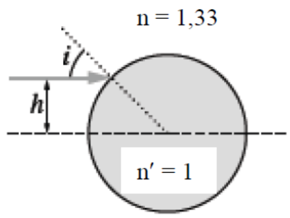
Université Moulay Ismail
Faculté des sciences de Meknès
Département de PHYSIQUE

Année universitaire 2016/2017

Epreuve d'optique géométrique : Durée 1h 30min
Session ordinaire : Juin 2018
Filière SMPC - Semestre 2

Exercice 1 : (4 points)

Une bulle d'air sphérique (n′=1) de rayon R est immergée dans un liquide d'indice n=1,33.



1) Calculer la valeur limite i_ℓ de i pour laquelle il y a réflexion totale sur la bulle d'air pour un rayon incident parallèle à l'axe. Quelle est alors la hauteur h du rayon incident par rapport à l'axe de la bulle d'air en fonction du rayon de la goutte.
2) Dans le cas où $i > i_\ell$, donner l'expression de la déviation subie par le rayon incident.
3) Donner l'expression de la déviation D quand $i < i_\ell$, le rayon subissant deux réfractions et sortant de la bulle.

Exercice 2 : (6 points)

Soit L_1 une lentille plan-convexe taillée dans du verre d'indice n=1,5 et placée dans l'air d'indice 1. Le rayon de courbure de la face sphérique est $\overline{S_1C_1} = R$. (Figure 1)

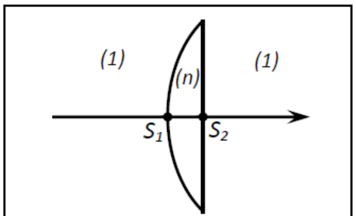


Figure 1

Dans tout le problème les conditions de Gauss sont satisfaites.

1) L_1 est une lentille mince de centre O_1 ($O_1 \equiv S_1 \equiv S_2$).
   a. Monter que la relation de conjugaison de la lentille L_1 s'écrit : $\frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{n-1}{R}$
   b. Calculer la distance focale image f_1' de la lentille L_1 pour R=6 cm et en déduire sa nature.
2) On place à une distance de +4cm après la lentille L_1, une lentille mince L_2 de centre O_2 et de distance focale image $f_2' = -4\,cm$, de façon à constituer un doublet placé dans l'air. Déterminer les positions, par rapport à O_1 des foyers principaux F et F'du doublet.
3) Construire sur un schéma les foyers du doublet formé par L_1 et L_2 (échelle 1cm → 4cm).

Exercice 3 : (8 points)

On considère une lentille épaisse formée par l'association de deux dioptres D_1 de centre C_1 et du sommet S_1 et D_2 de centre C_2 et du sommet S_2, d'indice n=3/2 et d'épaisseur e=10cm, placée dans l'air d'indice 1. Elle reçoit des rayons lumineux venant de gauche (Figure 1).

On posera : $R = \overline{S_1C_1} = \overline{S_1S_2} = e = \frac{\overline{S_2C_2}}{2}$

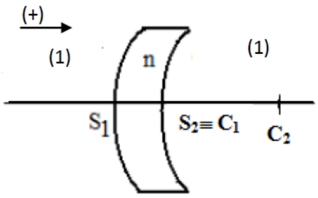


Figure 1

1) Soit AB un objet et A′B′ son image à travers le système. On notera A_1B_1 l'image intermédiaire.
   a. Ecrire les formules de conjugaison et de grandissement γ_1 du 1^{er} dioptre $D_1(S_1,C_1)$ avec origine au centre pour le couple de points (A, A_1).
   b. Déterminer la position des foyers objet F_1 et image F_1' du diopter $D_1(S_1,C_1)$ et en déduire ses distances focales objet f_1 et image f_1'.
   c. Ecrire les formules de conjugaison et de grandissement γ_2 du $2^{éme}$ dioptre $D_2(S_2,C_2)$ avec origine au sommet pour le couple de points (A_1, A').
   d. Calculer les distances focales objet f_2 et image f_2' du $2^{éme}$ dioptre $D_2(S_2,C_2)$.
2) Montrer que les formules de conjugaison et de grandissement de la lentille s'écrivent :
   $\frac{1}{\overline{S_2A'}} - \frac{n^2}{\overline{S_2A}} = \frac{(n-1)(2n-1)}{2R}$ et $\gamma = n\frac{\overline{S_2A'}}{\overline{S_2A}}$
3) Trouver la position, par rapport à S_2, des foyers objet F et image F' du système.

