

Former des images – Exercices - Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

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 : $\alpha = 9,33 \cdot 10^{-3}$ rad.
 - Grossissement de la lunette : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$.
- (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 $A'B'$. Lorsque cette image définitive est à l'infini, la lunette est dite afocale.

Les schémas des figures (1 et 2) donnés en ANNEXE N°3 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°3, 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 α 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 3 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 α' .
 - 1.4.1. Donner sa définition et le représenter sur la figure 2.
 - 1.4.2. Calculer α' . L'angle α' 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 $\overline{O_2A_1}$.

On rappelle la relation de conjugaison appliquée à l'oculaire (L_2) : $\frac{1}{O_2A'} - \frac{1}{O_2A_1} = \frac{1}{O_2F_2'}$

- 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 : $D = 1,39 \cdot 10^6$ km.

ANNEXE N°3 à rendre avec la copie

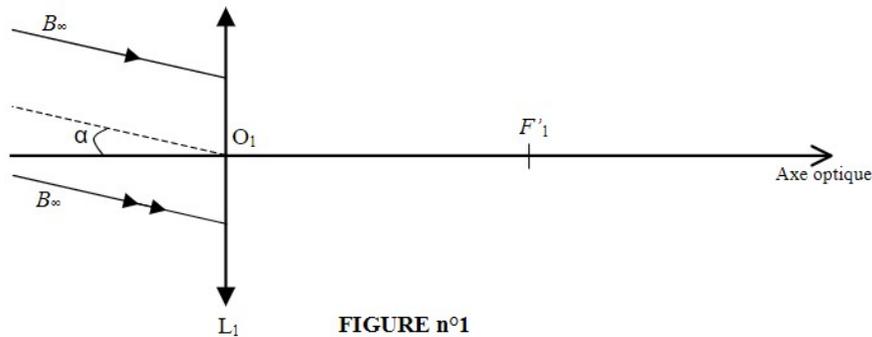


FIGURE n°1



FIGURE n°2

Exercice 2 corrigé disponible

La lunette astronomique étudiée cette année de terminale scientifique donne des images renversées. Si ce n'est pas un inconvénient pour l'observation des astres, il n'en va pas de même pour les objets situés à la surface de la Terre. On transforme la lunette astronomique en lunette terrestre en interposant entre l'objectif et l'oculaire une lentille convergente appelée véhicule.

On rappelle la relation de grandissement γ d'une lentille mince :

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

1. L'objectif

La lunette terrestre comme la lunette astronomique possède un objectif et un oculaire.

1.1. L'objectif d'une lunette terrestre est modélisé par une lentille convergente L_1 de distance focale $f'_1 = 10,0$ cm. Calculer sa vergence.

1.2. On observe à travers cette lentille un objet lointain $A_\infty B_\infty$ (A_∞ sur l'axe) pouvant être considéré à l'infini. Un rayon issu de B_∞ est représenté sur la figure 1 de l'annexe à remettre avec la copie.

Où se trouve l'image $A_1 B_1$ donnée par L_1 ?

1.3. Placer, à l'échelle 1/1, le foyer de la lentille L_1 sur la figure 1 de l'annexe à remettre avec la copie.

1.4. Construire sur la figure 1 de l'annexe à remettre avec la copie l'image intermédiaire $A_1 B_1$ donnée par L_1 .

2. Le véhicule

Le véhicule est modélisé par une lentille convergente L_2 de distance focale $f'_2 = 2,0$ cm. Cette lentille est placée de telle façon qu'elle donne de l'image intermédiaire $A_1 B_1$ une image $A_2 B_2$ de même taille que $A_1 B_1$.

2.1. Que vaut le grandissement γ dans la situation exposée dans la figure 2 de l'annexe à remettre avec la copie.

2.2. Positionner la lentille L_2 sur la figure 2 de l'annexe à remettre avec la copie.

2.3. En utilisant la marche de deux rayons lumineux particuliers, déterminer la position des foyers de la lentille L_2 .

2.4. À l'aide de la relation de conjugaison, montrer que le foyer F'_2 est le milieu de $O_2 A_2$.

