

On se propose d'étudier une lunette astronomique qui permet d'observer l'image du Soleil par une projection sur un écran. Cette lunette est constituée :

- d'un objectif convergent de diamètre 70 mm et de distance focale  $f_1' = 900$  mm ;
- d'un oculaire convergent de distance focale  $f_2' = 20$  mm.

### Données

- Diamètre apparent du Soleil :  $\alpha = 9,33 \times 10^{-3}$  rad.
  - Grossissement de la lunette :  $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ .
- ( $\alpha'$  est le diamètre apparent exprimé en radian de l'image définitive  $A'B'$ ).

Dans la suite de l'exercice, on assimilera l'objectif de cette lunette à une lentille mince ( $L_1$ ) convergente de centre optique  $O_1$ , de foyers objet et image respectifs  $F_1$  et  $F_1'$ .

L'oculaire sera assimilé à une lentille mince ( $L_2$ ) convergente de centre optique  $O_2$ , de foyers objet et image respectifs  $F_2$  et  $F_2'$ .

L'objectif de cette lunette, donne d'un objet  $AB$  très éloigné (considéré à l'infini), une image intermédiaire  $A_1B_1$  située entre l'objectif et l'oculaire. L'oculaire qui sert à examiner cette image intermédiaire, en donne une image définitive  $A'B'$ . Lorsque cette image définitive est à l'infini, la lunette est dite afocale.

Les schémas des figures (1 et 2) donnés en ANNEXE N°1 ont été réalisés sans considérations d'échelle.

## 1. LA LUNETTE EST RENDUE AFOCALE

**1.1.** Le point A de l'objet  $AB$  situé à l'infini, est sur l'axe optique de la lentille  $L_1$  (voir figure 1 de l'ANNEXE N°1, à rendre avec la copie).

**1.1.1.** Où se forme l'image intermédiaire  $A_1B_1$  de l'objet  $AB$  par rapport à l'objectif ? Construire cette image sur la figure 1.

**1.1.2.** Calculer la taille de  $A_1B_1$ . L'angle  $\alpha$  étant petit, on pourra utiliser l'approximation  $\tan \alpha \approx \alpha$  (rad).

**1.2.** L'image intermédiaire  $A_1B_1$  donnée par l'objectif constitue un objet pour l'oculaire.

**1.2.1.** Quelle position particulière doit occuper  $A_1B_1$  pour que l'image  $A'B'$  soit rejetée à l'infini ?

**1.2.2.** Où se trouve alors le foyer objet  $F_2$  de l'oculaire par rapport au foyer image  $F_1'$  de l'objectif pour que la lunette soit afocale ?

**1.3.** Placer sur la figure 2 de l'ANNEXE 1 à rendre avec la copie, les foyers  $F_2$  et  $F_2'$  de l'oculaire et tracer ensuite la marche du faisceau lumineux à travers la lunette.

**1.4.** Dans cet exercice, on parle du diamètre apparent image  $\alpha'$ .

**1.4.1.** Donner sa définition et le représenter sur la figure 2.

**1.4.2.** Calculer  $\alpha'$ . L'angle  $\alpha'$  étant petit, on pourra utiliser l'approximation  $\tan \alpha' \approx \alpha'$  (rad).

**1.5.** En déduire la valeur du grossissement  $G$  de cette lunette.

## 2. OBSERVATION DES TACHES SOLAIRES

Lorsqu'on observe le Soleil au travers de filtres appropriés ou lorsque l'on projette son image sur un écran, sa surface montre certaines irrégularités dans son éclat, appelées taches solaires, qui apparaissent en noir.

Pour une observation de ce phénomène, on règle la position de l'oculaire par rapport à l'objectif de façon à obtenir une image nette du Soleil sur un écran. L'écran est placé à 30 cm du foyer image  $F_2'$  de l'oculaire.

**2.1.** Montrer que la valeur de la distance algébrique  $\overline{O_2A'} = 32$  cm.

**2.2.** En utilisant la relation de conjugaison, calculer la distance algébrique  $\overline{O_2A_1}$ .

**2.3.** A-t-on éloigné ou rapproché l'oculaire de l'objectif pour observer l'image du Soleil sur l'écran ? Justifiez votre réponse.

**2.4.** On observe sur l'écran l'image d'une des taches solaires. Cette image supposée circulaire a un diamètre  $d' = 5$  mm. L'image du Soleil possède un diamètre  $D' = 126$  mm. Calculer le diamètre  $d$  de cette tache solaire.

