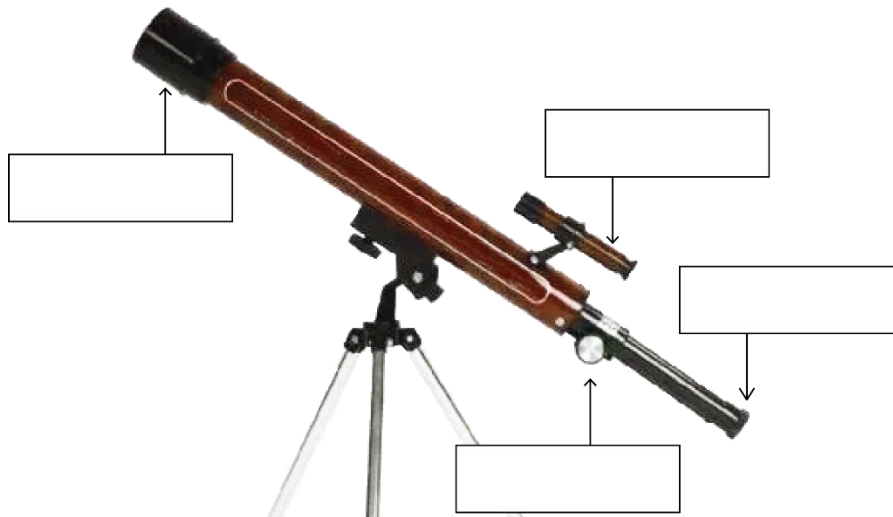


Exercices de la séquence n°14

La lunette astronomique

EXERCICE 1 : les éléments d'une lunette astronomique



1. Compléter la légende de cette figure en indiquant les éléments suivants :
 - objectif
 - oculaire
 - viseur
 - molette de réglage de la mise au point
2. La molette de réglage de la mise au point permet de modifier :
 - la distance focale de l'objectif
 - la distance focale de l'oculaire
 - la distance entre l'objectif et l'oculaire
3. Agir sur la molette de réglage a pour but :
 - de confondre le foyer objet de l'oculaire avec le foyer image de l'objectif
 - de former l'image définitive dans l'œil de l'observateur
 - de former l'image définitive à l'infini
4. Ces photographies ont été réalisées en déposant l'appareil photo d'un téléphone portable sur l'oculaire d'une lunette :



NB : ces deux photographies ont vraiment été prises comme indiqué dans la question, en septembre 2020 à Saint-Genis-Laval (Rhône), il ne s'agit pas de photos téléchargées !

Les deux oculaires disponibles ont des distances focales respectives de 12mm et 22mm. Sachant que le zoom de l'appareil photo n'a pas été modifié entre les deux prises, associer chaque photographie à l'oculaire qui a été utilisé.



EXERCICE 2 : QCM sur la lunette astronomique

Dans ce QCM : le symbole « » indique que plusieurs réponses sont possibles et le symbole « » indique qu'il n'y en a qu'une seule.

Une lunette astronomique du commerce est constituée d'un objectif de distance focale 900mm et d'un oculaire de distance focale 20mm.

5. Initialement le centre optique de l'oculaire est situé à 880mm de celui de l'objectif. Pour observer à travers cette lunette un astre (considéré comme un objet à l'infini) il faut :
 - éloigner l'oculaire de l'objectif d'une distance de 20 mm
 - éloigner l'oculaire de l'objectif d'une distance de 40 mm
 - rapprocher l'oculaire de l'objectif d'une distance de 20 mm
 - rapprocher l'oculaire de l'objectif d'une distance de 20 mm
6. L'image intermédiaire donnée par l'objectif est :
 - réelle
 - virtuelle
 - agrandie
 - rétrécie
 - droite
 - renversée
 - à l'infini
7. L'image définitive donnée par l'oculaire est :
 - réelle
 - virtuelle
 - agrandie
 - rétrécie
 - droite
 - renversée
 - à l'infini
8. Pour doubler le grossissement de l'image il faut :
 - remplacer l'oculaire par un autre de distance deux fois plus faible
 - remplacer l'oculaire par un autre de distance deux fois plus élevée
9. La modification de la question 4 entraîne :
 - une augmentation de la luminosité de l'image
 - une réduction de la luminosité de l'image
 - une augmentation du champ de vision à travers la lunette
 - une réduction du champ de vision à travers la lunette
10. Un autre modèle de lunette astronomique vendu par le même fabricant possède un objectif de 900mm, comme le précédent, mais dont le diamètre est 1,5 fois plus élevé. Il est livré avec les mêmes oculaires. L'avantage de ce modèle est :
 - de permettre des grossissements plus élevés
 - de donner des images ayant une meilleure résolution
 - de donner des images plus lumineuses.