Université Moulay Ismail
Faculté des sciences de Meknès
Département de PHYSIQUE

Année universitaire 2016/2017

Corrigé de l'examen de la session ordinaire
Filière SMPC – Semestre 2

Exercice 1 : (4 points)

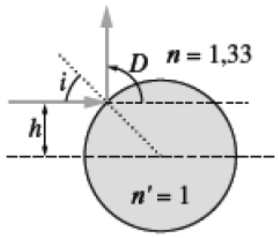
1- Pour qu'il y ait réflexion totale, il faut que : $n \sin i_\ell = n' \sin \frac{\pi}{2} = 1$ $(n' = 1)$

1pt $\Rightarrow \boxed{\sin i_\ell = \frac{1}{n}}$ donc $\boxed{i_\ell = 48{,}75°}$

1pt Si $i = i_\ell$, $\sin i_\ell = \frac{h}{R} = \frac{1}{n}$. On a donc $h = \frac{R}{n}$ $\boxed{h = \frac{3R}{4}}$

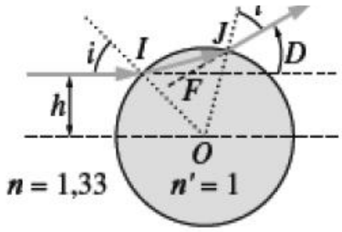
2- Dans le cas où $i > i_\ell$, il y a réflexion totale sur la bulle d'air et la déviation est D :

1pt $\boxed{D = \pi - 2i}$



3- Si $i < i_\ell$, le rayon rentre dans la bulle d'air en I, se réfracte et ressort en J après deux réfractions. Le triangle IJO étant isocèle ($OI = OJ = R$), il ressort avec le même angle i. Dans le triangle IJF, on a $\pi - D + 2(r - i) = \pi$.

1pt $\Rightarrow$ $\boxed{D = 2(r - i)}$



Exercice 2 : (6 points)

1- **a.** Relation de conjugaison de la lentille mince L_1

Appliquant les relations de conjugaisons au dioptre sphérique (DS) et au dioptre plan (DP)

$$A \xrightarrow{(DS)} A_1 \quad donc : \quad \frac{n}{\overline{S_1A_1}} - \frac{1}{\overline{S_1A}} = \frac{n-1}{\overline{S_1C_1}} = \frac{n-1}{R} ;$$

$$A_1 \xrightarrow{(DP)} A' \quad donc : \quad \frac{n}{\overline{S_2A_1}} = \frac{1}{\overline{S_2A'}}$$

$$Puisque\ L_1\ est\ mince\ (S_1 \equiv S_2 \equiv O_1)\ alors : \frac{n}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{n-1}{R} \quad et \quad \frac{n}{\overline{O_1A_1}} = \frac{1}{\overline{O_1A'}}$$

$$Donc : \frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{n-1}{R}$$ **1 pt**

b. Calculer la distance focale image f_1' de la lentille L_1.

$$A \equiv \infty \xrightarrow{(L_1)} A' \equiv F_1' \quad donc : \quad \overline{O_1F_1'} = \frac{R}{n-1} = f_1' \ ; \quad A.N.\ f_1' = 12\ cm$$ **0.5 pt**

La lentille L_1 est convergente car f_1' est positive **0.5 pt**

Année universitaire 2016/2017

2- Positions, par rapport à O_1 des foyers principaux F et F' du doublet.

$$F \xrightarrow{(L_1)} F_2 \xrightarrow{(L_2)} \infty \Rightarrow \frac{1}{\overline{O_1F_2}} - \frac{1}{\overline{O_1F}} = \frac{1}{f'_1} \; ; \; On\ a : \overline{O_1F_2} = e + f_2 \Rightarrow \overline{O_1F} = 24\ cm$$

