SMPC FSK KENITRA

OPTIQUE GEOMETRIQUE

EXAMENS+CORRIGES

2008→→→→2017

Optique Géométrique **Session: juin 2017**
Filière : SMPC (S2) **Pr. K. Nouneh / Pr J. Hemine**

Les éléments (objets, images, rayons lumineux) seront tracés en traits pleins (—) s'ils sont réels et en tirets (-----) s'ils sont virtuels.

Questions de cours (3 points)

1. Définir l'indice de réfraction et donner son expression
2. Citer les lois de Snell-Descartes?
3. Citer les conditions de Gauss? Quelles sont les conséquences des conditions de Gauss?

Exercice 1 (5,5 points) :

On considère un miroir sphérique de sommet S, de centre C et de rayon de courbure $\overline{SC} = 9cm$. Le miroir est utilisé dans les conditions de Gauss.

1. Ce miroir est-il convergent ou divergent ? justifier.
2. Ecrire la relation de conjugaison de position du miroir avec origine au sommet.
3. Déterminer les positions des foyers F et image F' de ce miroir en cm.
4. Quelle doit être la position par rapport à S, sur l'axe optique, d'un objet AB pour que son image A'B' soit 3 fois plus grande que l'objet et de même sens.

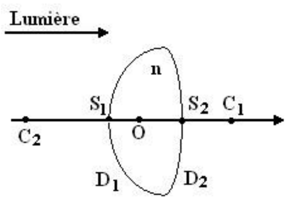
Soit un objet AB vertical et virtuel de dimension $\overline{AB} = 2\,cm$ et à la distance d=3 cm de S.

5. Trouver son image A'B' par construction géométrique (échelle 1/2) puis calculer le grandissement transversal et la taille de l'image A'B'.

Exercice 2 (11,5 points)

Une lentille épaisse biconvexe d'indice n=1,5, d'épaisseur $e = \overline{S_1S_2} = 6\,cm$, est placée dans l'air.

Les rayons de courbure (algébriques) des deux dioptres S_1 et S_2 constituant la lentille sont respectivement sont $\overline{S_1C_1} = r_1 = 10\,cm$ et $\overline{S_2C_2} = r_2 = -20\,cm$.



1. Exprimer puis calculer les vergences V1, et V2 des deux dioptres en fonction des indices de réfraction et des rayons de courbure. En déduire les expressions et les valeurs des distances focales image et objet de chaque dioptre f1, f'1, f2 et f'2.
2. En utilisant le processus de formation de l'image, déterminer la position du foyer objet F par rapport à S1 et du foyer image F' par rapport à S2.
3. En utilisant la formule de Gullstrand (pour mémoire $V = V_1 + V_2 - \frac{e}{n} V_1 V_2$).

3.a) Calculer la vergence de la lentille et montrer qu'on peut l'écrire sous la forme :

$$V = (n-1)(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}) + e\frac{(n-1)^2}{n r_1 r_2}.$$

3.b) En déduire la valeur de distance focale image *f'* de la lentille épaisse et son expression en fonction de r1, r2 et n.

3.c) En déduire la position de H' par rapport à S2 et H par rapport à S1. Et déduire ensuite la position des points nodaux N et N'.

4. Une lentille boule est une sphère de rayon R et d'indice n. Dans ce cas r_1=R, r_2=-R et e=2R.

4.a) Donner l'expression de la vergence et de la distance focale image et déduire sa nature.

4.b) Déterminer la relation de conjugaison de cette lentille boule .

4.c) Donner sa valeur numérique lorsque R=1cm et n=1,5.

Correction

Questions de cours (3 points)

1. **Indice absolu de réfraction** : n =c/v **(0.5 pt)**
2. **Lois Snell-Descartes (1 Pt)**

•Les rayons réfracté et réfléchi sont dans le plan d'incidence.

•Le rayon réfléchi fait un angle i_2 avec la N, tel que: $\mathbf{i_2=-i_1}$

•Le rayon réfracté fait un angle i_2' avec la N, tel que: $\mathbf{n_1(\lambda)\sin(i_1)= n_2(\lambda)\sin(i_2')}$

3. **Conditions de Gauss (1,5 Pt):**

• **Les rayons doivent être sont paraxiaux** (Les angles des rayons doivent être faibles et peu écartés de l'axe optique).

Conséquence des conditions de Gauss: Les conditions de Gauss assurent aux systèmes centrés un stigmatisme (conjugaison point à point), et un aplanétisme (conjugaison plan à plan) approchés.

Exercice 1(5,5 Pt)

1) Le miroir est **divergent** car le **miroir est convexe** ($\overline{SC} \succ O$) **(1 Pt)**
2) Relation de conjugaison avec origine au sommet (1): **(0,5 Pt)**

$$\boxed{\frac{1}{\overline{SA}}+\frac{1}{\overline{SA'}}=\frac{2}{\overline{SC}}=\frac{1}{f}}$$

3) Position des foyers : $\overline{SF}=\overline{SF'}=\frac{\overline{SC}}{2}=4,5\,cm$ **(1 Pt)**
4) Le grandissement linéaire du (MS) est :

$$\overline{A'B'}=3*\overline{AB} \quad donc \quad \gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}}=-\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}=3$$

Donc $\overline{SA'}=-3*\overline{SA}$ et d'après la relation de conjugaison (1) on trouve :

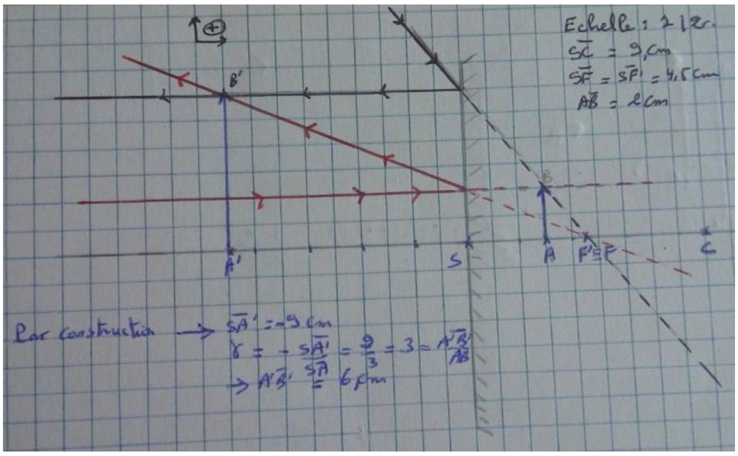
$$\frac{1}{-3\overline{SA}}+\frac{1}{\overline{SA}}=\frac{2}{\overline{SC}} \text{ donc : } \frac{1}{\overline{SA}}(\frac{2}{3})=\frac{2}{\overline{SC}} \quad donc \quad \overline{SA}=\frac{\overline{SC}}{3}=3\,cm$$ **(1,5 Pts)**

5) Construction géométrique et calcul de la taille de l'image et du grandissement : (1,5 Pts)

Construction de de l'image $\overline{A'B'}$ d'un objet $\overline{AB}=2\,cm$ tel que $\overline{SA}=3\,cm$ (objet virtuel)

D'après la construction on trouve $\overline{SA'}=-9\,cm$ et $\gamma=-\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}=\frac{9}{3}=3=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

$\overline{A'B'}=3*\overline{AB}=6\,cm$



Exercice 2 (11,5 Pts)

1. Calcul de la vergence **(1 Pt)**:

Pour DS1 : $V_1 = \frac{n-1}{\overline{S_1C_1}} = \frac{n-1}{r_1} = \frac{0,5}{10*10^{-2}} = 5\delta$

Pour DS2 : $V_2 = \frac{1-n}{\overline{S_2C_2}} = \frac{1-n}{r_2} = \frac{-0,5}{-20*10^{-2}} = 2,5\delta$

De même pour le calcul des **distances focaux (1 Pt)**:

Pour DS1 : $f_1^{'} = \frac{n}{V_1} = \frac{1,5}{5} = 0,3\,m = 30\,cm \;\; et \;\; f_1 = \frac{-1}{V_1} = \frac{-1}{5} = -0,2\,m = -20\,cm$

Pour DS2 : $f_2^{'} = \frac{1}{V_2} = \frac{1}{2,5} = 0,4\,m = 40\,cm \;\; et \;\; f_2 = \frac{-n}{V_2} = \frac{-1,5}{2,5} = -0,6\,m = -60\,cm$

2. Calcul de F et F' de la lentille épaisse :

Foyer objet F ($F \xrightarrow{lentille} \infty$), **(1 Pt)**

Le processus de formation de l'image montre que $F \xrightarrow{D_1(1,n)} F_2$

$$\frac{n}{\overline{S_1F_2}} - \frac{1}{\overline{S_1F}} = \frac{n-1}{r_1} = V_1 \text{ et } \overline{S_1F_2} = \overline{S_1S_2} + \overline{S_2F_2} = e + f_2$$

$$\frac{1}{\overline{S_1F}} = \frac{n}{\overline{S_1F_2}} - \frac{(n-1)}{r_1} = \frac{n}{e+f_2} - V_1 \text{ donc } \overline{S_1F} = \frac{1}{\frac{1,5}{0,06-0,6} - 5} \approx -0,1285\,m = -12,85\,cm$$

Foyer image F' ($\infty \xrightarrow{lentille} F'$) **(1 Pt)**

Le processus de formation de l'image montre que $F_1^{'} \xrightarrow{D_2(n,1)} F'$

$$\frac{1}{\overline{S_2F^{'}}} - \frac{n}{\overline{S_2F_1^{'}}} = \frac{1-n}{r_2} = V_2 \text{ et } \overline{S_2F_1^{'}} = \overline{S_2S_1} + \overline{S_1F_1^{'}} = -e + f_1^{'} \text{ donc : } \frac{1}{\overline{S_2F^{'}}} = \frac{n}{\overline{S_2F_1^{'}}} + V_2 = \frac{n}{-e+f_1^{'}} + V_2$$

Donc : $$\overline{S_2F^{'}} = \frac{1}{\frac{n}{-e+f_1^{'}} + V_2} = \frac{1}{\frac{1,5}{-0,06+0,3} + 2,5} \approx 0,1143\,m = 11,43\,cm$$

3-a) $V = V_1 + V_2 - \frac{e}{n} V_1 V_2 = 5 + 2,5 - \frac{6*10^{-2}}{1,5} 5*2,5 = 7,5 - 0,5 = 7\delta$ **(0,5 Pt)**

Or en utilisant la formule de Gullstrand et on remplaçant les vergences V1 et V2 par leurs expressions établies précédemment on trouve :

$$V = \frac{n-1}{r_1} + \frac{1-n}{r_2} - \frac{e(\frac{n-1}{r_1})(\frac{1-n}{r_2})}{n} = (n-1)(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}) + e\frac{(n-1)^2}{nr_1 r_2}$$

$$V = \frac{n-1}{r_1} + \frac{1-n}{r_2} - \frac{e(\frac{n-1}{r_1})(\frac{1-n}{r_2})}{n} = (n-1)(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}) + e\frac{(n-1)^2}{nr_1 r_2}$$ **(0,5 Pt)**

3-b)Distance focale image peut être calculée directement : $\overline{H'F'} = f' = \frac{1}{V}$ = 14,28 cm **(0,5Pt)**

H'F' en fonction de r1, r2, et n : $\overline{H'F'} = f' = \frac{1}{V} = \frac{1}{(n-1)(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}) + e\frac{(n-1)^2}{nr_1 r_2}}$ **(0,5Pt)**

3-c) Positions des points principaux H, H' (1,5 Pt)

Or on'a $\frac{\overline{H'F'}}{\overline{HF}} = -\frac{n_s}{n_e} = -\frac{1}{1} = -1$ avec n_e :indice du milieu d'entré et n_s :indice du milieu de sortie ici ne=ns=1 (air) milieu extrême identiques donc $V = \frac{n_s}{\overline{H'F'}} = -\frac{n_e}{\overline{HF}}$ et

$V = V_1 + V_2 - \frac{e}{n} V_1 V_2 = 7\delta$ donc $\overline{H'F'} = -\overline{HF} = \frac{n_s}{V} = \frac{1}{V}$

$\overline{H'F'} = -\overline{HF} \approx 14,28\,cm$ et on a $\overline{H'S_2} = 14,28 - 11,43 = 2,85 cm$ d'où : $\overline{S_2 H'} = -2,85 cm$

De même : $\overline{HF} = \overline{HS_1} + \overline{S_1 F} = \overline{HS_1} - 12,85 = -14,28\,cm$ d'où : $\overline{S_1 H} = 1,43\,cm$

*) **Points nodaux N et N' (0,5 Pt)**

D'autre part, on a $\overline{HN} = \overline{HF} + \overline{FN} = \overline{HF} + \overline{H'F'} = 0$. Donc les points nodaux N et N' sont confondus avec les points principaux H et H' (N=H et N'=H')

4-a) Pour une simple sphère, nous avons r_1=R , r_2=-R et e=2R. Ce qui donne une vergence globale $V = (n-1)(\frac{2}{R}) - 2R\frac{(n-1)^2}{nR^2} = \frac{2n^2 - 2n - 2n^2 + 4n - 2}{} = \frac{2(n-1)}{nR}$ qui est **positive** : la lentille boule est donc **globalement convergente. (1Pt)**

Sa distance focale image : $f' = \frac{1}{V} = \frac{nR}{2(n-1)}$ **(0,5 Pt)**

4-b) Relation de conjugaison de la lentille boule : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = V = \frac{2(n-1)}{nR}$ **(1 Pt)**

4-b) Application numérique : R=1 cm et n=1,5 on trouve $f' = 1,5\,cm \quad ou \quad V = 66,67\,\delta$ **(1 Pt)**

Optique Géométrique **Session: juin 2017**
Filière : SMAI (S2) **Pr. K. Nouneh**

Problème

Soit une lentille mince L1, de centre O1($S_1 \approx S_2 \cong O_1$) taillée dans un verre d'indice n=1,5. Cette lentille est plongée dans l'air. Les rayons de courbure des faces sont **S_1C_1=-R=-200 mm et S_2C_2 =3R/2=300 mm**.

1. Calculer la vergence de chaque dioptre ?
2. Déterminer la relation de conjugaison de cette lentille ?
3. Calculer sa vergence V et ses distances focales ***f1(cm)*** et ***f'1(cm)***. Quelle est sa nature ?
4. On place, derrière la lentille L1 précédente, une lentille mince (L2,O2) de façon à constituer un doublet de symbole **(-3,1,2)**. c'est-à-dire que l'on peut écrire $\frac{f_1'}{-3} = \frac{e}{1} = \frac{f_2'}{2} = a$ où a est l'échelle du doublet. ***f'₁*** étant la distance focale image de L_1, ***f'₂*** étant la distance focale image de L_2 et e =O_1O_2 (interstice du doublet). Le système optique est placé dans l'air.

4.a) Déterminer la distance focale image f'2 (cm) de L2 ? quelle est sa nature

4.b) Calculer l'épaisseur $e=\overline{O_1O_2}$ et l'intervalle optique $\Delta = \overline{F_1'F_2}$ de ce système.

4.c) Calculer la convergence C en dioptrie du doublet et ses distances focales f et f'. Quelle est sa nature ?

4.d) Déterminer la position par rapport à F1, du foyer principal objet F du système. F est-il réel ou virtuel ?

5. Trouver par construction géométrique, la position du foyer principal image F' et la position de la point principale image H' du système.
6. Que peut-on dire des points nodaux N et N' du doublet ?

<u>Corrigé Problème</u>

Calcul de la vergence de chaque dioptre :

$A \xrightarrow{DS_1(1,n)} A_1 \quad donc\ V_1 = \frac{n-1}{\overline{S_1C_1}}$ A.N $V_1 = (1.5 - 1)/(-200*10^{-3}) = -2,5\ m^{-1}$

$A \xrightarrow{DS_2(n,1)} A_1 \quad donc\ V_2 = \frac{1-n}{\overline{S_2C_2}}$ A.N $V_2 = (1 - 1.5)/(300*10^{-3}) = -1,67\ m^{-1}$

2. Relation de conjugaison

1- La lentille est mince donc $\overline{S_1S_2} \approx 0$ donc S_1, S_2, sont presque confondues, notons O1 le point commun entre eux.