EXERCICE 3 : quel réglage pour un astronome myope ?

Une lunette astronomique achetée dans le commerce possède un objectif de distance focale $f'_{obj} = 600$ mm et un oculaire de distance focale $f'_{oc} = 15$ mm.

1. Que doit valoir la distance entre les centres optiques de l'objectif et de l'oculaire si l'on veut que la lunette soit afocale ?
2. La figure suivante illustre l'observation d'un objet à l'infini à travers la lunette **afocale**. La compléter en représentant :
 - l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par l'objectif ;
 - les foyers objet et image de l'oculaire ;
 - deux rayons issus de B_1 illustrant la formation du point image B_2 .



3. Mais le propriétaire de cette lunette est myope : son *punctum remotum* (point le plus éloigné de son œil qu'il puisse distinguer nettement) est situé à 50cm de son œil. Pourquoi le réglage de la question 1 ne lui convient-il pas ?
4. La figure suivante illustre la formation d'une image définitive à une distance finie. La compléter en traçant :
 - l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par l'objectif ;
 - deux rayons issus de B_1 illustrant la formation du point image B_2 .



5. La figure précédente ne respecte aucune échelle mais permet de répondre à cette question : pour un observateur myope, faut-il réduire ou augmenter la distance objectif – oculaire par rapport au réglage afocal ?
6. Cet astronome met au point sa lunette pour son œil : l'image définitive se trouve donc à 50cm et elle est virtuelle. Que vaut $\overline{O_2A_2}$?
7. En déduire la valeur de $\overline{O_2A_1}$, puis celle de la distance entre l'objectif et l'oculaire lorsque la lunette est réglée pour l'astronome myope. Vérifier que cette valeur est compatible avec la réponse 5.

EXERCICE 4 : la longue vue



image de droite : d'après <https://drscdn.500px.org> (licence creative commons 3.0)

Les ornithologues utilisent, pour l'observation des oiseaux, des longues-vues dont le principe est inspiré de la lunette astronomique. Mais entre l'objectif et l'oculaire est placée une lentille montée en « $4f'$ » : ce problème propose de comprendre l'intérêt de cet ajout afin d'étudier le principe de la longue-vue.

1^{ère} partie : le montage « $4f'$ »

On appelle « montage $4f'$ » un dispositif constitué d'une lentille convergente placée devant un objet à une distance égale au double de sa distance focale.

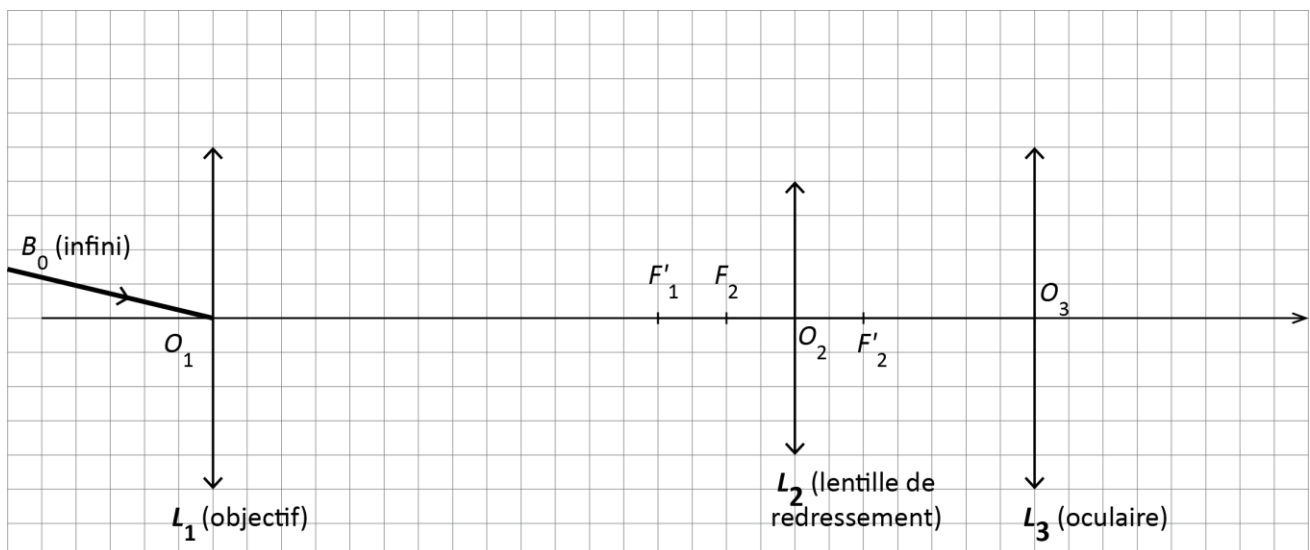
1. Schématiser la situation : l'objet sera noté A_1B_1 , son image A_2B_2 . Au moins deux rayons de lumière doivent justifier sa position.
2. D'après cette figure : que vaut le grandissement $\bar{\gamma}$?
3. Exprimer en fonction de f' :
 - la distance $\overline{OA_1}$ (on ne demande pas de justification)
 - la distance $\overline{OA_2}$: on exploitera la loi de conjugaison pour justifier.
4. En déduire une valeur calculée du grandissement $\bar{\gamma}$ et vérifier que l'on retrouve bien la valeur obtenue à la question 2.

