Année universitaire 2016/2017

Epreuve d'optique géométrique : Durée 1h 30min
Session de rattrapage : Juillet 2017
Filière SMPC - Semestre 2

Exercice 1 : (5 points)

Un rayon lumineux pénètre en P dans un bloc en plastique transparent d'indice n et de forme cubique. On se placera dans le cas où P est le centre d'une des faces. La figure 1 schématise une coupe du cube par le plan d'incidence et indique les orientations des rayons incident et réfracté par rapport à la face d'entrée.

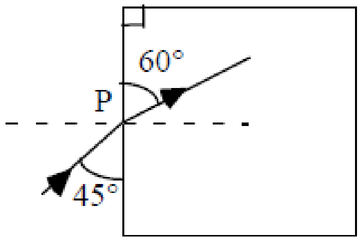


Figure 1

1) Déterminer la vitesse de la lumière dans le plastique (on rappelle que la vitesse de la lumière dans le vide est $c=3.10^8$ m/s).

2) Construire la marche des rayons dans le cube.

3) Déterminer l'angle de déviation (angle formé par les rayons incident et émergent du cube).

Exercice 2 : (7 points)

On considère un dioptre sphérique convexe D, d'axe optique Δ, de centre C_1, de sommet S_1 et de rayon $\overline{S_1C_1} = R = 0{,}5\,m$, séparant l'air, d'indice 1, d'un milieu d'indice n=1.5.

Un miroir sphérique concave M, de même axe Δ, de centre C_2, de sommet S_2 et de rayon $\overline{C_2S_2} = 2R$, est placé dans le milieu d'indice n (Figure 2).

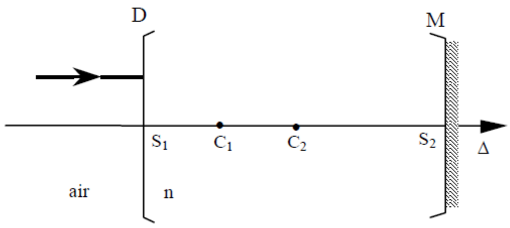


Figure 2

1) Calculer les positions des foyers objet F_1 et image F_1' du dioptre D et en déduire sa nature.

2) Sachant que le centre C_2 du miroir M est placé à la distance R de C_1 ($\overline{C_1C_2} = R$), Tracer la marche d'un rayon incident parallèle à l'axe Δ.

3) **a.** On déplace le miroir M. Quelle doit être la position du centre C_2 par rapport à C_1 pour qu'un rayon incident parallèle à l'axe Δ émerge, du milieu d'indice n, confondu avec lui même ?
b. Tracer la marche de ce rayon.

Exercice 3 : (8 points)

Un système optique grossissant comporte deux lentilles L_1 et L_2. L_1, objectif, est une lentille convergente de distance focale image $f_1' = +3cm$. L_2, oculaire, est une lentille divergente de distance focale image $f_2' = -6cm$. Leurs centres optiques, respectivement O_1 et O_2 sont séparés de $\overline{O_1O_2} = +9cm$.

1) Calculer les positions des foyers image et objet du doublet par rapport à L_1 et L_2.

2) Un observateur ayant une vue normale (punctum remotum à l'infini, punctum proximum à 25cm) désire observer sans fatigue au travers le système grossissant.

- **a)** Où doit se former l'image définitive $A'B'$ d'un objet AB, donnée par le système des deux lentilles, et en déduire la position de l'image intermédiaire A_0B_0 donnée par la lentille L_1 de l'objet AB.
- **b)** Trouver par construction géométrique la position de l'objet réel AB correspondant à l'image définitive $A'B'$.
- **c)** Retrouver par calcul la distance $\overline{O_1A}$.

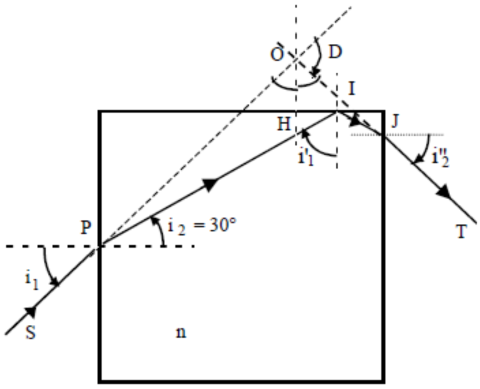
3) **a) D**onner l'expression de α et α', angles sous lesquels sont vus repectivement l'objet AB et l'image définitive $A'B'$ à l'œil nu.
b) Exprimer et calculer le grossissement absolu apporté par le système des deux lentilles (rappel $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$).

