

CHAPITRE LUNETTE ASTRONOMIQUE

Exercice 1. une lunette d'amateur pour voir des étoiles doubles (5 points)

La notice d'une lunette astronomique commerciale pour amateur porte les indications suivantes :

- Lunette afocale
- Livrée avec deux oculaires de focales 6 mm et 12 mm
- Grossissement jusqu'à 100x
- Longueur totale 56 cm.

La valeur de la distance focale de l'objectif n'est pas précisée dans la notice. On se propose de vérifier la cohérence de ces indications entre elles à l'aide d'une modélisation puis d'utiliser cette lunette commerciale pour encadrer la valeur de l'angle sous lequel se présente un système d'étoile double. On modélise la lunette du commerce par deux lentilles minces convergentes (L_1) et (L_2) conformément au schéma en ANNEXE.

L'objectif est modélisé par une lentille (L_1) convergente de centre optique O_1 et de distance focale f_1' .

L'oculaire est modélisé par une lentille convergente (L_2) de centre optique O_2 , et de distance focale f_2' .

Le schéma n'est pas à l'échelle. Les lentilles (L_1) et (L_2) sont positionnées pour rendre le système afocal.

On rappelle que pour un petit angle α exprimé en radians $\tan \alpha \simeq \alpha$.

Partie 1. Estimation de la valeur de la distance focale de l'objectif commercial à l'aide de la lunette modélisée

Un système optique est dit afocal s'il donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.

1.1 En s'appuyant sur le schéma en ANNEXE, justifier que la lunette modélisée est bien afocale.

1.2 Exprimer la distance O_1O_2 en fonction des distances focales f_1' et f_2' pour cette lunette afocale.

1.3 À l'aide des indications commerciales, et en se basant sur le modèle étudié, montrer que la valeur de la distance focale de l'objectif de la lunette commerciale est de l'ordre de 55 cm.

Partie 2. Estimation de la valeur du grossissement commercial

L'objet observé supposé à l'infini, est représenté sur le schéma en ANNEXE 2 par $A_\infty B_\infty$ (A_∞ étant sur l'axe optique). Un rayon lumineux issu de B_∞ est également représenté.

2.1 Sur le schéma en ANNEXE, construire l'image A_1B_1 de l'objet $A_\infty B_\infty$, donnée par l'objectif.

On désigne par α le diamètre apparent de l'objet, c'est-à-dire l'angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu. On a représenté α sur le schéma de l'annexe.

2.2 Exprimer $\tan \alpha$ en fonction de f_1' et A_1B_1 .

L'oculaire (L_2) permet d'obtenir une image définitive $A'B'$ perçue par l'œil sous un angle α' .

2.3 Sur le schéma en ANNEXE, construire la marche d'un rayon lumineux incident issu de B_1 émergent de la lentille (L_2).

2.4 Positionner α' sur le schéma et exprimer $\tan \alpha'$ en fonction de f_2' et A_1B_1 .

2.5 Rappeler la définition du grossissement G de la lunette et l'exprimer en fonction des distances focales f_1' et f_2' .

2.6 Justifier l'intérêt d'utiliser des lentilles telles que $f_2' \ll f_1'$.

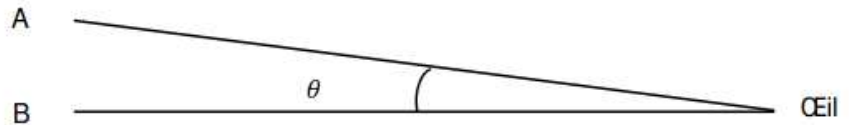
2.7 Compte tenu de la valeur de la distance focale de l'objectif de la lunette commerciale estimée à la question 3, discuter de la cohérence de l'indication « Grossissement jusqu'à 100x » et préciser si d'autres valeurs du grossissement sont également possibles pour cette lunette commerciale.

