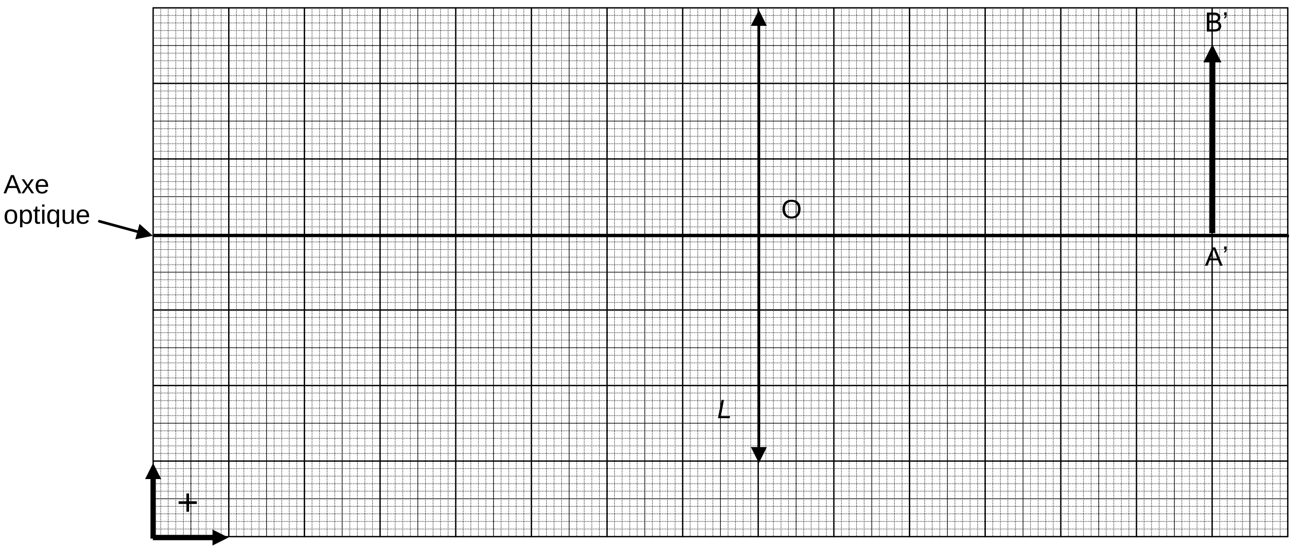
TS10 DS OPTIQUE n°1: lentilles minces et lunette astronomique 29 septembre

Rappels : formule de conjugaison des lentilles : $\boxed{\dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{\overline{OA}} + \dfrac{1}{f'}}$ ***Grandissement :*** $\boxed{\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}}$

Exercice 1: ETUDE DE LENTILLES CONVERGENTES (8 points)

*• On considère une lentille convergente **L** de vergence **C = 40 δ** et de centre optique **O.** La lentille L donne d'un objet **AB** l'image **A'B'** représentée sur le schéma ci-dessous. Les sens positifs choisis sur les deux axes sont ceux indiqués sur le papier millimétré.*



1) Positionner les foyers objet **F** et image **F'** sur le schéma. Justifier.

2) Avec l'échelle 1 sur les deux axes du papier millimétré ci-dessus :
a) Déterminer graphiquement la position de l'objet ***AB*** en utilisant **trois rayons caractéristiques.**
b) Déterminer graphiquement les valeurs des mesures algébriques $\overline{OA}$ et $\overline{AB}$.

3) On donne $\overline{OA'}$ = **6,0 cm et** $\overline{A'B'}$ **= 2,5 cm**. Retrouver par le calcul :
a) La position de l'objet **AB**.
b) La taille de l'objet **AB.**

*• On considère maintenant un objet **A_1B_1** situé à **3,0 cm avant** le centre optique **O_1** de la lentille **L_1** de distance focale **f'_1 = 5,0 cm.** On note **$A'_1B'_1$** l'image de l'objet **A_1B_1**. Les points **A_1** et **A'_1** sont situés sur l'axe optique de la lentille.*

4) Déterminer, par calcul, la position $\overline{O_1A'_1}$ de l'image **$A'_1B'_1$**.

5) Déterminer, par calcul, la valeur du grandissement γ_1 de la lentille **L_1**.

6) Quel est le rôle de la lentille **L_1** pour l'objet **A_1B_1** ? Justifier.