Prenons comme origine des abscisses le point O1 :

$$A \xrightarrow{DS_1(1,n)} A_1 \xrightarrow{DS_2(n,1)} A'$$

- **<u>Origine au sommet pour DS1 ;</u>**

$$\frac{n}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{n-1}{\overline{O_1C_1}} = V_1 \quad (1)$$

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{1}{n}\frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} \quad (2)$$

- **<u>Origine au sommet pour DS2 ;</u>**

$$\frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{n}{\overline{O_1A_1}} = \frac{1-n}{\overline{O_1C_2}} = V_2 \quad (3)$$

$$\gamma_2 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{n}{1}\frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A_1}} \quad (4)$$

(1) + (3) donne :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{O_1C_1}} - \frac{1}{\overline{O_1C_2}}\right) = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \quad (5)$$ **Relation de position du système**

Relation du grandissement du système : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} . \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \gamma_1 . \gamma_2 = \frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}} \quad (6)$

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad A \xrightarrow{\sum(1,1)} A'$ A et A' vérifie les équations (5) et (6).

2. Calcul de la vergence et des distances focales f1 et f'1

D'après la relation (5) on a : $V_1 = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \quad (7)$ **AN : V_1= -4,17 δ (ou en m^{-1}) donc cette lentille est divergente.**

$A(\grave{a}\ l'\infty) \xrightarrow{\Sigma_1(1,1)} F'$ donc $\frac{1}{\overline{OF'}} - 0 = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{O_1C_1}} - \frac{1}{\overline{O_1C_2}}\right) = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

$$f_1^{'} = \overline{OF'} = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)} \quad (8)$$

$A \equiv F \xrightarrow{\Sigma_1(1,1)} A'$à ∞ $0 - \frac{1}{\overline{OF}} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ **donc** $f_1 = \overline{OF} = -\frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)}$

A.N (R1=-20 cm et R2= 30 cm) on trouve f'1= -24 cm et f1= 24 cm

4. Etude du doublet

4.a) le symbole du doublet est (-3,1,2) donc $\frac{f_1'}{-3}=\frac{e}{1}=\frac{f_2'}{2}=a$ avec a est une constante positive.

$a=\frac{f_1'}{-3}=\frac{-24}{-3}=8$ donc f'_2= 2a = 16 cm qui est positive **donc L2 est convergente.**

4.b) d'après le symbole on **a l'épaisseur** $e=\overline{H_1'H_2}=\overline{O_1O_2}=8\,cm$

L'intervalle optique $\Delta=\overline{F_1'F_2}=\overline{F_1'H_1'}+\overline{H_1'H_2}+\overline{H_2F}_2=f_2+e-f_1'$ or L2 est plongé dans l'air (milieu extrême identique) donc $f_2 = f'_2$ = -16 cm donc ***Δ = 16 cm.***

4.c) La convergence C du doublet : On utilise la formule de Gullstrand : C= C1+C2-eC1C2/1 (ici N=1)

A.N on trouve **C= 4,17** δ or **C est positive** donc le **système est convergent.**

Or $c=\frac{n_s}{f'}=\frac{1}{f'}=\frac{-n_e}{f}=\frac{-1}{f}$ donc ***f' = - f= 24 cm.***

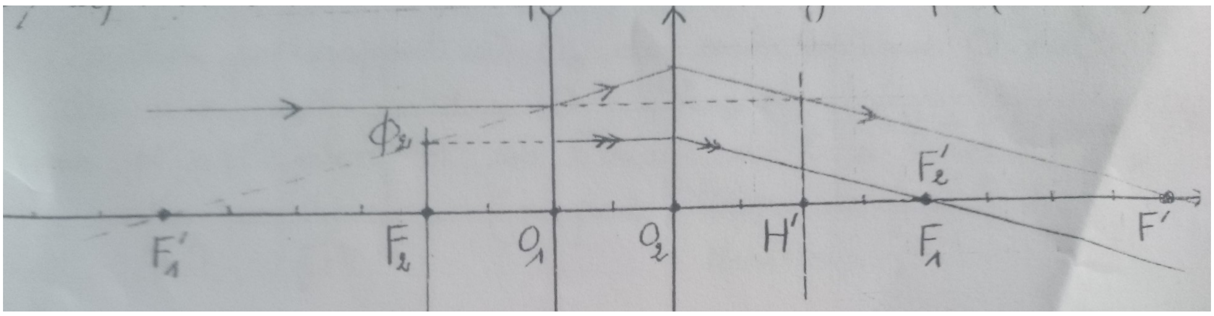
4.d) Position du foyer principal objet F du système par rapport à F1 :

$F\xrightarrow{\Sigma(1,1)}\infty \quad ou\ F\xrightarrow{L_1(O_1,f_1')}F_2\xrightarrow{L_2(O_2,f_2')}\infty$ donc F et F2 sont conjuguais par rapport à L_1

Formule de Newton donne : $\overline{F_1'F_2}.\overline{F_1F}=f_1.f_1' \quad soit \quad \overline{F_1F}=\frac{-f_1^2}{\Delta}=-36\,cm$

$\overline{O_1F}=\overline{O_1F_1}+\overline{F_1F} \quad soit \quad \overline{O_1F}=-1\,cm$ donc **F est réel**

5) Position de F' et H' par construction géométrique (échelle 1/4) :



Par mesure on trouve la quantité H'F' sur le dessin : $\overline{H'F'}=6*4=24\,cm$ donc $f'=\overline{H'F'}=24\,cm$ même résultat trouvé à la question 3.

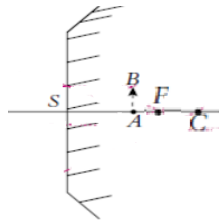
6) Points nodaux (N, N')

Puisque les milieux extrêmes sont identiques alors les points nodaux N et N' sont confondus avec les points principaux H et H'

Questions de cours (3 points)

1. Citer les lois de Snell-Descartes?

2. On considère un miroir sphérique convexe (MS). Et un objet AB virtuel après F entre le sommet S et le foyer objet F du miroir.



2-a) Déterminer graphiquement l'image de l'objet AB en utilisant la règle des trois rayons utiles. Et conclure sur la nature de l'image.

2-b) Déterminer graphiquement l'émergent d'un incident donné quelconque sur un miroir sphérique convexe. Justifier votre réponse en citant la règle de construction utilisée.

Exercice 1 (5.5 points)

On considère un dioptre sphérique, de rayon $R = \overline{CS} = -50\,mm$, sépare deux milieux d'indices n=l et n'=4/3.

1- Est-il concave ou convexe ?
2- Calculer sa vergence V. Est-il convergent ou divergent ?
3- Déterminer les positions de ses foyers F et F'.
4- On considère un petit objet plan perpendiculaire à l'axe optique, de hauteur 1 cm, placé à la distance $\overline{SA} = 5\,cm$.

a) Déterminer par le tracé de rayons particuliers la position de l'image A'B'.
b) Déterminer numériquement la position de cette image.
c) Calculer le grandissement transversal γ du dioptre. Interpréter les résultats ?

Exercice 2 (11,5 points)

Soit une lentille mince L1, de centre O1($S_1 \approx S_2 \cong O_1$) taillée dans un verre d'indice n=1,5. Cette lentille est plongée dans l'air. Les rayons de courbure des faces sont **S_1C_1=-R=-200 mm et S_2C_2 =3R/2=300 mm**.

1. Calculer la vergence de chaque dioptre ?
2. Déterminer la relation de conjugaison de cette lentille ?
3. Calculer sa vergence V et ses distances focales ***f1(cm)*** et ***f'1(cm)***. Quelle est sa nature ?
4. On place, derrière la lentille L1 précédente, une lentille mince (L2,O2) de façon à constituer un doublet de symbole **(-3,1,2)**. c'est-à-dire que l'on peut écrire $\frac{f_1^{'}}{-3} = \frac{e}{1} = \frac{f_2^{'}}{2} = a$ où a est l'échelle du doublet. ***f'_1*** étant la distance focale image de L_1, ***f'_2*** étant la distance focale image de L_2 et e =O_1O_2 (interstice du doublet). Le système optique est placé dans l'air.

4.a) Déterminer la distance focale image f'2 (cm) de L2 ? quelle est sa nature

4.b)Calculer l'épaisseur $e = \overline{O_1O_2}$ et l'intervalle optique $\Delta = \overline{F_1^{'}F_2}$ de ce système.

4.c)Calculer la convergence C en dioptrie du doublet et ses distances focales f et f'. Quelle est sa nature ?

4.d)Déterminer la position par rapport à F1, du foyer principal objet F du système. F est-il réel ou virtuel ?

5. Trouver par construction géométrique, la position du foyer principal image F' et la position du point principal image H' du système.
6. Que peut-on dire des points nodaux N et N' du doublet ?

Correction de l'examen (session juin 2017)

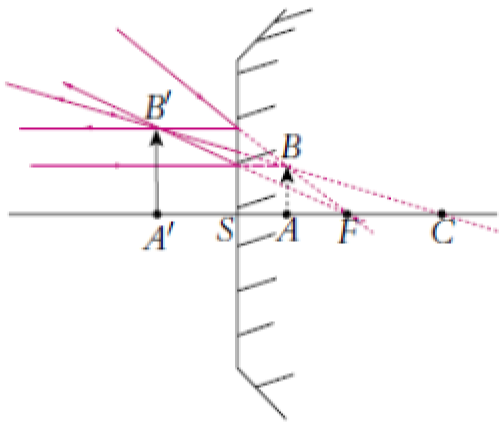
1. Lois Snell-Descartes (1 Pt)

•Les rayons réfracté et réfléchi sont dans le plan d'incidence.

•Le rayon réfléchi fait un angle i_2 avec la N, tel que: $\mathbf{i_2=-i_1}$

•Le rayon réfracté fait un angle i2' avec la N, tel que: **n1(λ)sin(i1)= n2(λ)sin(i2')**

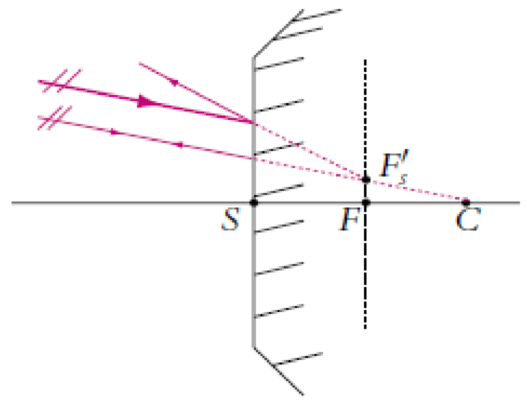
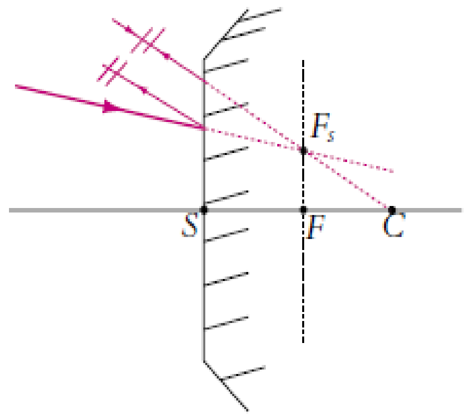
2. Construction de l'image de l'objet AB (utilisation des rayons utiles).
Citation des règles, explication + construction **1 Pt**



Les prolongements des rayons réfléchis se croisent en *B'*, l'image est donc **réelle**

4-b) **Construction de l'émergent d'un incident donné pour un miroir sphérique convexe 1,5 Pt.**

Règle 4 : Deux rayons incidents parallèles donnent des rayons réfléchis qui, eux ou leurs prolongements, se croisent dans le plan focal image ;
Règle 5 : deux rayons incidents qui, eux ou leurs prolongements, se croisent dans le plan focal objet donnent des rayons réfléchis parallèles entre eux.

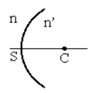
	
Ici, on a utilisé la règle 4 : On trace le rayon parallèle au rayon incident donné et dont le prolongement passe par *C*. Ce rayon est réfléchi sur lui-même et croise le prolongement du rayon réfléchi recherché au foyer secondaire image F'_S, intersection du plan focal image et de ce rayon passant par *C*.	Ici, on a utilisé la règle 5 : On trace le rayon dont le prolongement passe par *C* qui coupe le prolongement du rayon incident donné dans le plan focal, au point F_s, foyer secondaire objet. Les rayons réfléchis sont parallèles.

P.S : Les deux constructions sont correctes donc il suffit que l'étudiant donne une seule construction et la règle utilisée.

Exercice 1

<u>Corrigé exercice 1 (5,5 points)</u>

1- Or $R = \overline{CS} = -50\,mm$ **est négative donc le dioptre est convexe (0.5 Pt)**



2-Calcul de la vergence V et nature du dioptre (0,5 Pt)

$$V = \frac{n'-n}{\overline{SC}} \qquad \text{A.N.} \qquad V = \frac{4/3-1}{50*10^{-3}} \approx 6,67\ m^{-1} = 6,67\ \delta$$

La vergence est positive (V > 0), →Le dioptre sphérique est **Convergent**.

2- Positions des foyers objet et foyer image

<u>Position du foyer objet F</u> (0,5 Pt) : $A \xrightarrow{DS(n,n')} A'$

Relation de conjugaison avec origine au sommet : $\dfrac{n'}{\overline{SA'}} - \dfrac{n}{\overline{SA}} = \dfrac{n'-n}{\overline{SC}}$

$$A \equiv F \xrightarrow{DS(n,n')} A' \text{ tends vers } \infty \text{ donc } 0 - \frac{n}{\overline{SF}} = \frac{n'-n}{\overline{SC}} = V \quad donc \quad \overline{SF} = f = -\frac{n}{V}$$

A.N $\overline{SF} = f = \dfrac{-1}{6,67} \approx -0.15\,m = -15\,cm$

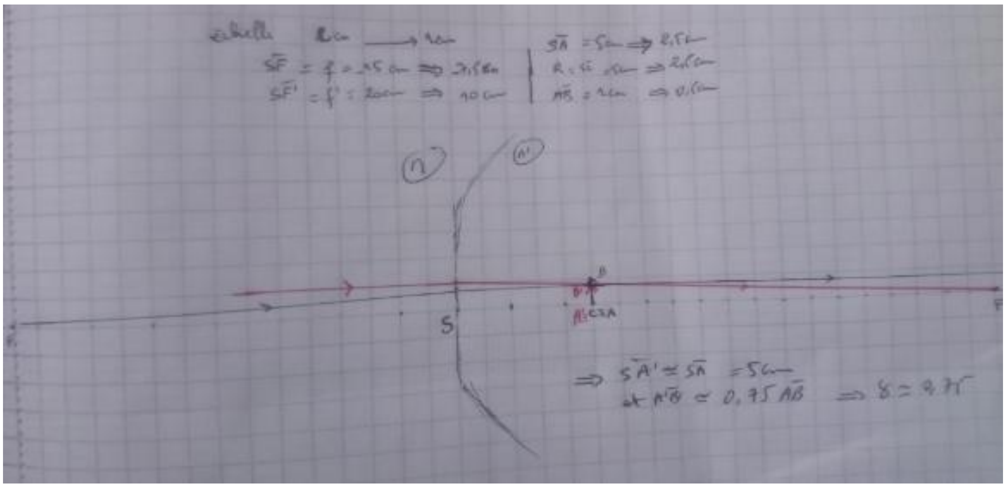
<u>Position du foyer image F'</u> : 0,5 Pt

Même raisonnement : $A\ tends\ vers\ \infty \xrightarrow{DS(n,n')} A' \equiv F'$

Relation de conjugaison avec O.S on trouve : $\dfrac{n'}{\overline{SF'}} - 0 = \dfrac{n'-n}{\overline{SC}} = V$ **donc** $\overline{SF}' = f' = \dfrac{n'}{V}$

A.N : $\overline{SF}' = f' = \dfrac{4/3}{6,67} \approx 0.2\,m = 20\,cm$.