Partie 3. Observation d'étoiles doubles

Certaines étoiles apparaissent si proches l'une de l'autre qu'il est souvent impossible de les distinguer à l'œil nu pour un observateur sur Terre.

Données

L'œil humain ne peut distinguer deux points A et B que si l'angle θ sous lequel sont vu les deux points est supérieur à $3,0 \times 10^{-4}$ rad.



On observe un système d'étoiles doubles à travers la

lunette commerciale. Avec l'un des deux oculaires fournis, on observe un point lumineux unique tandis qu'avec l'autre on observe deux points lumineux.

3.1 Préciser les oculaires utilisés pour chaque observation et donner un encadrement de l'angle α sous lequel se présente les deux étoiles à l'œil nu.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche, même non aboutie, sera valorisée.



Exercice 2. La « Grande Lunette » de Meudon

Jules Janssen (Paris 1824, Meudon 1907) était un astronome français. Il a été à l'origine de la restauration du château de Meudon pour y fonder un observatoire entièrement dédié à l'astrophysique. Dès 1876, il commença à y installer divers instruments d'observation. La « Grande Lunette » (figure 1) y a été mise en service en 1896 sous une coupole de vingt mètres de diamètre. Elle est encore aujourd'hui la plus grande lunette astronomique d'Europe. Le but de cet exercice est de modéliser la « Grande Lunette » puis de calculer l'angle sous lequel on observe l'image d'un cratère de la Lune à travers cette lunette.

Données :

La « Grande Lunette » est constituée de deux lentilles minces convergentes :

- une lentille L_1 de centre optique O_1 de distance focale $f_1 = 16$ m,
- une lentille L_2 de centre optique O_2 de distance focale $f_2 = 4$ cm.

Le modèle de la « Grande Lunette » est représenté sans souci d'échelle.

1. En utilisant ce document à rendre avec la copie, nommer la lentille L_1 et la lentille L_2 . Justifier les noms attribués.
2. Une lunette astronomique est un système optique « afocal ». Donner la définition du terme « afocal ».
3. Sur le document réponse à rendre avec la copie, indiquer la position des foyers objet F_2 et image F'_2 de la lentille L_2 sans souci d'échelle.