Exercice n°2: LUNETTE ASTRONOMIQUE (12 points)

• 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 **L_1** convergent de diamètre **70 mm** et de distance focale **f_1' = 900 mm** ;*
- *d'un oculaire **L_2** convergent de distance focale **f_2' = 20 mm**.*

Données
- *Diamètre apparent du Soleil :* $\alpha = 9{,}33\times10^{-3}$ *rad.*
- *Grossissement de la lunette :* $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$.

(α' 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'**.*
<u>Lorsque cette image définitive est à l'infini, la lunette est dite afocale</u>.

Les schémas des figures (1 et 2) ci-après ont été réalisés sans considération d'échelle.

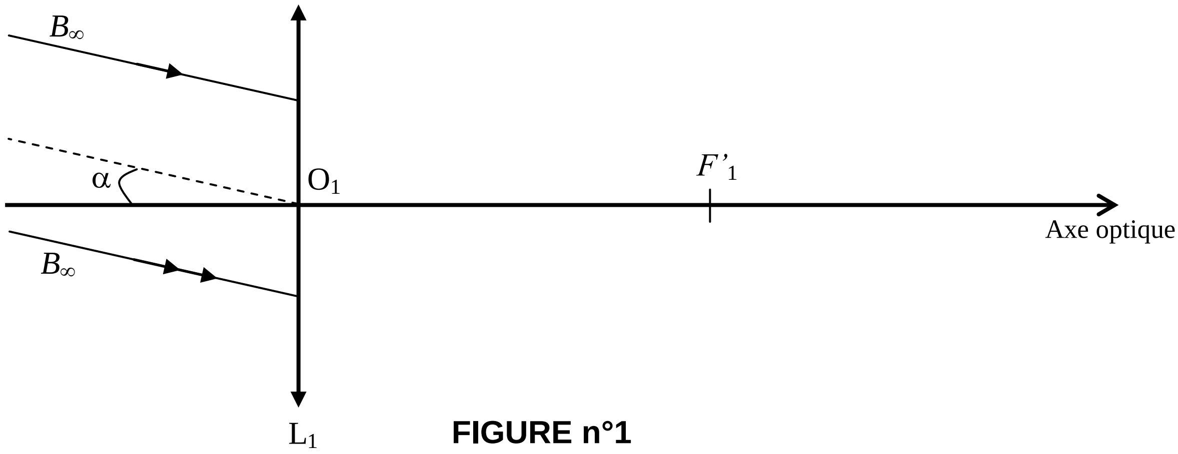


FIGURE n°1

• *La lunette astronomique est rendue **afocale**. Le point A de l'objet AB situé à l'infini, est sur l'axe optique de la lentille L_1 (**voir figure 1).***

1) Dans quel plan se forme l'image intermédiaire ***A_1B_1*** de l'objet ***AB*** par rapport à la lentille objectif ***L_1*** ? Construire cette image sur la **figure 1**, en prolongeant les deux rayons lumineux dessinés.

2) Calculer la taille de l'image ***A_1B_1*** : l'angle α étant petit, on pourra utiliser l'approximation tan $\alpha \approx \alpha$ (en rad).

*• L'image intermédiaire **A_1B_1** donnée par la lentille objectif constitue un objet pour la lentille oculaire.*

3) Où est situé le foyer objet ***F_2*** de l'oculaire, par rapport au foyer image ***F'_1*** de l'objectif, pour que la lunette soit afocale ?

4) Placer sur la **figure 2**, les foyers ***F_2*** et ***F'_2*** de l'oculaire.
Tracer ensuite la marche du faisceau lumineux à travers la lunette en prolongeant les deux rayons lumineux dessinés ainsi que le rayon en pointillés.
Dessiner les angles α et α' la **figure 2.**

