

**TP OPTIQUE : détermination de la distance focale d'une
lentille avec estimation de l'incertitude de mesure .**

Objectif du TP :

Déterminer la distance focale d'une lentille convergente à l'aide de différentes méthodes , évaluer l'incertitude type dans le cas des méthodes d'auto-collimation et de Bessel et présenter un résultat expérimental cohérent .

Former une image réelle à l'aide d'une lentille divergente .

I-Etude préalable :Détermination du caractère convergent ou divergent d'une lentille :

On regarde un objet ou un texte placé près d'une lentille, si l'image est agrandie la lentille est convergente (loupe) si elle est plus petite la lentille est divergente (voir les constructions de l'image d'un objet à travers une lentille) .

On peut aussi observer à travers une lentille un objet éloigné si son image est renversée, la lentille est convergente ; si elle est droite la lentille est divergente .

II- Détermination de la distance focale d'une lentille convergente à l'aide de différentes méthodes (focométrie) :

1- Méthode d'auto-collimation :

→ Principe de la méthode :

Si on place un objet dans le plan focal objet d'une lentille convergente , son image est située à l'infini . Si on place un miroir plan derrière la lentille , après réflexion sur celui-ci la lumière revient sur la lentille en venant de l'infini (faisceau de lumière parallèle) . Après traversée de la lentille (dans le sens droite gauche) , la lumière revient converger dans le même plan que l'objet (qui est le plan focal image de la lentille pour un sens de propagation droite gauche) . Le grandissement transversal vaut alors -1 . La distance D entre l'objet et la lentille vaut alors f' . Faire un schéma avec tracé des rayons dans l'état final .

→ Mise en œuvre la méthode d'autocollimation : placer sur le banc d'optique la source, un cavalier avec lettre sur fond noir, une lentille convergente de distance focale d'environ 20 cm et un miroir plan . Déplacer la lentille (et le miroir si besoin) afin d'observer, dans le plan de l'objet, l'image de celui-ci (nette de même dimension) . En déduire une mesure de f' .

→ Déterminer et estimer les causes d'incertitudes sur la mesure de f' (incertitudes sur la position de l'objet et sur la position de la lentille) .

→ Reprendre vos mesures (sans calculer les incertitudes) en faisant les pointés avec un viseur à frontale fixe (voir fiche) . Le viseur à frontale fixe est constitué d'une lunette de visée à laquelle vous ajouterez une lentille afin de transformer celle-ci en viseur à distance finie .

Il sera essentiel dans la suite des TP d'avoir en tête cette méthode qui vous permettra de comprendre le réglage de certains instruments d'optique (lunette autocollimatrice) et qui vous permettra rapidement de placer une source dans le plan focal objet d'une lentille convergente afin de générer un faisceau de lumière parallèle .

2- Méthode de Bessel :

→ Principe de la méthode :

Un objet AB et un écran (E) sont fixes et distants de D .Entre l'objet et l'écran , on déplace la lentille (L) pour obtenir sur (E) une image nette A'B' .

- a- On pose $p = \overline{OA}$. Montrer que si $D > D_{\min}$ valeur minimale qu'on exprimera en fonction de f' , alors il existe deux positions distinctes p_1 et p_2 (avec $|p_1| < |p_2|$) de (L) pour lesquelles une image nette se forme sur l'écran . Donner les expressions de p_1 et p_2 en fonction de D et f' .
- b- Si d représente la distance entre les deux positions de la lentille (L) quand $D > D_{\min}$, montrer que la distance focale f' s'exprime en fonction de D et d .

→ Mettre en œuvre la méthode de Bessel et déterminer une mesure de f' à partir des mesures de d et D ..

→ Déterminer et estimer les causes d'incertitudes sur la valeur de f' (incertitudes sur les positions de l'objet, de l'écran et des deux positions de la lentilles) .

→ Conditions d'obtention d'une image réelle d'un objet réel avec une lentille convergente :

On considère un objet situé à une distance D d'un écran .

On place entre l'objet et l'écran une lentille de distance focale image f' .

Donner les conditions expérimentales à remplir , si l'on souhaite former sur un écran une image nette agrandie d'un objet à l'aide d'une lentille convergente .