3-a Construction géométrique: deux rayons utiles suffit pour avoir l'image de l'objet AB



(0,5 Pt pour la construction géométrique)

Par construction géométrique on trouve les valeurs suivants (**(1 Pt) :**

$\overline{SA}' \approx 5\,cm$ **; Taille de l'image** $\overline{A'B'} \approx 0,75\,cm$ **et** $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{0,75}{1} = 0,75$

<u>3-b : Position de l'image par le calcul :</u>

A partir de la relation de conjugaison du DS avec origine au sommet on trouve :

$$\overline{SA}' = \dfrac{n'}{V + \dfrac{n}{\overline{SA}}}$$ **(1 Pt)**

A.N $$\overline{SA}' = \dfrac{4/3}{6,67 + \dfrac{1}{5*10^{-2}}} = \dfrac{1.34}{6,67+20} \approx 0.05\,m = 5\,cm$$

3-c : Calcul du grandissement transversal :

On a la relation suivante : $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{n\overline{SA'}}{n'\overline{SA}}$

A.N $\gamma == \dfrac{1*5}{4/3*5} = \dfrac{1}{4/3} \approx 0,75$ **(0,5 Pt)**

Le grandissement est positif donc l'image est droite.

Taille de l'image : $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ $donc$ $\overline{A'B'} = \gamma\,.\,\overline{AB}$

A.N : $\overline{A'B'} = 0,75*1 = 0,75\,cm$ **(0,5 Pt)**

Exercice 3

Corrigé Problème (11,5 Points)

Calcul de la vergence de chaque dioptre :

$A \xrightarrow{DS_1(1,n)} A_1$ $donc$ $V_1 = \dfrac{n-1}{\overline{S_1C_1}}$ A.N $V_1 = (1.5 - 1)/(-200*10^{-3}) = -2,5\ m^{-1}$ **(0.5 Pt)**

$A \xrightarrow{DS_2(n,1)} A_1$ $donc$ $V_2 = \dfrac{1-n}{\overline{S_2C_2}}$ A.N $V_2 = (1 - 1.5)/(300*10^{-3}) = -1,67\ m^{-1}$ **(0.5 Pt)**

2. Relation de conjugaison (1Pt)

1- La lentille est mince donc $\overline{S_1S_2} \approx 0$ donc S_1, S_2, sont presque confondues, notons O1 le point commun entre eux.

Prenons comme origine des abscisses le point O1 :

$A \xrightarrow{DS_1(1,n)} A_1 \xrightarrow{DS_2(n,1)} A'$

- **Origine au sommet pour DS1 ;**

$$\frac{n}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{n-1}{\overline{O_1C_1}} = V_1 \quad (1)$$

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{1}{n}\frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} \quad (2)$$

- **Origine au sommet pour DS2 ;**

$$\frac{1}{\overline{O_1A'}}-\frac{n}{\overline{O_1A_1}}=\frac{1-n}{\overline{O_1C_2}}=V_2 \quad (3)$$

$$\gamma_2=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}}=\frac{n}{1}\frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A_1}} \quad (4)$$

(1) + (3) donne :

$$\frac{1}{\overline{OA'}}-\frac{1}{\overline{OA}}=(n-1)\left(\frac{1}{\overline{O_1C_1}}-\frac{1}{\overline{O_1C_2}}\right)=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right) \quad (5)$$ **Relation de position du système (1Pt)**

Relation de grandissement du système : $\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}}.\frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}=\gamma_1.\gamma_2=\frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}} \quad (6)$

$\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ $A\xrightarrow{\sum(1,1)}A'$ A et A' vérifie les équations (5) et (6). **+0.25 Pt (pas demandé ici)**

3. Calcul de la vergence et des distances focales f1 et f'1

D'après la relation (5) on a : $V_1=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$ (7) **AN : V_1= -4,17 δ (ou en m^{-1}) donc cette lentille est divergente. (1 Pt)**

$A(\grave{a}\ l'\infty)\xrightarrow{\Sigma_1(1,1)}F'$ donc $\frac{1}{\overline{OF'}}-0=(n-1)\left(\frac{1}{\overline{O_1C_1}}-\frac{1}{\overline{O_1C_2}}\right)=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$

$$f_1'=\overline{OF'}=\frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)} \quad (8)$$ **(0.5 Pt)**

$A\equiv F\xrightarrow{\Sigma_1(1,1)}A'\grave{a}\ \infty$ $0-\frac{1}{\overline{OF}}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$ **donc** $f_1=\overline{OF}=-\frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)}$ **(0.5Pt)**

A.N (R1=-20 cm et R2= 30 cm) on trouve f'1= -24 cm et f1= 24 cm **(0.5Pt)**

4. Etude du doublet

4.a) le symbole du doublet est (-3,1,2) donc $\frac{f_1'}{-3}=\frac{e}{1}=\frac{f_2'}{2}=a$ avec a est une constante positive.

$a=\frac{f_1'}{-3}=\frac{-24}{-3}=8$ donc f'_2= 2a = 16 cm qui est positive **donc L2 est convergente. (1Pt)**

4.b) d'après le symbole on **a l'épaisseur** $e=\overline{H_1'H_2}=\overline{O_1O_2}=8\,cm$ **(0.5Pt)**

L'intervalle optique $\Delta=\overline{F_1'F_2}=\overline{F_1'H_1'}+\overline{H_1'H_2}+\overline{H_2F_2}=f_2+e-f_1'$ or L2 est plongé dans l'air (milieu extrême identique) donc $f_2=f'_2=-16$ cm donc ***Δ = 16 cm.*** **(1Pt)**

4.c) La convergence C du doublet : On utilise la formule de Gullstrand : C= C1+C2-eC1C2/1 (ici N=1)

A.N on trouve **C= 4,17** δ or **C est positive** donc le **système est convergent. (1Pt)**

Or $c=\frac{n_s}{f'}=\frac{1}{f'}=\frac{-n_e}{f}=\frac{-1}{f}$ donc ***f' = - f= 24 cm.*** **(0,5Pt)**

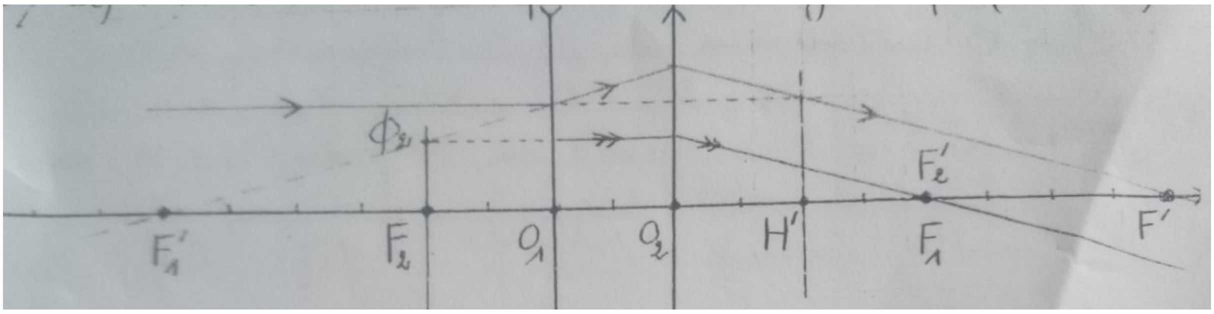
4.d) Position du foyer principal objet F du système par rapport à F1 :

$F\xrightarrow{\Sigma(1,1)}\infty$ $\quad ou\ F\xrightarrow{L_1(O_1,f_1')}F_2\xrightarrow{L_2(O_2,f_2')}\infty$ donc F et F2 sont conjuguais par rapport à L_1

Formule de Newton donne : $\overline{F_1'F_2}.\overline{F_1F}=f_1.f_1'$ $\quad soit\quad \overline{F_1F}=\frac{-f_1'^2}{\Delta}=-36\,cm$ **(1Pt)**

$\overline{O_1F}=\overline{O_1F_1}+\overline{F_1F}$ $\quad soit\quad \overline{O_1F}=-1\,cm$ donc **F est réel (0.5Pt)**

5) Position de F' et H' par construction géométrique (échelle 1/4) : **(1Pt)**



Par mesure on trouve la quantité H'F' sur le dessin : $\overline{H'F'}=6*4=24\,cm$ donc

$f'=\overline{H'F'}=24\,cm$ même résultat trouvé à la question 3.

6) Points nodaux (N, N') **(0,5Pt)**

Puisque les milieux extrêmes sont identiques alors les points nodaux N et N' sont confondus avec les points principaux H et H'

Optique Géométrique **Session: Juin 2016**
Filière : SMPC (S2)

Prof : AL IBRAHMI

Questions de cours (4,5 points)

1- Définir l'indice de réfraction d'un milieu quelconque ?

2- Donner la différence entre un milieu homogène et un milieu dispersif ?

3- Enoncer les lois de Snell-Descartes ?

4- On considère un miroir sphérique convexe (MS). Et un objet AB virtuel entre le sommet S et le foyer objet F du miroir.

4-a) Déterminer graphiquement l'image de l'objet AB en utilisant la règle des trois rayons utiles. Et conclure sur la nature de l'image.

4-b) Déterminer graphiquement l'émergent d'un incident donné quelconque sur un miroir sphérique convexe. Justifier votre réponse en citant la règle de construction utilisée.

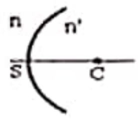
Exercice 1 (7,5 points)

Un dioptre sphérique de rayon $R = \overline{CS} = -20\,mm$, sépare deux milieux d'indices n=1 et n'=1,5.

1- Calculer sa vergence V. Donner la nature du dioptre ?

2- Déterminer les positions de ses foyers F et F'.

3- On considère un petit objet AB plan perpendiculaire à l'axe optique, de hauteur 3 cm, placé à droite du sommet S à la distance SA = 4 cm.



a) Déterminer graphiquement la position de l'image $\overline{SA'}$, la taille de l'image $\overline{A'B'}$ et le grandissement transversal $\gamma = \overline{A'B'}/AB$.

b) Déterminer numériquement la position de cette image.

c) Calculer le grandissement transversal γ du dioptre. Conclure sur le signe de γ et sur la taille de l'image.

Exercice 2 (8 Points)

Soit une lentille mince L1 de distance focale f_1' et de centre O_1. Un objet lumineux AB de diamètre D est placé sur l'axe optique à une distance d de la lentille. L'objet est centré sur l'axe optique: son centre H passe par l'axe optique (voir figure).

1) Faire la construction géométrique de l'image A'B' de AB formée par la lentille.

2) Soit H' le centre de A'B'(H' est le conjugué de H), D' le diamètre du disque image et d' la distance séparant l'image (A'B') du centre de la lentille L_1. Calculer d' en fonction de d et f1'. En déduire en suite D' en fonction de D, d et f_1'. Calculer la valeur de D' (données: $D = 1$ cm, $f_1' = 2$ cm et $d = 6$ cm).

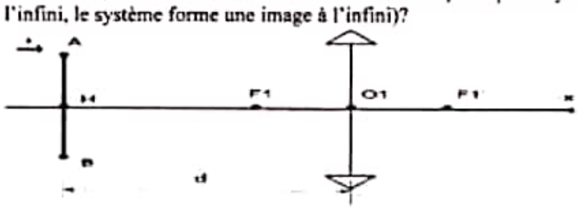
3) On dispose d'une deuxième lentille mince convergente L_2 de centre O_2 et de distance focale f_2'. On place celle-ci à droite de la première à une distance $e = 3\,f_1' + f_2'$ avec $f_2' = 4$ cm. Faire la construction géométrique de l'image A''B'' de AB formée par le système.

4) Les deux lentilles constituent un système optique de foyer objet F et de foyer image F'.

a) Définir le point focale image F' du système.

b) Exprimer en fonction de f_1', f_2' et e, la distance entre O_2 et F'. Calculer la distance O_2F'.

5) Comment faudrait-il modifier la distance e entre les deux lentilles pour que le système soit afocal (i.e. d'un objet à l'infini, le système forme une image à l'infini)?



Pr. ELIBRAHIMI

Optique Géométrique
Filière : SMPC (S2)

Session: juin 2016

Corrigé

Questions de cours (4,5 Pts):

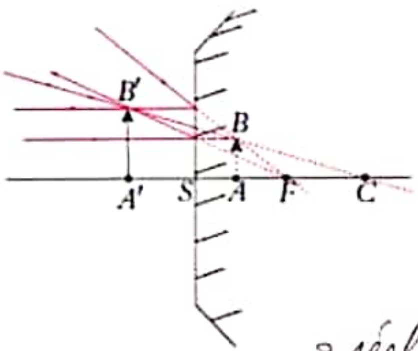
1. **Indice absolu de réfraction** : $n = c/v$ (0.5 pt)
2. • n = cte : milieu homogène et si $n = n(\lambda)$: milieu dispersif (0.5 pt)
3. Lois Snell-Descartes (0,5 Pt)

•Les rayons réfracté et réfléchi sont dans le plan d'incidence.

•Le rayon réfléchi fait un angle i_2 avec la N, tel que: $I_2=-I_1$

•Le rayon réfracté fait un angle i2' avec la N, tel que: **$n1(\lambda)\sin(I1)= n2(\lambda)\sin(I2')$**

4. **Construction de l'image de l'objet AB (utilisation des rayons utiles).**
Citation des règles, explication + construction 1 Pt

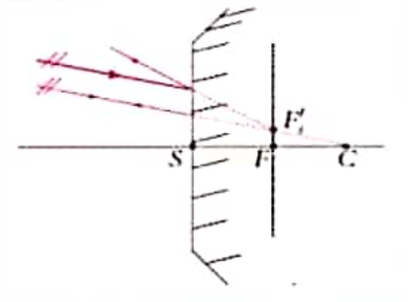
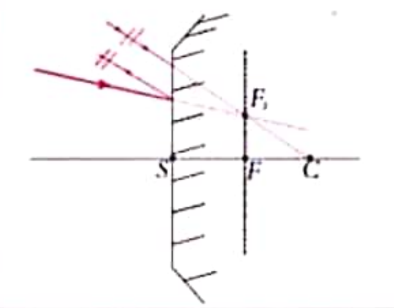


réelle

Conclusion : Les prolongements des rayons réfléchis se croisent en B', l'image est donc ~~virtuelle~~ (0,5 Pt)

4-b) Construction de l'émergent d'un incident donné pour un miroir sphérique convexe.

Règle 4 : Deux rayons incidents parallèles donnent des rayons réfléchis qui, eux ou leurs prolongements, se croisent dans le plan focal image ;
Règle 5 : deux rayons incidents qui, eux ou leurs prolongements, se croisent dans le plan focal objet donnent des rayons réfléchis parallèles entre eux.

	
Ici, on a utilisé la règle 4 : On trace le rayon parallèle au rayon incident donné et dont le prolongement passe par C. Ce rayon est réfléchi sur lui-même et croise le prolongement du rayon réfléchi recherché au foyer secondaire image F'_S, intersection du plan focal image et de ce rayon passant par C.	Ici, on a utilisé la règle 5 : On trace le rayon dont le prolongement passe par C qui coupe le prolongement du rayon incident donné dans le plan focal, au point F_s, foyer secondaire objet. Les rayons réfléchis sont parallèles.

1,5 Pt (pour la construction géométrique avec l'explication et citation de la règle.

P.S : Les deux constructions sont correctes donc il suffit que l'étudiant donne une seule construction et la règle utilisée.

Corrigé exercice 1 (7,5 points) (formule 0,75 Pt et application numériques 0,25 Pt)

1-Calcul de la vergence V (1 Pt)

$V = \dfrac{n'-n}{\overline{SC}}$ A.N. $V = \dfrac{1.5-1}{20 \cdot 10^{-3}} = 25\ m^{-1} = 25\ \delta$

La vergence est ~~négative~~ (V > 0), → Le dioptre sphérique est **Convergent**.

