Sujet 1

I Doublet de Huygens

Un doublet de lentilles non accolées est constitué d'une lentille convergente L_1 de centre optique O_1, de distance focale f_1' et d'une autre lentille convergente L_2 de centre optique O_2, de distance focale f_2'. On note $e = \overline{O_1O_2} > 0$. Un doublet de Huygens est de type :

$$f_1' = 3a \qquad e = 2a \qquad f_2' = a$$

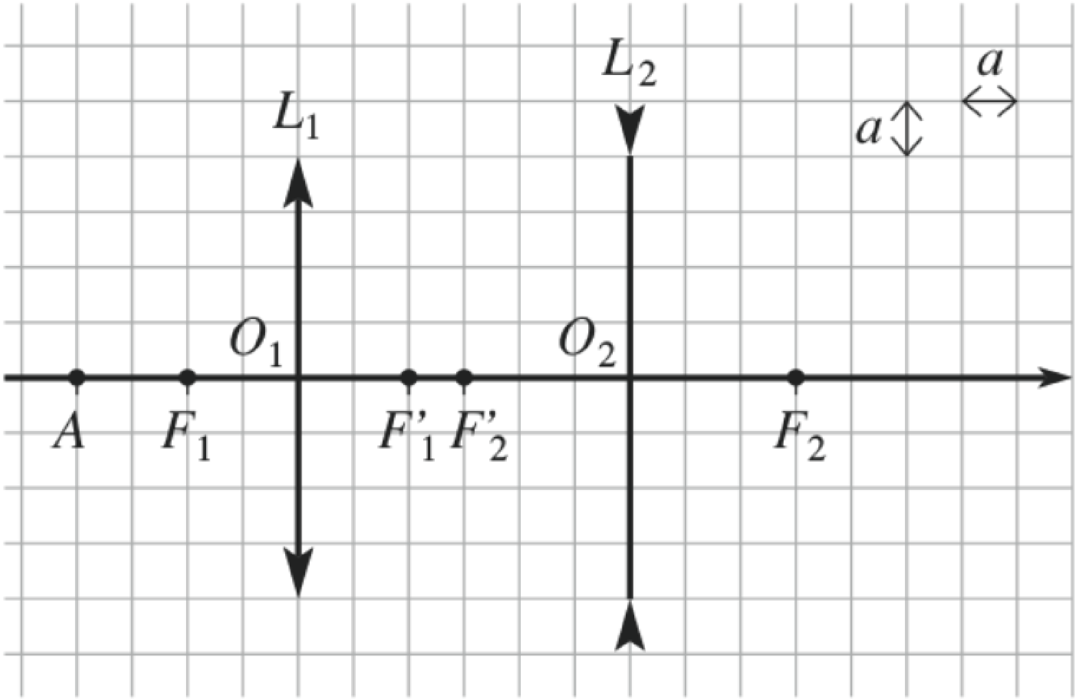
Pour l'application numérique, on prendra $a = 2{,}0\,\text{cm}$. On note $\Delta = \overline{F_1'F_2}$.

1. Déterminer par construction géométrique les foyers objet et image, notés F et F', du doublet optique. Sur le schéma, on prendra un carreau pour 1,0 cm.

2. Exprimer $\overline{F_1F}$ et $\overline{F_2'F'}$ en fonction de e, f_1' et f_2'. Faire l'application numérique. Conclure.

Sujet 2

I Doublet



Données. Relations de conjugaison et de grandissement pour une lentille mince :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \qquad ; \qquad \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}.$$

La distance focale image est notée f' alors que la distance focale objet est notée $f = -f'$.

1. Déterminer, par construction géométrique, la position de l'image A' de l'objet A à travers le système de deux lentilles L_1 et L_2. On précisera la position de l'image intermédiaire A_1 (image de A par L_1 ainsi que sa nature (réelle ou virtuelle)).

2. Vérifier le résultat en utilisant la relation de conjugaison.

3. Tracer un faisceau de rayons issu de A.

Sujet 3

I Téléobjectif d'appareil photographique

Modélisons un téléobjectif d'appareil photo par une association de lentilles suivie d'un capteur CCD de taille $15{,}8 \times 23{,}6 \mathrm{mm}^2$. La lentille d'entrée est convergente, de vergence $5{,}0\,\delta$. Une seconde lentille est présente entre la lentille d'entrée et le capteur, à $15{,}5\,\mathrm{cm}$ de la lentille d'entrée. Elle est divergente, de vergence $-20\,\delta$. La distance entre la lentille d'entrée de l'objectif et le capteur, notée habituellement Δ, est appelée encombrement du téléobjectif. Cet appareil est utilisé pour photographier un chamois de hauteur $80\,\mathrm{cm}$ au garot situé à $150\,\mathrm{m}$ du photographe.

