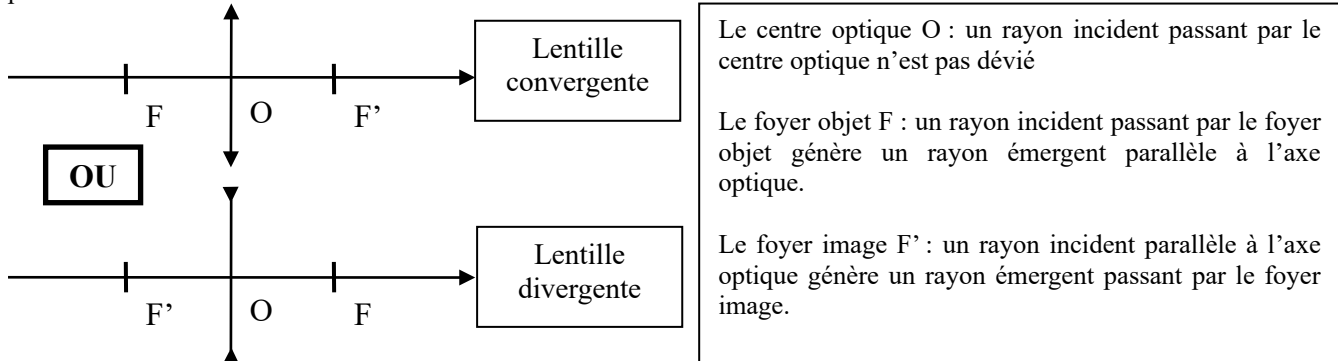


TP 2 : introduction aux Lentilles minces ; focométrie.

- On préparera la partie 1.1. en réalisant la construction de l'image par une lentille convergente pour un objet réel placé entre F et O , et la construction de l'image par une lentille divergente pour un objet réel placé entre F' et O .
- On préparera la partie 2.1. en réalisant la construction de l'image d'un objet placé dans le plan focal objet d'une lentille convergente (L) derrière laquelle on place un miroir plan.

Introduction ; Rappel théorique.

Pour une lentille mince, on introduit en référence au schéma ci-dessous une modélisation par une double flèche, et les trois points particuliers suivants :



Ces règles de construction permettent d'établir les relations avec origine au centre optique suivantes pour un objet AB situé dans un plan de front de la lentille (A étant situé le long de l'axe optique).

- Relation de conjugaison :
$$-\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'}$$
- Définition du grandissement couplée à la relation de grandissement :
$$\gamma \stackrel{\text{def}}{=} \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

Tout ce rappel est soumis à la condition expresse que la lentille utilisée respecte les conditions de Gauss.

1. Formation d'une image à l'aide d'une lentille mince.

1.1. Identification du caractère convergent ou divergent d'une lentille.

On pose la lentille à caractériser sur un objet (par exemple votre énoncé de TP), on observe alors le texte de l'énoncé à sa taille réelle (ou presque). On soulève alors la lentille légèrement au-dessus de la feuille :

PRÉPARATION (a et b).

- Vérifier par une construction qu'une lentille convergente formera une image virtuelle agrandie de l'objet (à faire en préparation).
- Vérifier par une construction qu'une lentille divergente formera une image virtuelle rétrécie de l'objet (à faire en préparation).

Observations en TP et conclusion sur la nature des lentilles.

On utilisera dans cette partie les deux lentilles minces identifiées par des pastilles de couleur. La première portera les couleurs bleu et vert, la seconde portera les couleurs rouge et jaune.