2.5. Positionner, à l'échelle 1/1, la lentille L_2 sur la figure 1 de l'annexe à remettre avec la copie.

2.6. Positionner l'image $A_2 B_2$ donnée par la lentille L_2 .

3. L'oculaire

L'oculaire est modélisé par une lentille convergente L_3 de distance focale $f_3 = 2,0 \text{ cm}$. Il joue le rôle d'une loupe et permet d'agrandir l'image A_2B_2 .

3.1. Pour une observation sans fatigue, l'image finale A_3B_3 doit se trouver à l'infini. Où doit être placée la lentille L_3 ?

3.2. Positionner, à l'échelle 1/1, la lentille L_3 sur la **figure 1 de l'annexe à remettre avec la copie**.

3.3. Construire l'image finale A_3B_3 donnée par la lentille L_3

Figure 1.

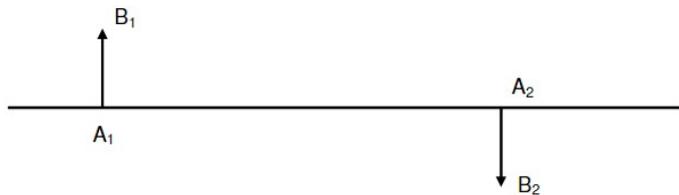


Figure 2.

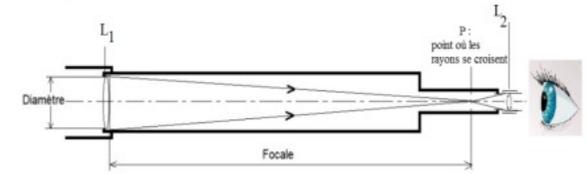
Exercice 3

Les scientifiques ont développé différents instruments d'optique telle que la lunette astronomique.

Dans cet exercice, nous allons nous intéresser au fonctionnement d'une lunette astronomique commerciale utilisée lors de l'observation de l'éclipse solaire du 10 juin 2021, l'observation du phénomène s'étant faite avec des lunettes de protection afin de ne pas altérer la vue.

Les objectifs de cet exercice sont de déterminer le grossissement de la lunette astronomique utilisée par un amateur lors de l'observation de l'éclipse solaire du 10 juin 2021 et de déterminer le diamètre approximatif de la Lune.

La lunette astronomique est un instrument afocal composé d'un tube principal contenant, à chacune de ses extrémités, une lentille convergente.



Le principe de cet instrument est de collecter la lumière émise par les astres, de la concentrer et de renvoyer à l'œil une image agrandie de l'objet observé.

Figure 1. La lunette astronomique

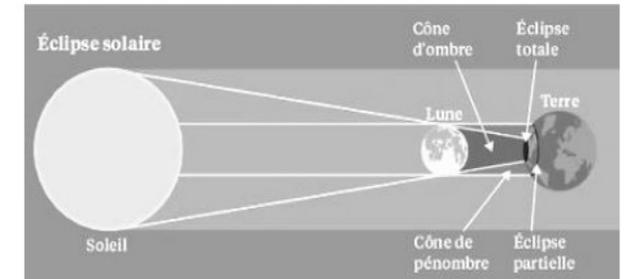
La lunette astronomique

La figure 1 présente de façon simple la lunette de Galilée.

1. Associer aux lentilles L_1 et L_2 les termes d'objectif et d'oculaire.
2. Pour la lentille L_1 , donner le nom scientifique du point P où les rayons se croisent.

Données :

- L'éclipse solaire du 10 juin 2021 : une éclipse solaire consiste en l'alignement des centres du Soleil, de la Lune et de la Terre. Le 10 juin 2021, la Lune s'est intercalée entre le Soleil et la Terre conformément à la figure ci-contre.



