La longue-vue

D'après le manuel numérique d'Image https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/

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 "$4f$" : cet exercice propose de comprendre l'intérêt de cet ajout afin d'étudier le principe de la longue-vue.

I. 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** f'.

1. Schématiser la situation : l'objet sera noté A_1B_1 et son image A_2B_2. Au moins deux rayons de lumière doivent justifier sa position.

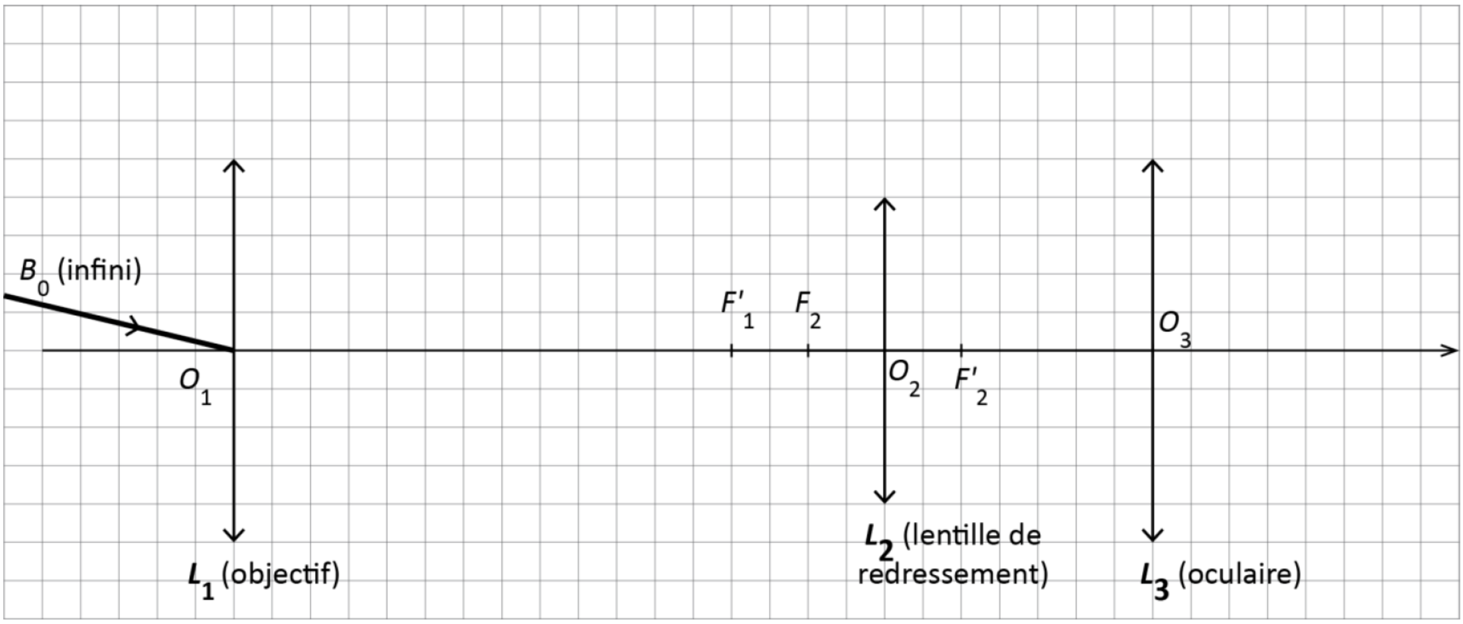
2. D'après cette figure : que vaut le grandissement γ ?

3. Exprimer en fonction de f' :
– la distance OA_1 (on ne demande pas de justification)
– la distance OA_2 : on exploitera la loi de conjugaison pour justifier.

4. En déduire une valeur calculée du grandissement γ et vérifier que l'on retrouve bien la valeur obtenue à la question 2.

II. 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 (c'est-à-dire que les rayons lumineux issus d'un même point ne focalisent pas lorsqu'ils sortent de la longue-vue) : 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 ?

III. 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 (voir document 2).
Calculer numériquement le grossissement 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 oeil 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 : 900 mm
– Distance focale de la lentille de redressement : 50 mm
– Distance focale de l'oculaire : 18 mm

DOCUMENT 2 : relation utile
Le diamètre angulaire d'un objet lointain de taille h et placé à une distance D de l'observateur peur être calculée par la relation approchée :

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

car, lorsque l'angle θ est assez petit, on a la relation approchée :

$$\theta = \tan(\theta)$$

avec l'angle θ en radians.