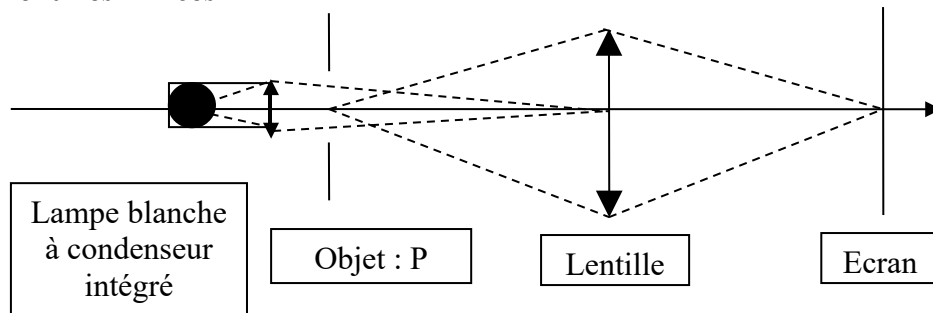
- Donner les observations faites sur les deux lentilles et conclure sur leur caractère convergent ou divergent.
- Expliquer quel type de lentille est employable en tant que loupe dans cette configuration.

1.2. Réalisation d'une image réelle à partir d'un objet réel à l'aide d'une lentille convergente.

Pour cette partie du TP, on utilisera la lentille L_1 de distance focale image $f'=100\text{mm}$ qui est montée dans un support et rangée sur le présentoir en bois présent sur votre paillasse.

a. Première réalisation.

- Sur un banc d'optique, on place tout d'abord la lampe blanche tout à gauche. On place en sortie de la lampe, le plexiglas translucide puis l'objet en forme de lettre P lumineuse sur fond noir (si elle n'est pas disponible, on prendra un autre objet qui peut se placer sur la lanterne).
- On place à une distance D judicieusement choisie l'écran sur l'axe optique, en prenant garde à le positionner perpendiculairement à la direction du banc, de manière à ce qu'il soit dans un plan de front du montage.
- On place la lentille L_1 pour réaliser sur l'écran une image nette de l'objet. **On prendra soin de placer la lentille pour que son plan de front soit perpendiculaire à l'axe optique. On place également la lentille à la même hauteur que la lampe.**



b. Condition d'observation d'une image réelle à partir d'un objet réel pour une lentille convergente.

On procède à une diminution progressive de la distance entre l'objet et l'écran de projection, et on ajuste à chaque fois la position de la lentille pour observer une image nette de la lettre P sur l'écran.

- Vérifier l'existence d'une condition sur la distance D allant de l'objet à l'écran pour pouvoir réaliser une image réelle à partir d'un objet réel et écrire cette condition.

c. Observation sur la lentille divergente.

Remplacer la lentille convergente par la lentille divergente de focale (-100mm) présente sur le présentoir en bois.

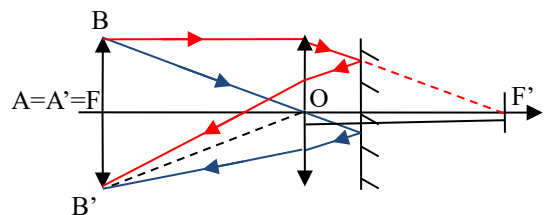
- Vérifier qu'on ne peut jamais construire une image réelle à partir d'un objet réel en utilisant une lentille divergente.

2. Détermination de la distance focale d'une lentille. Focométrie.

2.1. Méthode d'autocollimation.

a. Lentille convergente.

On place sur un support une lentille convergente et immédiatement derrière on accole un miroir plan. La construction effectuée sur la figure ci-contre montre qu'une image inversée de la lettre P est située sur la lettre P elle-même lorsque la distance objet-lentille est égale à la distance focale.



- Réaliser l'expérience proposée en utilisant la lentille portant les pastilles jaune/jaune et procéder à une estimation de sa distance focale. On s'aidera du notebook Jupiter (TP2Autocollimation) pour réaliser l'estimation de la distance focale.

b. Lentille divergente.

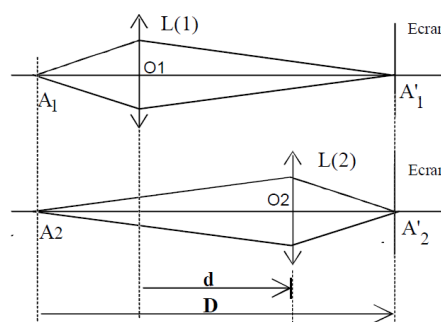
Pour les lentilles divergentes, la technique d'autocollimation ne peut pas être utilisée directement.

