

EXERCICES - LUNETTE ASTRONOMIQUE**Exercice 1**

On observe la lune de diamètre angulaire $0,5^\circ$, à l'aide d'une **lunette astronomique** afocale constituée de 2 lentilles convergentes. L'objectif a pour distance focale 80 cm, et l'oculaire 5,0 cm.

- 1) Sur un schéma, sans chercher à adopter une échelle, représenter la marche d'un rayon issu du bord de la Lune (l'autre bord étant centré sur l'axe optique).
- 2) a) Où est située l'image intermédiaire ? Est-elle réelle ou virtuelle ? Droite ou renversée par rapport à l'objet ?
b) Mêmes questions pour l'image définitive.
- 3) Calculer le grossissement de la lunette.

Notice d'une lunette astronomique

Le but de cet exercice est d'étudier le fonctionnement d'une lunette astronomique et de vérifier certaines indications portées sur la notice descriptive.

Lunette astronomique :

- Grossissements: 32 ; 51 ; 107 ; 64 ; 102 ; 214.
- Objectif: achromatique, de diamètre 80 mm, de focale 640 mm.
- Oculaires : trois oculaires interchangeables de focale 20 mm ; 12,5 mm ; 6 mm.
- Lentille de Barlow (elle double le grossissement de la lunette pour chaque oculaire).

Une lunette astronomique est constituée de deux systèmes optiques convergents assimilés à deux lentilles minces. L'objectif (lentille L_1 de centre optique O_1) pointe dans la direction de l'astre, objet de l'observation. L'oculaire (lentille L_2 de centre optique O_2) est situé devant l'œil de l'observateur. Le foyer principal image F'_1 de l'objectif est confondu avec le foyer principal objet F_2 de l'oculaire.

I) Modèle réduit de la lunette :

- 1) Placer sur la figure 1 de l'annexe 2 (à rendre avec la copie), les foyers principaux des deux lentilles L_1 et L_2 .
- 2) On observe à travers L_1 un objet AB situé à l'infini, le point A étant sur l'axe optique principal.
Sur le schéma figure un rayon issu de B.
 - a) Où se trouve l'image A_1B_1 de AB donnée par la lentille L_1 ?
 - b) Construire A_1B_1 .
 - c) Donner deux caractéristiques de cette image.
 - d) Indiquer de manière précise quelle position particulière A_1 occupe par rapport à L_2 .
 - e) Déduire de la question précédente où se trouve $A'B'$, image de A_1B_1 donnée par l'oculaire L_2 .
Justifier sans calcul.
 - f) Tracer deux rayons permettant de situer $A'B'$.

II) Grossissement du modèle :

On appelle α l'angle entre l'axe optique et un rayon issu de B (B situé à l'infini) comme indiqué sur la figure 1 de l'annexe 2. On appelle α' l'angle entre l'axe optique et le faisceau lumineux sortant de L_2 venant de B_1 . Le grossissement d'une lunette est défini par $G = \alpha' / \alpha$.

On considère que α et α' sont petits.

- 1) Rappeler les conditions de Gauss.
- 2) Dans ces conditions, établir l'expression du grossissement G en fonction de $O_1F'_1$ et O_2F_2 .
(on rappelle que $\tan \alpha \approx \alpha$, si α est un angle petit exprimé en radians).
- 3) Retrouver, pour chacun des trois oculaires, le grossissement correspondant.
- 4) Comment peut-on expliquer les six valeurs du grossissement indiquées sur la notice ?

III) Gain en luminosité :

On envisage maintenant un faisceau incident de rayons lumineux parallèles entre eux et parallèles à l'axe optique de la lunette. Ce faisceau, centré sur l'axe optique, a même diamètre D que l'objectif L_1 . On note d le diamètre du faisceau qui émerge de l'oculaire L_2 (voir figure 2 de l'annexe 2)

- 1) Compléter la marche du faisceau lumineux à travers tout le système optique. On indiquera d sur le schéma de la figure 2 de l'annexe 2.
- 2) Montrer que la relation entre D, d, $O_1F'_1$ et O_2F_2 est la suivante : $d = D \cdot O_2F_2 / O_1F'_1$
- 3) A l'aide des valeurs indiquées sur la notice, calculer la plus grande valeur de d.

