

# Optique - La lunette astronomique

Compte rendu individuel à rédiger proprement en justifiant les différentes réponses.

## 1- Introduction

Historiquement, on considère que la première lunette permettant d'observer l'espace a été inventée par Galilée en 1609.

Enthousiasmé par le récit des découvertes que celui-ci venait de réaliser avec sa lunette, Kepler invente en 1611 une nouvelle combinaison optique plus performante

C'est la lunette de Kepler, maintenant nommée "lunette astronomique", qui fut ensuite préférée à celle de Galilée.

Le but de ce travail expérimental est de fabriquer une lunette astronomique avec le matériel d'optique que l'on peut trouver dans un laboratoire de lycée et de mesurer son grossissement.

## 2- Description d'une lunette astronomique afocale

Une lunette astronomique afocale donne, d'un objet à l'infini, une image à l'infini. Elle est constituée de deux lentilles convergentes:

- L'une, placée du côté de l'objet observé est appelée l'objectif.
- L'autre, placée du côté de l'œil, est appelée l'oculaire.

Pour que la lunette soit afocale, il faut que le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire soient confondus.

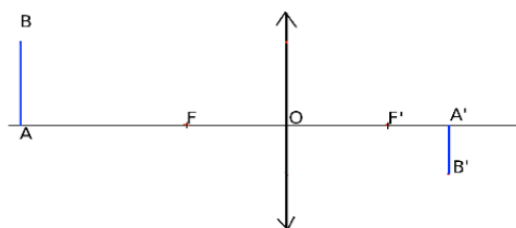
Le grossissement  $G$  de ce type de lunette se calcule grâce à la relation:

$$G = \frac{f'_{\text{objectif}}}{f'_{\text{oculaire}}}$$

## 2- Relation de conjugaison d'une lentille mince

Pour une lentille mince de centre  $O$ , de foyer objet  $F$  et de foyer image  $F'$ , la relation de conjugaison entre la position  $\overline{OA}$  de l'objet  $AB$  et la position  $\overline{OA'}$  de son image  $A'B'$  formée par la lentille est:

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$



### 3- Dispositif expérimental

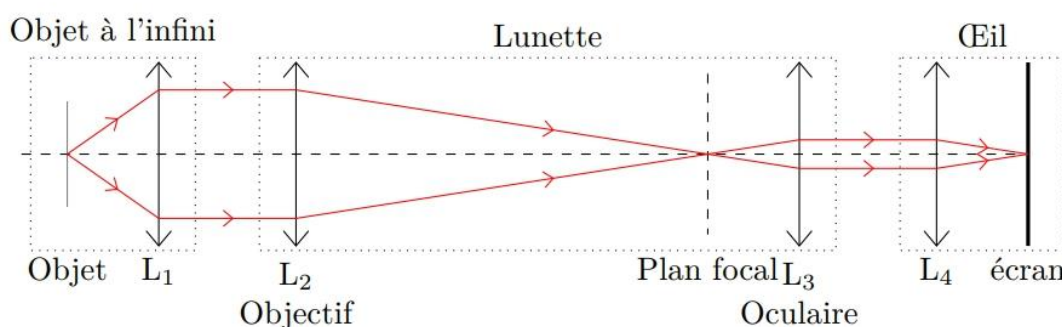
On utilisera le dispositif expérimental représenté ci-dessous.



L'objet à l'infini est modélisé au moyen d'un objet et d'une lentille convergente  $L_1$  positionnée de telle sorte que l'image qu'elle forme de l'objet soit située à l'infini. C'est cet objet à l'infini qui est ensuite observé par la lunette astronomique.

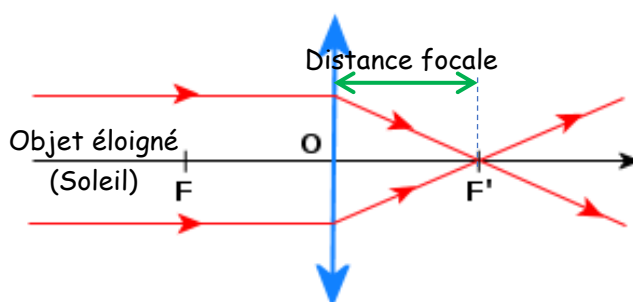
La lentille  $L_2$  constituera l'objectif et la lentille  $L_3$  l'oculaire.