Une technique consiste à construire un doublet de lentilles accolées avec la lentille divergente étudiée de vergence V_d et une lentille convergente de vergence V_c de manière à ce que la vergence du doublet $V = V_c + V_d$ soit positive. On détermine alors par la méthode précédente la vergence du doublet et on en déduit la vergence de la lentille divergente.

- Réaliser un doublet de lentilles accolées avec la lentille divergente portant les pastilles rouge/rouge et la lentille jaune-jaune précédente. Déterminer par autocollimation la distance focale du doublet et en déduire celle de la lentille divergente étudiée. On s'aidera à nouveau du notebook Jupiter (TP2Autocollimation).

2.2. Méthode de Bessel pour les lentilles convergentes.

a. Méthode 1.



Elle s'applique uniquement dans le cas de l'étude d'une lentille convergente. On pourra évidemment l'adapter au cas d'une lentille divergente en utilisant le principe du doublet de lentilles accolées mais c'est déconseillé pour les raisons vues dans le paragraphe précédent.

Lorsqu'on réalise l'image d'un objet AB sur un écran placé à une distance D de l'objet, on peut positionner la lentille convergente de distance focale f' selon deux positions distinctes (O_1 et O_2 sur la figure ci-contre) dès lors qu'on respecte la condition $D > 4f'$.

La première position (O_1) mène à une image agrandie de l'objet et la seconde (O_2) à une image réduite. Si d est la distance entre les deux positions de la lentille, on montre alors

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

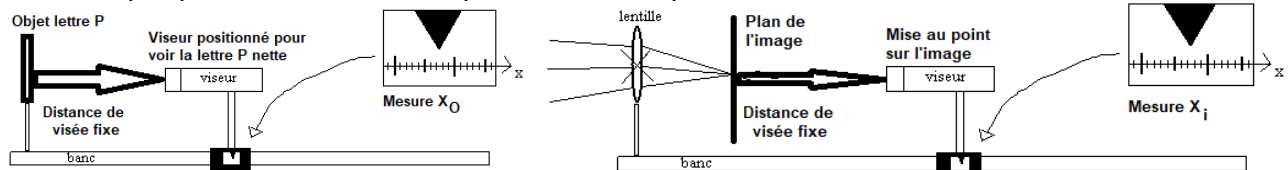
- Reprendre la lentille à pastilles jaune/jaune et mettre en œuvre la méthode de Bessel pour déterminer sa distance focale. On utilisera le Notebook Jupiter (TP2Bessel) pour obtenir une estimation de cette distance focale.

b. Méthode 2.

On remarque dans la méthode 1 que l'incertitude sur d est plus petite que celle sur D car on mesure les positions O_1 et O_2 à l'aide du même repère sur le pied de la lentille.

Ceci donne l'idée de mesurer plus précisément la position de l'objet de base (on utilisera plutôt la lettre A sombre sur fond lumineux) et la position de son image à l'aide d'un unique instrument permettant de les viser précisément.

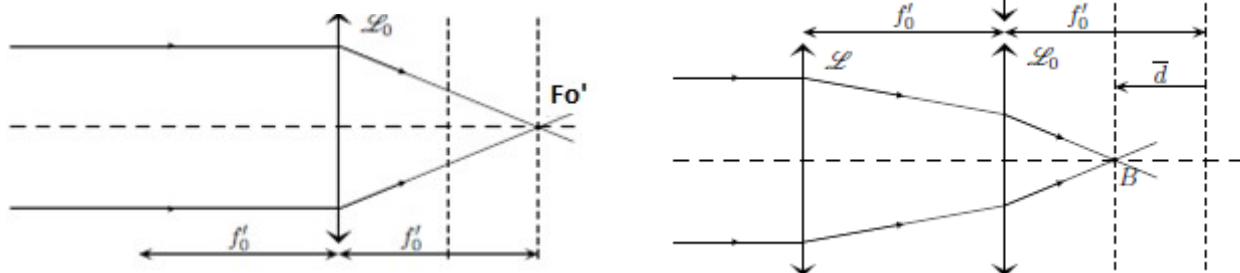
- Placer la lanterne sur le banc et placer le viseur. Repérer la position X_0 du viseur lorsqu'on voit l'objet (lettre A) net à travers le viseur.
- Placer alors la lentille dans une position bien choisie (par exemple reproduire grossièrement la position O_1 du cas précédent).
- Placer le viseur derrière la lentille et repérer la position X_i du viseur lorsqu'on voit l'image (lettre A à l'envers) net à travers le viseur.
- Analyser le schéma suivant pour comprendre que $D = X_i - X_0$ (110cm $\delta=0,1$ $55,5\text{cm}$ $\delta=0,1$) et vérifier que l'incertitude sur D est bien plus petite avec cette méthode qu'avec la méthode précédente.



