

Licence de Physique-Chimie 2^{ème} année
section physique et section chimie
 Contrôle Partiel (durée : 2h)

I. Questions de cours

- a) Qu'est-ce que l'approximation de Gauss ?
- b) Donner la définition du chemin optique.
- c) Citer une application de la réflexion totale.
- d) Montrer que la matrice de réfraction à travers un dioptre sphérique s'écrit $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -V & 1 \end{pmatrix}$.
- e) La vergence d'un miroir sphérique de sommet S et de centre de courbure C est donnée par $V = \frac{-2n}{R}$. Que représentent n et \bar{R} ? Quelle est la distance focale ? Où est situé le foyer ?

II. Lentille épaisse.

Une lentille épaisse biconvexe d'épaisseur e , constituée d'un matériau d'indice n' est plongée dans un milieu d'indice n (figure 1).

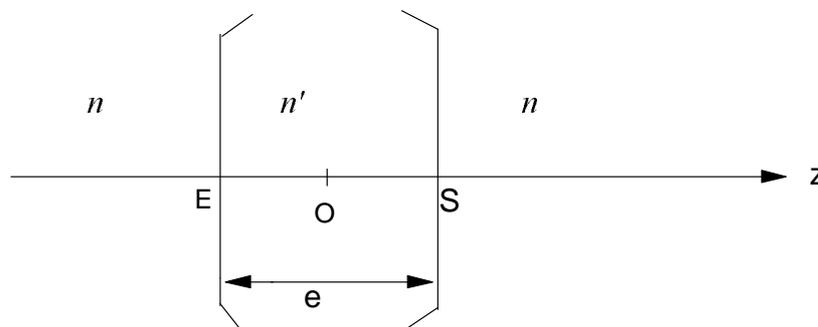


figure 1

Les dioptres E et S ont respectivement pour vergences V_1 et V_2 et ils ont le même rayon de courbure R en valeur absolue.

II.1. Matrice de transfert $T(\overline{ES})$.

- a) Exprimer V_1 et V_2 en fonction de n , n' et R .
- b) A partir de la matrice de transfert du dioptre, montrer que la matrice de transfert de la lentille est $T(\overline{ES}) = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ où $a = (1 - V_1 \frac{e}{n'})$, $b = \frac{e}{n'}$, $c = -V$, $d = (1 - V_2 \frac{e}{n'})$, et en déduire la vergence V en fonction de V_1 , V_2 , n' et e .

II.2. Application numérique à deux cas particuliers:

Rappels : les distances focales image et objet du système considéré V sont respectivement $f_i = \frac{n}{V}$ et $f_o = -\frac{n}{V}$. Les positions des foyers F_i et F_o et des plans principaux H_i et H_o

déterminées par rapport à E et S sont donnés respectivement par : $\overline{SF}_i = f_i a$, $\overline{EF}_o = f_o d$, $\overline{SH}_i = f_i(a-1)$, $\overline{EH}_o = f_o(d-1)$.

Calculer la vergence V de la lentille en dioptries ainsi que les distances focales et les positions des foyers et plans principaux dans les deux cas suivants :

- $R = 1$ cm, $e = 5$ mm, $n' = 1$ et $n = 1,5$. Il s'agit par exemple d'une bulle d'air limitée par deux dioptres dans un liquide d'indice de réfraction $n = 1,5$.
- $R = 1$ cm, $e = 5$ mm, $n' = 2$ et $n = 1,5$. Il s'agit dans ce cas d'une lentille constituée d'un matériau d'indice de réfraction $n' = 2$ plongée dans un liquide d'indice de réfraction $n = 1,5$.

II.3. Tracés de rayons

Dans ces deux cas décrits dans la section II.2, représenter sur un schéma à l'échelle 5 (donc 2 mm représentés par 1cm) la position de F_b , F_o , H_b , H_o ainsi que le trajet d'un rayon incident parallèlement à l'axe optique.

II.4. Approximation de la lentille mince.

On donne $n = 1$ et $n' > 1$. Dans la figure 1, le point O est le milieu de ES .