2^{ème} partie : la longue-vue

On étudie une longue-vue, constituées de 3 systèmes convergents :

- un objectif, modélisé par une lentille convergente L_1 de foyers F_1 et F_1' ;
- une lentille de redressement L_2 placée en « montage $4f'$ », de foyers F_2 et F_2' ;
- un oculaire, modélisé par une lentille convergente L_3 de foyers F_3 et F_3' .

La figure ci-dessous illustre le principe de cette longue-vue (sans respecter d'échelle), lors de l'observation d'un objet A_0B_0 à l'infini (A_0 , non représenté, étant sur l'axe optique des lentilles).





5. Compléter cette figure en traçant :
 - l'image A_1B_1 formée par l'objectif et un rayon de lumière justifiant sa position ;
 - l'image A_2B_2 formée par la lentille L_2 et deux rayons de lumière justifiant sa position.
6. On souhaite que la longue-vue soit afocale : où doit se former l'image définitive A_3B_3 ?
7. Sur la figure :
 - placer les foyers F_3 et F'_3 de l'oculaire permettant de respecter la condition énoncée à la question précédente ;
 - tracer deux rayons de lumière issus de B_2 permettant de justifier la position de l'image A_3B_3 .
8. Quel avantage présente cette longue-vue par rapport à la lunette astronomique étudiée en cours ? Pourquoi la lentille L_2 , qui n'a pas d'équivalent dans une lunette astronomique, est-elle appelée « lentille de redressement » ?
9. À votre avis, pourquoi les astronomes, eux, n'utilisent-ils pas ce type de modèle ?

3^{ème} partie : comment observer le vautour ?

10. Sur la figure, placer le diamètre angulaire de l'objet, noté θ_0 et celui de l'image, noté θ_3 .
11. Donner la relation définissant le grossissement de la longue-vue en fonction des diamètres angulaires.
12. En déduire l'expression du grossissement en fonction des distances focales f_1' et f_3' . On exploitera pour cela l'approximation des petits angles. Calculer numériquement la distance focale de la longue-vue présentée dans le document 1.
13. Les ornithologues qui étudient le vautour, dans les gorges du Tarn, doivent distinguer des détails de taille 5 mm sur le plumage des oiseaux qu'ils observent. Or notre œil ne peut distinguer un objet (ou une image) que si son diamètre angulaire vaut, au minimum : $\theta_{min} = 3 \times 10^{-4}$ rad.
À quelle distance maximale D le vautour doit-il se trouver pour que son observation détaillée avec la longue-vue présentée dans le document 1 soit possible ? Un raisonnement complet est attendu : les différentes étapes de la démarche et les calculs utiles seront clairement énoncés et structurés.