Un des principaux rôles d'une lunette astronomique est de collecter le maximum de lumière provenant d'un objet ponctuel très éloigné. Sachant que le diamètre d'une pupille dilatée est de l'ordre de 8 mm, la lunette est un bon collecteur de lumière car d_{\max} est inférieur à 8 mm.

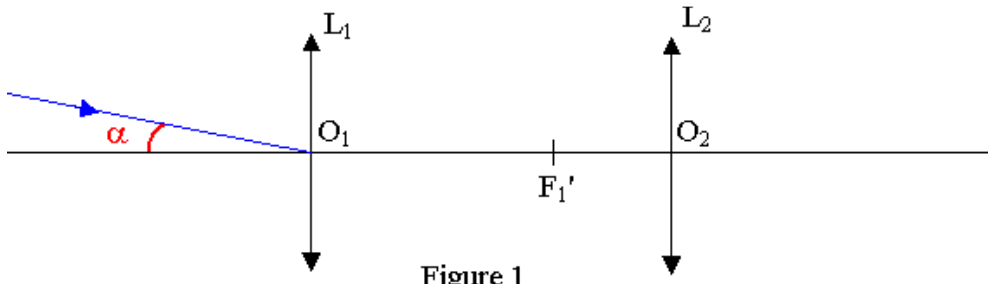


Figure 1

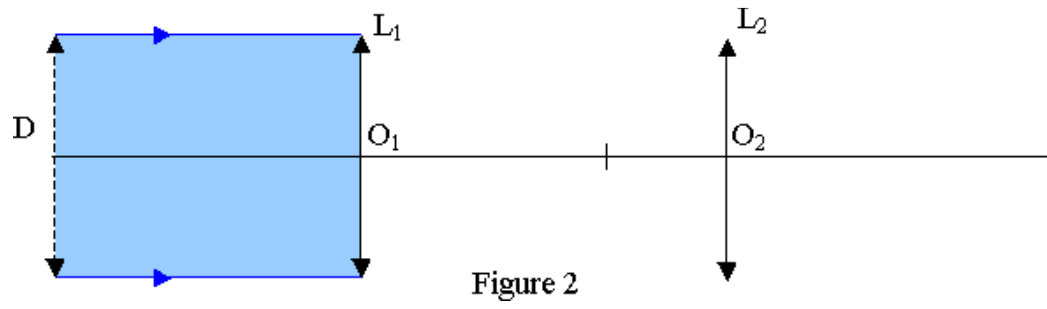


Figure 2

Correction : Notice d'une lunette astronomique**I) Modèle réduit de la lunette :**

- 1) Voir figure 1
- 2) a) L'image A_1B_1 de AB donnée par la lentille L_1 est dans le plan focal image car l'objet AB est situé à l'infini. A_1 est confondu avec F_1' .
- c) Cette image est renversée et réelle.
- d) A_1 est confondu avec F_1' lui-même confondu avec F_2 . A_1B_1 est dans le plan focal objet de la lentille L_2 .
- e) $A'B'$, image de A_1B_1 donnée par l'oculaire L_2 , est située à l'infini car l'objet A_1B_1 est dans le plan focal objet de la lentille L_2 .

II) Grossissement du modèle :

- 1) Les conditions de Gauss impliquent que les rayons lumineux sont peu inclinés par rapport à l'axe optique, les objets sont petits et placés au voisinage de l'axe optique.
- 2) $\tan \alpha = \frac{A_1B_1}{O_1F_1} \approx \alpha; \quad \tan \alpha' = \frac{A_1B_1}{O_2F_2} \approx \alpha'$
 $\Rightarrow G \approx \frac{A_1B_1 / O_2F_2}{A_1B_1 / O_1F_1} = \frac{O_1F_1}{O_2F_2}$
- 3) $G_{20} = \frac{640}{20} = 32; \quad G_{12,5} = \frac{640}{12,5} = 51,2; \quad G_6 = \frac{640}{6} \approx 107;$
- 4) La lentille de Barlow permet de doubler le grossissement de la lunette pour chaque oculaire. On a donc aussi les grossissements doubles des précédents : 64, 102 et 214.