- Donner l'expression de OF_i en fonction de e , n' , R en utilisant les résultats de I.1.
- Donner l'expression en fonction de n' et R de la distance focale de la lentille lorsque e tend vers 0 (cette valeur sera notée f_{i0} par la suite).
- On remplace la lentille précédente d'épaisseur e par une lentille mince de distance focale f_{i0} établie en b). Le nouveau foyer image est alors F_i' tel que $OF_i' = f_{i0}$. On calcule l'écart $\delta F_i = OF_i - OF_i'$ et on s'intéresse à la variation relative $(\delta F_i / f_{i0})$ lorsque $(e/R) \ll 1$.
- Montrer que $(\delta F_i / f_{i0}) \approx (n-1)(1 - \frac{1}{2n}) \frac{e}{R}$ en effectuant un développement limité au premier ordre en (e/R) .
- Application numérique : $n = 1,5$. Calculer numériquement $(\delta F_i / f_{i0})$ dans les deux cas suivants :
 - $e = 1$ mm et $R = 5$ mm,
 - $e = 1$ m et $R = 20$ m.

Dans lequel de ces deux cas l'approximation de la lentille mince est-elle la plus justifiée ?

III. Association lentille mince- miroir sphérique concave dans l'air (n = 1).

Les figures 2 et 3 représentent deux cas d'association d'une lentille mince avec un miroir sphérique concave. Les points E et S sont confondus avec le centre de la lentille et S_m est le sommet du miroir. Dans le premier cas (figure 2), le foyer du miroir F_m est confondu avec le foyer image de la lentille F_i et $EF_i = F_i S_m$. Dans le second cas (figure 3), le centre de courbure du miroir est confondu avec le foyer image de la lentille F_i .

Attention : Les questions suivantes doivent être traitées successivement pour les deux cas.

III.1. Construire le trajet complet du rayon lumineux incident parallèlement à l'axe optique. En déduire graphiquement la position du foyer image Φ_i et du plan principal image P_i du système constitué par l'association lentille-miroir.

III.2. Etablir la matrice de transfert $T(\overline{ES})$ directement sous forme numérique dans le système S.I. en justifiant l'écriture sous forme numérique de chaque matrice élémentaire utilisée pour ce calcul (réfraction, translation, réflexion). On prendra $EF_i = 1$ m et pour le second cas (figure 3) on prendra de plus $C_m S_m = 2$ m.

En déduire la position du foyer image Φ_i et du plan principal image P_i du système et comparer au résultat graphique obtenu en II.1.

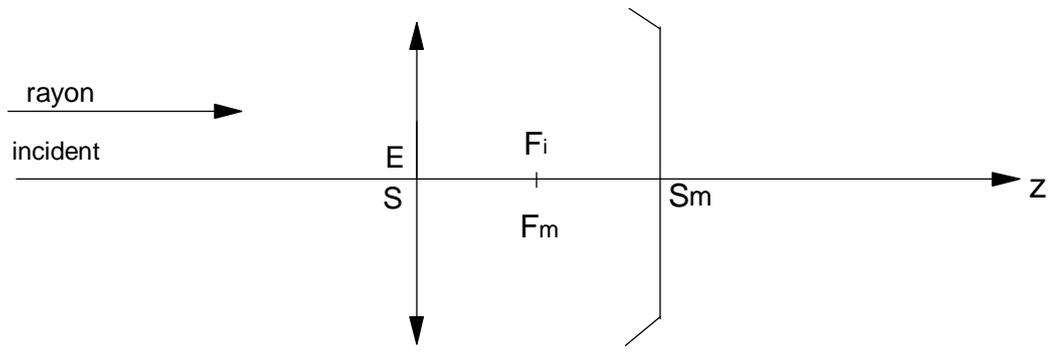


figure 2

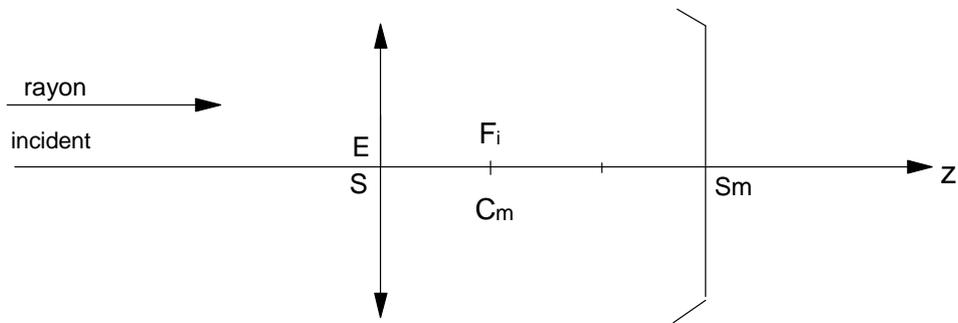


figure 3