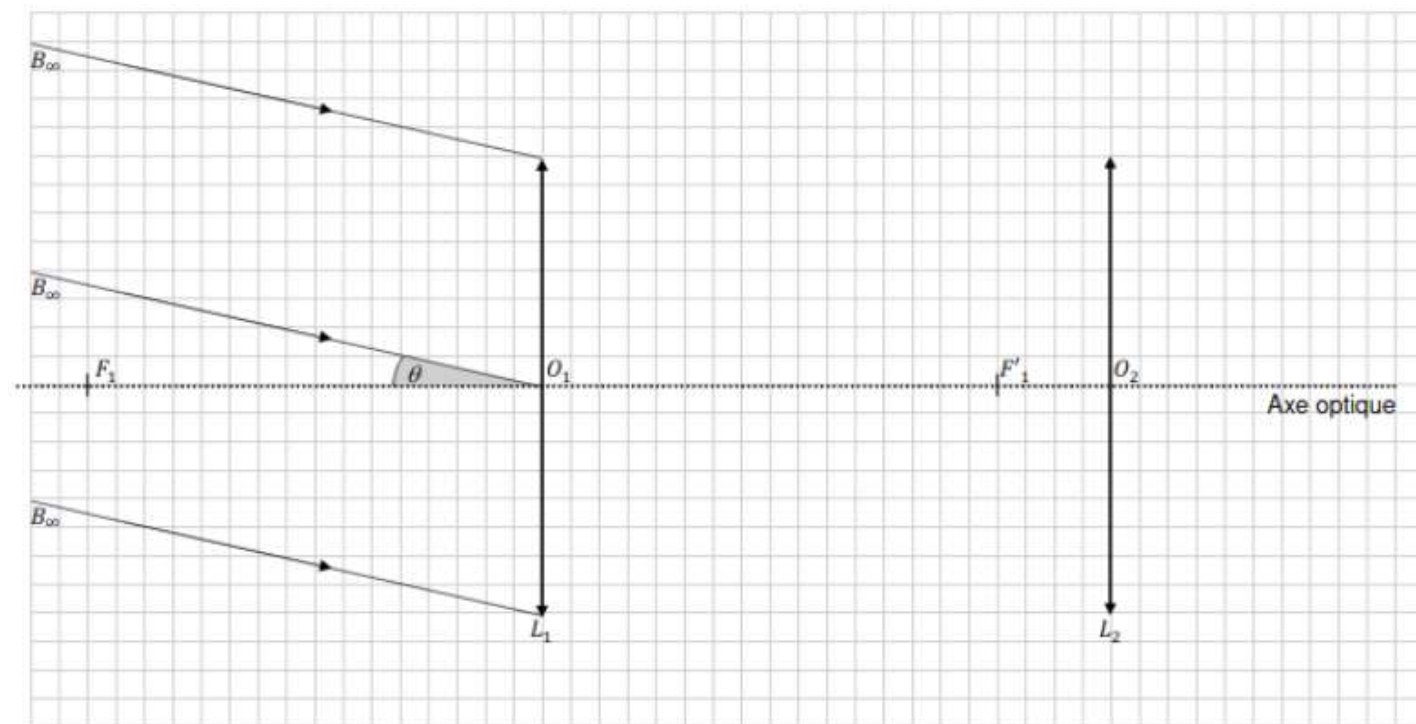
La lunette astronomique représentée sur le document réponse à rendre avec la copie est utilisée pour observer un point objet B situé « à l'infini » qui émet un faisceau lumineux parallèle vers la lunette. Le faisceau pénètre dans la lunette en s'appuyant sur les bords de la lentille L_1 . La lentille L_1 donne de ce point B une image appelée image intermédiaire notée B_1 .

4. Sur le document réponse à rendre avec la copie, tracer le trajet du rayon lumineux issu de B pénétrant dans la lunette par le centre optique O_1 de la lentille L_1 et émergeant de la lentille L_2 . Noter la position de B_1 image intermédiaire de B .
5. Représenter le faisceau émergent issu de l'objet B traversant la lunette en poursuivant les trajets des rayons lumineux s'appuyant sur les bords de la lentille L_1 jusqu'à leur sortie de la lunette par L_2 sur le document réponse à rendre avec la copie.
6. Le point objet B est vu à l'œil nu sous l'angle α appelé diamètre apparent de l'objet. Représenter l'angle θ sous lequel l'image définitive est vue à travers la lunette sur le document réponse à rendre avec la copie.
7. Le grossissement de la lunette est donné par l'expression : $G = \frac{\theta'}{\theta}$. Les angles θ' et θ sont petits et exprimés en radian, on peut donc considérer que $\tan \theta \simeq \theta$ et que $\tan \theta' \simeq \theta'$. Retrouver, par des considérations géométriques, l'expression du grossissement G en fonction des distances focales f_1 et f_2 .
8. Calculer le grossissement G_{GL} de la « Grande Lunette » de Meudon.

Depuis le sol terrestre, un cratère de la Lune nommé Albategnius peut être aperçu sous un angle θ de valeur égale à $1'$.

Donnée : Un degré est subdivisé en 60 minutes d'arc dont la notation est $60'$.

9. Calculer, en degrés, la valeur de l'angle θ' sous lequel l'image du cratère Albategnius est observé à travers la « Grande Lunette » de Meudon.



CORRECTION DES EXERCICES DU CHAPITRE LUNETTE ASTRONOMIQUE

Exercice 1. Une lunette d'amateur pour voir des étoiles doubles

Partie 1 . Estimation de la valeur de la distance focale de l'objectif commercial à l'aide de la lunette modélisée

1.1 La lunette est qualifiée d'afocal, car le foyer image de la première lentille F'_1 est confondu avec le foyer objet F_2 de la seconde lentille.

