TP – Lunette astronomique

NOM :

Un compte-rendu est à rendre pour ce TP

Dans ce TP, nous allons étudier une lunette astronomique.

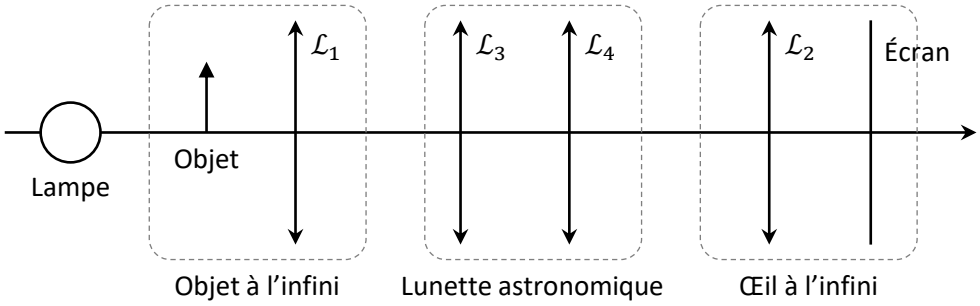
La lunette astronomique, bien qu'inventée quelques décennies avant Galilée, a été véritablement utilisée par ce dernier à partir de 1609 pour observer des objets célestes. Galilée a construit ses propres lunettes, augmentant progressivement leur grossissement de 3 jusqu'à 30.

I) Description du dispositif

L'œil ou une lunette permettent de voir des objets à l'infini. Pour simuler le fonctionnement de ces instruments sur le banc d'optique, il faudra créer un objet (une grille) à l'infini. Un observateur place son œil à la sortie de la lunette, c'est-à-dire derrière son oculaire : il faudra simuler le rôle de l'œil en utilisant une lentille et un écran.

La figure ci-dessous représente le montage général de l'étude d'une lunette astronomique, dans lequel les lentilles ont les rôles suivants :

- la lentille $\mathcal{L}_1$ permettra de réaliser un objet à l'infini ;
- la lentille $\mathcal{L}_2$ représente le cristallin de l'œil ;
- les lentilles $\mathcal{L}_3$ et $\mathcal{L}_4$ constituent la lunette.



II) Étude de l'œil seul

1) Réalisation d'un objet à l'infini

Q1 Proposer un protocole pour réaliser un objet à l'infini à l'aide de la diapositive et de la lentille $\mathcal{L}_1$ de vergence $V_1 = 10$ δ.

Un tel dispositif est appelé **collimateur**.

Réaliser le collimateur avec la lentille $\mathcal{L}_1$.

2) Étude de l'œil réduit pour la vision à l'infini

Réaliser un œil à l'aide de la lentille $\mathcal{L}_2$ de vergence $V_2 = 2$ δ et d'un écran. L'œil doit permettre d'observer sur l'écran un objet à l'infini. À l'aide d'une tige et des noix, rendre solidaires la lentille et l'écran, afin de fixer la distance cristallin/rétine.

Appeler le professeur pour lui montrer le montage.

I	C	E

Q2 À quelle distance de $\mathcal{L}_2$ doit se trouver l'écran de façon à obtenir une image nette ?

3) Rôle de l'iris

Le cristallin étant de diamètre fini, il limite le nombre de rayons lumineux entrant dans l'œil. Il est possible de modifier artificiellement l'ouverture du cristallin en lui accolant un diaphragme. C'est le rôle de l'iris.

On appelle **diaphragme d'ouverture** un diaphragme qui limite la quantité de lumière passant dans le dispositif.

On appelle **diaphragme de champ** un diaphragme qui limite le champ de vision du dispositif.

Q3 Quel rôle joue ce diaphragme pour notre œil réduit ? Justifier la réponse à l'aide d'un montage expérimental.

III) Étude de la lunette astronomique

1) Étude théorique de la lunette astronomique

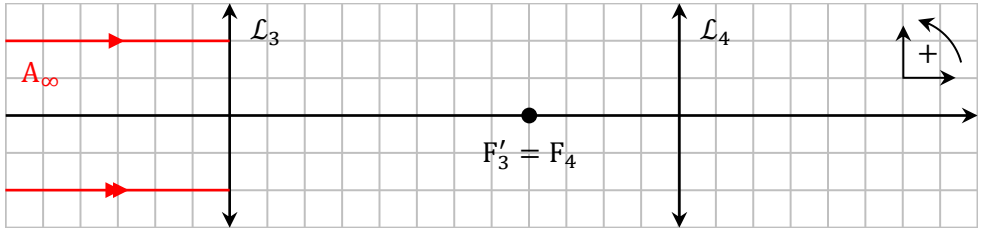
On réalise une lunette astronomique, constituée par les lentilles convergentes $\mathcal{L}_3$ de vergence $V_3 = 3\ \delta$ et $\mathcal{L}_4$ de vergence $V_4 = 8\ \delta$. Le foyer image de $\mathcal{L}_3$ correspond au foyer objet de $\mathcal{L}_4$.