D'après : <https://www.la-croix.com/Sciences-et-ethique/Sciences/Eclipse-quand-astre-cache-autre-2019-01-05-1200993316>

➤ Notice d'informations de la lunette astronomique utilisée lors de l'observation :

« La lunette informatisée utilisée est le compagnon idéal pour vos premières observations : la surface lunaire, Vénus et ses phases, Mars, Jupiter et ses 4 lunes, Saturne avec ses anneaux bien visibles et bien plus grâce à sa base de données intégrées dans la raquette de commande pour plus de 4 000 objets. Elle peut également être utilisée comme une longue-vue. »

Données techniques :	
Désignation	Lunette utilisée
Construction optique	Lentilles
Diamètre de l'objectif (en mm)	102
Focale de l'objectif (en cm)	66
Focale de l'oculaire (en mm)	9,0
Grossissement maximal	73 ×
Référence	ACEC298

Le document réponse à rendre avec la copie représente l'observation de la Lune avec la lunette astronomique commerciale utilisée lors de l'éclipse du 10 juin 2021. Ce document est représenté sans souci d'échelle. La Lune, située à l'infini, est représentée par l'objet $A_{\infty}B_{\infty}$.

- La lunette commerciale utilisée est afocale. Positionner, sur le document réponse à rendre avec la copie, le foyer principal objet F_2 et le foyer principal image F_2' de la lentille L_2 , sans souci d'échelle.
 - Indiquer comment le rayon lumineux issu de B_{∞} passant par le centre optique O_1 traverse la lentille L_1 .
 - Sur le document réponse à rendre avec la copie, tracer le rayon lumineux issu de B_{∞} passant par le centre optique O_1 de la lentille L_1 permettant d'obtenir l'image intermédiaire A_1B_1 .
 - Donner les deux caractéristiques de l'image A_1B_1 obtenue.
 - Sur le document réponse à rendre avec la copie, tracer le rayon lumineux issu de B_1 passant par le centre optique O_2 de la lentille L_2 . On obtient alors l'image finale A_2B_2 de la Lune.
 - Sur le document réponse à rendre avec la copie, représenter le faisceau de rayons lumineux issu de l'objet B_{∞} passant par les bords de la lentille L_1 puis la lentille L_2 .
- Grossissement de la lunette astronomique.**
La Lune représentée par l'objet $A_{\infty}B_{\infty}$ est vue à l'œil nu sous l'angle θ , appelé diamètre apparent de la Lune.
- Sur le document réponse à rendre avec la copie, positionner l'angle θ' sous lequel est observée l'image finale de la Lune au travers de la lunette utilisée.

Le grossissement G de la lunette a pour expression : $G = \frac{\theta'}{\theta}$. Puisque les angles θ et θ' sont petits, on acceptera, pour ces angles exprimés en radian, les approximations suivantes : $\tan \theta = \theta$ et $\tan \theta' = \theta'$.

10. Démontrer que le grossissement G s'exprime, également, par la relation $G = \frac{f_1'}{f_2'}$

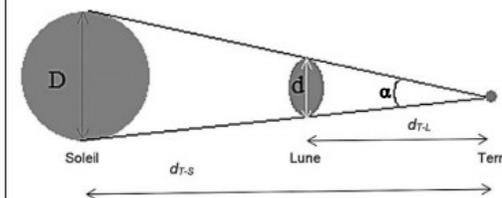
où f_1' représente la distance focale de l'objectif et f_2' représente la distance focale de l'oculaire

11. Calculer la valeur du grossissement G pour la lunette utilisée.

12. Comparer la valeur de G obtenue avec celle du fabriquant.

L'observation de l'éclipse solaire du 10 juin 2021 peut se résumer simplement par le schéma ci-contre avec :

D : diamètre du soleil : $1,39 \times 10^6$ km
 d : diamètre de la lune à déterminer
 d_{T-L} : distance Terre-Lune : $3,84 \times 10^5$ km
 d_{T-S} : distance Terre-Soleil : $1,50 \times 10^8$ km
 α : diamètre apparent sous lequel un observateur voit la Lune et le Soleil lors de l'éclipse

