

Modification d'une lunette astronomique

Introduction

Le microscope et la lunette ont en commun un oculaire et un objectif ; seules les caractéristiques de l'oculaire diffèrent qu'il suffit donc de modifier pour une transformation de l'un en l'autre.

L'étude qui suit procède de la volonté de posséder ces deux instruments simultanément pour une observation de la nature.

En pratique on ajoutera la possibilité d'observer à une distance de sécurité et avec un grossissement intéressant des animaux ou insectes dangereux (cobra, scorpion, frelon...); cette possibilité n'étant pas autorisée par des jumelles standard.

Pour des raisons de simplification la paire de jumelles sera assimilée à une lunette afocale comme dans la première partie.

Le cahier de charge de la modification se résumera à une modification facile, réversible et d'un prix minime.

On consultera avec profit le programme « optiq.exe »

1^{ère} partie : caractéristiques.

Une lunette afocale est constituée d'un objectif, de 8 cm de diamètre et d'un oculaire de même diamètre, (valeurs choisies pour des raisons de commodités de construction géométrique), assimilés à des lentilles minces de vergences respectives $C_{\text{obj}}=5$ et $C_{\text{oc}}=20$ dioptries.

1-Calculer la longueur et le grossissement G de cette lunette.

2-En notant O_i, F_i et F'_i les centres optiques, foyers objets et images respectifs de l'objectif ($i=1$) et de l'oculaire ($i=2$), dessiner, à l'échelle $\frac{1}{2}$, le cheminement d'un faisceau incliné sur l'axe d'un angle de $5,71^\circ$, issu d'un objet infiniment éloigné et prenant appui sur les bords de l'objectif.

Colorier le faisceau.

3-a) Qu'appelle-t-on cercle oculaire ?

b) Pourquoi peut-on déterminer son emplacement et sa taille ?

c) Déterminer par le calcul sa position C sur l'axe et sa taille.

d) Le construire sur le schéma précédent en utilisant une couleur spécifique.

2^{ème} partie - 1^{ère} modification : vision d'objet rapproché.

Avec cette même lunette on désire observer un objet AB (A sur l'axe) situé à 1,5 m de l'objectif.

1-Déterminer la position de l'image intermédiaire $A'B'$.

2-Préciser qualitativement et quantitativement le déplacement nécessaire de l'oculaire pour obtenir une image définitive à nouveau à l'infini.

Le déplacement trouvé est en pratique impossible à obtenir car la plage utile de mise au point est égale à 1 cm.

Allonger cette plage est une opération délicate : les questions qui suivent vont montrer comment l'on peut contourner cette difficulté.

3-En reculant l'oculaire au maximum (1 cm), quelle sera la position de l'objet A dont l'image intermédiaire A' restera au foyer objet de l'oculaire ?

4-Il est donc impossible, avec cette lunette d'observer un objet plus rapproché que A .

C'est pourquoi on peut envisager de modifier la vergence de l'objectif en accolant (opération facile à réaliser) une lentille convergente de vergence C_{add} .

Quelle doit être la valeur de C_{add} pour qu'un objet situé à 1,5 m de l'objectif puisse donner une image intermédiaire au foyer de l'oculaire reculé de 1 cm l'objectif comme dans la question précédente ?

Aide: on établirait que la vergence de deux lentilles minces accolées est égale à la somme des vergences de ces lentilles.

5-Pour apprécier la modification apportée, on définira le grossissement comme le rapport de

l'angle α' sous lequel l'objet est vu dans son image définitive à l'angle α sous lequel il est vu à partir du cercle oculaire (à 4 cm de l'oculaire pour donner un chiffre peu différent de celui trouvé à la question 3c-1^{ère} partie). On notera D la distance de l'objet à l'œil.

Calculer le nouveau grossissement, après avoir fait une figure sans respecter les échelles. La modification est-elle intéressante ?

Aide : on trouvera l'expression du grossissement en fonction de O_1A' , D, O_1A et O_2A' , A étant l'objet ponctuel sur l'axe et A' son image intermédiaire.