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

Exercice 1 : (5 points)

1) Vitesse de la lumière v dans le plastique :
En P : $i_1 = 45°$ et $i_2 = 30°$
On a $sin i_1 = n\, sin i_2 \rightarrow n = \frac{sin i_1}{sin i_2}$
D'où $n = \sqrt{2}$
Soit $v = \frac{c}{n}$=2,12.10^8 m/s (1 pt)

2) Marche d'un rayon lumineux dans le cube :
En I : i'_1= 60°
Or $\sin\lambda = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \lambda = 45°$
Donc $i'_1 > \lambda \rightarrow$ réflexion totale en I (1 pt)
En J : i''_1=30° < λ ⇒ réfraction avec un angle i''_2 tel que : $sin i''_2 = n\, sin i''_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow i''_2 = 45° = i_1$ (1 pt)



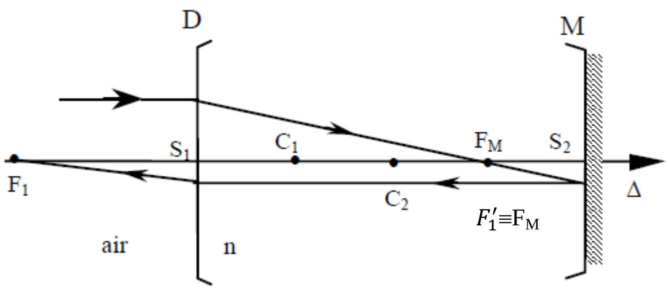
(1 pt)

3) Angle de déviation D :
L'angle (POH) vaut : $(POH) = \frac{\pi}{2} - i_1$
L'angle (HOJ) vaut : $(HOJ) = \frac{\pi}{2} - i''_2 = \frac{\pi}{2} - i_1$
Ce qui entraîne que : D = π - (POJ) = π - 2 $(\frac{\pi}{2} - i_1) = 2i_1 \Rightarrow$ D = 2.i_1 (1 pt)

Exercice 2 : (7 points)

1) Foyers objet F_1 et image F_2 du dioptre D:
Relation de conjugaison pour un miroir sphérique : $\frac{n}{\overline{S_1A'}} - \frac{1}{\overline{S_1A}} = \frac{n-1}{\overline{S_1C_1}}$
Foyer objet F_1 correspond à une image située à l'infini :
$\frac{-1}{\overline{S_1F_1}} = \frac{n-1}{\overline{S_1C_1}} \rightarrow \overline{S_1F_1} = \frac{-\overline{S_1C_1}}{n-1}$=-2R (1 pt)
Foyer image F_2 correspond à un objet situé à l'infini :
$\frac{n}{\overline{S_1F'_1}} = \frac{n-1}{\overline{S_1C_1}} \rightarrow \overline{S_1F'_1} = \frac{n.\overline{S_1C_1}}{n-1}$=3R (1 pt)
On a $\overline{S_1F_1} < 0$ **et** $\overline{S_1F'_1} > 0$, ***F_1 et F'_1 sont réels, le dioptre D est donc convergent*** (1 pt)

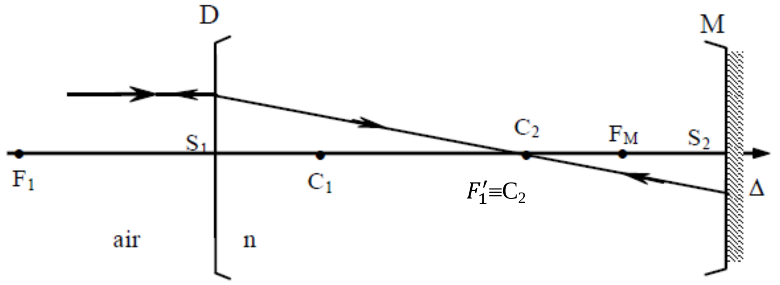
2) **marche d'un rayon incident parallèle à l'axe Δ**



(2 pt)

3) Pour que le rayon incident émerge du milieu d'indice n confondu avec lui même, il faut que ce rayon se réfléchisse sur le miroir sur lui-même. Ce rayon doit donc passer par le centre C_2 du miroir, ce qui entraîne que F'_1 doit être confondu avec **C_2.**

$$F'_1 \equiv C_2 \rightarrow \overline{C_1C_2} = 2R \quad (1\ pt)$$



(1 pt)

Exercice 3 : (8 points)

1) **Foyer objet F du doublet : F−(L₁)→F₂−(L₂) → ∞**

F_2 est donc l'image de F par rapport à L_1 et on peut écrire :

$$\frac{1}{\overline{O_1F_2}}-\frac{1}{\overline{O_1F}}=\frac{1}{f'_1} \quad \text{avec} \quad \overline{O_1F_2}=\overline{O_1O_2}+\overline{O_2F_2}=\overline{O_1O_2}+f_2=\overline{O_1O_2}-f'_2$$

$$Donc \quad \frac{1}{\overline{O_1O_2}-f_2}-\frac{1}{\overline{O_1F}}=\frac{1}{f'_1} \Rightarrow \frac{1}{\overline{O_1F}}=\frac{1}{\overline{O_1O_2}-f'_2}-\frac{1}{f'_1}$$

$$AN: \frac{1}{\overline{O_1F}}=\frac{1}{9+6}-\frac{1}{3} \quad \Rightarrow \overline{O_1F}=-3{,}8\,cm$$