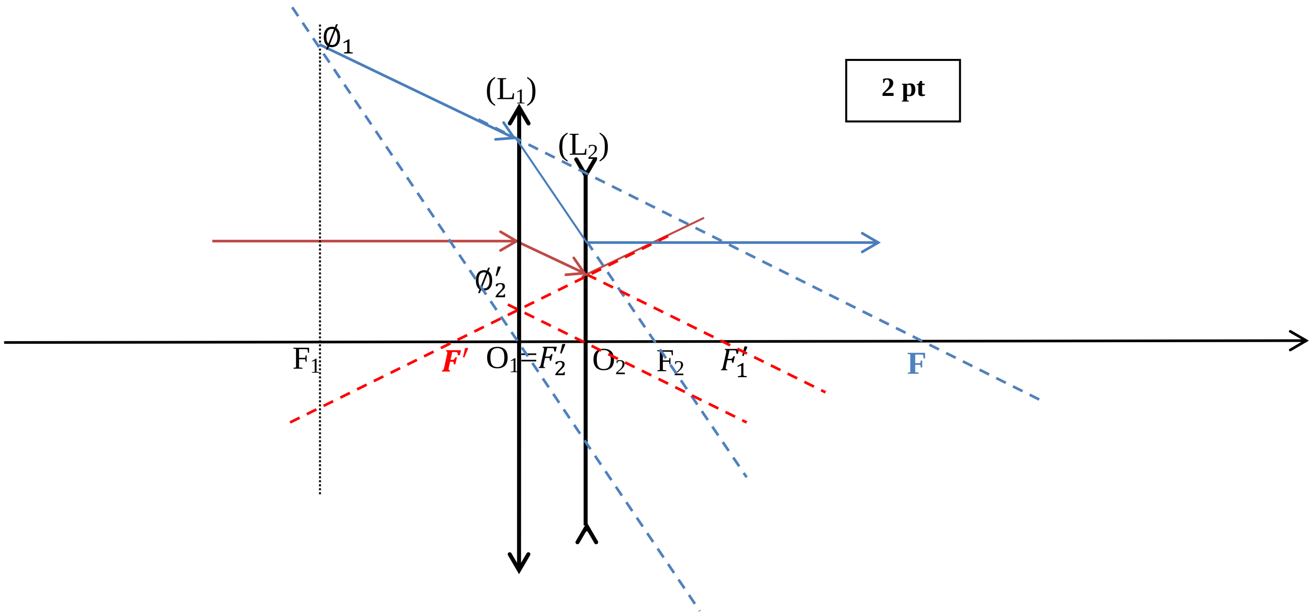
1 pt

$$\infty \xrightarrow{(L_1)} F'_1 \xrightarrow{(L_2)} F' \Rightarrow \frac{1}{\overline{O_2F'}} - \frac{1}{\overline{O_2F'_1}} = \frac{1}{f'_2} \; ; \; On\ a : \overline{O_2F'_1} = f'_1 - e \quad et$$

$$\overline{O_2F'} = \overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'} = \overline{O_1F'} - e \qquad Soit : \overline{O_1F'} = -4\ cm$$

1 pt

3- Construction géométrique des foyers du doublet formé par L_1 et L_2 (échelle 1cm → 4cm) :



Exercice 3 : (8 points)

1- a. Formules de conjugaison de position et de grandissement γ_1 pour DS1 avec origine au centre pour le couple de points **(A, A₁)** :

$$\underset{1}{AB} \xrightarrow{D_1(S_1,C_1)} \underset{n}{A_1B_1}$$

1pt

$$\frac{1}{\overline{C_1A_1}} - \frac{n}{\overline{C_1A}} = \frac{1-n}{\overline{C_1S_1}} = \frac{n-1}{R} \qquad (1)$$

$$\gamma_1 = \frac{\overline{C_1A_1}}{\overline{C_1A}}$$

b. **Positions des foyers F_1 et F_1':**

0,5 $A \equiv F_1 \Rightarrow A_1$ à l'∞ $\Rightarrow$ $\boxed{\overline{C_1F_1} = \frac{nR}{1-n}}$ AN $\overline{C_1F_1} = -3R = -30$ cm

0,5 A à l'∞ $\Rightarrow A_1 \equiv F'_1 \Rightarrow$ $\boxed{\overline{C_1F'_1} = \frac{R}{n-1}}$ AN $\overline{C_1F'_1} = 2R = 20$ cm

Les distances focales f_1 et f'_1:

0,5 $f_1 = \overline{S_1F_1} = \overline{S_1C_1} + \overline{C_1F_1} = \overline{S_1S_2} + \overline{C_1F_1} = R + \frac{nR}{1-n} = \frac{R}{1-n} \Rightarrow \boxed{f_1 = \frac{R}{1-n}}$