On considèrera que l'œil observe à une distance de 3 cm de l'oculaire

3^{ème} partie - 2^{ème} modification : transformation en microscope

La lunette possède tout comme le microscope un objectif et un oculaire convergents. Il semble donc évident pour une transformation de la lunette en microscope d'augmenter considérablement la vergence de l'objectif.

On souhaite obtenir un grossissement égal à 60 pour un objet situé à 8 cm de l'objectif.

En utilisant l'expression du grossissement de la question précédente, ainsi que la formule de conjugaison pour A et A', déterminer la vergence de la lentille additionnelle nécessaire.

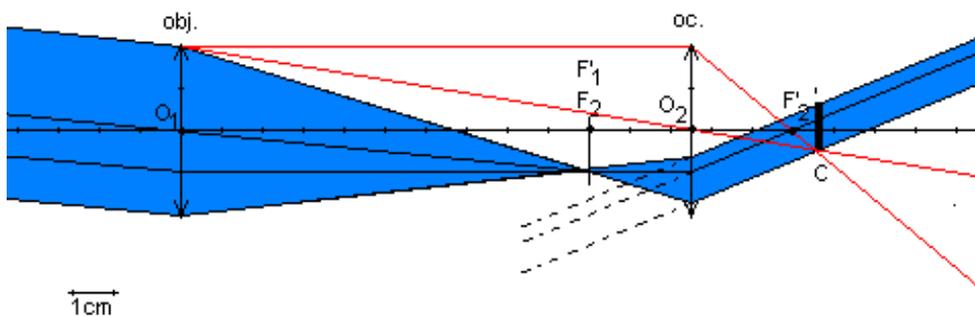
On considèrera que l'œil observe à une distance de 3 cm de l'oculaire, comme précédemment

Correction :

1^{ère} partie:

$$1- f_1 = 1/5 = 0,20 \text{ m} \quad f_2 = 1/20 = 0,05 \text{ m} \quad \text{longueur, } L = 20 + 5 = 25 \text{ cm} \quad G = f_1/f_2 = 4$$

2-



Remarque : l'angle de $5,71^\circ$ correspond à une tangente égale à $1/10$; il est donc facile à construire.

3-a : cercle oculaire = passage obligé de tous les rayons frappant l'objectif et émergeant ; zone d'étranglement.

b : on peut déterminer sa taille et son emplacement car c'est l'image de l'objectif par l'oculaire.

c-

$$\frac{1}{O_2C} = \frac{1}{O_2O_1} + \frac{1}{O_2F'_2} \quad \overline{O_2C} = 0,063 \text{ m} \quad \text{soit } 3,2 \text{ cm à l'échelle}$$

$$\text{diamètre} = \text{Taille: } \frac{d}{O_2C} = \frac{8}{O_2O_1} \quad d = 2 \text{ cm}$$

d-voir schéma

2^{ème} partie

1-Il suffit d'utiliser la formule de conjugaison aux points A et A'

$$\frac{1}{O_1A'} = \frac{1}{O_1A} + \frac{1}{O_1F'_1} \Rightarrow \frac{1}{O_1A'} = \frac{1}{-1,5} + 5 \Rightarrow \overline{O_1A'} = 0,23 \text{ m}$$

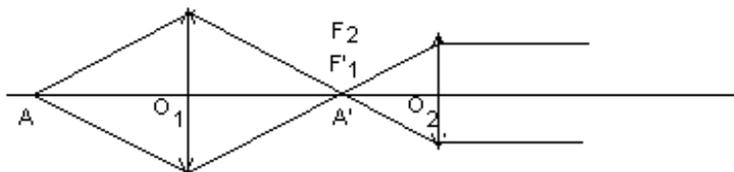
2-on reculera donc l'oculaire de 3 cm puisque son foyer objet était déjà à 20 cm

