GEIPI 2e année – ESIREM
2e année 2e semestre

Avril 2017

Optique – Contrôle continu 3
Optique géométrique

1 Tracés de rayons (7 points)

On considère le dioptre sphérique de la figure 1 (voir annexe).

1 - 1 Calculer la vergence du dioptre en utilisant les données du dessin, en déduire les distances focales objet f_o et image f_i, et compléter le schéma en ajoutant les points focaux objet F_o et image F_i. Le dioptre est-il convergent ou divergent ?

1 - 2 Dessiner le trajet du rayon émergent correspondant au rayon incident $\mathscr{R}_1$ en utilisant **deux** méthodes de votre choix.

On considère ensuite le miroir sphérique de la figure 2.

1 - 3 Calculer la vergence du miroir, ses distances focales et placer les points focaux F_o et F_i sur le schéma. Le miroir est-il convergent ou divergent ?

1 - 4 Construire l'image de A_oB_o par le miroir. Qualifier l'image obtenue. Comment se voit-on dans une boule de Noël ?

On considère maintenant le système optique centré de la figure 3.

1 - 5 Que valent les longueurs focales objet f_o et image f_i du système optique ? Le système est-il convergent ou divergent ? En déduire le rapport des indices n_i/n_o.

1 - 6 Construire graphiquement l'image A_iB_i de A_oB_o par le système optique en utilisant deux rayons lumineux bien choisis.

2 Oculaire d'Huygens (9 points)

Pour regarder un objet proche, l'instrument adapté est la loupe. Cependant, lorsque la vergence d'une loupe atteint des valeurs élevées (typiquement 20 δ), la qualité de l'image devient médiocre. Pour pallier à ce problème, on utilise des oculaires composés de plusieurs lentilles. Nous étudions ici l'un de ceux-ci, l'oculaire d'Huygens.

L'oculaire d'Huygens est composé de deux lentilles minces de centre O_1 et O_2, et sa formule est $(3-2-1)$, ce qui signifie que la longueur focale image de la première lentille vaut $f_1' = 3a$, l'épaisseur optique vaut $e = \overline{O_1O_2} = 2a$ et la longueur focale image de la deuxième lentille vaut $f_2' = a$, où a est une longueur arbitraire.

2 - 1 Dessiner le système pour $a = 2$ cm. On fera en particulier apparaître les centres des 2 lentilles O_1 et O_2, et les points focaux objets et images des lentilles : F_1, F_2, F_1' et F_2'.

2 - 2 Exprimer les vergences V_1 et V_2 de chacune des lentilles en fonction de a.

2 - 3 Rappeler la formule de Gullstrand. En déduire la vergence de l'oculaire complet, puis ses longueurs focales objet et image, toujours en fonction de a.

2 - 4 Calculer l'intervalle optique $\Delta = \overline{F_1'F_2}$ du système. On rappelle que dans le cas d'une association de deux systèmes centrés, on a :

$$\overline{F_2'F'} = -\frac{f_2 f_2'}{\Delta} \qquad \overline{F_1 F} = \frac{f_1 f_1'}{\Delta} \tag{2.0.1}$$

En déduire les positions des points focaux objet F et image F'.

2 - 5 En déduire la position des points principaux objet H et image H'. Compléter le schéma avec les points H, H', F et F'.

2 - 6 Dessiner sur le schéma le trajet d'un rayon incident parallèlement à l'axe optique. Faire de même pour un rayon sortant du système parallèlement à l'axe optique. Justifier graphiquement la position des points et plans principaux à l'aide de ces tracés de rayons.

On place un objet virtuel AB à mi-chemin entre F_2 et O_2.

2 - 7 D'après les questions précédentes, où sera située l'image de AB ?

2 - 8 Réaliser un nouveau schéma du système, positionner l'objet virtuel AB et réaliser la construction géométrique de son image en utilisant trois rayons différents.

3 Objectif à immersion (9 points)

On considère un objectif de microscope à immersion, c'est-à-dire que le milieu objet est constitué d'huile d'indice $n = 1.5$ et le milieu image est de l'air. On note V sa vergence.