1.2 $O_1O_2 = f_1 + f_2$

1.3 $O_1O_2 = f_1 + f_2 \rightarrow f_1 = O_1O_2 - f_2 = 56 \times 10^{-2} - 12 \times 10^{-3} \approx 55 \times 10^{-2} = 55 \text{ cm}$

Partie 2 . Estimation de la valeur du grossissement commercial

2.1 voir annexe

2.2 dans le triangle $O_1A_1B_1$, $\tan \alpha = \frac{A_1B_1}{f'_1}$

2.3 voir annexe

2.4 dans le triangle $O_2A_1B_1$, $\tan \alpha' = \frac{A_1B_1}{f'_2}$

2.5 $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ or $\tan \alpha \approx \alpha$ et $\tan \alpha' \approx \alpha'$ donc $\alpha = \frac{A_1B_1}{f'_1}$ et $\alpha' = \frac{A_1B_1}{f'_2}$. dans

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A_1B_1/f'_2}{A_1B_1/f'_1} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_2}$$

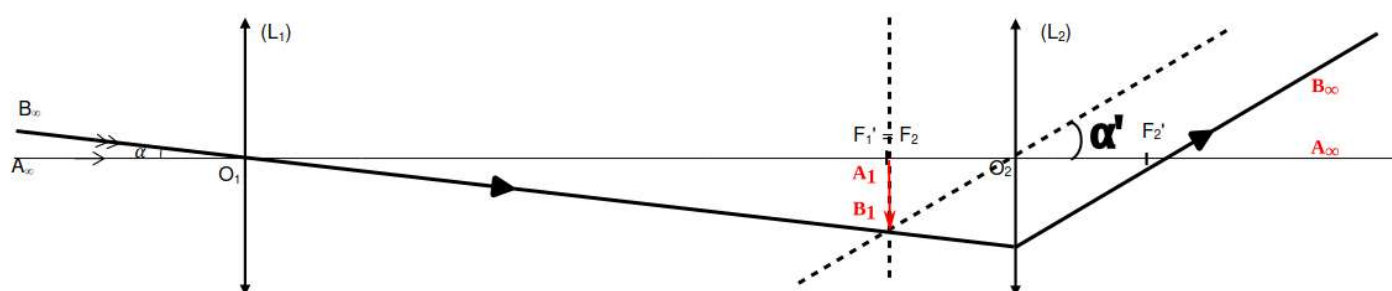
2.6 si $f'_2 \ll f'_1 \rightarrow f'_1 \gg f'_2 \rightarrow \frac{f'_1}{f'_2} \gg 1 \rightarrow G \gg 1$ on obtient ainsi un très grand grossissement.

2.7 $G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{56 \times 10^{-2}}{6 \times 10^{-3}} = 93,3 \approx 100$ avec l'autre valeur d'oculaire $G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{56 \times 10^{-2}}{12 \times 10^{-3}} = 46,7$