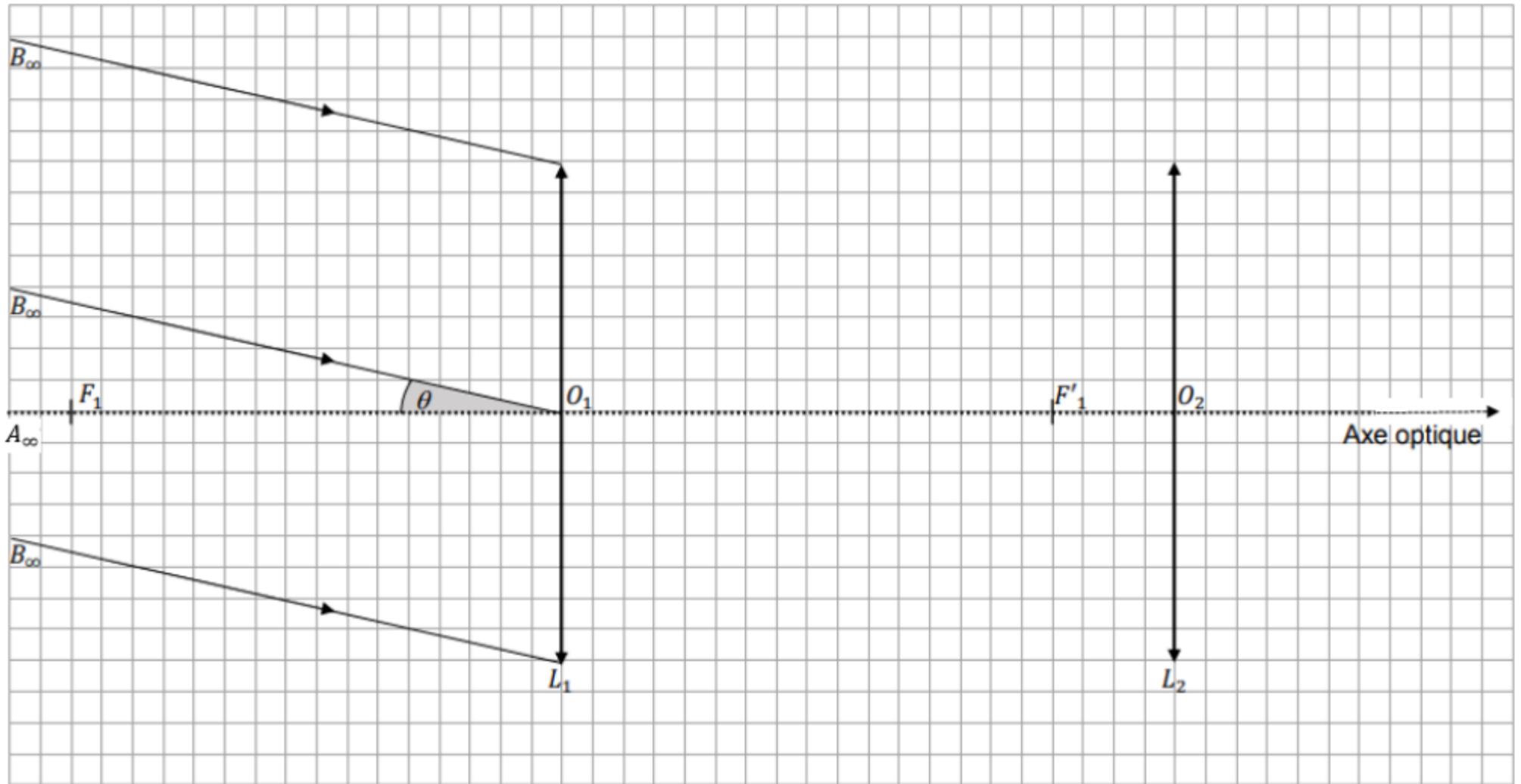


Aux environs de midi ce jeudi 10 juin 2021, en levant les yeux au ciel, il sera possible d'observer - avec une protection adéquate - le disque du Soleil se faire recouvrir partiellement par la Lune. Ce phénomène appelé éclipse solaire a lieu lorsque la Lune se place entre le Soleil et la Terre, et que les trois sont alignés.

