Lunette astronomique

Les qualités d'un instrument d'optique sont données par un certain nombre de caractéristiques parmi lesquelles on peut citer :

- le **grossissement angulaire** et le **grandissement transversal**, qui permettent de comparer les dimensions angulaires ou linéaires de l'image et de l'objet,
- le **champ**, qui définit le domaine de l'espace-objet dont l'instrument donne des images satisfaisantes,
- la **clarté**, qui concerne la comparaison des grandeurs photométriques de l'image et de l'objet,
- le **pouvoir séparateur**, qui traduit la capacité d'un instrument à percevoir des petits détails sur l'objet.

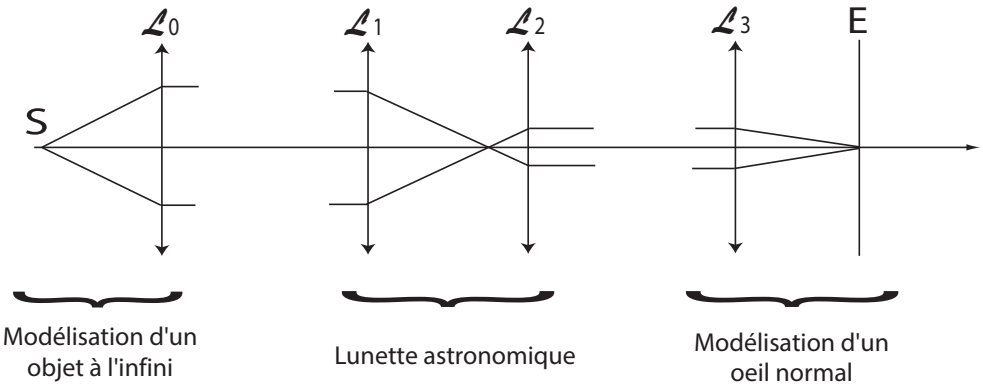
Compétences :

- savoir modéliser l'œil par un système optique,
- mesurer un grossissement angulaire,
- construire une lunette modélisée.

Attention :

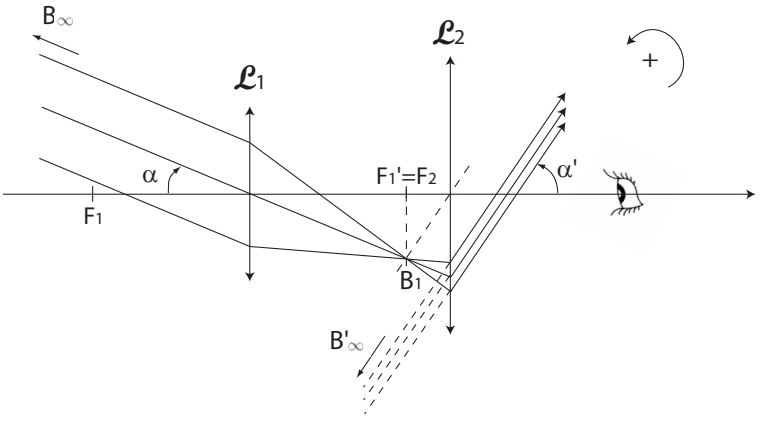
La qualité du montage sera ici primordiale si vous voulez pouvoir l'exploiter !! Il faudra donc veiller à **centrer parfaitement les systèmes optiques** : les centres optiques des lentilles doivent tous être alignés.

1 Présentation du système utilisé



1.1 La lunette

Une lunette astronomique est destinée à l'observation d'objets très éloignés : elle doit donner, d'un objet à l'infini, une image elle-même à l'infini (pour une observation par un œil normal sans accommodation). Elle est constituée :
- d'un **objectif** $\mathcal{L}_1$ qui donne de l'objet à l'infini AB une image intermédiaire A_1B_1,
- d'un **oculaire** $\mathcal{L}_2$ utilisé comme loupe, qui en fournit une image $A'B'$ à l'infini.



▷ ***En pratique*** : la lunette sera constituée de l'objectif $\mathcal{L}_1$, lentille convergente de grand diamètre et de focale $f_1' = 15,0$ cm, et de l'oculaire $\mathcal{L}_2$, lentille de focale $f_2' = 5,0$ cm.

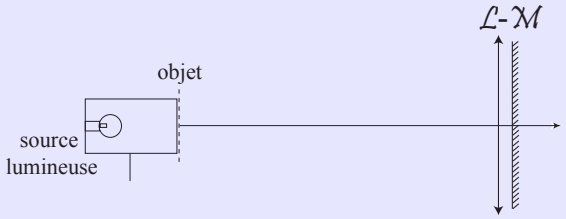
1.2 L'objet à l'infini

Un **collimateur** est un système optique permettant de fabriquer un objet à l'infini. Il est constitué d'un objet éclairé (ici un trou auquel on accolera un filtre rouge) par une source lumineuse et d'une lentille mince convergente $\mathcal{L}_0$, où l'objet dans le plan focal objet de la lentille $\mathcal{L}_0$.

▷ ***En pratique*** : on utilise une lentille mince convergente $\mathcal{L}_0$ de distance focale $f'_0 = 20,0$ cm. L'objet utilisé sera un trou percé dans un écran de l'ordre du centimètre, auquel on associera une feuille de calque et un filtre rouge.