On rappelle le diamètre du Soleil :  $D = 1,39 \times 10^6$  km.

Quel astronome amateur n'a pas été émerveillé de voir la première fois Saturne et ses anneaux dans sa lunette astronomique qu'il venait de construire avec simplement deux lentilles et deux tubes en carton ?

Cet exercice traite d'une lunette astronomique construite avec deux lentilles dont les caractéristiques indiquées par le constructeur sont les suivantes :

- Objectif  $L_1$  : Diamètre :  $D_1 = 40 \text{ mm}$       Distance focale :  $f_1' = 1,15 \text{ m}$
- Oculaire  $L_2$  : Diamètre :  $D_2 = 15 \text{ mm}$       Distance focale :  $f_2' = 25 \text{ mm}$

On rappelle la relation de conjugaison appliquée à une lentille mince de centre optique  $O$ , de distance focale

$$f', \text{ donnant d'un point } A \text{ situé sur l'axe optique une image } A' : \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

### 1. Vérification des distances focales

L'astronome amateur veut d'abord vérifier les valeurs des distances focales indiquées par le constructeur.

- 1.1. Avec l'objectif, il cherche l'image du Soleil sur un écran. Quand il obtient une image nette, petite et très lumineuse, il mesure la distance séparant l'objectif de l'écran. Quelle doit être normalement cette valeur ? Justifier.
- 1.2. La méthode précédente ne lui semble pas suffisamment précise pour vérifier la valeur très petite de  $f_2'$ , aussi préfère-t-il utiliser une autre méthode, dite de Silbermann, dans son laboratoire. Il place un objet  $AB$  au zéro d'un banc d'optique et perpendiculaire à celui-ci. Il déplace l'oculaire et un écran de manière à obtenir une image **A'B' renversée et de même grandeur que l'objet AB**. Les points  $A$  et  $A'$  sont sur l'axe optique de l'oculaire. Il mesure une distance  $AA' = 10,0 \text{ cm}$ .
  - 1.2.1. Faire la construction graphique correspondant à l'expérience. Tracer deux rayons remarquables issus de  $B$  permettant d'obtenir l'image  $B'$  et placer les foyers  $F_2$  et  $F_2'$  de l'oculaire.
  - 1.2.2. À partir de ce schéma, trouver la relation entre  $f_2'$  et la distance  $AA'$  (*aucune démonstration n'est demandée*). La valeur de  $f_2'$  trouvée est-elle conforme à l'indication du constructeur ?

### 2. Grossissement de la lunette

L'astronome amateur utilise sa lunette dans les meilleures conditions d'observations. Le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire sont alors confondus : la lunette est afocale. Il observe un objet  $AB$  considéré à l'infini et perpendiculaire à l'axe optique en  $A$ . Le diamètre apparent de l'objet est noté  $\alpha$ . Le schéma en annexe (**à rendre avec la copie**) reproduit la situation sans souci d'échelle.

- 2.1. Construire sur l'annexe l'image intermédiaire  $A_1B_1$  de l'objet  $AB$  donnée par l'objectif  $L_1$ .
- 2.2. Où se forme l'image définitive  $A'B'$  donnée par la lunette ? Justifier la réponse.
- 2.3. Tracer le rayon émergent de l'oculaire correspondant au rayon incident issu de  $B$  et passant par le centre optique  $O_1$  de l'objectif en laissant la construction apparente.
- 2.4. Le grossissement de la lunette est donné par l'expression :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} \quad \alpha' \text{ étant l'angle sous lequel on voit l'image } A'B' \text{ dans l'instrument.}$$

Les angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  étant petits et exprimés en radians, on pourra écrire :  $\tan \alpha = \alpha$  et  $\tan \alpha' = \alpha'$ .

Indiquer  $\alpha'$  sur le schéma en annexe et trouver, par des considérations géométriques, le grossissement  $G$  en fonction des distances focales  $f_2'$  et  $f_1'$ , puis calculer sa valeur numérique.

- 2.5. Le grossissement précédent est bien adapté à l'observation de la Lune ou des anneaux de Saturne. Pour observer le ciel profond (galaxies, nébuleuses...), l'astronome utilise un grossissement inférieur. Pour cela, sans changer d'objectif, utilise-t-il un oculaire de distance focale supérieure ou inférieure à  $25 \text{ mm}$  ? Justifier la réponse.