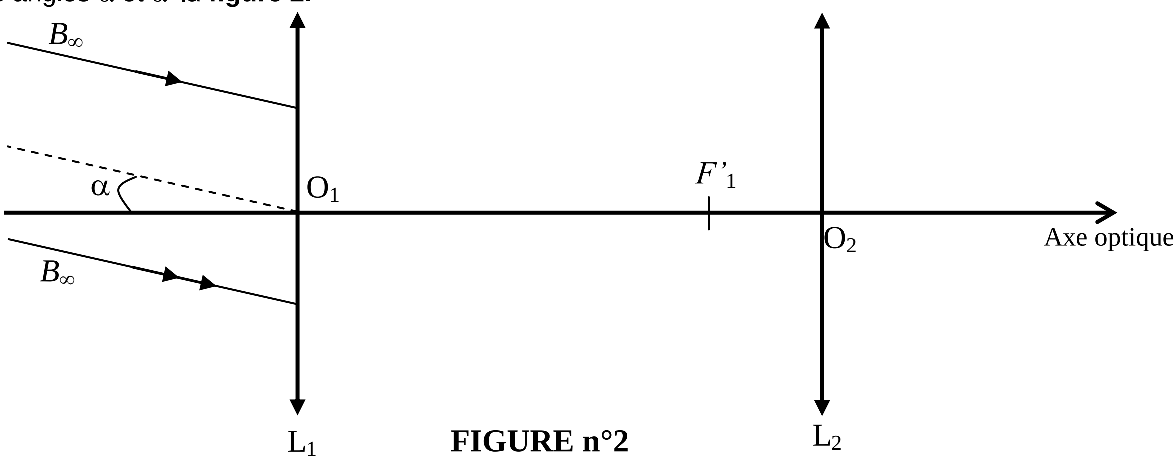


FIGURE n°2

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

6) En déduire la valeur du grossissement G de cette lunette.

7) Montrer que le grossissement de la lunette s'écrit : G = $\dfrac{f'_1}{f'_2}$

8) On note ***C*** la position du cercle oculaire sur l'axe optique. Le cercle oculaire est l'image de la lentille objectif de centre O_1 par la lentille oculaire de centre **O_2**. En utilisant la formule de conjugaison, calculer la position $\overline{O_2C}$ du cercle oculaire par rapport à la lentille oculaire.

CORRECTION DS SPECIALITE N°1 – TS10 – 29 sept 2011

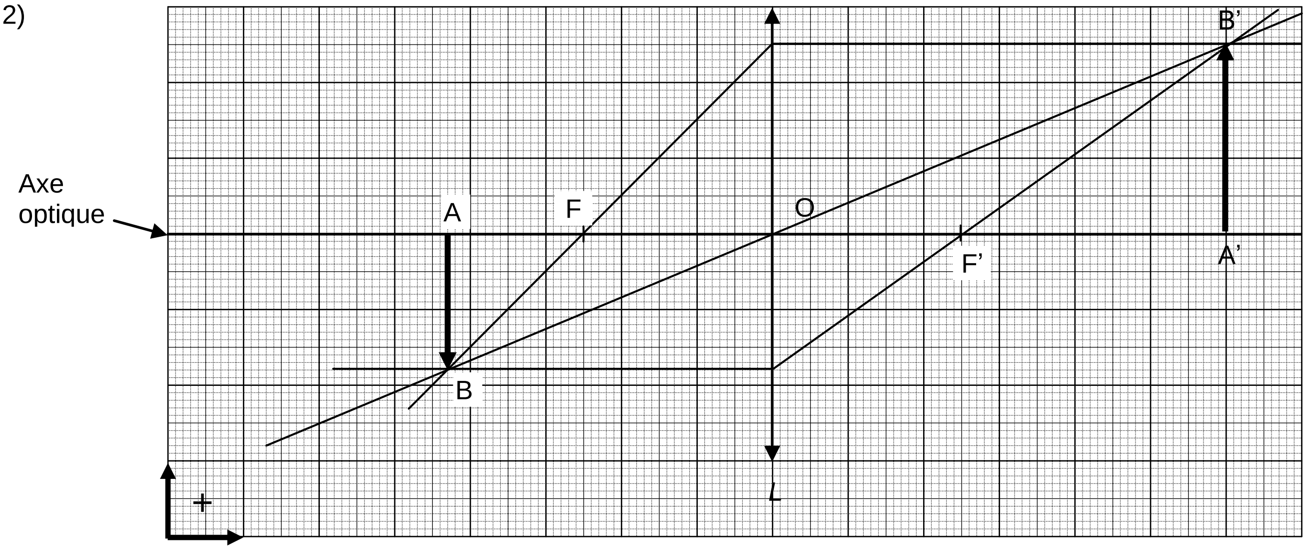
Exercice 1: ETUDE DE LENTILLES CONVERGENTES (8 points)

1) Par définition la vergence C (en dioptrie) d'une lentille est: $\boxed{C = \dfrac{1}{\overline{OF'}} = \dfrac{1}{f'}}$

donc: $f' = \dfrac{1}{C} = \dfrac{1}{40}$ = 2,5 × 10^{-2} m = **2,5 cm**. La distance focale de la lentille L est **f ' = 2,5 cm**.

