TD OG3 Systèmes optiques

On commencera systématiquement chaque exercice par un schéma, puis on écrira les conjugaisons ($A \xrightarrow{(L)} A'$), puis on fera souvent une construction géométrique, et on appliquera les relations de conjugaison.

Le conjugué A' d'un point A par une lentille mince sphérique, de centre optique O, de foyers F et F', de distance focale image f ' vérifie les relations suivantes :

Pour $A \xrightarrow{(L)} A'$, on a : Relation de Descartes : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ et $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

Relation de Newton : $\overline{F'A'} \cdot \overline{FA} = -f'^2$ et $\gamma = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}}$

Exercice n°1. Œil myope.

L'œil myope a un cristallin trop convergent. Quel type de lentilles de contact faut-il prescrire à un myope qui voit flou au-delà de 2m ? Calculer la vergence nécessaire pour ses lentilles pour qu'il puisse voir net à l'infini.

Exercice n°2. Etude d'une loupe.

Une loupe est constituée par une lentille mince très convergente f ' = 40 mm, de centre O. L'œil est placé au foyer image F' de cette lentille.
On admettra que les distance maximales et minimales de vision distincte de l'œil (normal) de l'observateur sont l'infini et δ_{min} = 25 cm.
L'œil ne peut donc voir nettement à travers la loupe que les objets A situés sur l'axe entre deux positions A_1 (dont l'image A'_1 à travers la loupe est à l'infini) et A_2 (dont l'image à travers la loupe est en A'_2 située à 25cm de l'œil.

1.) Faire les deux constructions permettant d'obtenir graphiquement les deux positions A_1 et A_2. Déterminer par un calcul littéral leur position. En déduire par un calcul littéral la latitude de mise au point $\Delta = A_1A_2$ de cette loupe. Faire l'application numérique.

2.) Un petit objet AB à la distance x = $\overline{OA}$ (où OA < f ') de la loupe est vu sous l'angle α à l'œil nu, et sous l'angle α' à travers la loupe.

a) Faire une construction géométrique pour un objet AB quelconque et indiquer α' et α sur le schéma. En utilisant les conditions de Gauss, exprimer tan α et tan α' en fonction des données.
En déduire, en fonction de f ' et x, la puissance P = α' /AB et le grossissement G = α' / α de cette loupe.

b) On donne AB = 200µm. Calculer numériquement l'angle α' grâce aux résultats précédents.
Déterminer les grossissements limites G_1 et G_2 correspondant aux deux positions extrêmes A_1 et A_2 de l'objet. Entre quelles limites le grossissement G peut-il finalement varier lorsque l'œil accommode ?

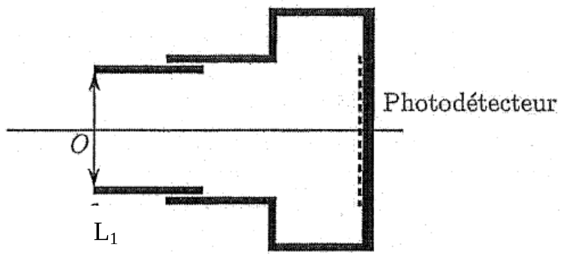
Exercice n°3. Cratères sur la lune.

On désire observer les cratères de Copernic de diamètre 96 km et de Clavius de diamètre 240 km situés à la surface de la lune. On dispose d'une lunette de Galilée composée d'un objectif de focale f_1'=20cm et d'un oculaire de distance focale f_2'= -5cm. Elle donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.
La distance de la terre à la lune est de 380.10^3 km.

1) Ces cratères sont ils visibles à l'œil nu ? Pour cela, déterminer l'angle sous lequel ces objets sont vus à l'œil nu et les comparer à la limite de résolution de l'œil.
2) Ecrire les conjugaisons et déterminer la distance entre les centres des deux lentilles. Faire un schéma de la lunette à l'échelle et dessiner le trajet d'un faisceau incident parallèle, incliné par rapport à l'axe optique.
3) Dans le cas de l'utilisation de la lunette, calculer le grossissement obtenu G = α' / α.
Donner l'angle sous lequel ces cratères sont vus à travers la lunette.

Exercice n°4. Appareil photographique

Un appareil photographique est constitué d'un objectif assimilé à une lentille mince convergente L_1 de centre O_1 et de distance focale f_1'=5cm, mobile par rapport à un photodétecteur CCD fixé sur le boitier de l'appareil (figure ci-dessous).



1) Calculer l'amplitude Δ de déplacement du capteur CCD par rapport à la lentille L_1, sachant que l'appareil est aussi bien capable de faire la mise au point sur un paysage (à l'infini) que sur un objet placé à une distance p = 55 cm de L_1.
On exprimera Δ en fonction de p et f '. Faire l'application numérique.

2) Calculer la taille a, sur le photodétecteur, de l'image d'un objet transversal AB (perpendiculaire à l'axe optique) de taille t = 1,5 cm de hauteur situé à p = 55cm de L_1. Faire l'application numérique.

3) A l'aide d'une bague extérieure, on ajoute sur l'objectif (en avant de L_1), une deuxième lentille convergente L_0 de centre O_0 et de distance focale f_0' = 30cm. La distance entre L_0 et L_1 est fixe, de valeur $\ell=O_0O_1$ = 5cm.
A quelle distance minimale d_1 de L_0 peut-on photographier un objet (l'objectif est alors éloigné du photodétecteur à sa distance maximale). La déterminer en fonction de f_0', ℓ et p et faire l'application numérique.

4) Quelle est alors, sur le photodétecteur, la taille a_1 de l'image d'un objet transversal de taille t =1,5 cm de hauteur. Faire l'application numérique.

5) A quelle distance maximale d_2 de L_0 peut-on photographier un objet (l'objectif est alors à sa distance minimale du photodétecteur) ?

6) Quelle est alors, sur le photodétecteur, la taille a_2 de l'image d'un objet transversal de taille t=1,5 cm de hauteur ? On pourra s'aider d'une construction géométrique.