3 - 1 Rappeler sans démonstration

1. la forme générale de la matrice de conjugaison $T(\overline{AA'})$ entre deux points conjugués A et A' (on notera γ le grandissement et V la vergence de l'objectif),
2. la forme générale de la matrice de conjugaison $T(\overline{HH'})$ entre plans principaux.

3 - 2 Exprimer $T(\overline{HH'})$ comme un produit de matrices faisant intervenir $T(\overline{ES})$, la matrice de transfert de l'objectif de microscope. On adoptera la notation :

$$T(\overline{ES}) = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \tag{3.0.1}$$

et on se rappellera que le milieu objet est constitué d'huile.

3 - 3 Calculer le produit matriciel précédent et exprimer $T(\overline{HH'})$ en fonction de a, b, c, d, $\overline{HE}$, $\overline{SH'}$ et n.

Les éléments de la matrice de transfert de l'objectif de microscope de 6 mm d'épaisseur ($\overline{ES} = 6$ mm) valent :

$$T(\overline{ES}) = \begin{pmatrix} 1{,}8 & 0{,}004 \\ -100 & 1/3 \end{pmatrix} \tag{3.0.2}$$

où les grandeurs sont exprimées dans les unités du système international.

3 - 4 Quelle est la vergence V de l'objectif ? En déduire les distances focales objet f et image f'.

3 - 5 En utilisant les relations précédentes, donner les positions des points principaux objet H et image H' du système. En déduire les distances algébriques $\overline{EF}$ et $\overline{SF'}$.

3 - 6 Compléter le schéma de l'annexe (à l'échelle 2 :1) en positionnant les points principaux H et H', et les foyers F et F'.

On cherche à observer un objet AB situé à une distance de 1,8 cm en avant du plan principal objet H (dans l'huile, donc).

3 - 7 Exprimer la matrice de conjugaison $T(\overline{AA'})$ entre A et son image A' par l'objectif de microscope comme un produit matriciel faisant intervenir la matrice de passage $T(\overline{HH'})$ calculée précédemment.

3 - 8 Calculer ce produit matriciel et en déduire la position de l'image A'.

3 - 9 Quel est le grandissement de l'image ?

3 - 10 Compléter le schéma avec la construction géométrique correspondante.

