

## TD : Soutien

### I Système afocal

On considère l'association de trois lentilles  $\mathcal{L}_1$ ,  $\mathcal{L}_2$  puis  $\mathcal{L}_3$ .

On note  $O_1$ ,  $O_2$  et  $O_3$  leur centre optique, et,  $f'_1$ ,  $f'_2$  et  $f'_3$  leur distance focale.

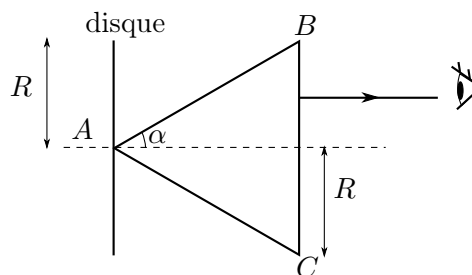
On suppose que  $\overline{O_1O_2} = \overline{O_2O_3} = L$  et que  $f'_1 = f'_3 = f'$ .

1. À quelle condition sur  $f'_2$ , l'association des trois lentilles est-elle afocale ?

### II Image à travers un cône

Soit un cône en verre d'indice optique  $n = 1,5$ , de demi-angle au sommet  $\alpha = 30^\circ$  et de rayon à la base  $R$ . Le cône est placé dans l'air.

Un observateur situé à l'infini observe des rayons parallèles entre eux et parallèles à l'axe du cône.



1. Tracer le rayon à l'intérieur du cône. Par quelle face le rayon est-il entré ?
2. On place un disque lumineux de rayon  $R$ , centré avec l'axe du cône. L'observateur est toujours placé à l'infini. Quel est le rayon du disque  $d$  vu par l'observateur à travers le cône.

### III Image à travers deux dioptries plans

Une cuve contient une couche d'eau de 20 cm d'épaisseur et d'indice  $n_1 = 1,33$  et une couche de benzène d'épaisseur 10 cm et d'indice  $n_2 = 1,48$ . On suppose les deux liquides non miscibles.

Un observateur dont l'œil est à 25 cm au-dessus de la surface libre du benzène regarde presque verticalement un petit objet  $A$  au fond de la cuve.

On rappelle que l'eau est plus dense que le benzène. On se placera dans les conditions de rayons faiblement inclinés par rapport à la normale aux deux dioptries.

1. Tracer la marche d'un pinceau lumineux issu de  $A$ .
2. A quelle distance l'objet  $A$  paraît-il être de l'observateur ?

### IV Hauteur d'un miroir

Une personne est située à  $d = 1,00$  m d'un miroir plan. Elle mesure 1,80 m et la distance entre les yeux et le haut de son crâne vaut 10 cm. Le miroir a une hauteur  $H$  et son extrémité inférieure est située à une distance  $h$  du sol.

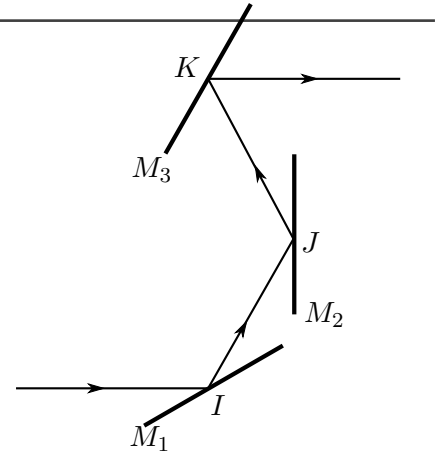
1. À quelles conditions sur  $h$  et  $H$  la personne peut-elle se voir entièrement ?
2. Si la personne recule, a-t-elle plus de chances de se voir ?

## V Déviation par trois miroirs (★)

Un rayon lumineux se propageant dans l'air est réfléchi par trois miroirs  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$ . Ces miroirs sont perpendiculaires à un plan choisi comme plan de la figure.

On note  $I$ ,  $J$ ,  $K$  les points d'incidence du rayon lumineux sur les miroirs  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$ . On sait que les angles d'incidence sur les miroirs  $M_1$  et  $M_2$  valent tous deux  $60^\circ$ .

On souhaite déterminer l'orientation du miroir  $M_3$  pour que, après les trois réflexions, le rayon réfléchi définitif ait la même direction et le même sens que le rayon incident.



On rappelle que la déviation d'un rayon est l'angle partant rayon incident, s'il avait continué sans rencontrer d'obstacle et le rayon transmi ou réfléchi.