0,5 $f'_1 = \overline{S_1F'_1} = \overline{S_1C_1} + \overline{C_1F'_1} = \overline{S_1S_2} + \overline{C_1F'_1} = R + \frac{R}{n-1} = \frac{nR}{n-1} \Rightarrow \boxed{f'_1 = \frac{nR}{n-1}}$

AN: $f_1 = -2R = -20$ cm ; $f'_1 = 3R = 30$ cm .

c. Formules de conjugaison de position et de grandissement γ_2 pour DS2 avec origine au sommet pour le couple de points $(\mathbf{A_1, A'})$:

$$\underset{n}{A_1B_1} \xrightarrow{D_2(S_2,C_2)} \underset{1}{A'B'}$$

1pt

$$\frac{n}{\overline{S_2A_1}} - \frac{1}{\overline{S_2A'}} = \frac{n-1}{\overline{S_2C_2}} = \frac{n-1}{2R} \qquad (2)$$

$$\gamma_2 = \frac{n}{1}\frac{\overline{S_2A'}}{\overline{S_2A_1}}$$

d. Positions des foyers objet F_2 et image F'_2 :

0,5 $\quad A_1 \equiv F_2 \Rightarrow A'$ à l'∞ $\Rightarrow$ $\boxed{\overline{S_2F_2} = \frac{2nR}{n-1}}$ AN $\overline{S_2F_2} = 6\,R = 60$ cm

0,5 $\quad A_1$ à l'∞ $\Rightarrow A' \equiv F'_2 \Rightarrow$ $\boxed{\overline{S_2F'_2} = \frac{2R}{1-n}}$ AN $\overline{S_2F'_2} = -\,4R = -\,40$ cm

<u>les distances focales objet f_2 et image f'_2</u>

0,5 $\quad f_2 = \overline{S_2F_2} \Rightarrow \boxed{f_2 = \frac{2nR}{n-1}}$ AN : $f_2 = 60$ cm

0,5 $\quad f'_2 = \overline{S_2F'_2} \Rightarrow \boxed{f'_2 = \frac{2R}{1-n}}$ AN : $f'_2 = -\,40$ cm

2- Formules de conjugaison de position et de grandissement de la lentille :

$$\frac{1}{\overline{C_1A_1}} - \frac{n}{\overline{C_1A}} = \frac{n-1}{R} \qquad (1)$$

$$\frac{n}{\overline{S_2A_1}} - \frac{1}{\overline{S_2A'}} = \frac{n-1}{2R} \qquad (2)$$

Or $C_1 \equiv S_2$ donc (1) $\Leftrightarrow \frac{1}{\overline{S_2A_1}} - \frac{n}{\overline{S_2A}} = \frac{n-1}{R} \qquad (3)$

0,5 $\quad \Rightarrow n * (3) - (2) \Leftrightarrow \frac{1}{\overline{S_2A'}} - \frac{n^2}{\overline{S_2A}} = \frac{n(n-1)}{R} - \frac{n-1}{2R} = \frac{(n-1)(2n-1)}{2R} \qquad (4)$

0,5 $\quad \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}}\frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \gamma_1\ \gamma_2 = \frac{\overline{C_1A_1}}{\overline{C_1A}}\frac{n}{1}\frac{\overline{S_2A'}}{\overline{S_2A_1}} = n\frac{\overline{S_2A'}}{\overline{S_2A}} \Rightarrow \boxed{\gamma = n\frac{\overline{S_2A'}}{\overline{S_2A}}}$

3- Position des foyers **F** et **F'** du système :

D'après (4)

0,5 $\quad \bullet \ \frac{1}{\overline{S_2F'}} = \frac{(n-1)(2n-1)}{2R} = \frac{1}{2R} \Rightarrow \boxed{\overline{S_2F'} = 2\,R}$ **AN** $\overline{S_2F'} = 20$ cm

0,5 $\quad \bullet \ -\frac{n^2}{\overline{S_2F}} = \frac{(n-1)(2n-1)}{2R} = \frac{1}{2R} \Rightarrow \boxed{\overline{S_2F} = -2\,n^2\,R}$ **AN** $\overline{S_2F} = -\,45$ cm