### 3. Cercle oculaire

- 3.1. Donner la définition du cercle oculaire.
- 3.2. On se place toujours dans le cas d'une lunette afocale. Construire le cercle oculaire sur le schéma donné en annexe (**à rendre avec la copie**).
- 3.3. Calculer la valeur  $d$  du diamètre du cercle oculaire.
- 3.4. Où l'astronome doit-il placer son œil et quel doit être le diamètre de sa pupille pour recevoir le maximum de lumière ?

# Exercice N° 1 : Les tâches solaires

ANNEXE N°1 à rendre avec la copie

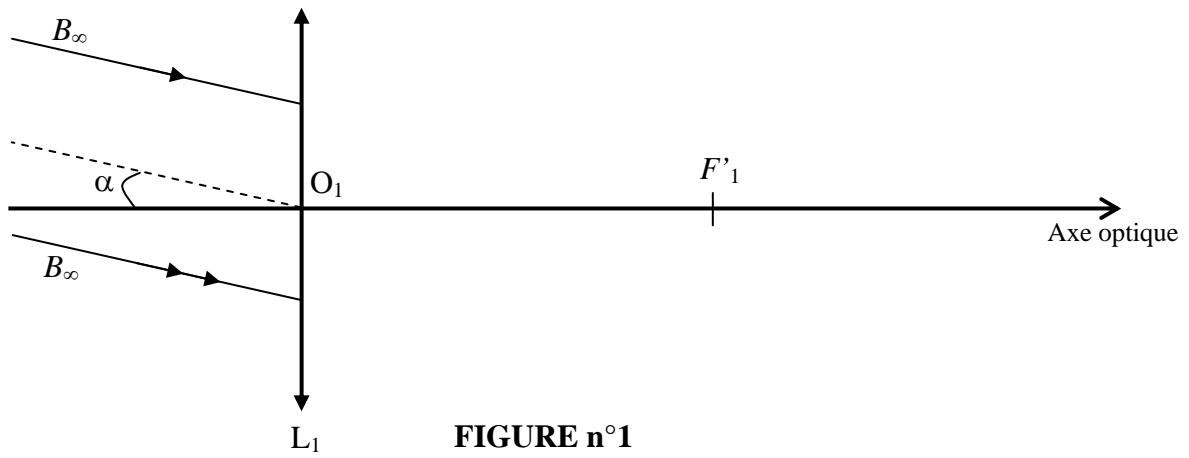


FIGURE n°1

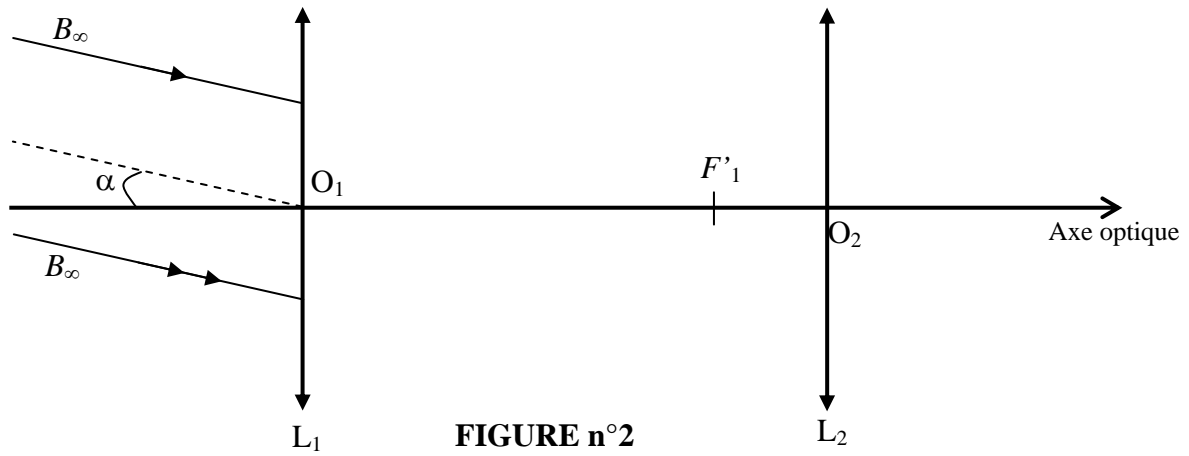


FIGURE n°2

**EXERCICE N°2 : LUNETTE ASTRONOMIQUE D'AMATEUR**

**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**