On définit le sens positif des angles comme étant le sens trigonométrique. On considère un objet $A_\infty B_\infty$ situé à l'infini (A_∞ sur l'axe optique, B_∞ hors axe optique). Les rayons issus de B_∞ étant inclinés d'un angle $\alpha < 0$ par rapport à l'axe optique. On note les différentes images intermédiaires de la manière suivante :

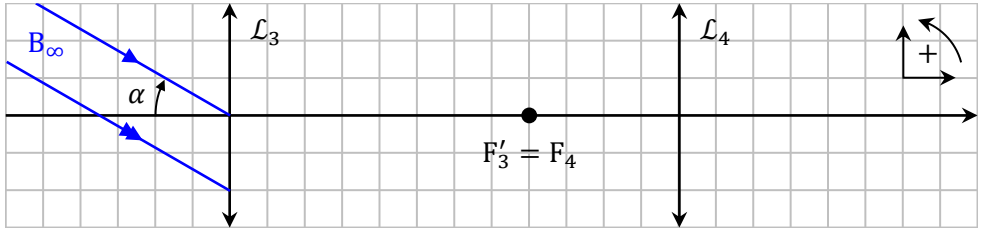
$$A_\infty B_\infty \xrightarrow{\mathcal{L}_3} A_3 B_3 \xrightarrow{\mathcal{L}_4} A_4 B_4 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} A'B'$$

On désigne par α' l'angle par rapport à l'axe optique des rayons se dirigeant vers B_4.

Q4 Reproduire la figure ci-dessous sur votre compte-rendu, puis tracer le chemin des rayons provenant du point A_∞. Montrer, à l'aide de cette construction, que le système est afocal. Retrouver ce résultat à l'aide des relations de conjugaison.



Q5 Reproduire la figure ci-dessous sur votre compte-rendu, puis prolonger le chemin des rayons provenant de B_∞ à travers tout le système optique. Représenter également les images A_3B_3 et A_4B_4, ainsi que l'angle α'.



Q6 Dans les conditions de Gauss, montrer que le grossissement de la lunette vaut

$$G \underset{\text{def}}{\overset{\uparrow}{=}} \frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{f'_3}{f'_4}$$

2) Mesure du grossissement

Réaliser la lunette astronomique, constituée par les lentilles convergentes $\mathcal{L}_3$ et $\mathcal{L}_4$. À l'aide d'une tige et des noix, rendre solidaires les deux lentilles.

Appeler le professeur pour lui montrer le montage.

I	C	E

On note h' la taille de l'image correspondant à l'objet de référence (un carreau du quadrillage, par exemple) par la lunette et h la taille de l'image en enlevant la lunette.

Q7 En vous appuyant sur des schémas, montrer que :

$$|G| = \frac{h'}{h}$$

Q8 Mesurer h et h'. En déduire le grossissement du dispositif avec son incertitude-type associée (type B). Conclure.

IV) Notion de cercle oculaire

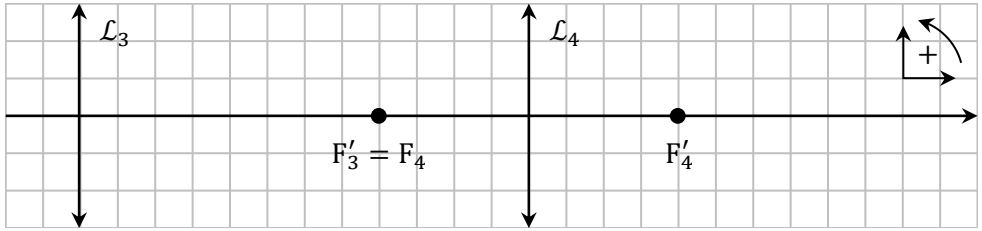
1) Étude théorique

Le **cercle oculaire** est l'image de l'objectif ($\mathcal{L}_3$) à travers l'oculaire ($\mathcal{L}_4$). Il s'agit du lieu situé après le système optique où la concentration en lumière est la plus importante. En effet, l'objectif peut être vu comme un objet lumineux (en forme de disque) qui envoie dans le système des rayons dans toutes les directions. Ces rayons se concentrent au niveau de son image à travers l'oculaire. L'image est donc un disque de lumière (et non pas un cercle comme le suggère le nom...).

On note r le rayon de la lentille $\mathcal{L}_3$ et r' le rayon du cercle oculaire. On note C le centre du cercle oculaire. De par sa définition, on a donc :

$$O_3 \xrightarrow{\mathcal{L}_4} C$$

Q9 Reproduire la figure ci-dessous sur votre compte-rendu, puis tracer le cercle oculaire.



Grâce aux relations de conjugaison ou de grandissement, on peut montrer que :

$$|G| = \frac{r}{r'} \qquad \text{et} \qquad \overline{O_3C} = \frac{f'_4\,(f'_3 + f'_4)}{f'_3}$$

2) Manipulation

Dans un premier temps, on ne place pas de diaphragme devant l'objectif ($\mathcal{L}_3$).

Trouver la position du cercle oculaire.

Appeler le professeur pour lui montrer le montage.

I	C	E

Q10 Déterminer le grossissement de la lunette en mesurant les diamètres de $\mathcal{L}_3$ et du cercle oculaire. Comparer à la valeur théorique.

Placer un diaphragme devant la lentille $\mathcal{L}_3$ et faire varier son ouverture.

Q11 Quelle est son influence sur le diamètre du cercle oculaire et sur l'image formée sur la rétine ?