Dans le cas d'une éclipse totale, la Lune ayant un diamètre 400 fois plus petit que celui du Soleil, mais étant aussi 400 fois plus proche de la Terre, leurs deux diamètres coïncident et le recouvrement sera presque parfait. Mais ce type d'éclipse ne se produit que très rarement, car l'alignement entre le Soleil, la Lune et la Terre doit être parfait. Jeudi 10 juin, c'est une éclipse partielle de Soleil qui aura lieu. Ce phénomène se produit lorsque la Lune ne recouvre pas entièrement le Soleil, soit parce que son diamètre apparent est inférieur à celui du Soleil – on parle alors d'éclipse annulaire –, soit lorsque l'alignement n'est pas complètement parfait.

Extrait de la revue « Sciences et Avenir » du 7 juin 2021

13. Montrer que l'exploitation des données de l'éclipse solaire du 10 juin 2021 puis de l'extrait de la revue « Sciences et Avenir » du 7 juin 2021, pour déterminer le diamètre de la Lune, donne des valeurs similaires.



Exercice 4

Certains parcs ornithologiques proposent des sorties mêlant observations des oiseaux, suivies d'analyse d'échantillons récoltés comme par exemple des plumes.

Cet exercice s'intéresse dans un premier temps à l'observation d'une oie cendrée à l'œil nu et à l'aide d'une longue-vue. Puis, dans un second temps, le phénomène d'interférences lumineuses est utilisé pour déterminer des dimensions caractéristiques de la structure d'une plume d'oie.



Oie cendrée

Données :

- taille approximative d'une oie cendrée : 80 cm ;
- taille approximative du bec d'une oie cendrée : 7 cm ;
- distance focale de l'objectif L_1 de la longue-vue : $f_1' = 450$ mm ;
- distance focale de l'oculaire L_2 de la longue-vue : $f_2' = 30$ mm ;
- relation de conjugaison pour une lentille L de centre optique O : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$, où $\overline{OA'}$ est la distance algébrique entre le centre optique de la lentille L et le point A' , \overline{OA} est la distance algébrique entre le centre optique de la lentille L et le point A et f' est la distance focale de la lentille ;
- grandissement transversal $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ où $\overline{A'B'}$ est la taille algébrique de l'image $A'B'$ et \overline{AB} est celle de l'objet AB ;
- approximation dans le cas de petits angles ($\theta \ll 1$ rad) : $\sin \theta = \theta$; $\tan \theta = \theta$.

1. Observation d'une oie cendrée à l'œil nu

L'œil est un système complexe que l'on peut modéliser par l'association :

- d'une lentille mince convergente L , d'axe optique Δ , de distance focale $f' = \overline{OF'} = 17$ mm, de centre optique O ;
- d'un écran situé à une distance $D = 17$ mm du centre optique O .

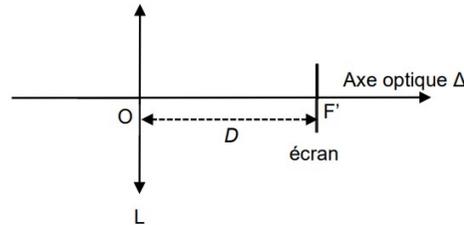


Figure 1. Schéma simplifié du modèle de l'œil

La rétine est une membrane qui tapisse le fond de l'œil et qui joue le rôle d'écran. L'oie cendrée est modélisée par un objet de hauteur AB perpendiculaire à l'axe optique en A et situé à 280 m du centre optique O . L'image de AB à travers la lentille L est notée $A'B'$.

Q1. Justifier que la position de l'image $A'B'$ de l'oie par la lentille L est telle que $\overline{OA'} = 17$ mm.

Q2. Vérifier que la taille de l'image $A'B'$ de l'oie sur la rétine de l'observateur est voisine de $49 \mu\text{m}$. Sachant que la rétine est assimilée à un disque de rayon égal à 6 mm centré en F' , préciser si l'oie est vue en entier par un observateur.

Le pouvoir séparateur de l'œil humain est l'angle limite, noté α_m , sous lequel un objet peut être vu distinctement par l'œil (voir figure 2) ; sa valeur est de 3×10^{-4} rad.