Annexes à rendre avec la copie

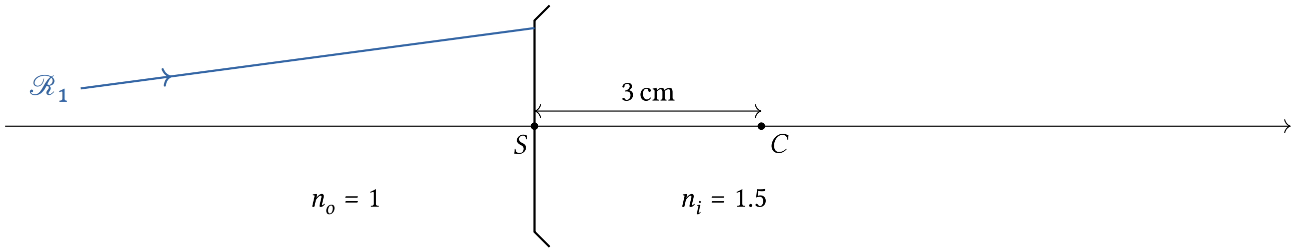

FIGURE 1 – Dioptre sphérique

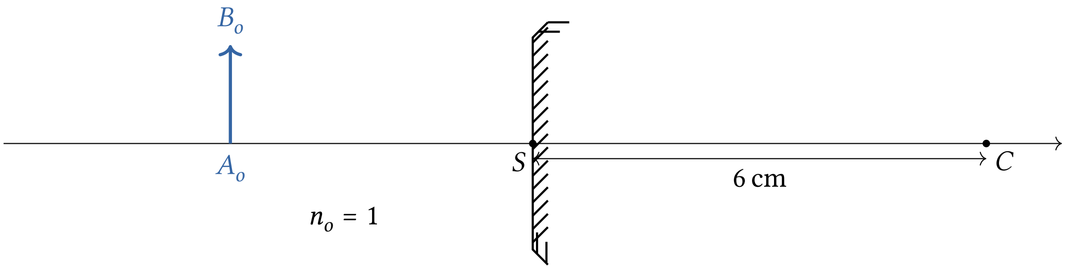

FIGURE 2 – Miroir sphérique

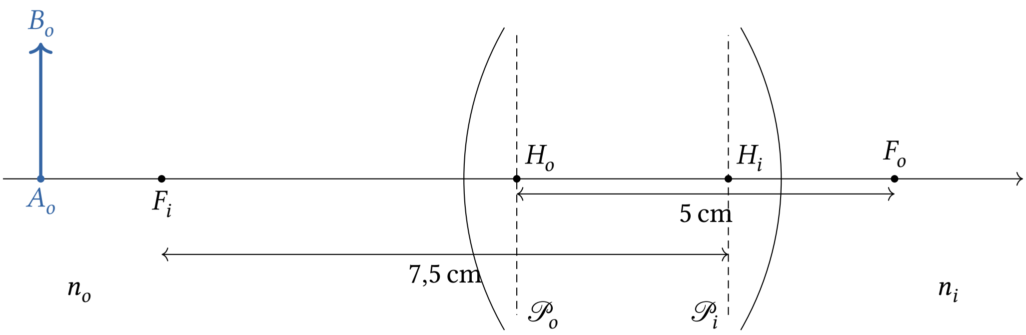

FIGURE 3 – Système centré

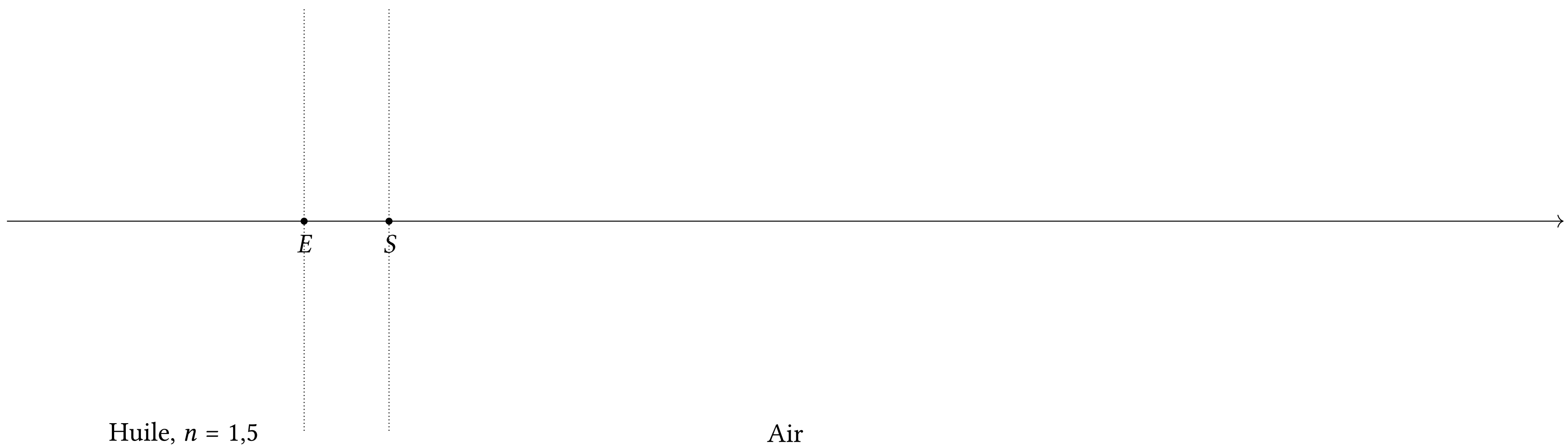

FIGURE 4 – Schéma à l'échelle 2 :1 (2 cm sur le dessin équivaut à 1 cm dans l'exercice) de l'objectif de microscope à immersion.