DOCUMENT 1 : longue-vue pour l'ornithologie



- Distance focale de l'objectif : 900mm
- Distance focale de la lentille de redressement : 50mm
- Distance focale de l'oculaire : 18mm

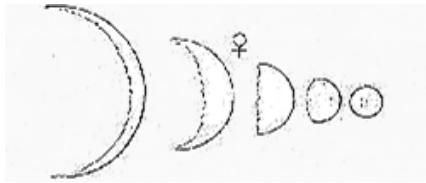
DOCUMENT 2 : relation utile

Le diamètre angulaire d'un objet lointain de taille h et placé à une distance D de l'observateur peut être calculée par la relation approchée :

$$\theta \approx \frac{h}{D}$$

EXERCICE 5 : la lunette avec laquelle Galilée observa les phases de Vénus

En 1610, Galileo Galilei a observé la planète Vénus à l'aide d'une lunette astronomique de sa fabrication. Il a constaté que Vénus, comme la Lune, avait des phases :



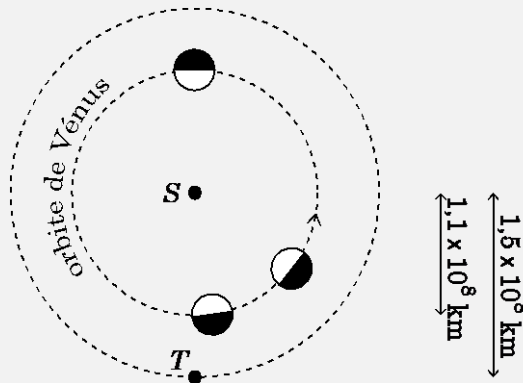
dessin de Galilée dans *Le Messager des Étoiles* (1613)

Bien que ce ne soit pas la plus célèbre de ses observations, elle a une importance décisive, puisqu'elle fournit une preuve directe du fait que Vénus et la Terre tournent autour du Soleil, idée très contestée à l'époque.

Les lunettes que Galilée a utilisées sont conservées et sont toujours exposées au Museo Galileo de Florence. Celle que nous étudions ici a un objectif de distance focale voisine de 1 mètre mais hélas, son oculaire a été perdu...

Ce problème a pour objectif de retrouver quel oculaire Galilée a pu utiliser pour effectuer ses observations.

DOCUMENT 1 : les phases de Vénus, l'explication

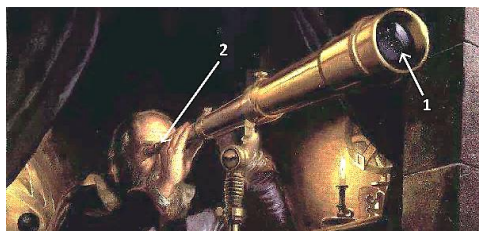


DOCUMENT 2 : données utiles

- ▶ Diamètre de Vénus : 12 104 km
- ▶ Expression approchée du diamètre angulaire d'une planète observée à l'œil nu :

$$\theta \approx \frac{\text{diamètre}}{\text{distance}}$$

1. Ce tableau représente Galilée effectuant une observation avec sa lunette :



Nommer les éléments 1 et 2.

2. L'objectif de la lunette utilisée par Galilée n'était constitué que d'une lentille convergente. Pour mesurer sa distance focale on a pu réaliser l'expérience suivante :