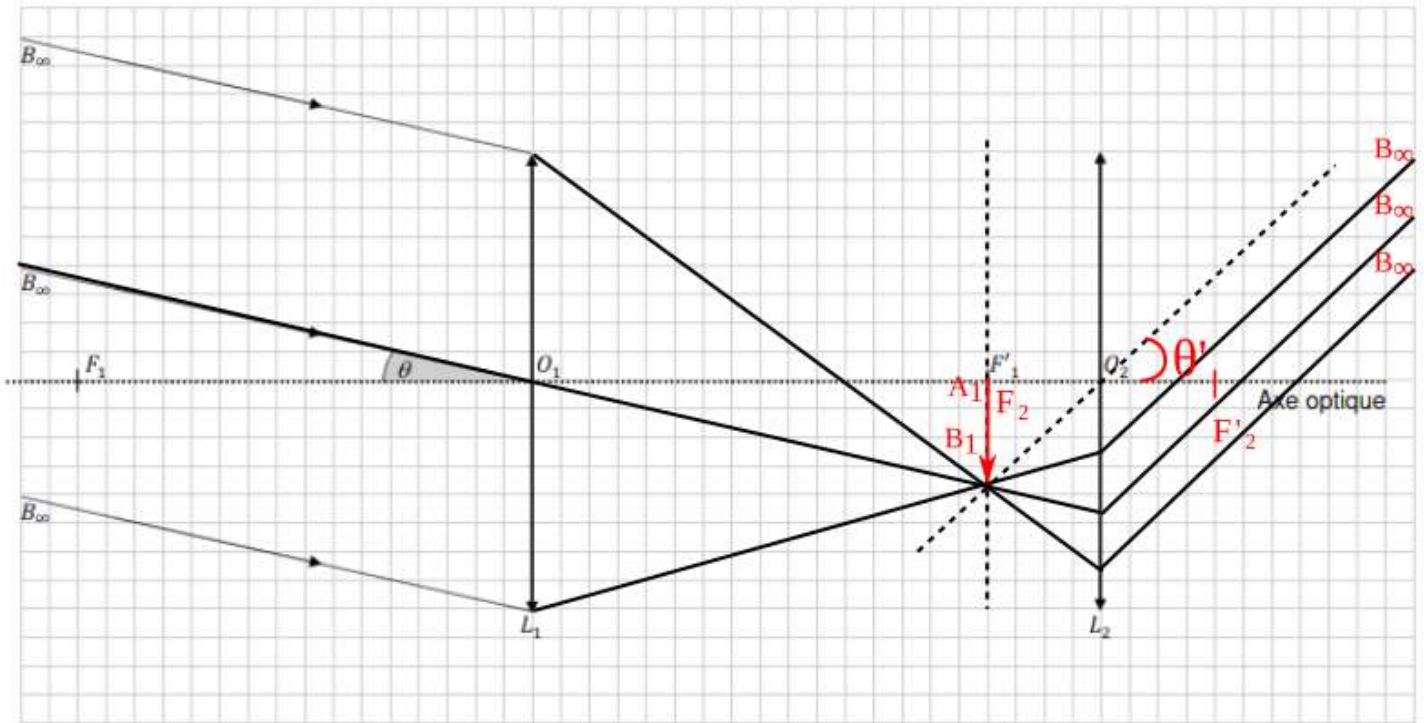
Partie 3 . Observation d'étoiles doubles

3.1

Annexe



Exercice 2. La « Grande Lunette » de Meudon



1. La lentille L_1 est l'objet, car située du côté de l'objet et l'autre L_2 est l'oculaire située près de l'œil.
2. Une lunette afocale est une lunette donnant une image à l'infini d'un objet à l'infini. Cette condition est obtenue en plaçant le foyer image de l'objectif F_1' sur le foyer objet de l'oculaire F_2 .

3. Voir le schéma

4. Voir le schéma

5. Voir le schéma

6. Voir le schéma

7. $G = \frac{\theta'}{\theta}$ or $\tan \theta \simeq \theta$ et $\tan \theta' \simeq \theta'$ donc $\theta = \frac{A_1 B_1}{f'_1}$ et $\theta' = \frac{A_1 B_1}{f'_2}$. dans

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1 B_1 / f'_2}{A_1 B_1 / f'_1} = \frac{A_1 B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1 B_1} = \frac{f'_1}{f'_2}$$

8. $G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{16}{4 \times 10^{-2}} = 4000$

9. $1^\circ \rightarrow 60 \text{ min} = 60'$
 $\theta \rightarrow 1 \text{ min} = 1'$

$$\theta = \frac{1 \times 1}{60} = 0,033^\circ$$

$$G = \frac{\theta'}{\theta} \rightarrow \theta' = G \times \theta = 400 \times 0,033 = 13,3^\circ$$