

Préparation au concours général : séance du 29 janvier 2014

Lunette astronomique

L'importance des observations réalisées par Galilée à l'aide de la lunette conduit Kepler à rédiger, en 1610, le premier traité moderne d'optique, le *Dioptricae*. Le point central du *Dioptricae* est l'étude des phénomènes liés aux lentilles. À l'aide de l'optique géométrique, Kepler explique comment on agrandit ou réduit une image grâce à un choix judicieux de lentilles. Il décrit la lunette galiléenne mais propose un nouveau montage utilisant deux lentilles convergentes.

Une lunette de Kepler, appelée aussi lunette astronomique est constituée de deux lentilles minces convergentes, d'axe optique commun (Δ). Une modélisation de cette lunette est constituée de la manière suivante :

- l'objectif (L_1) est une lentille convergente de distance focale $f_1' = 250$ mm, de diamètre $D = 25$ mm, de centre optique O_1 ;
- l'oculaire (L_2) est une lentille de distance focale $f_2' = 50$ mm, de centre optique O_2 .



I Les lois de l'optique géométriques des lentilles

- 1) Rappeler la définition du foyer image d'une lentille convergente puis de sa distance focale f' .
- 2) Où se trouve l'image d'un objet à l'infini, pas trop loin de l'axe optique de la lentille ?
- 3) Rappeler la relation de Descartes des lentilles minces convergentes. On nommera \overline{AB} et $\overline{A'B'}$ les valeurs algébriques de la dimension de l'objet AB et de son image $A'B'$ par la lentille, A étant sur l'axe optique et l'objet ayant une direction perpendiculaire à l'axe optique. O sera le centre de la lentille et F et F' les foyers principaux objet et image respectivement de cette lentille convergente.
- 4) Rappeler la définition du grandissement γ de la lentille et donner son expression en fonction des valeurs algébriques \overline{OA} et $\overline{OA'}$

II Lunette afocale

La lunette de Képler est dite afocale si l'image d'un objet à l'infini se trouve, après traversée des deux lentilles (objectif et oculaire) également à l'infini.

- 1) Que peut-on dire des foyers F_1' et F_2 dans ce cas ? Justifier.
- 2) Compléter le schéma n°1 reproduit à l'échelle $\frac{1}{2}$ sur l'axe horizontal dans le cas d'une lunette afocale en plaçant correctement l'oculaire et en faisant figurer tous les points remarquables des deux lentilles.
- 3) Pourquoi une lunette afocale permet-elle de visualiser des objets extrêmement lointains sans fatiguer l'œil ?

III Observation d'un astre lointain en lunette afocale

L'astre observé est à l'infini, son diamètre AB est perpendiculaire à l'axe optique en A . Tous les rayons issus de B sont parallèles entre eux et font avec l'axe optique un angle θ qui est le diamètre apparent de l'astre. Un des rayons issu de B est représenté sur les schémas

- 1) L'objectif (L_1) donne, de l'astre observé, une image A_1B_1 . Sur le schéma n°1, construire l'image A_1B_1 . Justifier. Le retrouver par le calcul.
- 2) Dessiner la marche du rayon dessiné issu de B avant l'objectif à travers la lunette et le rayon émergent correspondant après l'oculaire. Justifier.
- 3) Où se trouve l'image définitive A_2B_2 donnée par l'oculaire (L_2) ? Justifier la réponse par le calcul.
- 4) On appelle grossissement G d'un instrument d'optique le rapport $G = \frac{\theta'}{\theta}$, θ' est l'angle sous lequel on voit l'image donnée par l'instrument ; θ est l'angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu.

On rappelle que pour les angles petits et exprimés en radians, $\tan \theta \approx \theta$

- a) Quel est le grossissement obtenu avec cette lunette afocale ?
- b) Le diamètre apparent du Soleil, sur Terre à l'œil nu, vaut $\alpha = 9,33 \times 10^{-3}$ rad. Quelle est la valeur de son diamètre apparent pour un œil le visionnant avec la lunette ?

5) L'expérience montre que les plus belles images du ciel s'obtiennent avec des grossissements dont la valeur est inférieure à un nombre N . Ce nombre est identique à la valeur du diamètre D de l'objectif, exprimé en millimètre, soit ici 25. L'idéal pour l'instrument étudié ici est de disposer d'une gamme d'oculaires permettant des grossissements de $N/7$ à N . À partir d'un grossissement égal à N les images paraissent floues à l'œil humain.

Déterminer pour l'instrument étudié, les deux valeurs extrêmes de f_2' des oculaires correspondant à ces grossissements que doit posséder l'observateur céleste avec sa lunette.

IV Visualisation des taches solaires sur un écran

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.

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

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

3) Quel est le grandissement de l'oculaire dans ce cas ?

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 réel d de cette tache solaire. On rappelle la distance terre-Soleil : 150 millions de km.

V Cercle oculaire

Le cercle oculaire de la lunette astronomique est l'image donnée par l'oculaire, du bord circulaire de l'objectif ; l'image observée par un œil placé au cercle oculaire a une luminosité maximale.

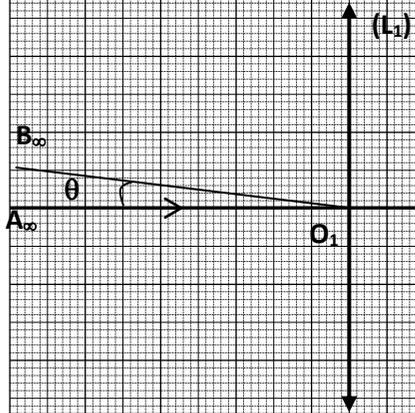
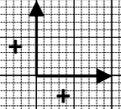
1) Sur le schéma n°2, déterminer géométriquement le cercle oculaire dans le cas de la lunette afocale. En déduire son diamètre.

2) Retrouver cette valeur par le calcul.

Échelle $\frac{1}{2}$ sur l'axe horizontal

ANNEXE EXERCICE I : schéma n°1

2 cm



Échelle $\frac{1}{2}$ sur l'axe horizontal

ANNEXE EXERCICE I : schéma n°2

2 cm

