille divergente, de vergence  $V_1$  inconnue, et une lentille convergente, de vergence  $V_2$  connue : par exemple avec les lentilles marquées -3 et +8 (la vergence de cette dernière ayant été mesurée au 3.).

Appliquer la méthode de Bessel au doublet (seule méthode réellement applicable car la position du centre optique du doublet (non repérable) n'intervient pas : seule la variation de cette position intervient).

La condition  $D > 4 f'$  s'obtient pour  $f'$  déterminé d'après les résultats du 2.

Remplir le tableau suivant (l'incertitude peut s'évaluer comme précédemment) pour  $D = \overline{AA'} > 4 f' = \dots\dots\dots$

$D = \overline{AA'} \text{ (cm)}$	180	170	160	150	140	130
$d = \overline{O_1O_2} \text{ (cm)}$						
$\frac{1}{D} \text{ (}\delta\text{)}$						
$\left(\frac{d}{D}\right)^2$						

Porter le graphe  $\left(\frac{d}{D}\right)^2$  en fonction de  $\frac{1}{D}$  sur une feuille de papier millimétré. En déduire  $V$  puis  $V_1$ .

b) Méthode de Badal.

Choisir deux lentilles convergentes de vergences connues (par exemple  $V_1 = 2 \delta$  et  $V_2 = 3 \delta$ ).

Réaliser l'image à l'infini de l'objet  $A$  placé sur le banc, par la première lentille.

Placer la deuxième lentille au-delà de la première, à une distance supérieure à sa propre distance focale.

L'image de l'objet par l'ensemble se forme dans le plan focal image de la deuxième lentille :  $A'$  en  $F'_2$ .

Placer la lentille divergente de vergence  $V$  inconnue au foyer objet de la deuxième lentille, et chercher l'image réelle  $A''$  de l'objet dans le système optique ainsi constitué.

Mesurer le déplacement  $x = \overline{A'A''}$  de l'image.

Faire les constructions correspondantes et montrer, en utilisant les relations de conjugaison, que  $f' = -\frac{f'_2{}^2}{x}$ . En déduire  $f'$  par

exemple pour la lentille marquée -2.

**III. Miroirs sphériques.**

1. Identification rapide des miroirs.

Se regarder dans le miroir (à courte distance):

- miroir plan : on se voit grandeur nature ;
- miroir concave : on se voit agrandi ;
- miroir convexe : on se voit rapetissé (nous n'en disposons pas).

Vérifier ces affirmations par une construction.

2. Mesure de la distance focale (ou de la vergence) d'un miroir convergent (concave).

a) Autocollimation.

L'objet réel (lettre F) étant à la graduation 0, placer le miroir concave sur le banc. Déplacer ce dernier de façon à avoir l'image de la lettre F symétrique de l'objet par rapport à l'axe, dans le plan de l'objet.

Montrer par une construction que la distance entre l'objet et le miroir est alors  $d = 2 |f|$ . En déduire  $f$ , puis le rayon  $|R|$  du miroir : comparer avec la valeur inscrite sur la bague du miroir.

b) Foyer d'un miroir concave.

Réaliser un objet à l'infini à l'aide de la lettre F et de la lentille convergente de vergence  $+2 \delta$  (on réalise ainsi un *collimateur*). Placer le miroir sur le banc et chercher l'image nette de la lettre après réflexion sur le miroir.

Montrer par une construction que la distance entre l'image et le miroir est alors  $d = |f|$ . En déduire  $f$ , puis le rayon  $|R|$  du miroir : comparer avec la valeur inscrite sur la bague du miroir.