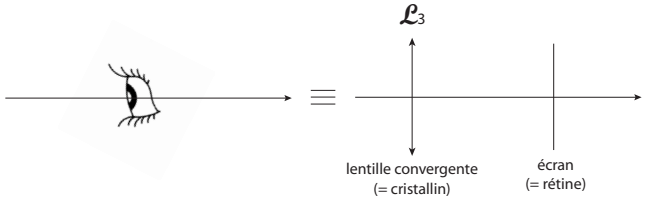
Réglage par auto-collimation :

Pour positionner un objet dans le plan focal objet d'une lentille convergente $\mathcal{L}$, on accole un miroir plan $\mathcal{M}$ derrière la lentille et faisant face à l'objet et on déplace en bloc le système $\mathcal{L}$-$\mathcal{M}$ jusqu'à obtenir sur le plan de l'objet une image nette, de même taille que l'objet et renversée. A cet instant, la distance objet-lentille correspond à la distance focale objet de la lentille.



1.3 L'œil fictif

L'œil sera modélisé par un système optique simple : une lentille convergente $\mathcal{L}_3$ (cristallin) et un écran (rétine). Lorsque l'œil est au repos (donc sans effort d'accommodation), il voit net les objets à l'infini.
▷ ***En pratique*** : on utilise une lentille de focale $f'_3 = 15,0$ cm (de grand diamètre) et un écran (E).



Préparation :

1. *A propos de la lunette* : Comment appelle-t-on ce type de système optique ? Comment sont placés les foyers des lentilles ? Exprimer le grossissement G de cette lunette en fonction des distances focales des lentilles $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$.
2. *A propos du collimateur* : Justifier par un schéma optique le principe du réglage par autocollimation.
3. *A propos de l'œil fictif* : Où doit-on placer l'écran par rapport à la lentille $\mathcal{L}_3$ pour que l'image des objets à l'infini se forment dans son plan ?
4. Dans le système complet, quelle distance parmi celle entre $\mathcal{L}_0$ et $\mathcal{L}_1$, celle entre $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$ et celle entre $\mathcal{L}_2$ et $\mathcal{L}_3$ est importante ? Quelle doit être sa valeur ?

2 Réglage de la lunette astronomique

Monter la lunette dans l'ordre suivant (**appeler le professeur à chaque étape pour vérifier le montage !**) :

- Réglage du collimateur en procédant par autocollimation. Fixer les positions de l'objet et de la lentille $\mathcal{L}_0$. **Ne plus toucher à ces réglages.**
- Réalisation de l'œil fictif : une fois la lentille $\mathcal{L}_3$ associée à l'écran, les fixer ensemble à l'aide de la tige rigide. **Ne plus modifier le réglage de l'œil**.

A ce stade, on doit voir une image nette de l'objet sur l'écran de l'œil fictif.

4. Mesurer sa taille A_0B_0 AVANT d'installer la lunette et noter cette valeur avec son incertitude.

- Positionnement des lentilles $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$ composant la lunette. Elle sera réglée lorsque l'image obtenue sur l'écran de l'œil fictif est nette.

5. Mesurer la distance séparant $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$. Vérifier qu'on retrouve bien la distance attendue (cf. question 4), en tenant compte des incertitudes-types. On admettra que les indications fournies par le fabricant sur les distances focales des diverses lentilles ont une erreur associée de $\pm 5\%$.

3 Mesure du grossissement angulaire

6. Calculer la valeur théorique du grossissement de la lunette en fonction des focales des lentilles utilisées (cf. question **??**), avec son incertitude (toujours 5% sur les valeurs des focales + utiliser la formule des incertitudes composées).

On n'a pas accès directement, par la mesure, aux angles α et α'. Nous allons donc mesurer la taille de l'image sur l'écran avec la lunette, sachant que la taille de l'image sur l'écran A_0B_0 sans la lunette a déjà été mesurée.

7. En l'absence de lunette, donner l'expression liant A_0B_0 et $|\alpha|$ en faisant un schéma pour l'expliquer.
8. Avec la lunette :
   - Mesurer la taille $\overline{A'_0B'_0}$ de l'image sur l'écran et préciser l'incertitude type associée à cette mesure.
   - Donner l'expression liant $\overline{A'_0B'_0}$ et $|\alpha'|$ en faisant un schéma pour l'expliquer.
9. En déduire l'expression littérale du grossissement G en fonction de $\overline{A_0B_0}$ et $\overline{A'_0B'_0}$.
   Proposer une estimation numérique de la valeur de G ainsi que l'incertitude associée.
   La comparer à la valeur trouvée précédemment à partir des données du constructeur.

4 Diaphragme d'ouverture, diaphragme de champ



Définitions :

Un **diaphragme d'ouverture** agit principalement sur la luminosité de l'image, sans en affecter le champ.
Un **diaphragme de champ** affecte le champ en largeur de l'image.

- Placer contre l'objectif $\mathcal{L}_1$ un diaphragme à iris. Modifiez-en la taille. Qu'observez-vous ?
- Placer, proche du plan passant par $F'_1 = F_2$ (plan de l'image intermédiaire), un diaphragme à iris. Modifiez-en la taille. Qu'observez-vous ?

10. Identifier alors quelle partie de la lunette astronomique constitue le diaphragme de champ et quelle partie constitue le diaphragme d'ouverture.