Il sera essentiel pour la suite des TP d'optique de garder en tête ces conditions qui expliqueront les choix pratiques que l'on fera notamment pour observer les interférences produites par un interféromètre de Michelson .

3- Détermination de l'incertitude type sur la valeur de la distance focale dans le cas des méthodes d'auto-collimation et de Bessel :

Rappeler le principe de la méthode de Monte Carlo pour déterminer l'incertitude type sur une grandeur mesurée .

Compléter le script python sur l'espace de la classe afin de déterminer par la méthode de Monte Carlo (avec loi uniforme), pour les méthodes d'autocollimation et de Bessel, un estimateur de la valeur de la distance focale de la lentille utilisée ainsi que son incertitude type .

4- Méthode de collimation :

Principe de la méthode: on fabrique un objet à l'infini à l'aide d'un collimateur, cet objet éclaire la lentille , son image se forme dans le plan focale image de la lentille .

→ Mise en œuvre :

Placer sur le banc la source , un diaphragme , le collimateur .

Régler le collimateur à l'infini (voir feuille lunettes , collimateur , viseur) à l'aide d'une lunette de visée à l'infini .

Enlever la lunette , placer une lentille convergente de distance focale d'environ 20 cm .

Déterminer la distance focale de la lentille .

III- Etude d'une lentille divergente :

1- Méthode de Badal :

La méthode de Badal se déroule en deux temps :

1ère étape : une lentille convergente (L_1) donne d'un objet ponctuel A situé au foyer objet F de cette lentille , une image rejetée à l'infini . Une seconde lentille convergente (L_2) de distance focale connue f_2' est disposée à la suite de (L_1) à une distance supérieure à f_2' . L'image finale ponctuelle A' se trouve sur un écran (E) situé au foyer image F_2' de (L_2) .

2ème étape : la lentille divergente (L_3) , de distance focale f_3' inconnue , est positionnée dans le plan focal objet de (L_2) . Pour obtenir la nouvelle image nette A' , il faut éloigner (E) , de (L_2) , d'une distance d .

a- Représenter sur un même schéma les étapes 1 et 2 .

b- Que peut-on dire de A' ?

b- En appliquant la formule de Newton à la lentille (L_2) , déterminer la relation donnant l'expression de la distance focale f_3' en fonction des distances f_2' et d .

2- Réalisation d'un doublet accolé :

On accole la lentille divergente à une lentille convergente dont on connaît la distance focale afin de réaliser un doublet convergent . On détermine la distance focale du doublet à l'aide d'une des méthodes vues au 2- puis à l'aide du théorèmes des vergences, on en déduit alors la distance focale de la lentille divergente .

3- Méthode de conjugaison :

Principe : La méthode est basée sur la relation de Descartes . On éclaire la lentille divergente à étudiée par un objet placé de telle sorte que l'image à travers la lentille soit réelle . On repère la position de l'objet et de l'image et en appliquant la formule de conjugaison on en déduit la distance focale de la lentille . Pour avoir une mesure précise , il faut bien sûr faire plusieurs mesure pour plusieurs positions de l'objet et tracer la courbe $\frac{1}{OA'}$ en fonction de $\frac{1}{OA}$ et déterminer l'ordonnée à l'origine de la courbe . Faute de temps ici une seule mesure sera effectuée lors du TP .

A l'aide du matériel mis à votre disposition réaliser une image réelle d'un objet à l'aide d'une lentille divergente et déterminer sa distance focale à l'aide de la méthode de conjugaison . Vous décrirez le protocole utilisé pour obtenir une image réelle à travers une lentille divergente .

Rappels :

numpy.random.uniform(a,b,N) : donne un tableau de N valeurs issues d'une loi uniforme entre a et b

numpy.random.uniform(a,b) : donne une valeur issue d'une loi uniforme entre a et b

numpy.random.normal(m,ec,N) : donne un tableau de N valeurs issues d'une loi normale de moyenne m et d'écart -type ec

numpy.random.normal(m,ec) : donne une valeur issue d'une loi normale de moyenne m et d'écart -type ec

Liste matériel par poste :

- Banc optique
- Collimateur, lunette de visée à l'infini , viseur .
- Source avec lettre sur fond noir, dépoli, jeu de lentille convergentes et divergentes
- Ecran
- Rampe d'éclairage pour banc d'optique
- Ordinateur avec Python