2- Positions des foyers objet et foyer image

Position du foyer objet F : $A \xrightarrow{DS(n,n')} A'$ **(1 Pt)**

Relation de conjugaison avec origine au sommet : $\dfrac{n'}{\overline{SA'}} - \dfrac{n}{\overline{SA}} = \dfrac{n'-n}{\overline{SC}}$

$A = F \xrightarrow{DS(n,n')} A'$ *tends vers* ∞ donc $0 - \dfrac{n}{\overline{SF}} = \dfrac{n'-n}{\overline{SC}} = V$ *donc* $\overline{SF} = f = -\dfrac{n}{V}$

A.N $\overline{SF} = f = \frac{-1}{25} = -0.04\ m = -4\ cm$

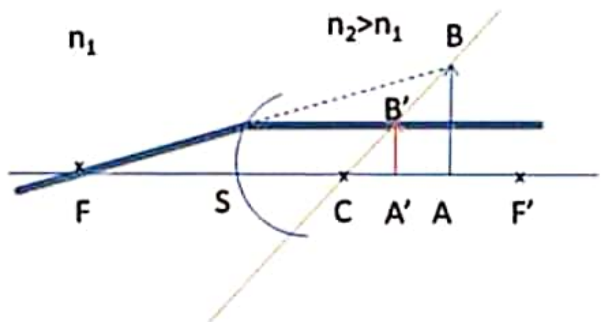
Position du foyer image F' : 1 Pt

Même raisonnement : $A\ tends\ vers\ \infty \xrightarrow{DS(n,n')} A' = F'$

Relation de conjugaison avec O.S on trouve : $\frac{n'}{\overline{SF'}} - 0 = \frac{n'-n}{\overline{SC}} = V$ donc $\overline{SF'} = f' = \frac{n'}{V}$

A.N : $\overline{SF'} = f' = \frac{1.5}{25} = 0.06\ m = 6\ cm.$

3-a Construction géométrique: deux rayons utiles suffit pour avoir l'image de l'objet AB



(0,5 Pt pour la construction géométrique)

Par construction géométrique on trouve $\overline{SA'} \approx 3\ cm$; Taille de l'image $\overline{A'B'} \approx 1,5\ cm$

et $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{1,5}{3} = 0,5$ (1 Pt)

3-b : Position de l'image par le calcul :

A partir de la relation de conjugaison du DS avec origine au sommet on trouve :

$\overline{SA'} = \frac{n'}{V + \frac{n}{\overline{SA}}}$ (1 Pt)

A.N $\overline{SA'} = \frac{1.5}{25 + \frac{1}{4 \cdot 10^{-2}}} = -\frac{1.5}{50} = -0.03\ m = 3\ cm$

Optique Géométrique
Filière : SMPC (S2)

Session: juin 2016

3-c : Calcul du grandissement transversal :

On a la relation suivante : $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{n\overline{SA'}}{n'\overline{SA}}$ (1 Pt)

A.N $\gamma = \dfrac{1*3}{1.5*4} = \dfrac{3}{6} = 0,5$

Le grandissement est positif donc l'image est droite.

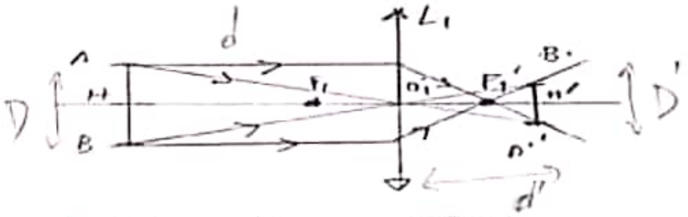
Taille de l'image : $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ donc $\overline{A'B'} = \gamma . \overline{AB}$ (1 Pt)

A.N : $\overline{A'B'} = 0,5 * 3 = 1,5\ cm$

e)

Exercice ~~3~~ (8 Pts)

1) (1 pt)



2) H'1 est le conjugué de H donc $H \xrightarrow{L_1(O_1,f_1)} H_1'$

$$\frac{1}{\overline{O_1H'}} - \frac{1}{\overline{O_1H}} = \frac{1}{f_1'} \rightarrow \frac{1}{d'} - \frac{1}{(-d)} = \frac{1}{f_1'}$$

$$\frac{1}{d'} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f_1'} \rightarrow \boxed{d' = \frac{f_1'd}{d - f_1'}}$$ (1 pt)

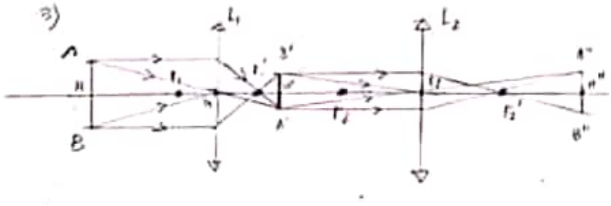
$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{D'}{D} = \left|\frac{\overline{O_1H'}}{\overline{O_1H}}\right| = \frac{d'}{d} \rightarrow \boxed{D' = \frac{f_1'D}{|d - f_1'|}}$$ (1 Pt)

A.N D'=0,5 cm (0,5 Pt)

$D' = A'B'$
$d' = O_1H'$

4

3) Constriction géométrique: 1 Pt



4)

4-a) F' est la distance focale image du système constitué par l'association du deux lentille L1 et L2

F' est le conjugué d'un objet A situé à l'infini (çad un rayon parallèle à l'axe optique) ((0,5pt)

4-b) F' est l'image d'un objet A à l'infini

$$A(+\infty) \xrightarrow{L_1(O_1,f_1')} F_1' \xrightarrow{L_2(O_2,f_2')} F'$$

Pour $L_1(O_1, f'1)$

$$\frac{1}{\overline{O_1F_1'}} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{f_1'} \rightarrow \boxed{\overline{O_1F_1'} = f_1'}$$ (0,5 Pt)

Pour $L_1(O_2, f'2)$

$$\frac{1}{\overline{O_2F'}} - \frac{1}{\overline{O_2F_1'}} = \frac{1}{f_2'} \rightarrow \boxed{\overline{O_2F'} = \frac{f_2'(f_1'-e)}{f_1'+f_2'-e}}$$ (1 Pt)

A.N $\boxed{\overline{O_2F'} = 8\,cm}$ (0,5 Pt)

5) Pour que le système soit afocal cad pour un objet à l'infini, le système forme une image à l'infini. Donc d'après l'expression de O2F', donc pour que F' soit à l'infini, il faut que :

$e = f'1 + f'2$ (1 pt)

5

UNIVERSITE IBN TOFAIL
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE
KENITRA

Année Universitaire 2014/2015

Filières : ***SMA/SMI***

Module : ***Physique 4***

Examen d'OPTIQUE

Pr A.Kharchaf

EXERCICE1 : (14 points)

1ere partie : (6 points)

On considère un dioptre sphérique de sommet S_1, de foyers objet et image F_1 et F'_1, séparant deux milieux transparents d'indices de réfraction $\mathbf{n_1 = 1}$ et $\mathbf{n_2= 1,5}$.

1) Calculer la vergence de ce dioptre V_1(en dioptrie), sachant que la distance focale image est $\mathbf{f'_1 = + 6\ cm}$. En déduire sa distance focale objet ($\mathbf{f_1}$) et le rayon du courbure de ce dioptre ($\mathbf{S_1C}$). Ce dioptre est-il convergent ou divergent ?

2) Ce dioptre est utilisé pour former l'image A'B' d'un objet AB réel dont les caractéristiques sont : $\mathbf{S_1A = - 6\ cm}$ et $\mathbf{AB = 2\ cm}$. Déterminer la position de l'image $\mathbf{S_1A'}$ et la taille de l'image **A'B'**. Donner les caractéristiques de l'image.
3) Sur une figure à l'échelle, placer les points $\mathbf{F_1}$ et $\mathbf{F'_1}$, placer également l'objet AB et construire alors l'image A'B', et vérifier les résultats obtenus à la question précédente.

2eme partie : (8 points)

Le système optique précédemment étudié est associé à un second dioptre D_2 de foyers F_2 et F'_2 et de meme centre C.
La lumière traverse dans l'ordre le dioptre D_1 puis le dioptre D_2.
Le dioptre D_2 sépare les milieux d'indices de réfraction sont n_2 =1,5 et n'_2 = 1. La vergence de ce dioptre vaut $\mathbf{V_2= 15\delta}$.
On donne S_1S_2= 1 cm

1) Calculer la vergence du systéme formé par l'association de D_1 et de D_2. En déduire la distance focale image du système formé par l'association des deux dioptres.
2) Le système étant utilisé pour l'observation d'un objet à l'infini, déterminer la position du foyer image F' du système en calculant la distance $\mathbf{F'_2F'}$.
3) En déduire la position de l'image donnée par l'association des deux dioptres. On donnera $\mathbf{S_2A'}$.

<u>EXERCICE 2</u> : (6 points)

Un faisceau laser se propageant dans l'air pénètre dans une fibre optique sous une incidence $i_1 = 10$ °. Cette fibre optique est constituée d'un cœur et d'une gaine de matériaux différents et d'indices différents.

1) L'indice du cœur de la fibre est $\mathbf{n_c = 1,48}$. Calculez l'angle de réfraction i_2 après passage du faisceau de l'air dans le cœur.
2) Sous quel angle d'incidence le faisceau arrive-t-il ensuite sur la surface de séparation entre le cœur et la gaine ?
3) L'indice de la gaine est $\mathbf{n_g = 1,46}$. Obtient-on un faisceau réfracté dans la gaine ? Justifiez votre réponse et précisez de quel phénomène il s'agit.

A l'aide de **votre cours** répondez aux questions suivantes :

4) Quels sont les avantages des fibres optiques ?
5) Expliquer brièvement la façon dont une onde lumineuse se propage dans une fibre optique ? Faites un schema.

UNIVERSITE IBN TOFAIL
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE
KENITRA

Année Universitaire 2012/2013

Filières : ***SMA/SMI***

Module : ***Physique 2***

Examen d'OPTIQUE

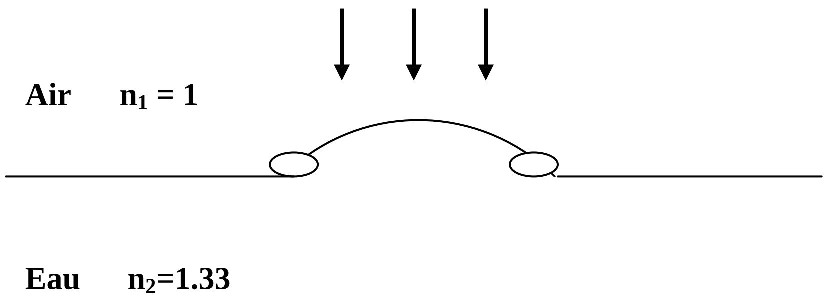
Pr A.Kharchaf

Toutes les parties sont indépendantes

Partie I : Dioptre sphérique

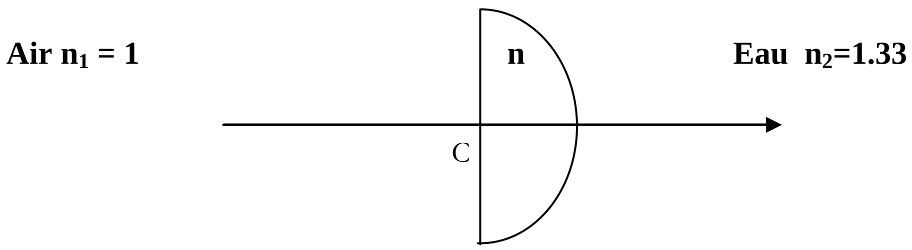
Un film plastique est monté sur un anneau et l'ensemble est placé sur la surface de l'eau. Le film forme **un dioptre sphérique** rempli d'eau, nous négligeons l'épaisseur du film, nous obtenons donc une surface concave sphérique contenant de l'eau d'indice n_2 = 1.33. Les rayons du soleil sont normaux sur l'interface et l'image du soleil est observée à une profondeur de **100 cm (SA' = 100cm)**

- **Calculer le rayon de courbure SC de ce dioptre sphérique d'eau.**



Partie II : Lentille demi-boule

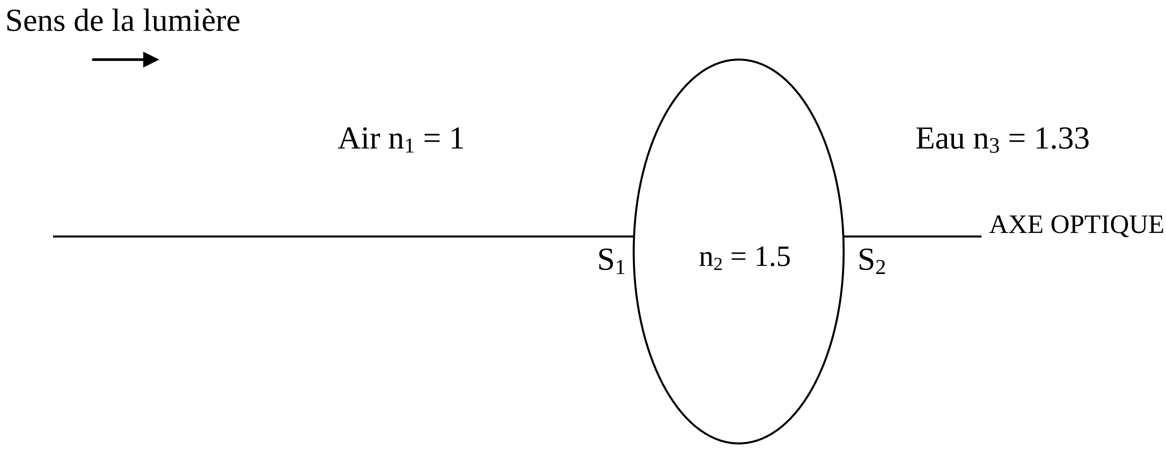
Ce film est maintenant assimilé à un système centré, constitué d'une lentille demi-boule de centre optique C, de sommet S de rayon de courbure CS = R= 5cm et d'indice n =1,5, placée dans une cuve à eau d'indice n_2= 1.33. Voir figure :



1. Déterminer la position du foyer objet F_2 du dioptre sphérique, en exprimant SF_2 en fonction de R et n.
2. Déterminer la position du foyer image F'_2 du dioptre sphériques, en exprimant SF'_2 en fonction de R et n.
3. Que pouvez- vous dire des foyers F1 et F2 du premier dioptre ?
4. Tracer la marche d'un rayon incident parallèle à l'axe.

Partie III : Lentille boule placée dans l'eau

Ce film est ensuite assimilé à une lentille L (convergente) en verre d'indice *n* est limitée par deux dioptres sphériques, notés D_1 (face d'entrée) et D_2 **de même centre C** et de rayons $\overline{S_1C} = -\overline{S_2C}$. Les deux dioptres ont leurs rayons de courbure tel que $S_1S_2 = 2R = 4cm$ La lentille sépare deux milieux, de l'air d'indice n_1, l'autre contenant de l'eau d'indice n_2.
Un objet réel AB, de longueur 10 mm, est placé dans l'air, à 10 cm du centre optique C de la lentille. Les conditions de Gauss sont respectées.



1. Écrire la relation de conjugaison pour le dioptre D_1 de sommet S_1 entre les points conjugués A et A_1 (situés sur l'axe optique), en prenant le centre C comme origine.
2. Exprimer la relation de conjugaison pour le dioptre D_2 de sommet S_2 entre les points conjugués A_1 et A'.
3. Déterminer les positions des foyers F_1, F_1' et F_2, F_2' des deux dioptres

La lentille L donne d'un point objet A un point image A'.

4. Déterminer la relation de conjugaison de la lentille entre les points A et A' en fonction de n_1, n_2, n_3, R et les variables CA et CA'
5. En déduire la position des foyers objet F et image F' du système.
6. Calculer la position *CA*' de l'image A'B' donnée par le système.
7. Calculer le grandissement linéaire $\gamma = = \gamma_1\gamma_2$ où γ_1 et γ_2 sont les grandissements correspondant respectivement aux dioptres D_1 et D_2.
8. Déterminer la taille de l'image A'B'.
9. Tracer la marche d'un rayon incident issu du soleil parallèle à l'axe.
10. Où se trouve l'image d'un objet placé en F_1 ?