1. En l'absence de la lentille divergente, quelle serait la taille de l'image du chamois sur le capteur? Commenter.

2. Quelle est en fait la taille de l'image formée par le système composé ?

3. Quel est alors l'encombrement du téléobjectif?

4. Quelle serait la distance focale d'une lentille convergente qui donnerait à elle seule une image de la même dimension que la précédente? En déduire ce que vaudrait l'encombrement du téléobjectif dans ce cas.

Sujet 4

I Lunette astronomique

On considère une lunette astronomique formée d'un objectif constitué d'une lentille mince convergente de distance focale $f_1' = \overline{O_1F_1'}$ et d'un oculaire constitué d'une lentille mince convergente de distance focale $f_2' = \overline{O_2F_2'}$. Ces deux lentilles ont même axe optique Δ. On rappelle qu'un œil normal voit un objet sans accommoder quand celui-ci est placé à l'infini. On souhaite observer la planète Mars, qui est vue à l'œil nu sous un diamètre apparent 2α, symétriquement par rapport à l'axe optique de la lunette.
Pour voir la planète nette à travers la lunette, on forme un système afocal.

1. Définir un système afocal. Que cela implique-t-il pour les positions des lentilles ?

2. On note α l'angle sous lequel est vu le bord extrême de la planète Mars. Cet objet est supposé être à l'infini. Dans le cas où $f_1' = 5f_2'$, faire une construction graphique. On placera $\overline{A'B'}$ l'image intermédiaire sur ce schéma.

   On note α' l'angle orienté que forment les rayons émergents extrêmes en sortie de la lunette par rapport à l'axe optique.

   Placer l'angle α' sur la figure précédente. L'image est-elle droite ou renversée ?

3. La lunette est caractérisée par son grossissement $G = \alpha'/\alpha$. Exprimer G en fonction de f_1' et de f_2'. Commenter son signe. On rappelle que les lentilles sont utilisées dans les conditions de Gauss.

On veut augmenter le grossissement de cette lunette et redresser l'image. Pour cela, on interpose entre L_1 et L_2 une lentille convergente L_3 de distance focale $f_3' = \overline{O_3F_3'}$. L'oculaire L_2 est déplacé pour avoir de la planète une image nette à l'infini à travers le nouvel ensemble optique.

4. Quel couple de points doit conjuguer L_3 pour qu'il en soit ainsi ?

5. On appelle γ_3, le grandissement de la lentille L_3. En déduire $\overline{O_3F_1'}$ en fonction de f_3' et γ_3.

6. Faire un tracé de rayons de cette situation. On appellera $\overline{A'B'}$ la première image intermédiaire et $\overline{A''B''}$ la seconde image intermédiaire. Déterminer graphiquement ces images intermédiaires, ainsi que les positions des foyers objet F_3 et image F_3' de la lentille L_3.

7. En déduire le nouveau grossissement G' en fonction de γ_3, f_1' et f_2'. On notera α'' l'angle sous lequel est vue l'image finale que l'on placera sur la figure précédente.

Sujet 5

I Aquarium ($\star$)

La paroi d'un aquarium est constituée d'une lame de verre à faces parallèles, d'épaisseur 5,0 mm. L'indice optique de l'air est $n_1 = 1{,}00$, celui du verre est $n_2 = 1{,}50$ et celui de l'eau est $n_3 = 1{,}33$.
Un rayon lumineux arrive sur la paroi (côté air) sous un angle d'incidence i_1 et ressort de la paroi (côté eau) sous un angle d'incidence i_3. On appelle i_2 l'angle d'incidence du rayon lumineux dans la lame de verre.

1. Sachant que $i_1 = 46°$, calculer i_2 et i_3

2. Existe-t-il un phénomène de réflexion totale pour les rayons pénétrant dans l'aquarium ?

3. Existe-t-il un phénomène de réflexion totale pour les rayons sortant de l'aquarium ?