3-On utilise encore la formule de conjugaison

$$\frac{1}{O_1A'} = \frac{1}{O_1A} + \frac{1}{OF'_1} \Rightarrow \frac{1}{O_1A'} = \frac{1}{O_1A} - \frac{1}{OF'_1} \Rightarrow \overline{O_1A'} = 0,21 \text{ m} \quad \text{dans le cas présent}$$

par suite $\overline{O_1A} = -4,2\text{m}$

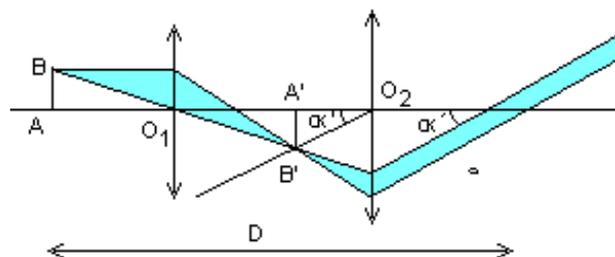
4-



$$\overline{O_1A} = -1,5 \quad \overline{O_1A'} = 0,21$$

$$\frac{1}{O_1A'} = \frac{1}{O_1A} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{O_1A'} = \frac{1}{O_1A} + C + C_{\text{add}}$$

par suite $C + C_{\text{add}} = 5,43 \quad C = 5 \Rightarrow C_{\text{add}} = 0,43 \quad f' = 2,3 \text{ m}$



5-A l'œil nu $\alpha = AB/D$ avec $D = 1,5 + 0,26 + d$, d étant la distance séparant l'œil de l'oculaire (environ 3 cm)

A travers la lunette

$$\alpha' = A'B'/O_2A' \quad \text{or} \quad A'B'/O_1A' = AB/O_1A \Rightarrow A'B' = O_1A' \cdot AB / O_1A$$

donc $\alpha' = O_1A' \cdot AB / (O_1A \cdot O_2A')$

par suite $G = \alpha' / \alpha = O_1A' \cdot AB \cdot D / (O_1A \cdot O_2A' \cdot AB) \quad G = O_1A' \cdot D / (O_1A \cdot O_2A')$

A.N : $D = 1,8 \text{ m} \quad O_1A' = 0,21 \text{ m} \quad O_1A = 1,5 \text{ m} \quad O_2A' = 0,05 \text{ m}$

$G = 5$

La modification est doublement intéressante, car d'une part elle est facile à réaliser et d'autre part elle préserve le grossissement, mieux, elle l'améliore légèrement.

3^{ème} Partie :

$$G = \frac{O_1A' \cdot D}{O_1A \cdot O_2A'} \quad \text{et} \quad \frac{1}{O_1A'} = \frac{1}{O_1A} + C + C_{\text{add}} = \frac{1}{O_1A} + \frac{1}{f} \quad f \text{ étant la vergence de l'ensemble}$$

A.N: $O_1A = 0,08\text{m} \quad O_2A' = 0,05\text{m}$
 $D = 0,08 + 0,3$ comme dans la question précédente

$$\overline{O_1A'} = \frac{O_1A \cdot f}{O_1A + f} \quad \overline{O_1A'} = \frac{0,08 \cdot f}{0,08 - f}$$

$$60 = \frac{O_1A' \cdot D}{O_1A \cdot O_2A'} \quad \text{finalement:} \quad \frac{1}{f} = 14 \text{ dioptries}$$

donc $C_{\text{add}} = 9$ dioptries ou encore 11 cm de distance focale, soit une loupe d'écolier

Remarque :

On pourra reprendre les calculs, sans dessins (plus pénibles) en partant d'une lunette plus conventionnelle de grossissement 8 disposant d'un objectif de 3 dioptries et d'un oculaire de 24 dioptries. On trouvera ainsi $G = 10,9$ à la question 5 - 2^{ème} partie et 12 cm de focale pour la lentille additionnelle soit l'équivalent d'une simple loupe d'écolier.

En pratique il est facile de se procurer les lentilles nécessaires de petit diamètre.

Il suffit alors de les sertir dans un tube de pvc pour les emmancher dans le l'extrémité de la paire de jumelles.

Il ne faut pas s'attendre à une très grande qualité optique , en particulier dans le cas de la transformation en microscope, néanmoins cette dernière restera suffisante pour compter les facettes d'un oeil de libellule. On veillera bien évidemment à rester bien immobile, comme pour l'usage d'un microscope.

Signalons enfin que le grossissement (60) est particulièrement approprié à une observation dans un milieu naturel : une sauterelle grossie 60 fois est effrayante, grossies 200 fois ses cellules nous laissent indifférent.