L'œil sera modélisé par l'ensemble constitué de la lentille  $L_4$  et d'un écran placé en son foyer.



### 4- Mesure d'une distance focale $f'$ par la méthode de l'objet à l'infini

La distance focale  $f' = \overline{OF'}$  d'une lentille mince convergente peut être déterminée en mesurant la distance entre la lentille et l'écran sur lequel se forme l'image d'un objet à l'infini.



- Réaliser cette expérience avec les lentilles convergentes mises à votre disposition.
- Estimer les  $f'$  des différentes lentilles convergentes.

## 5- Travail expérimental

### 5.1- Distance focale $f$ et vergence $C$

- Après avoir rappelé la relation entre la vergence  $C$  et la distance focale  $f$  et précisé les unités, calculer les distances focales en cm pour chaque lentille.

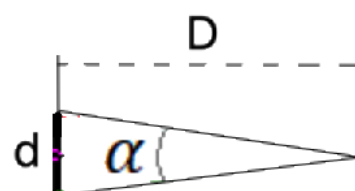
Lentille	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
Vergence $C$ ( $\delta$ )	$C_1 = 10,0 \delta$	$C_2 = 5,0 \delta$	$C_3 = 20,0 \delta$	$C_4 = 8,0 \delta$
Distance focale mesurée $f$ (cm)				
Distance focale calculée $f$ (cm)				

- Comparer ensuite avec les valeurs mesurées précédemment.

### 5.2- Diamètre apparent

Un disque de diamètre  $d$  observé depuis une distance  $D$  a un diamètre apparent  $\alpha$ :

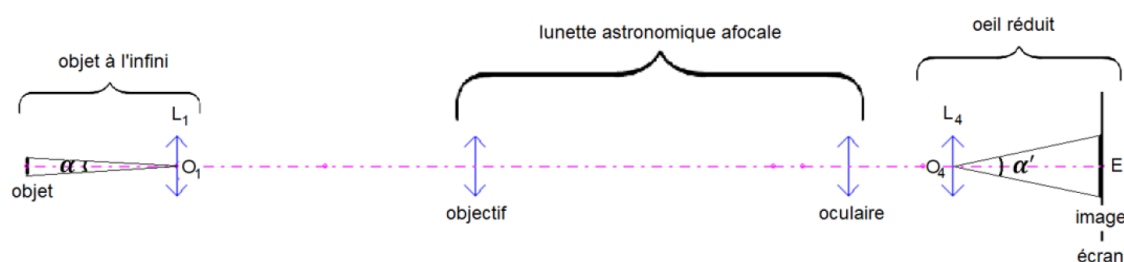
$$\alpha = 2 \arctan \left( \frac{d}{2.D} \right)$$



- Démontrer cette expression en utilisant la relation des tangentes dans le triangle rectangle.

### 5.3- Simuler un objet à l'infini

- L'objet est positionné sur le banc à la graduation zéro. Il ne faut pas le déplacer. Comment positionner la lentille  $L_1$  par rapport à cet objet pour en obtenir une image à l'infini?
- Montrer par le calcul en utilisant la relation de conjugaison, que l'objet  $A$  doit être confondu avec le foyer objet  $F_1$  de la lentille  $L_1$ .
- Réaliser le montage de simulation d'un objet à l'infini sur le banc d'optique et ne plus y toucher.



### 5.4- Œil réduit

L'œil réduit est réalisé au moyen d'une lentille convergente  $L_4$  de centre optique  $O_4$  et d'un écran  $E$  positionné de telle sorte que l'image d'un objet situé à l'infini se forme sur l'écran qui modélise la rétine.

On dispose d'une lentille convergente  $L_4$  de distance focale  $f'_4 = \overline{O_4F'_4} =$  cm et de centre optique  $O_4$ , et d'un objet modélisé à l'infini.