III) Gain en luminosité :

- 2) Montrer que la relation entre D , d , O_1F_1' et O_2F_2 est la suivante : $d = D \cdot \frac{O_2F_2}{O_1F_1'}$

$$\tan \alpha = \frac{D/2}{O_1F_1} = \frac{d/2}{O_2F_2} \Rightarrow d = D \cdot \frac{O_2F_2}{O_1F_1}$$

- 3) D'après la notice, $D = 80$ mm (diamètre de l'objectif).
 d est maximum si O_2F_2 est maximum, soit 20 mm.
 $d_{\max} = 80 \times \frac{20}{640} = 2,5$ mm. On remarque que d_{\max} est inférieur au diamètre de la pupille.

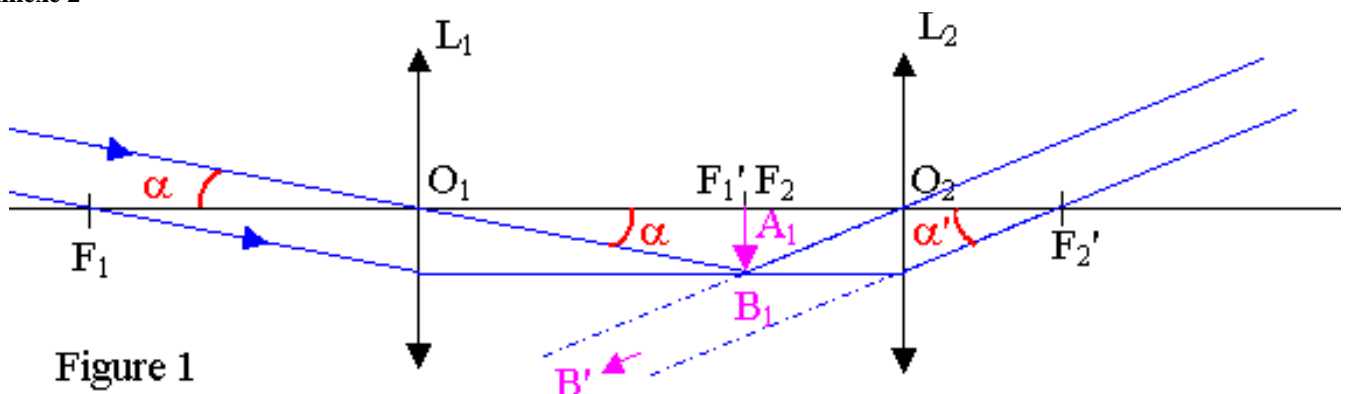
Annexe 2

Figure 1

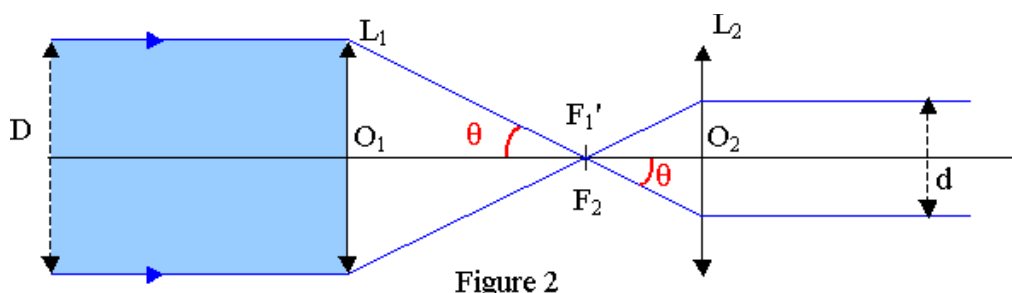


Figure 2