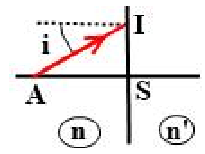
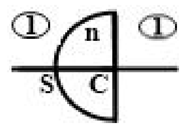
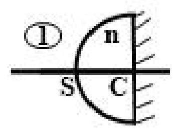
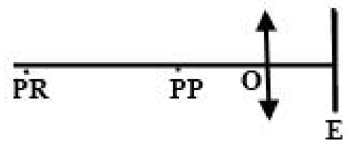
Faculté des Sciences
Département de Physique
Kénitra
جامعة ابن طفيل
Université Ibn Tofaïl

Filières : SMP / SMC **Semestre** : S2 **Module** : Physique 2

Session de Rattrapage : Examen / juillet 2012 **Prof. H. NAJIB**

Épreuve d'Optique Géométrique

Durée : 1 h 30 mn

Barème	
	Partie I (4 points)
1	1) Définir le stigmatisme rigoureux d'un dioptre pour des points conjugués (A, A').
	2) On considère, sur un axe d'un dioptre plan séparant les milieux d'indices n et n' > n, un point objet A (Fig. 1) et son image A'. On note i l'angle d'incidence au point I et on pose : $p = \overline{SA}$ et $p' = \overline{SA'}$.
0,5	a- Positionner l'image A' par une construction géométrique.
1	b- Exprimer la distance p' en fonction de n, n', i et p.
1	c- Chercher les points particuliers A et A' pour lesquels le dioptre plan est rigoureusement stigmatique.
0,5	d- En déduire la relation de conjugaison de ce dioptre lorsqu'on se place dans des conditions du stigmatisme approché.
	Fig. 1
	Partie II (11 points)
	A- On considère, dans l'air, une lentille plan-convexe en verre d'indice n = 1,5 et de rayon $R = \overline{SC} = 4$ cm (Fig. 2). On se placera dans les conditions d'approximation des rayons paraxiaux et on déterminera les positions d'éléments cardinaux par rapport au centre C.
1	1) Le verre est supposé transparent et isotrope. Définir ces deux termes.
2	2) Déterminer les positions des foyers F et F' de cette lentille.
4	3) Calculer ses distances focales f et f' et en déduire les positions de ses points principaux (H, H') et nodaux (N, N').
	Fig. 2
	B- La face plane de la lentille est maintenant argentée (Fig. 3).
2	1) Montrer que ce système catadioptrique est équivalent à un miroir sphérique dont on déterminera le rayon de courbure R'.
	2) Soit, par rapport au système catoptrique équivalent, un objet AB très éloigné de diamètre apparent α = 10°.
1	a- Positionner par le tracé de rayons particuliers l'image A'B' de AB.
1	b- En déduire la taille de cette image.
	Fig. 3
	Partie III (5 points)
1	1) Définir le punctum remotum PR d'un œil emmétrope.
	2) On modélise un œil amétrope, d'amplitude dioptrique ΔV = 4 δ, par l'association d'une lentille mince de focale accordable et d'un écran de projection E (Fig. 4). On corrige le défaut de vision à l'infini sans accommodation de cet œil en utilisant une lentille de contact L_c de vergence $V_c = -1{,}25$ δ.
1	a- S'agit-il d'un œil myope ou hypermétrope ? Justifier.
	b- Déterminer pour cet œil:
1	i) la position d_M du PR ;
0,5	ii) la position d_m du punctum proximum PP ;
0,5	iii) la position d_c du PP de l'œil corrigé.
1	c- L'œil muni de L_c voit-il une image plus grande ou plus petite que l'objet ? Justifier.
	Fig. 4

Prof. H. Najib — Exam optique 1 - juillet 2012 — 1

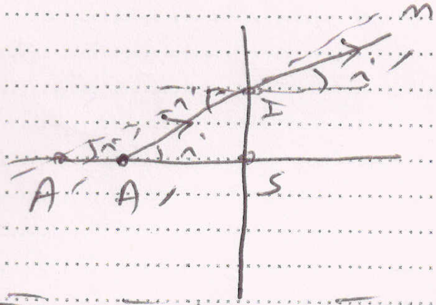
Partie I

1 — 1) Le système est rigoureusement stigm. pour (A, A') si à tout rayon passant par A correspond un rayon passant par A'. Soit si le chem. opt. L = (AA') = cste ∀ le trajet.

2)

a-

0,5



b- $\overline{IS} = \overline{SA}\, tg\, i = \overline{SA'}\, tg\, i'$ et $n \sin i = n' \sin i'$

1 — $$\boxed{p' = \overline{SA'} = \frac{n'}{n}\, p \sqrt{1 - \frac{n^2 \sin^2 i}{n'^2}} \Big/ \cos i} \quad (*)$$

c- stig. rigour. si (*) ne dépend pas de i

1 — $p = 0 = p'$ (pts du dioptre) ou $p = \pm\infty = p'$ (pts rejetés à l'∞)

d. stigm. approch si $i \ll$, $\sin i \sim 0$, $\cos i \sim 1$

0,5 — $$\boxed{\frac{n'}{p'} = \frac{n}{p}}$$

Partie II

1 — 1) Transparent : il laisse passer la lumière
Isotrope : les propté de la lumière st les mêmes ds ce milieu ∀ la direction de propagation

2) $A \xrightarrow{/D.S} A_1 \xrightarrow{/D.P} A'$
$\;\;1 \qquad\qquad\quad n$

2 — $$\frac{n^2}{\overline{CA}} - \frac{1}{\overline{CA'}} = \frac{n(n-1)}{\overline{CS}}$$

$$\boxed{\overline{CF} = \frac{n\,\overline{CS}}{n-1} = -12\text{ cm}}$$

$$\boxed{\overline{CF'} = \frac{\overline{SC}}{(n-1)n} = 5{,}3\text{ cm}}$$

3) $V = V_1 = \frac{n-1}{\overline{SC}} = \frac{1}{f'} = -\frac{1}{f}$

2 — $$\boxed{f' = -f = 8\text{ cm}} = \overline{H'F'} = \overline{NF}$$
$$= \overline{H'C} + \overline{CF'} = \overline{NC} + \overline{CF}$$

2 $\boxed{\overline{CH} = \overline{CN} = -4\,cm}$ $\boxed{\overline{CH'} = \overline{CN'} = -2{,}7\,cm}$ 2

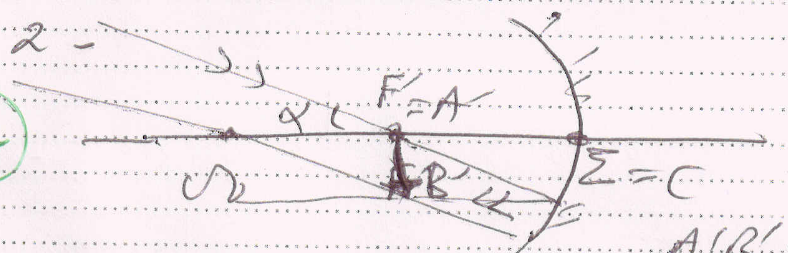
B 1 - $\Sigma \xrightarrow{/D.S} C_m$ $\quad \Sigma \equiv C$

$\Omega_1 \xrightarrow{/D.C} \infty_m$

2 $\boxed{R' = \overline{C\Omega} = \overline{\Sigma\Omega} = \dfrac{n.\overline{CS}}{n-1} = -12\,cm}$

Miroir concave

2 -



1

$A'B' \in$ plan focal

1 $A'B' = tg\,\alpha \dfrac{|R'|}{2} = 1{,}4\,cm$

Partie III

1 1) Le PR = pt le plus loin de l'œil permettant une vision nette. Pour un œil normal, il est rejeté à l'∞.

1 2) a - œil myope puisque $V_c < 0$.

1 b - i) $\infty \xrightarrow{/L.C} d_M$ $\quad \boxed{d_M = \dfrac{1}{V_c} = -80\,cm}$

0,5 ii) $\Delta V = \dfrac{1}{d_M} - \dfrac{1}{d_m}$ $\quad \boxed{d_m = -19\,cm}$

0,5 iii) $d_c \xrightarrow{/L.C} d_m$ $\quad \boxed{d_c \# -25\,cm}$

1 c - $\gamma = \dfrac{d_m}{d_c} = \dfrac{19}{25} < 1$ image plus petite

UNIVERSITE IBN TOFAIL
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE
KENITRA

Année Universitaire 2011/2012

Filières : ***SMA/SMI***

Module : ***Physique 2***

EXAMEN d'OPTIQUE
Session de rattrapage

I)

Un miroir sphérique de beauté concave de rayon de courbure égal à 80 cm. Un objet réel est placé à une distance d = 20 cm du miroir.
Déterminer la position de l'image, sa nature et le grandissement
a) par construction géométrique
b) par application des formules de conjugaison et de grandissement.

II)

Un dioptre sphérique concave de sommet S et de rayon R sépare deux milieux d'indices n_1 et n_2.

1. Déterminer les positions des foyers F et F' et déduire leur nature. On donne n_1=1,5 et n_2=1
2. Construire géométriquement l'image d'un objet réel perpendiculaire à l'axe du dioptre dans le cas où SA=2R
3. Calculer le grandissement linéaire.

On place à gauche de ce dioptre, un deuxième dioptre sphérique de sommet S_1, de même centre C et de même rayon R que le premier, de telle sorte qu'il sépare le milieu d'indice n_2 du milieu d'indice n_1.

4. Trouver la relation de conjugaison du système optique ainsi formé
5. Calculer les positions des foyers du système optique

III) Etude d'un doublet

La mise au point sur le verre dépoli des appareils photographiques de grand format se fait avec la loupe de Wollaston. Il s'agit **d'un doublet de symbole (2,3,6)** constitué de deux lentilles minces convergentes L_1 (centre optique O_1 , foyer image F'_1) et L_2 (centre optique O_2, foyer image F'_2) taillées dans le même verre .

Déterminer par construction la position et la nature des foyers objet F et image F' de l'ensemble. Retrouver les résultats par le calcul.

1) Calculer la vergence du doublet quand la lentille L_2 a précisément pour distance focale $O_2F'_2 = f'_2 = 2cm$.

2) Placer les foyers (F, F'), les points principaux (H, H') et le centre optique O du doublet (Faire un schéma).

Sites.google.com/site/saborpcmath/
cours en ligne
par whatsapp: 0638148874

1ère session – novembre 2008 – corrigé et barème

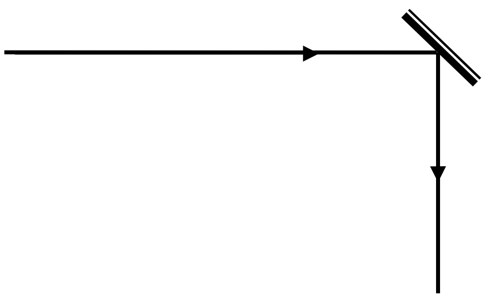
Aucun document n'est autorisé – calculatrices acceptées
Le sujet comporte 5 pages dont 1 document-réponse à rendre avec la copie
La présentation et la clarté des explications sont évaluées

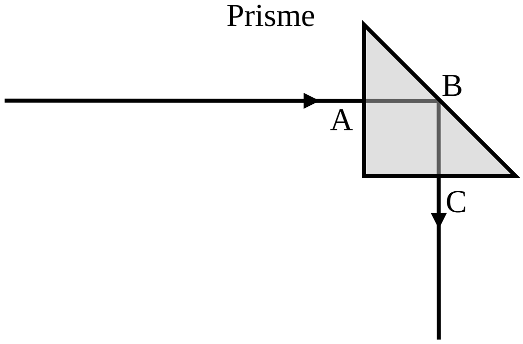
Prisme :	**/ 05 pts**
Tracés de rayons :	**/ 09 pts**
Lentille boule :	**/ 14 pts**
Présentation de la copie et clarté des explications :	**/ 02 pts**
Total (à ramener sur 20) :	**/ 30 pts**

Si possible, les ½ points seront évités, le barème étant assez détaillé.

1 Réalisation d'un périscope à réflexion totale (/ 5 points)

Un périscope est un système optique assez simple, basé sur deux miroirs. Bien souvent, les miroirs métalliques sont remplacés par des prismes dits « à réflexion totale ».





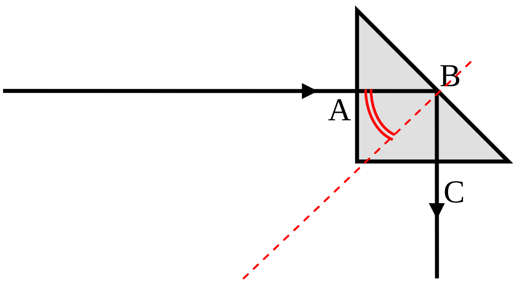
Les prismes utilisés sont rectangles et isocèles (les angles valent 90°, 45° et 45°). Ils sont taillés dans un matériau transparent d'indice *n*.

1 point (valeur)

1. **Définir par un schéma l'angle d'incidence au point B. Quelle est sa valeur ?**

L'angle d'incidence est défini par rapport à la normale à l'interface ; il vaut 45°.

1 point (schéma)



2. **Le périscope étant plongé dans l'air, à quelle condition sur l'indice *n* du prisme y-a-t'il réflexion totale ?**

1 point

La condition de réflexion totale est $i > \sin^{-1}\left(\frac{n_{air}}{n}\right)$**,**

1 point

donc la condition sur l'indice du prisme est $n > \frac{1}{\sin(i)} = \sqrt{2} \approx 1,41$**.**

On utilise désormais ce dispositif dans un périscope à eau (l'ensemble du tube périscopique est immergé dans l'eau, d'indice 1,33).

3. **Donner une valeur de l'indice *n* du prisme qui permette d'obtenir la réflexion totale et donc l'effet périscopique dans cette nouvelle configuration.**

La réflexion totale a alors lieu si $i > \sin^{-1}\left(\frac{n_{eau}}{n}\right)$**, donc si** $n > \frac{n_{eau}}{\sin(i)} \approx 1,875$**.**

1 point

$n = 1,9$ **est par exemple une valeur qui convient.**

2 Tracés de rayons (/ 9 points)

Pour chacun des 3 cas proposés, compléter le document-réponse fourni en fin d'énoncé :

1 point « foyers » pour chaque cas	- **placer sur le schéma les foyers (objet et image) des lentilles ou du système ;**
1 point « image » pour chaque cas	- **trouver la position de l'image A'B' de l'objet AB ;**
1 point « nature » (cases) pour chaque cas	- **préciser la nature (réelle ou virtuelle, droite ou inversée, agrandie ou rétrécie) des images obtenues.**

a) une lentille divergente avec une distance focale image de – 3 cm.

b) une lentille convergente avec une distance focale image de 4 cm suivie d'une lentille divergente avec une distance focale image de – 1 cm, séparées de 4 cm.

c) Un système optique convergent (V > 0), avec une distance focale image de 3cm et dont les plans principaux sont séparés de 5 cm.

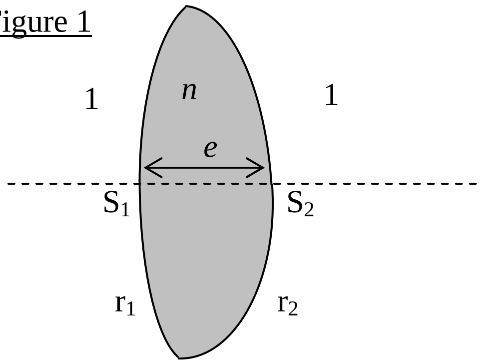
Tous les résultats seront notés sur le document-réponse **(les réponses aussi !)**.

3 Lentille épaisse : une boule ou ½ boule… (/ 14 points)

A – Cas général

On considère le système formé de 2 dioptres sphériques de rayons de courbure (algébriques) $r_1>0$ et $r_2<0$, séparant 3 milieux successifs d'indices respectivement égaux à 1, *n* et 1 (voir la figure 1).

Figure 1



On rappelle que pour un dioptre sphérique de rayon de courbure *r* (valeur algébrique) séparant deux milieux d'indices respectifs n_1 et n_2, la relation donnant la vergence du dioptre est :

$V=\dfrac{n_2-n_1}{r}=\dfrac{n_2}{f'}=-\dfrac{n_1}{f}$, avec $f'=\overline{SF'}$ et $f=\overline{SF}$, *S* étant le sommet du dioptre.