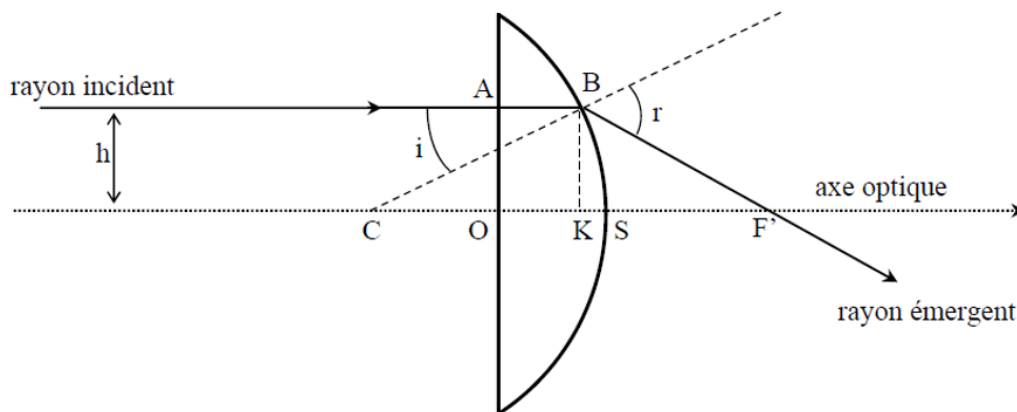
1. Refaire le schéma et placer les différents angles d'incidence, ainsi que les déviations successives  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  subies par le rayon lumineux sur chaque miroir.

On notera  $i$  l'angle d'incidence au niveau des miroirs  $M_1$  et  $M_2$  et  $i'$  l'angle d'incidence au niveau du miroir  $M_3$ . Les angles  $i$  et  $i'$  sont des angles géométriques, donc positifs. Les déviations  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  sont définies dans l'intervalle  $]0, \pi[$ .

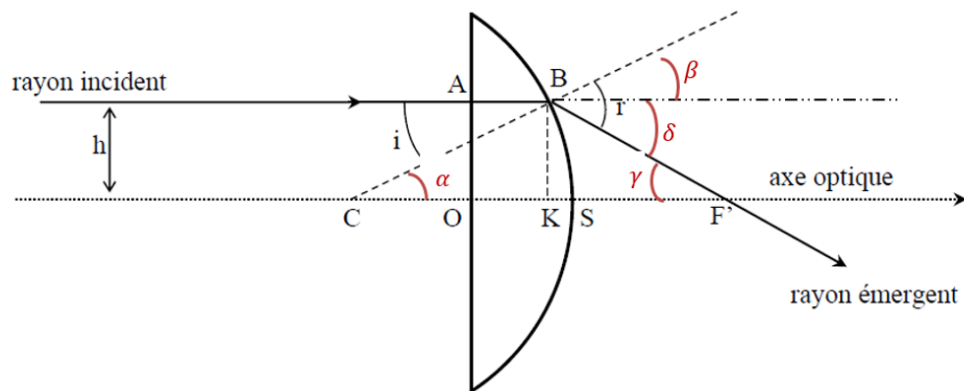
2. Exprimer la déviation totale  $D$  en fonction de  $i$  et  $i'$ .
3. En déduire l'expression de  $i'$  pour que le rayon émergent ait même direction et même sens que le rayon incident. Donner sa valeur.

## VI Comment expliquer les propriétés des lentilles ?

Les propriétés optiques des lentilles viennent de leur forme géométrique. Pour en proposer une explication, on considère une lentille plan-convexe (voir figure ci-dessous) constituée d'un verre d'indice  $n$ . L'indice de l'air ambiant est égal à 1. La partie sphérique de la lentille est une portion de sphère de centre  $C$  et de rayon  $R = \overline{CB} = \overline{CS}$ . L'épaisseur de la lentille au centre est  $e = \overline{OS}$ . On considère un rayon incident parallèle à l'axe optique, à une distance  $h$  de celui-ci. Ce rayon pénètre dans la lentille en  $A$  et est réfracté en  $B$ . On note  $i$  et  $r$  les angles incident et réfracté, comptés par rapport à la normale ( $CB$ ). Le rayon émergent de la lentille coupe l'axe optique en  $F'$ . On note  $K$  le projeté orthogonal de  $B$  sur l'axe optique.



1. Écrire les lois de la réfraction en  $B$ .
2. Exprimer les différents angles  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  et  $\gamma$  sur la figure ci-dessous, en fonction de  $i$  et  $r$ . Justifier.



Puis, montrer que la grandeur algébrique  $\overline{OF'}$  peut se mettre sous la forme :

$$\overline{OF'} = e - R(1 - \cos i) + \frac{R \sin i}{\tan(r - 1)}$$

3. Cette lentille constitue-t-elle un système rigoureusement stigmatique ? Justifier.
4. Si on considère maintenant des rayons peu inclinés par rapport à l'axe optique, on peut approximer à l'ordre 1, pour un angle  $\theta$  faible,  $\sin \theta \simeq \theta$ ,  $\cos \theta \simeq 1$  et  $\tan \theta \simeq \theta$ . Donner une expression approchée de la grandeur algébrique  $\overline{OF'}$  en fonction de  $e$ ,  $R$  et  $n$  uniquement. Peut-on dire que le système est approximativement stigmatique ? Justifier.