Le Foyer objet F du doublet est placé à 3,8 cm avant la lentille L_1. (1 pt)

Foyer image F' du doublet : ∞ −(L₁)→ F'_1−(L₂) → F'

F' est l'image de F'_1 par rapport à L_2 et on peut écrire :

$$\frac{1}{\overline{O_2F'}}-\frac{1}{\overline{O_2F'_1}}=\frac{1}{f'_2} \quad \text{avec} \quad \overline{O_2F'_1}=\overline{O_2O_1}+\overline{O_1F'_1}=-\overline{O_1O_2}+f'_1$$

$$Donc \quad \frac{1}{\overline{O_2F'}}-\frac{1}{-\overline{O_1O_2}+f'_1}=\frac{1}{f'_2} \Rightarrow \frac{1}{\overline{O_2F'}}=\frac{1}{-\overline{O_1O_2}+f'_1}+\frac{1}{f'_2}$$

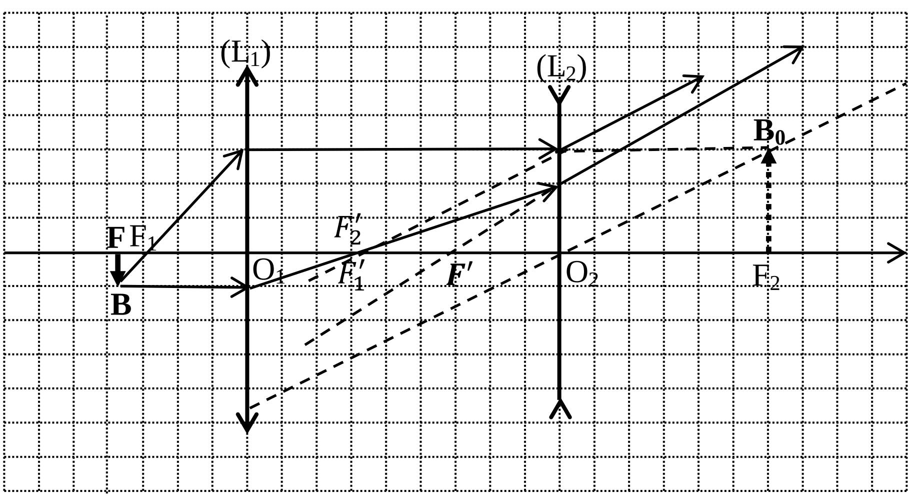
$$AN: \frac{1}{\overline{O_2F'}}=\frac{1}{-9+3}+\frac{1}{-6} \quad \Rightarrow \overline{O_2F'}=-3\,cm$$

Le Foyer objet F' du doublet est placé à 3 cm avant la lentille L_2. (1 pt)

2) **AB−(L₁)→ A₀B₀−(L₂) →** $A'B'$

a) Pour observer sans fatigue, $A'B'$ doit être à l'infini (1 pt)
Donc A_0B_0 doit être dans le plan focal objet de L_2 (1 pt)

b) Construction géométrique (échelle 1cm → 1cm) (0.5 pt)



La position de l'objet réel AB est de 3,8 cm par rapport à O_1. (0.5 pt)

c) **AB−(L1)→ A_0B_0−(L2) → A'B'**

Pour avoir une vision sans fatigue il faut que l'image A'B' soit à l'infini :

AB −(L_1)→F_2−(L_2) → ∞

D'après la relation de conjugaison pour L_1 on peut écrire :

$$\frac{1}{\overline{O_1F_2}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'_1} \quad \text{avec} \quad \overline{O_1F_2} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F_2} = \overline{O_1O_2} + f_2 = \overline{O_1O_2} - f'_2$$

$$Donc \quad \frac{1}{\overline{O_1O_2} - f_2} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'_1} \Rightarrow \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{\overline{O_1O_2} - f'_2} - \frac{1}{f'_1}$$

$$AN: \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{9+6} - \frac{1}{3} = \frac{-4}{15} \Rightarrow \overline{O_1A} = -3{,}8\,cm$$

(1 pt)

3) Expressions de α et α' :

a) On a $\alpha = \frac{AB}{D_{min}}$ (0.5 pt)

et $\alpha' = \frac{A_0B_0}{O_2F_2}$ (0.5 pt)

b) $|G| = \left|\frac{\alpha'}{\alpha}\right| = \left|\frac{A_0B_0}{O_2F_2}.\frac{D_{min}}{AB}\right| = \left|\gamma_1 .\frac{D_{min}}{O_2F_2}\right|$ (0.5 pt)

Or $|\gamma_1| = \left|\frac{O_1F_2}{O_1A}\right| = \left|\frac{O_1O_2+O_2F_2}{O_1A}\right| = 15.\frac{4}{15} = 4$

Alors $|G| = \left|4.\frac{25}{6}\right| = 16.66$ (0.5 pt)