3.1 Exprimer les vergences V_1 et V_2 des deux dioptres, en fonction des indices de réfraction et des rayons de courbure. En déduire les distances focales image et objet de chaque dioptre : f'_1, f_1, f'_2 et f_2.

Adaptons la formule au cas de notre lentille épaisse : $V_1=\dfrac{n-1}{r_1}$ et $V_2=\dfrac{1-n}{r_2}$.

1 point

De même, nous pouvons exprimer : $f'_1=\dfrac{n}{V_1}$, $f_1=\dfrac{1}{V_1}$, $f'_2=\dfrac{1}{V_2}$ et $f_2=\dfrac{n}{V_2}$.

3.2 En utilisant la formule de Gullstrand (pour mémoire : $V=V_1+V_2-\dfrac{eV_1V_2}{n_2}$, avec n_2 l'indice du milieu situé entre les deux dioptres et $e=\overline{S_1S_2}$ **), montrer qu'on peut écrire la vergence de la lentille épaisse sous la forme : $V_L=(n-1)(\dfrac{1}{r_1}-\dfrac{1}{r_2})+e\dfrac{(n-1)^2}{nr_1r_2}$. En déduire la distance focale image f'_L de la lentille épaisse.**

Adaptons encore une fois la formule de Gullstrand à notre cas d'étude : $V = V_1 + V_2 - \frac{eV_1V_2}{n}$. En remplaçant les vergences par leurs expressions établies précédemment : $V = \frac{n-1}{r_1} + \frac{1-n}{r_2} - \frac{e\left(\frac{n-1}{r_1}\right)\left(\frac{1-n}{r_2}\right)}{n} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) + e\frac{(n-1)^2}{nr_1r_2}$.

1 point

La distance focale image se déduit alors par $f'_L = \frac{1}{V} = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) + e\frac{(n-1)^2}{nr_1r_2}}$.

B – Cas d'une lentille « boule »

Une lentille « boule » est une simple sphère de rayon *R* et d'indice *n*.

3.3 Donner l'expression littérale de la distance focale image de cette lentille « boule ».

Pour une simple sphère, nous avons : $r_1 = R$, $r_2 = -R$ et $e = 2R$, ce qui donne une vergence globale $V = (n-1)\left(\frac{2}{R}\right) - 2R\frac{(n-1)^2}{nR^2} = \frac{2n^2 - 2n - 2n^2 + 4n - 2}{nR} = \frac{2(n-1)}{nR}$, qui est positive : la lentille « boule » est donc globalement convergente.

1 point

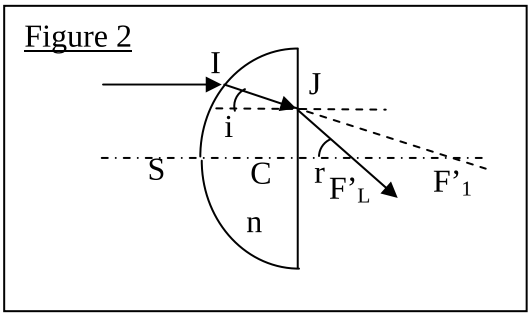
Sa distance focale image est $f'_L = \frac{1}{V} = \frac{nR}{2(n-1)}$.

3.4 Application numérique : *R* = 1 cm, *n* = 1,5 ; calculer la valeur numérique de *f* '.

1 point

AN : $f'_L = +1,5$ cm.

C – Cas d'une lentille « demi-boule »



On étudie une lentille « demi-boule », constituée d'un dioptre sphérique de rayon R de sommet S et de centre C, et d'un dioptre plan passant en C. Cette demi-sphère est réalisée dans un matériau d'indice *n* =1,5.
Un rayon arrivant parallèle à l'axe rencontre tout d'abord le dioptre sphérique en I, puis frappe la surface plane en J (voir la figure 2).

Note : ***les angles i et r sont choisis « grands » sur la figure 2 pour une meilleure lisibilité. Dans les calculs, on pourra faire l'approximation des « petits angles » en supposant que les conditions de Gauss sont vérifiées.***

3.5 Déterminer la position du foyer image F_1' du premier dioptre seul, en exprimant $\overline{SF_1'}$ en fonction de R et n (F_1' serait le foyer image s'il n'y avait pas le dioptre plan).

La distance $\overline{SF_1'}$ correspond à la distance focale image du premier dioptre seul :

1 point

$\overline{SF_1'} = \frac{n}{V_1} = \frac{nR}{n-1}$ **puisque le rayon de courbure de ce premier dioptre est positif.**

3.6 En utilisant la figure 2 et la question précédente, exprimer la distance $\overline{CF_L'}$ en fonction de R et n, et en déduire la position du foyer image F_L' de la « demi-boule » complète.

Grâce à la figure 2, et si les conditions de Gauss sont vérifiées, nous pouvons écrire $r \approx \tan(r) = \frac{CJ}{CF'_L}$. De même, l'angle i vérifie $i \approx \tan(i) = \frac{CJ}{CF'_1}$. Nous pouvons donc

1 point

en déduire que $r \cdot CF'_L = i \cdot CF'_1$ et donc $CF'_L = \frac{i}{r} \cdot CF'_1$.

La loi de Snell-Descartes appliquée au point J nous donne aussi $n\sin(i) = \sin(r)$, ce qui se traduit dans les conditions de Gauss par $n \cdot i = r$. Au final, la distance $\overline{CF_L'}$ étant naturellement positive dans notre situation, elle s'exprime par

1 point

$$\overline{CF'_L} = \frac{1}{n} \cdot \overline{CF'_1} = \frac{1}{n} \cdot \left(\overline{CS} + \overline{SF'_1}\right) = \frac{1}{n} \cdot \left(-R + \frac{nR}{n-1}\right) = \frac{R}{n(n-1)}.$$

Note : attention, $\overline{CF_L'}$ n'est PAS la distance focale de la lentille épaisse…

3.7 Par un raisonnement analogue, et en précisant votre raisonnement par un schéma, déterminer la position du foyer objet F_L de la lentille « demi-boule ».

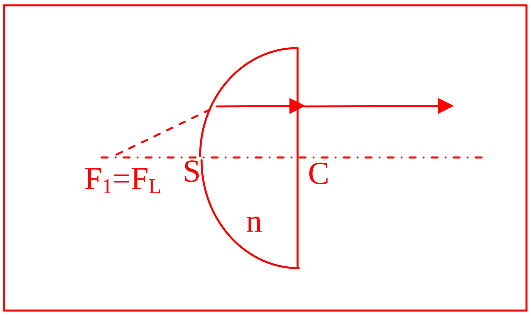
Note : pour la question 3.7, on pourra chercher à positionner le foyer objet par rapport au dioptre d'entrée, en exprimant $\overline{SF_L}$.

Le rayon qui ressort parallèle à l'axe optique n'est PAS DEVIE par le dioptre plan, donc le foyer objet de la demi-boule est directement celui du dioptre

1 point

sphérique : $\overline{SF_L} = \overline{SF_1} = f_1 = -\frac{1}{V_1} = \frac{-R}{n-1}$.

1 point



3.8 A partir de l'expression de la distance focale d'une lentille épaisse (calculée à la question 3.2), donner l'expression de la distance focale de cette lentille « demi-boule », que l'on notera f_L', en fonction de *R*.

Repartons de l'expression $f'_L = \frac{1}{V} = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)+e\frac{(n-1)^2}{nr_1r_2}}$**, en l'adaptant à notre cas d'étude :** $r_1 = R$**,** $r_2 = +\infty$ **et** $e = R$**, ce qui donne** $f'_L = \frac{1}{V} = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R}\right)} = \frac{R}{n-1}$**.**

1 point

3.9 Application numérique : *R* = 1 cm, *n* = 1,5 ; calculer la valeur numérique de f_L', et comparer avec la valeur d'une lentille « boule » obtenue à la question 3.4.

AN : $f'_L = +2$ **cm. La demi-boule est donc un système convergent, comme la boule complète. En revanche, on ne peut pas dire qu'une lentille « boule » est équivalente à deux lentilles demi-boules accolées car** $\frac{1}{f'_{boule}} \neq \frac{1}{f'_{1/2-boule}} + \frac{1}{f'_{1/2-boule}}$ **!**

1 point

3.10 Connaissant désormais les positions des foyers objet et image (F_L et F_L') de cette « demi-boule » ainsi que sa distance focale f_L', déterminer les positions des points principaux objet et image, H et H'.

Par définition, le point H est tel que $\overline{HF_L} = f_L$ **et le point H' est tel que** $\overline{H'F'_L} = f'_L$**. Comme la question 3.7 nous indique que** $\overline{SF_L} = f_L = \frac{-R}{n-1}$**, le point H est donc confondu avec le sommet S.**

1 point

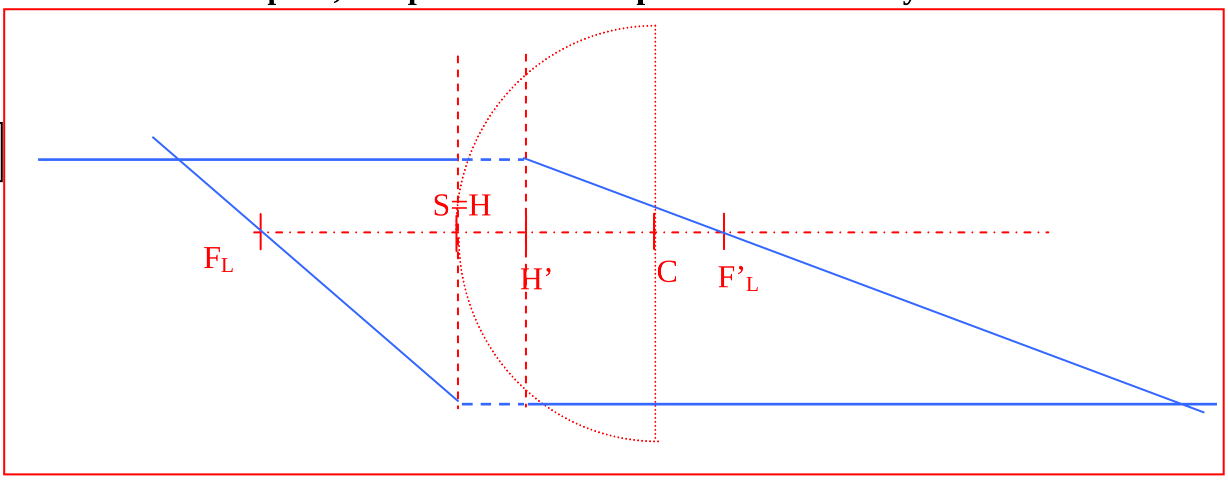
Le point H' est quant à lui 2 cm en avant de F'$_L$, dont la position est donnée par rapport à C par la question 3.6 : $\overline{CF'_L} = \frac{R}{n(n-1)} \approx 1,33$ **cm. Le point H' est donc tel que** $\overline{CH'} \approx -0,67$**, c'est à dire** $\overline{SH'} \approx +0,33$ **cm.**

1 point

Note : pour la question 3.10, les points principaux pourront être repérés par rapport au dioptre d'entrée pour H (en exprimant $\overline{SH}$) et par rapport au dioptre de sortie pour H' (en exprimant $\overline{CH'}$), mais d'autres choix pourront être acceptés.

3.11 Résumer sur un schéma les principales caractéristiques de cette lentille « demi-boule » : tracer l'axe optique, placer les foyers et les points principaux en prenant une échelle adaptée ; compléter le schéma par le tracé d'un rayon de votre choix…

1 point



Exam PHY 111 : Document-réponse, échelle 1 :1

a)

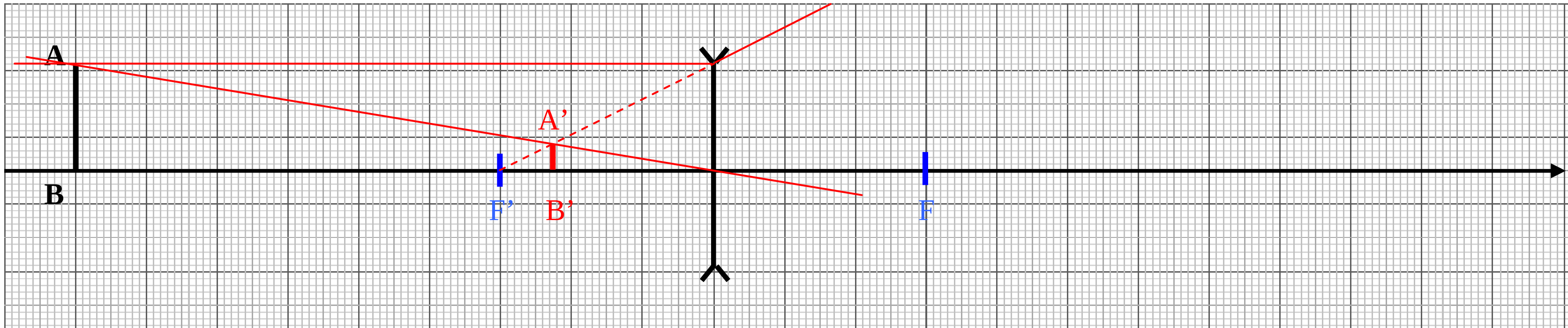


Image obtenue :

- ☐ réelle
- ☑ virtuelle
- ☑ droite
- ☐ inversée
- ☐ agrandie
- ☑ rétrécie

b)

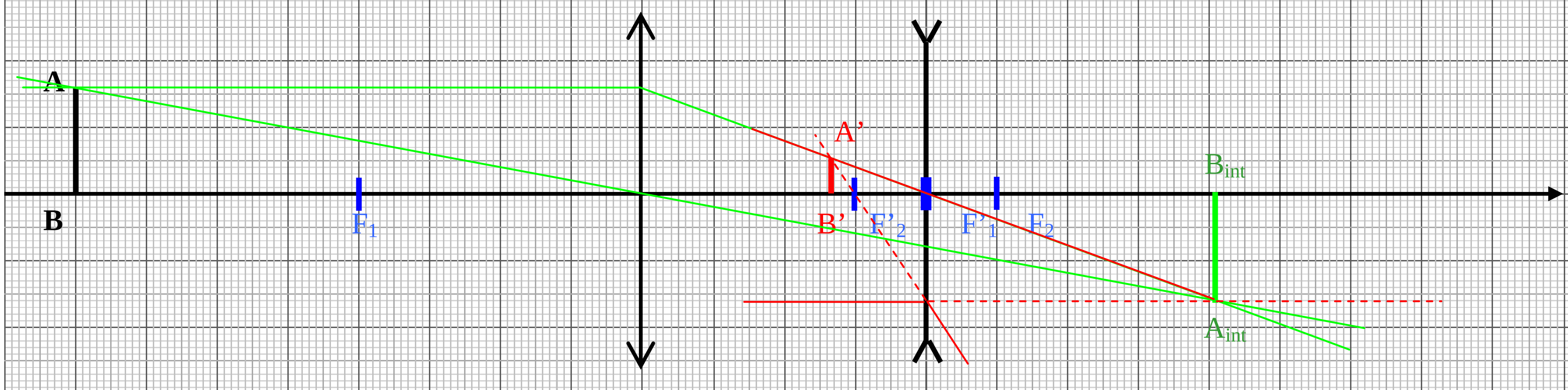


Image obtenue :

- ☐ réelle
- ☑ virtuelle
- ☑ droite
- ☐ inversée
- ☐ agrandie
- ☑ rétrécie

c)

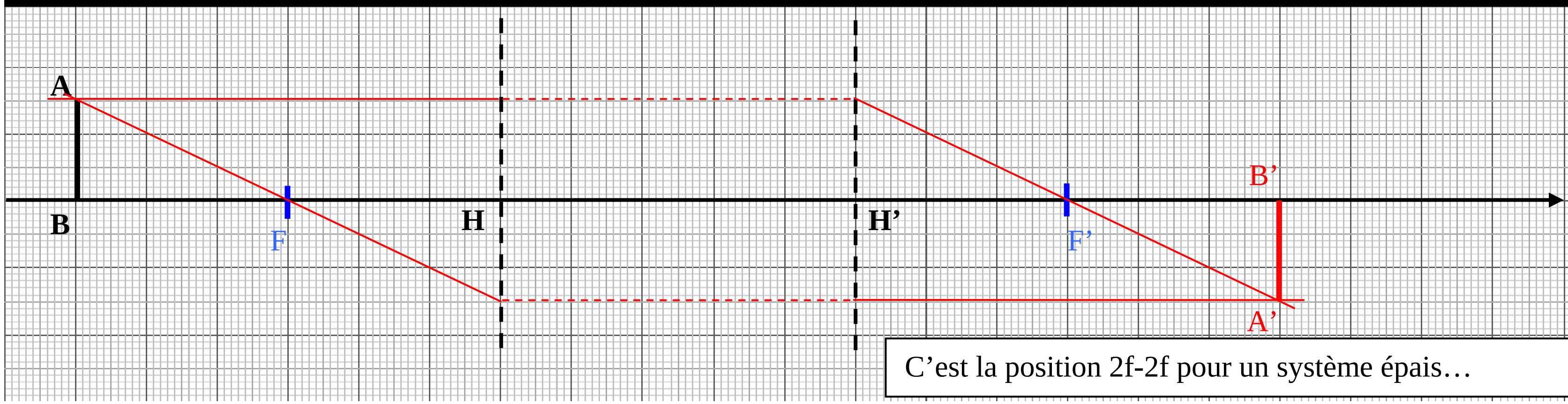


Image obtenue :

- ☑ réelle
- ☐ virtuelle
- ☐ droite
- ☑ inversée
- ☐ ou ☑ agrandie
- ☐ ou ☑ rétrécie

C’est la position 2f-2f pour un système épais…

Université P. et M. Curie
LP 103 - Amphi Opt/Elec.