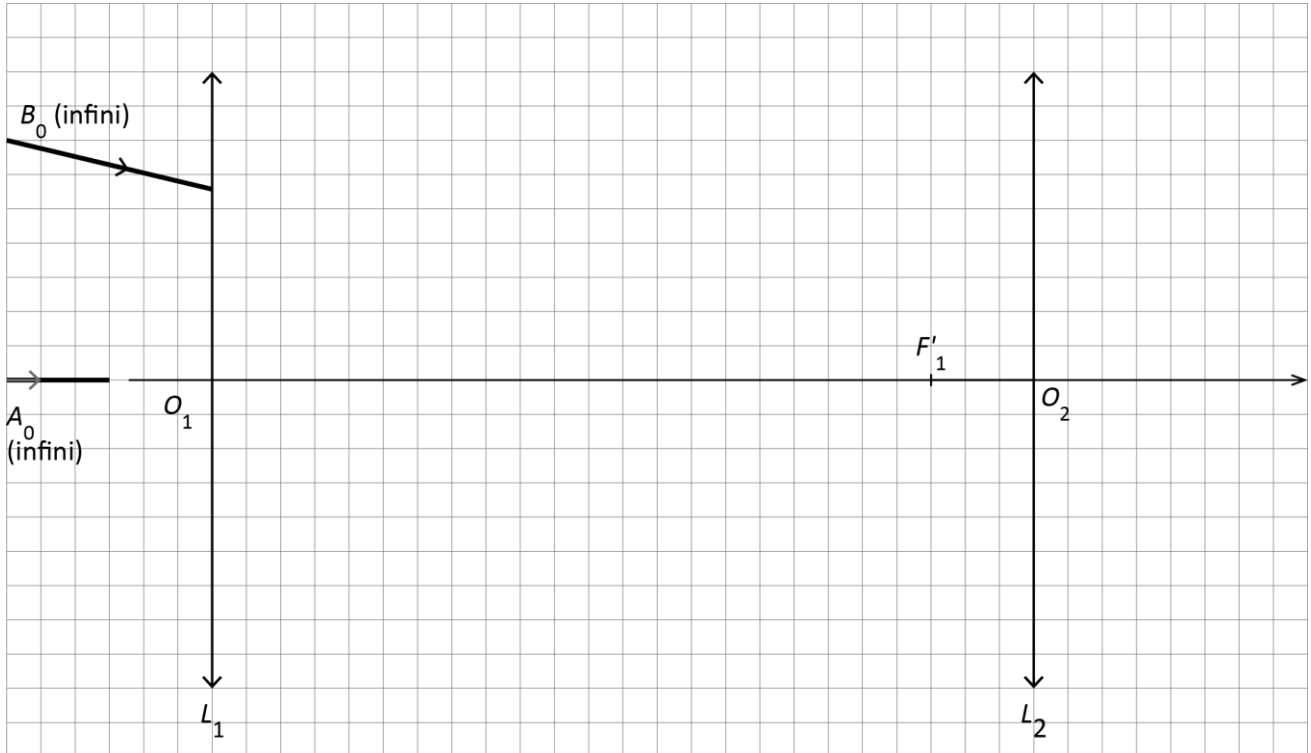
- placer un objet lumineux à 1,50m de l'objectif ;
- avec un écran, rechercher l'image de cet objet et mesurer la distance objectif – écran ;

Résultat : l'image se forme à 2,80 m de la lentille.

On modélise l'objet observé par un segment vertical AB , A étant sur l'axe optique de la lentille. Le centre optique de la lentille est noté O et l'image formée est notée $A'B'$.

Donner les valeurs de \overline{OA} et $\overline{OA'}$.

- À l'aide de la loi de conjugaison, calculer la distance focale recherchée (on la notera f'_1) et vérifier qu'elle satisfait bien l'indication donnée dans le préambule.
- La figure ci-après représente le schéma optique de la lunette de Galilée. Attention, elle illustre le principe de la lunette mais ne respecte aucune échelle.



Sur cette figure, représenter les foyers objet et image de l'oculaire, notés F_2 et F'_2 , en supposant que la lunette est mise au point. Sur la copie, expliquer en quelques phrases l'intérêt de cette position des foyers.

- Sur la figure, tracer le trajet d'un rayon de lumière issu du point objet B_0 passant par le centre optique O_1 de l'objectif. En déduire la position de l'image intermédiaire A_1B_1 , puis le tracé du rayon dont le début du trajet est amorcé sur la figure.
- Sur la figure annexe, tracer deux rayons de lumière issus de B_1 traversant l'oculaire et illustrer la formation de l'image définitive B_2 .
- Sur la figure annexe, repérer le diamètre angulaire θ_0 de l'objet et celui, noté θ_2 , de l'image définitive.
- Définir le grossissement G de la lunette à partir des diamètres angulaires de l'objet et de l'image. En déduire l'expression de G en fonction des distances focales f'_1 et f'_2 de l'objectif et de l'oculaire.
- L'explication des phases de Vénus est donnée par la figure du document 1 : S représente le centre du Soleil, T celui de la Terre et Vénus est représentée à trois positions ; sa face éclairée est blanche.

Sur le dessin reproduit en préambule, on voit que Galilée représente Vénus avec des tailles très différentes : comment peut-on le justifier à l'aide de la figure du document 1 ?

10. Question ouverte :

Pour bien distinguer les phases de Vénus, il faut que le diamètre angulaire de son image ait une valeur **minimale** de $1,0 \times 10^{-3}$ rad.

Exploiter cette information, ainsi que les données rassemblées dans les documents, pour calculer la distance focale maximale f'_2 de l'oculaire que Galilée a pu utiliser pour effectuer ses observations de Vénus. Un raisonnement détaillé et rédigé est attendu.

Tout raisonnement, même inabouti, sera valorisé.

NB : un élève qui n'a pas résolu la question 3 pourra admettre la distance focale de l'objectif : $f'_1 = 1,0$ m