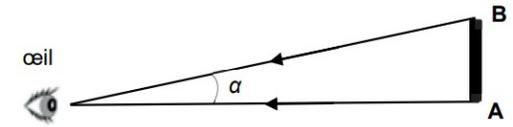


Figure 2. L'objet AB est vu sous un angle α par l'œil. Il peut être distinctement vu par l'œil si $\alpha > \alpha_m$

Q3. Déterminer la distance minimale séparant deux points A et B d'un objet pouvant être vus lorsqu'ils sont situés à une distance de 280 m de l'œil. En déduire si l'oie peut être vue distinctement par l'observateur à l'œil nu puis déterminer si le bec de l'oie peut être observé distinctement.

2. Observation avec une longue-vue assimilée à une lunette astronomique afocale

L'oie est désormais observée à l'aide d'une longue-vue assimilée à une lunette astronomique afocale. Cette lunette est composée d'une lentille L_1 de distance focale f_1' jouant le rôle de l'objectif et d'une lentille L_2 de distance focale f_2' jouant le rôle de l'oculaire. On considère que l'oie, modélisée par un objet AB perpendiculaire à l'axe optique en A , est « à l'infini ». L'image de AB à travers la lentille L_1 est notée A_1B_1 . L'image de A_1B_1 à travers la lentille L_2 est notée A_2B_2 .

Q4. Compléter la figure A1 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE pour représenter l'image A_1B_1 formée par la lentille L_1 d'un objet AB (représentant l'oie) situé à l'infini.

Q5. Placer, en justifiant, le foyer objet F_2 de la lentille L_2 sur la figure A1 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.

Une lunette astronomique est caractérisée par son grossissement d'expression : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$

avec α l'angle sous lequel l'objet AB est vu à l'œil nu et α' l'angle sous lequel l'image A_2B_2 est vue à travers la lunette astronomique afocale.

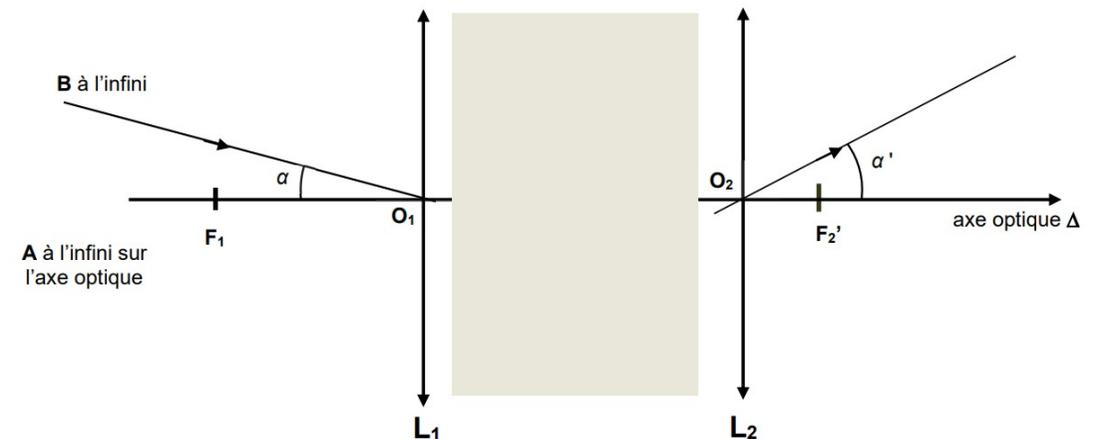


Figure 3. Représentation, sans souci d'échelle, de la lunette astronomique.

Q6. En considérant les angles α et α' exprimés en radians comme petits, montrer que le grossissement de la lunette astronomique afocale peut s'exprimer par la relation :

$$G = \frac{f_1'}{f_2'}$$

On peut s'appuyer sur la figure A1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q7. Calculer la valeur du grossissement G de la lunette astronomique afocale.

Q8. Indiquer en justifiant si l'observateur voit distinctement, à travers la longue-vue, le bec de l'oie située à 280 m.