Année 2007-2008

Examen partiel d'Optique du 19 Octobre 2007.

LES CALCULATRICES NE SONT PAS AUTORISÉES.

Toutes les réponses doivent être ARGUMENTÉES.

Toutes les figures demandées seront réalisées sur la FEUILLE DE FIGURES jointe à l'énoncé.

Exercice 1 (sur 8 pts).

1. Un rayon lumineux arrive, sous un angle d'incidence $i \simeq 60°$, sur la face AC du prisme représenté sur la figure 1. L'indice du prisme vaut $n = 1,7$. On note I son point d'impact sur le prisme.

   (a) L'angle de réfraction r du rayon lumineux est-il supérieur ou inférieur à son angle d'incidence ?

   (b) Estimer $\sin r$ puis r. (On remarquera que $1,7 \simeq \sqrt{3}$.)

   (c) Représenter le rayon réfracté à travers la face AC du prisme. On identifiera sur la figure les angles i et r.

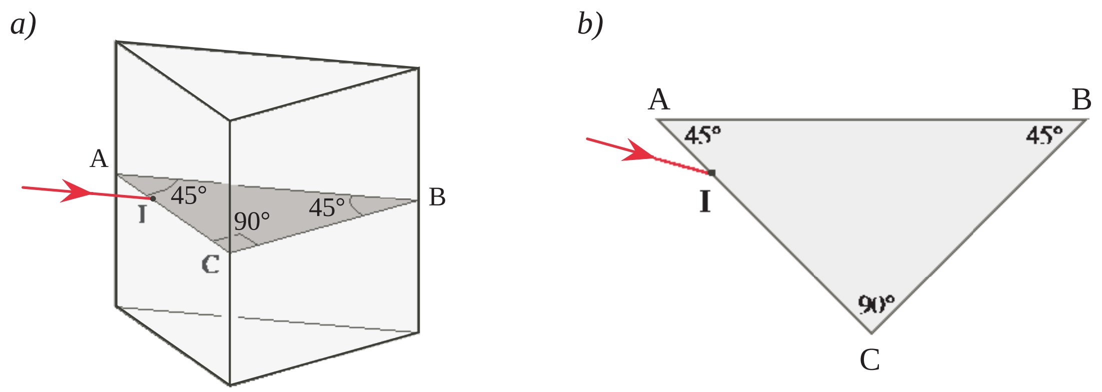


FIG. 1 – a) Vue du prisme en perspective : le plan d'incidence coïncide avec une section droite ABC du prisme. b) Vue du plan de la section droite ABC du prisme.

2. On note J le point d'impact, sur la face AB, du rayon une fois qu'il est réfracté à travers la face AC du prisme, et i' l'angle d'incidence correspondant.

   (a) Identifier l'angle i' sur la figure.

   (b) Montrer que l'on a $i' > 45°$. (Indication : Exprimer en fonction de i' et de r les angles du triangle AIJ.)

   (c) Sachant que $\dfrac{1}{1,7} \simeq \sin 36°$, est-il possible que le rayon soit réfracté à travers la face AB ?

   (d) Représenter le trajet du rayon à partir de J.

3. (a) Si K est le point d'impact du rayon sur la face BC, quel est son angle d'incidence i'' ? (Indication : Utiliser la relation entre les angles du triangle BJK.)

   (b) En déduire son angle de réfraction r'' et tracer, à partir de K, le rayon qui sort du prisme. On identifiera, sur la figure, les angles i'' et r''.

Exercice 2 (sur 12 pts).

1. Une lentille mince convergente L_1, de distance focale f, est placée à une distance $d = \frac{4f}{3}$ d'un objet élémentaire AB.
   (a) Placer sur la figure le foyer objet F_1 et le foyer image F'_1 de L_1.
   (b) A quelle distance du centre O_1 de L_1 se trouve $A'_1B'_1$?
   (c) Construire l'image $A'_1B'_1$ de AB à travers L_1.
   (d) Quelle est la valeur du grandissement ?

2. Pour obtenir une image $A'B'$ à l'infini de AB, on rajoute une lentille L_2 **divergente**, dont la distance focale a la même valeur f que celle de L_1.
   (a) Où doit-on placer L_2 ?
   (b) Positionner L_2 sur la figure. Placer son foyer objet F_2 et son foyer image F'_2.
   (c) Exprimer en fonction de f la distance $D = O_1O_2$ entre les deux lentilles.
   (d) Représenter le trajet du rayon **issu de B** qui, après avoir traversé la lentille L_1, passe par le centre O_2 de la lentille L_2.
   (e) Soit α' l'angle que fait ce rayon avec l'axe optique des lentilles une fois qu'il a traversé L_2. Exprimer $\alpha'_{\text{rad}} \simeq \tan\alpha'$ en fonction de f et de $A'_1B'_1$, puis en fonction de f et de AB.
   (f) Quelle est la puissance de l'instrument que constitue l'association des deux lentilles L_1 et L_2 ? L'évaluer numériquement pour $f = 6$ cm. Préciser son unité.

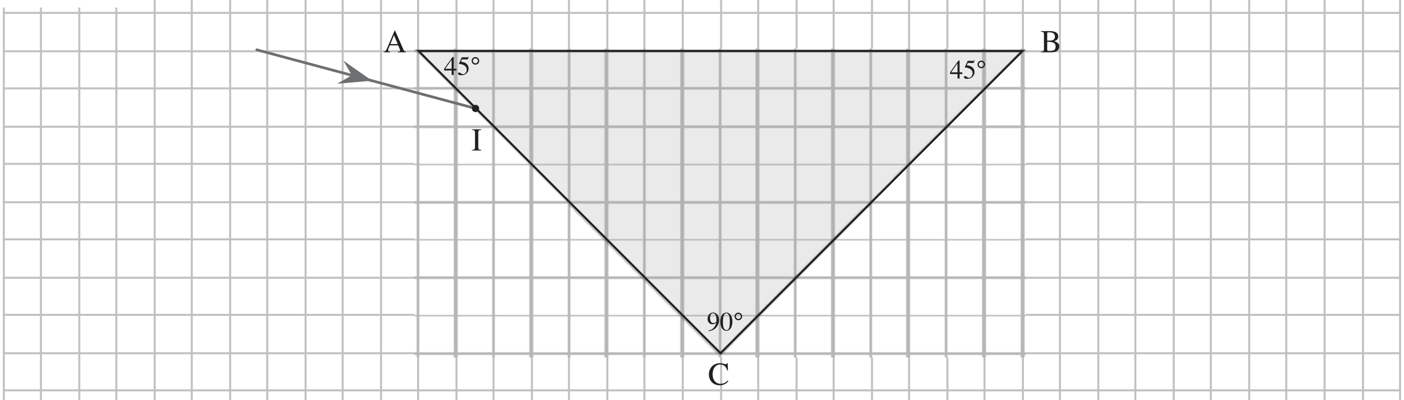
3. On impose aux deux lentilles L_1 et L_2 d'être situées à une distance $\Delta = 36$ cm l'une de l'autre.
   (a) En prenant $f = 6$ cm, placer les foyers des deux lentilles sur la figure.
   (b) Où doit-on placer AB pour que son image $A'B'$ à travers l'association des deux lentilles soit à l'infini ?
   (c) Placer l'objet AB sur la figure, et construire son image $A'_1B'_1$ à travers $L1$. Représenter, sur la figure, le rayon passant par O_2 et allant dans la direction de B' (à l'infini).
   (d) L'objet AB étant placé comme trouvé précédemment, quelle est alors la puissance de l'instrument ainsi réalisé ?

- o - o - o - o -

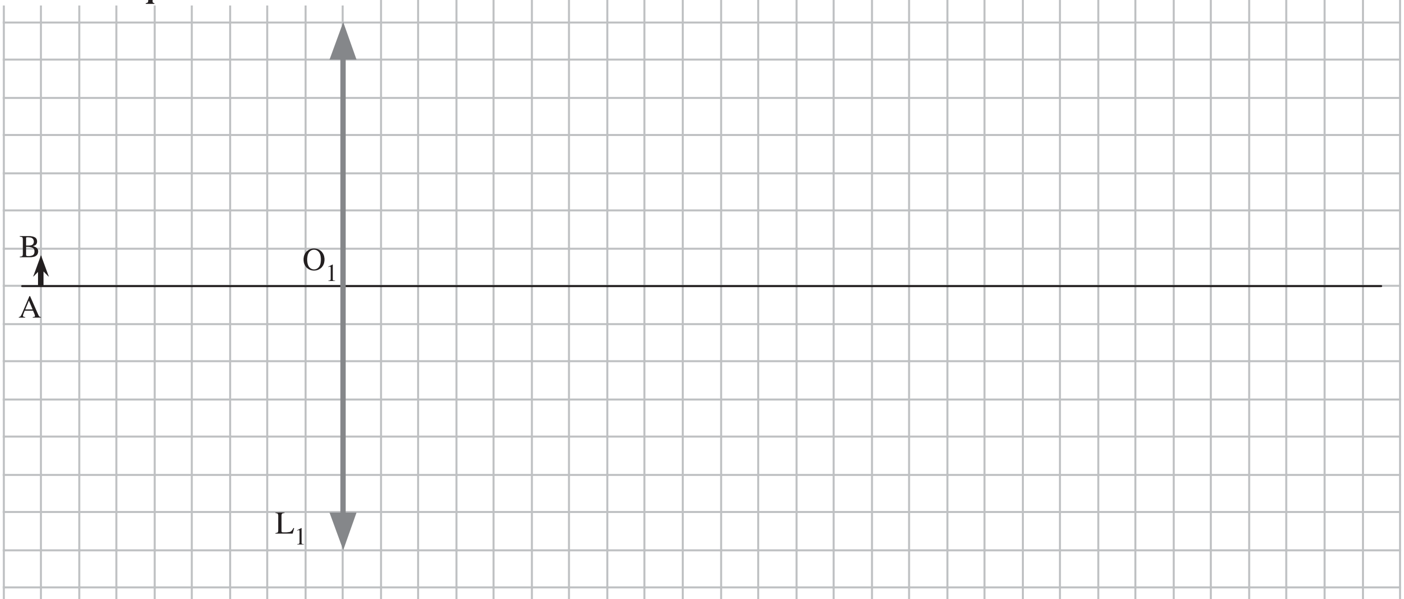
Feuille de figure à rendre avec la copie d'Optique.

N° d'anonymat :......................

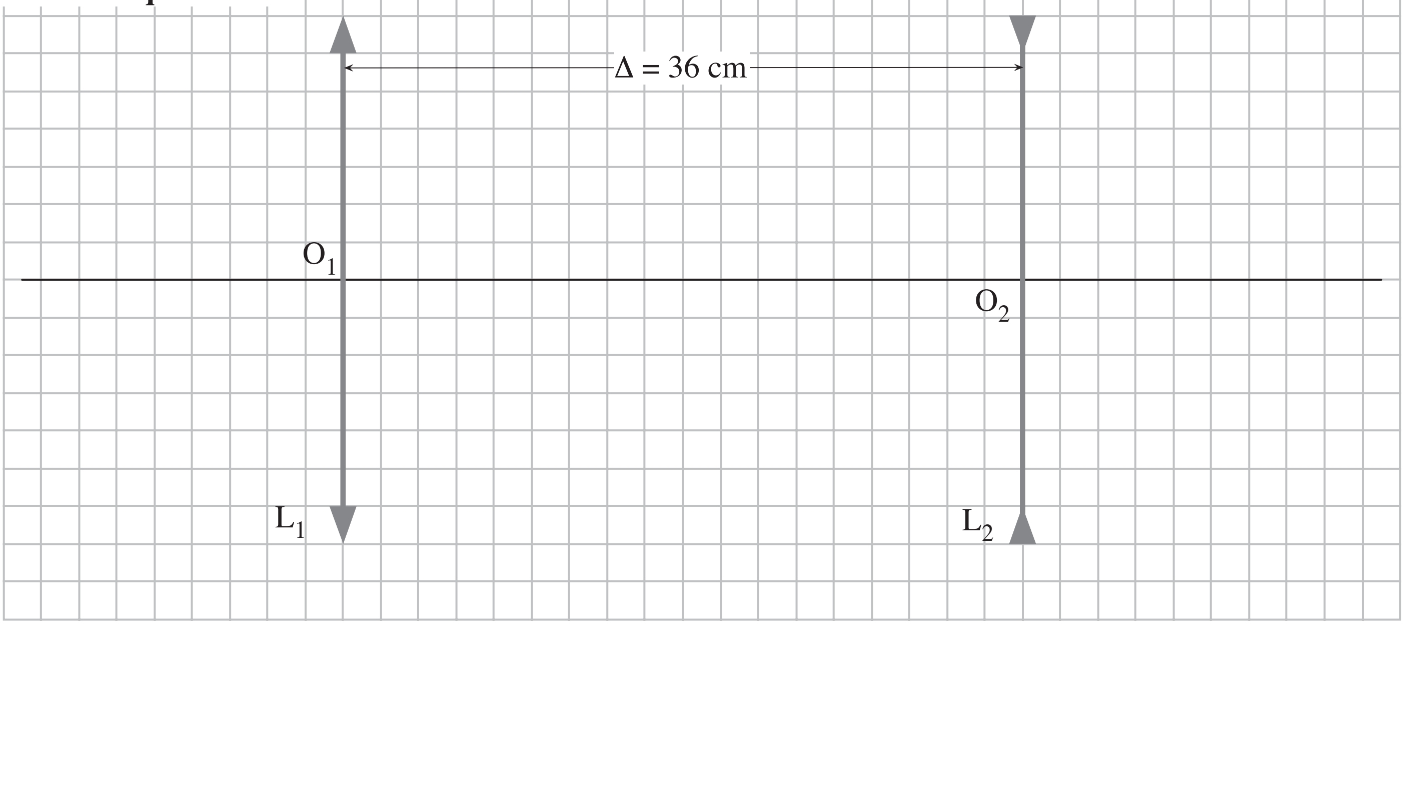
Exercice 1



Exercice 2 questions 1 et 2



Exercice 2 question 3



N° d'ANONYMAT — Note $\frac{}{20}$

Exercice 1

1° a) $\left.\begin{array}{l}\sin i = n \sin r \\ n > 1\end{array}\right\} \Rightarrow \sin r = \frac{\sin i}{n} < \sin i$ — 0,5

donc $r < i$

b) $\left.\begin{array}{l}\sin i \simeq \frac{\sqrt{3}}{2} \\ n \simeq \sqrt{3}\end{array}\right\} \sin r \simeq \frac{1}{2} \quad r \simeq 30°$ — 1

c) voir figure — 1

2° a) voir figure — 0,5

b) $\widehat{AJI} = 90° - i'$

$\widehat{AIJ} = 90° + r$

$\widehat{IAJ} = 45°$ — 1

$180° = 180° + 45° + r - i'$

$\Rightarrow i' = 45° + r > 45°$

c) $\left.\begin{array}{l}\sin r' = n \sin i' \\ \sin r' \leq 1\end{array}\right\} \Rightarrow \sin i' \leq \frac{1}{n}$ pour qu'il y ait réfraction — 1

Avec $\frac{1}{n} \simeq \sin 36°$, réfraction possible si $i' \leq 36°$ ce qui n'est pas le cas

$\rightarrow$ pas de réfraction, mais réflexion totale sur AB.

d) Voir figure — 1

3° a) • le rayon JK, réfléchi de IJ sur AB, est symétrique de IJ par rapport à la normal à AB (loi de la réflexion).