- Déterminer une estimation de la distance focale de la lentille à l'aide du Notebook Jupiter (TP2Bessel) et vérifier la cohérence de votre estimation avec la distance focale de la table voisine.

2.3. Méthode de Badal pour les lentilles divergentes (mise en œuvre au TP3).

La méthode de Badal s'utilise aussi bien pour l'étude d'une lentille convergente que pour l'étude d'une lentille divergente mais c'est la seule qui donne une méthode précise pour les lentilles divergentes.



Il faut d'abord réaliser un objet à l'infini. Pour cela, on place la lettre P dans le plan focal objet d'une lentille convergente.

On place alors une lentille L_0 convergente de distance focale f_0' sur le banc qui réalise donc une image de la lettre A dans son plan focal image.

On place ensuite dans le plan focal objet de la lentille L_0 , la lentille L dont on veut déterminer la vergence. L'image par l'association des deux lentilles se déplace alors au point B, on note $\bar{d}$ la distance algébrique parcourue le long de l'axe optique pour retrouver une image nette lorsqu'on intercale L . Dans la nouvelle configuration, on a donc : $A_0 \xrightarrow{L} F' \xrightarrow{L_0} B$

On a placé le centre optique O de la lentille L au foyer objet F_0 de L_0 . On sait donc déjà que $f' = \overline{F_0 F'}$.

Il paraît alors logique de déterminer la position de l'image B de F' par L_0 avec la relation de conjugaison avec origines aux foyers (dite relation de Newton) ce qui donne : $\overline{F_0 F'} * \overline{F_0' B} = -f_0'^2$

La distance algébrique $\bar{d} = \overline{F_0' B}$ s'exprime donc par $\bar{d} = \frac{-f_0'^2}{f'}$.

En pratique, il est évident qu'on ne pourra mesurer que des distances algébriques $\bar{d} > -f_0'$ puisque l'image finale B doit rester réelle pour être observée.

- $f' < 0$ la lentille L est donc divergente.
- $f' > f_0'$ la lentille L est convergente de distance focale supérieure à celle de L_0 .

- Réaliser l'image de la lettre P « à l'infini » à l'aide d'une lentille convergente de faible distance focale.
 - Pour la lentille L_0 , on utilisera la lentille convergente à pastilles jaune/jaune de distance focale mesurée précédemment.
- Mettre en œuvre la méthode de Badal pour la lentille divergente à pastilles rouge/rouge et donner une estimation de sa distance focale accompagnée d'une incertitude. On s'aidera du notebook Jupiter pour faire les calculs.

Matériel :

- Banc optique gradué
- Mètre ruban
- Lampe de bureau
- Lanterne + verre dépoli + Lettre "P"
- Écran
- 4 cavaliers
- Viseur à frontale fixe.
- Lentilles minces convergentes et divergentes sur supports
- Lentilles minces convergentes et divergentes dans la boîte (pastille vert-bleu, pastille rouge-jaune, pastille jaune-jaune, pastille rouge-rouge).
- Miroir plan dans la boîte
- 2 ou 3 Supports vides avec bague métallique

Capacités :

- Former une image :
 - ✓ Éclairer un objet de manière adaptée.
 - ✓ Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales, et choisir leur focale de façon raisonnée.
 - ✓ Optimiser la qualité d'une image (alignement, limitation des aberrations...).
- Mesurer la focale d'une lentille convergente et d'une lentille divergente.
- Mettre en œuvre une mesure de longueur par déplacement d'un viseur entre deux positions.