Le foyer image F' est situé à 2,5 cm du centre optique O et F est le symétrique de F' par rapport à O.

2)



a) Détermination graphique de l'objet AB à l'aide des trois rayons caractéristiques.

b) On mesure : $\overline{OA}$ **= - 4,3 cm et** $\overline{AB}$ **= - 1,8 cm**.

3a) Formule de conjugaison des lentilles: $\boxed{\dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{\overline{OA}} + \dfrac{1}{\overline{OF'}}}$ soit $\dfrac{1}{\overline{OA}} = \dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{f'}$ d'où : $\overline{OA} = \left(\dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{f'}\right)^{-1}$

$\overline{OA} = \left(\dfrac{1}{6,0} - \dfrac{1}{2,5}\right)^{-1}$ **= - 4,3 cm**

On retrouve bien la position de l'objet AB.

3b) $\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ donc $\overline{AB} = \overline{A'B'}.\dfrac{\overline{OA}}{\overline{OA'}}$ soit $\overline{AB} = 2,5 \times \dfrac{(-4,3)}{6,0}$ **= - 1,8 cm.**

On retrouve bien la taille de l'objet AB.

4) $\dfrac{1}{\overline{O_1A_1'}} = \dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} + \dfrac{1}{f_1'}$ d'où $\overline{O_1A_1'} = \left(\dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} + \dfrac{1}{f_1'}\right)^{-1}$ soit $\overline{O_1A_1'} = \left(\dfrac{1}{-3,0} + \dfrac{1}{5,0}\right)^{-1}$ **= - 7,5 cm**

L'image $A'_1B'_1$ est située à 7,5 cm avant la lentille L_1.

5) $\gamma_1 = \dfrac{\overline{O_1A_1'}}{\overline{O_1A_1}} = \dfrac{-7,5}{-3,0}$ = 2,5.

6) Comme γ_1 est positif et de valeur absolue supérieure à 1, l'image $A'_1B'_1$ est droite et plus grande que l'objet. La lentille L_1 joue donc le rôle de loupe.

Exercice n°2: LUNETTE ASTRONOMIQUE (12 POINTS)

1) L'objet AB étant situé à l'infini, son image A_1B_1 se forme dans le **plan focal image** de l'objectif L_1.
On prolonge en le rayon pointillés qui passe par O_1 sans être dévié. Le point d'intersection de ce rayon avec le plan focal image de L1 donne la position du point B_1 de l'image intermédiaire A_1B_1. Le point A_1 est alors confondu avec F'_1.

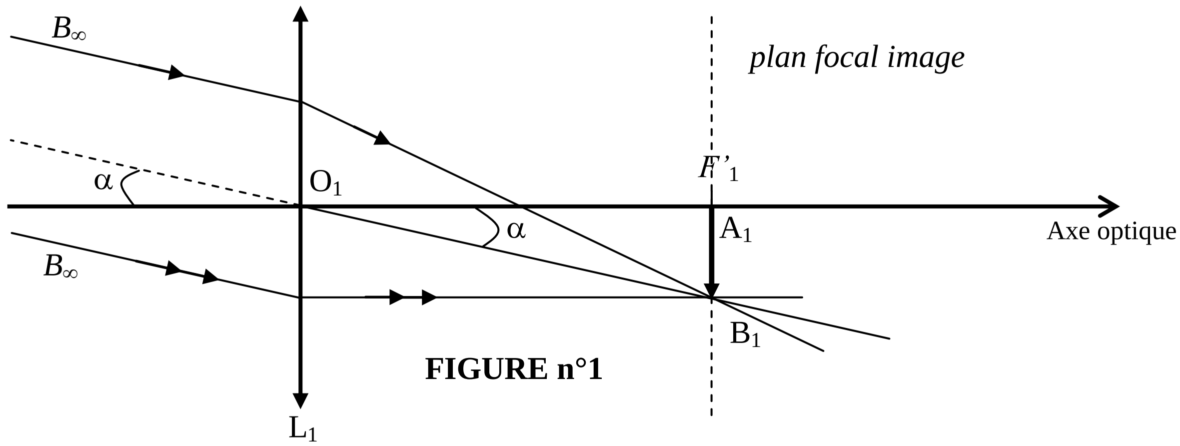


FIGURE n°1

2) Dans le triangle ($O_1A_1B_1$) rectangle en A_1 , on a $\tan\alpha \approx \alpha = \dfrac{A_1B_1}{O_1F'_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_1}$;

$A_1B_1 = \alpha \times f'_1 \Rightarrow \quad A_1B_1 = 9{,}33\times10^{-3}\times 900 =$ **8,40 mm.**

3) La lunette est afocale si le foyer objet $\mathbf{F_2}$ de l'oculaire est **confondu** avec le foyer image $\mathbf{F'_1}$ de l'objectif. On aura les points A_1, F'_1 et F_2 confondus.