- On veut que l'image de l'objet, modélisé à l'infini, donnée par la lentille  $L_4$  soit nette sur l'écran. A l'aide de la relation de conjugaison, indiquer quelle doit être pour cela la distance  $\overline{O_4E}$  entre l'écran et la lentille  $L_4$ ?
- Mettre en œuvre le montage de l'œil réduit sur le banc d'optique à une distance de 40 cm de  $L_1$ .
- Vérifier qu'il donne bien de l'objet à l'infini une image nette sur l'écran (rétine), sinon, ajuster le réglage.

### 5.5- Mesure de la distance focale de la lentille $L_2$

- À l'aide de l'objet modélisé à l'infini constitué sur le banc optique et du deuxième écran disponible, mesurer la distance focale  $f'_2$  de la lentille  $L_2$  et indiquée 5,0  $\delta$  et estimer l'incertitude  $\Delta f'_2$  associée.

La distance focale de la lentille  $L_3$  a été mesurée au moyen d'une autre méthode. Le résultat alors obtenu est  $f'_3$  5,0 cm avec une incertitude associée  $\Delta f'_2 = 0,2$  cm.

- Sachant que le grossissement  $G$  doit être supérieur à 1, laquelle de ces deux lentilles  $L_1$  ou  $L_2$  doit-on choisir pour jouer le rôle de l'objectif?
- Sachant que le grossissement  $G$  doit être supérieur à 1, laquelle de ces deux lentilles  $L_1$  ou  $L_2$  doit-on choisir pour jouer le rôle de l'oculaire?

### 5.6- Mise en œuvre du dispositif expérimental

- A l'aide de la description de la lunette astronomique afocale, mettre en œuvre le montage constitué de l'objet modélisé à l'infini, de la lunette astronomique et de l'œil réduit.
- A l'aide du deuxième écran vérifier la position de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  à l'intérieur de la lunette. Décrire l'image  $A_1B_1$ .
- Mesurer le diamètre  $d$  de l'objet  $AB$  et le diamètre  $d'$  de son image  $A'B'$  sur l'écran simulant la rétine de l'œil réduit.

### 5.7- Calcul du grossissement

- Calculer les diamètres apparents de l'objet  $\alpha$  vu depuis  $O_1$  et de son image  $\alpha'$  sur l'écran vue depuis  $O_4$ .
- En déduire le grossissement  $G$  de la lunette définit comme le rapport des diamètres apparents  $\alpha$  et  $\alpha'$ .

$$G = \frac{f}{f'}$$

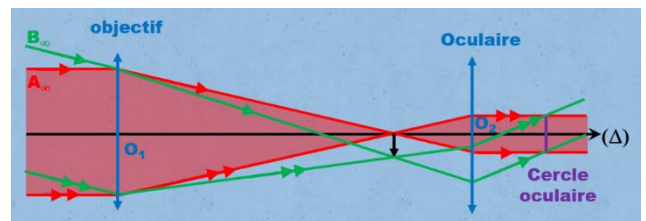
- Le résultat ainsi obtenu est-il cohérent avec celui obtenu par la relation donnée précédemment:

$$G = \frac{f'_{\text{objectif}}}{f'_{\text{oculaire}}}$$

- Quelles hypothèses peut-on formuler pour expliquer un éventuel écart entre les deux valeurs approchées du grossissement  $G$ ?

### 5.8- Cercle oculaire

Le cercle oculaire est l'image de l'objectif donnée par l'oculaire. Il se détermine en déplaçant un écran après l'oculaire à la recherche d'un disque lumineux net. L'œil de l'observateur doit être placé au voisinage du cercle oculaire pour recevoir le maximum de lumière.



- Sur le montage expérimental, trouver la position du cercle oculaire et donner sa valeur approximative.

### 5.9- Construction géométrique

- Sur la feuille de papier millimétrée tracer l'ensemble des rayons lumineux issus d'un objet lointain situé à l'infini. On considérera 3 rayons lumineux distincts et parallèles que l'on tracera avec des couleurs différentes.
- On légèrera correctement le schéma avec les différentes données.