4)

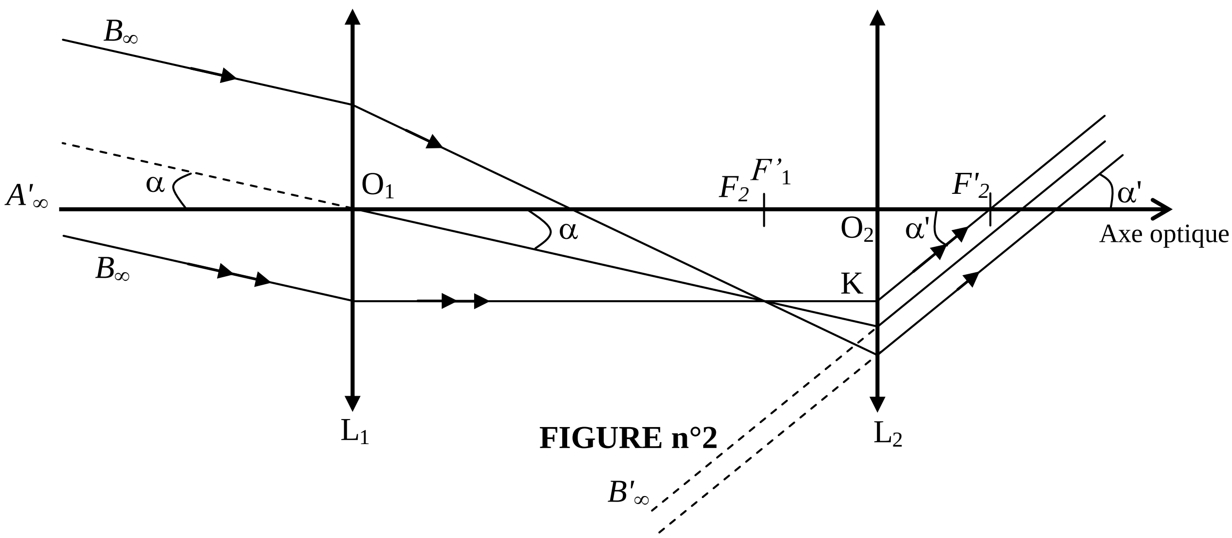


FIGURE n°2

F'_2 est symétrique de F_2 par rapport au centre optique O_2. Le rayon « 2 flèches » est parallèle à l'axe optique, il émerge de la lentille en passant par F'_2. Les trois rayons émergent de L_2 parallèlement entre eux, car l'image B' est rejetée à l'infini.

5) Dans le triangle ($O_2F'_2K$) rectangle en O_2 : $\tan\alpha' = \alpha' = \dfrac{O_2K}{O_2F'_2}$, avec $O_2K = A_1B_1$ et $A_1B_1 = \alpha \times f'_1$

soit $\alpha' = \dfrac{A_1B_1}{f'_2}$ donc $\alpha' = \dfrac{8{,}40}{20} = \boxed{\mathbf{0{,}42\ rad\ = \alpha'}}$

6) $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha} = \dfrac{0{,}42}{9{,}33\times10^{-2}} = \boxed{\mathbf{45\ = G}}$

7) $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha} = \dfrac{A_1B_1}{f'_2}\cdot\dfrac{f'_1}{A_1B_1} = \boxed{\dfrac{\boldsymbol{f'_1}}{\boldsymbol{f'_2}} = G}$

8) Le point objet O_1 de L_1 donne un point image C par la lentille L_2 de distance focale f'_2 donc:

$$\frac{1}{\overline{O_2C}} = \frac{1}{\overline{O_2O_1}} + \frac{1}{f'_2} \quad \text{donc} \quad \overline{O_2C} = \left(\frac{1}{\overline{O_2O_1}} + \frac{1}{f'_2}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{-(900+20)} + \frac{1}{20}\right)^{-1} = \mathbf{20{,}4\ mm.}$$

Le centre du cercle oculaire est bien situé après le foyer image F'_2 de l'oculaire (f'_2 = 20 mm).