$\Rightarrow \widehat{AJI} = \widehat{BJK}$

• $\widehat{JAI} = \widehat{JBK} = 45°$ $\Big\} \Rightarrow$ triangles AIJ et BJK semblables.

Donc $\widehat{JKB} = \widehat{JIA}$.

$\left.\begin{array}{l}\widehat{JKB} = 90° + i'' \\ \widehat{JIA} = 90° + r\end{array}\right\} \Rightarrow i'' = r$ — 1

b) $\left.\begin{array}{l}\sin r'' = n \sin i'' \\ \text{(réfraction à travers BC)} \\ i'' = r\end{array}\right\} \Rightarrow \sin r'' = n \sin r$ — 1

Avec $n \sin r = \sin i$ (réfraction à travers AC)

$\Rightarrow r'' = i \simeq 60°$

Exercice 2

1° a) Voir figure — 0,5

b) $\frac{1}{\overline{O_1A'_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{\overline{O_1F'_1}}$ (relation de conjugaison — 1

$\left.\begin{array}{l}\overline{O_1A} = -4f/3 \\ \overline{O_1F'_1} = +f\end{array}\right\} \Rightarrow \overline{O_1A'_1} = +4f$

c) voir figure — 1

d) $\frac{A'_1B'_1}{AB} = \frac{\overline{OA'_1}}{\overline{OA}} = \frac{4f}{4f/3} = 3$ — 1

2° a) $A'_1B'_1$ doit être au foyer objet de L_2

$\Rightarrow F_2$ confondu avec A'_1.

L_2 divergente $\Rightarrow \overline{O_2F_2} > 0$ — 1

$\rightarrow L_2$ avant $A'_1B'_1$ à une distance f de $A'_1B'_1$ (voir figure)

b) voir figure — 1

c) $\overline{O_1O_2} = \overline{O_1A'_1} - \overline{O_2A'_1} = 3f$ — 0,5

d) voir figure — 1

e) $\operatorname{tg} \alpha' = \frac{A'_1B'_1}{\overline{O_2A'_1}} = \frac{A'_1B'_1}{f}$ — 0,5

$= \frac{A'_1B'_1}{AB} \times \frac{AB}{f} = 3\,\frac{AB}{f}$

f) $P = \frac{\alpha'_{rad}}{AB}$ (définition) $\simeq \frac{3}{f} = 0,5\ cm^{-1}$ — 1

3° a) voir figure — 0,5

b) $A'B'$ à l'infini $\Rightarrow A'_1B'_1$ au foyer objet F_2 de L_2 (divergente).

$\frac{1}{\overline{O_1A'_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{\overline{O_1F'_1}}$ (relation de conjugaison de L_1) — 1

avec $\overline{O_1A'_1} = \Delta + f$ et $\overline{O_1F'_1} = +f$

$\rightarrow \overline{O_1A} = -\frac{f(\Delta + f)}{\Delta}$ (< 0 comme il se doit...)

$= \frac{7f}{6}$

c) voir figure — 1

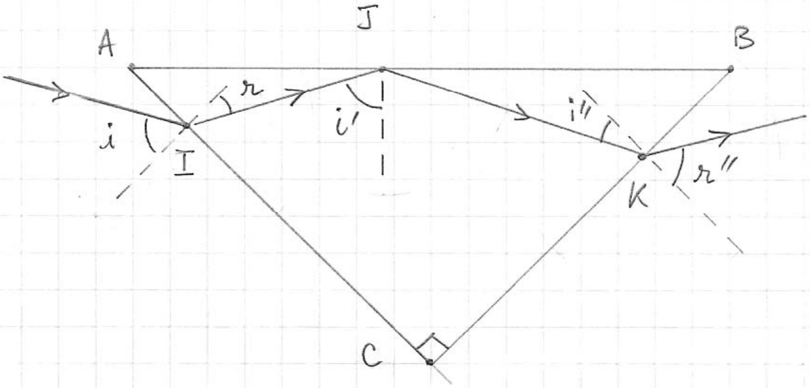
d) $P = \frac{\alpha'_{rad}}{AB}$ (définition) $\simeq \frac{\operatorname{tg}\alpha'}{AB}$

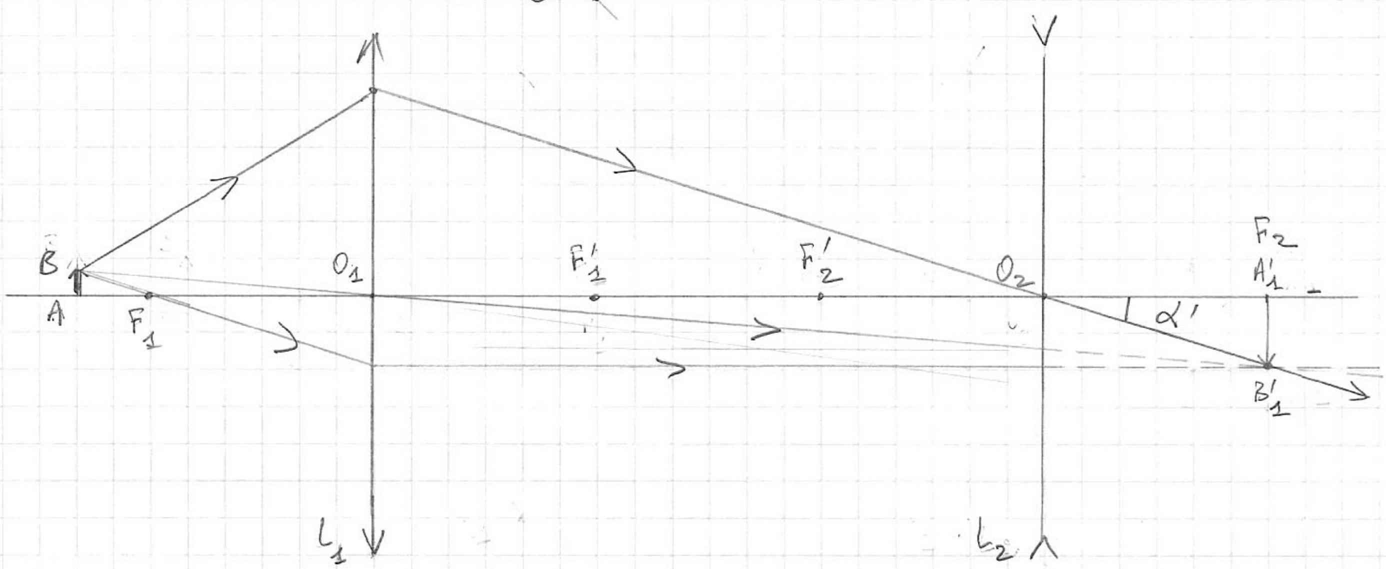
avec $\operatorname{tg}\alpha' = \frac{A'_1B'_1}{\overline{O_2A'_1}} = \frac{A'_1B'_1}{f}$

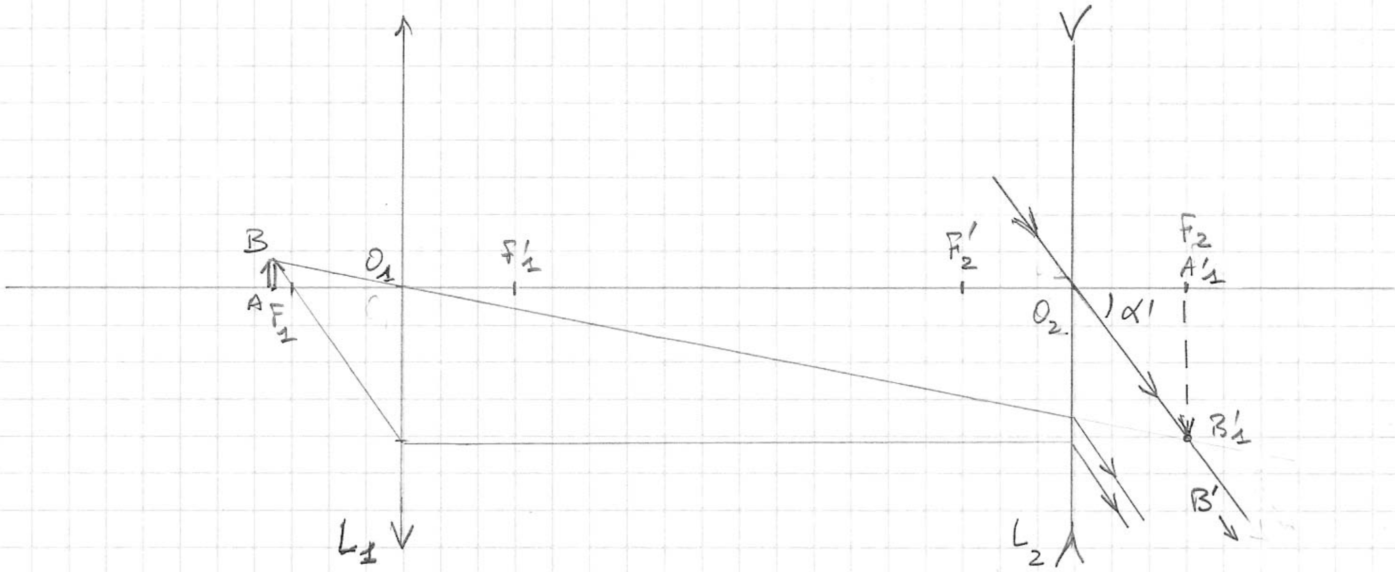
$A'_1B'_1 = \frac{\overline{O_1A'_1}}{\overline{O_1A}}\,AB$ — 0,5

$= \frac{\overline{O_1O_2} + \overline{O_2A'_1}}{\overline{O_1A}}\,AB = 6\,AB$

$\rightarrow P = \frac{6}{f} = 1\ cm^{-1}$

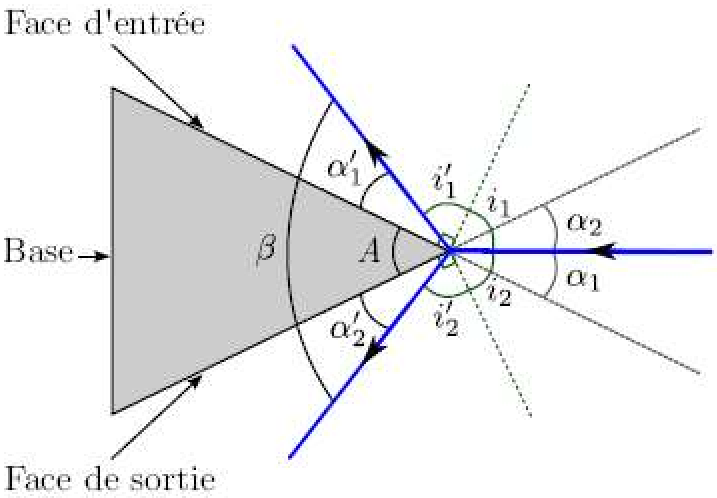

A
J
B
r
i'
i
I
i''
K
r''
C


B
A
F1
O1
F'1
F'2
O2
F2
A'1
α'
B'1
L1
L2


B
A
F1
O1
F'1
F'2
O2
α'
F2
A'1
B'1
B'
L1
L2

Correction : Exercice supplémentaire : PRISME 2

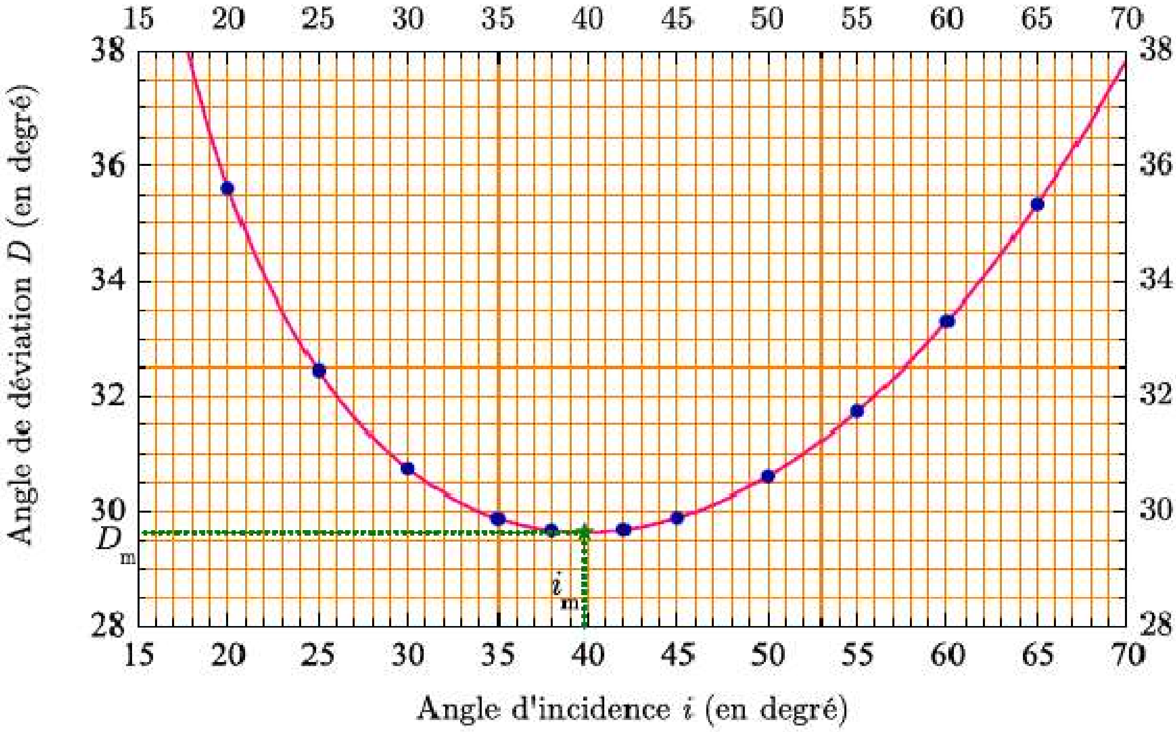
1. La formule de Cauchy simplifiée est une formule qui décrit la variation des indices de réfraction de la plupart des milieux transparents en fonction de la longueur d'onde λ. Elle est donnée par :
$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2} \qquad (1)$$
où a et b sont deux constantes qui dépendent de la nature du milieu en question.
2. Le goniomètre est un appareil qui sert à mesurer des angles avec une précision qui atteint l'ordre d'une minute d'angle. En optique, il est utilisé pour déterminer la déviation d'un rayon lumineux par un dispositif optique comme le prisme.
3. D'après la figure, on a :
$$\beta = A + \alpha_1' + \alpha_2' \qquad (2)$$
et on a $\alpha_1' = \alpha_1$ car la loi de réflexion du faisceau parallèle incident sur la face



d'entrée implique que $i_1' = i_1$ c.-à-d. $\alpha_1' = 90° - i_1' = 90° - i_1 = \alpha_1$ (voir figure). On a également $\alpha_2' = \alpha_2$ car la loi de réflexion du faisceau parallèle incident sur la face

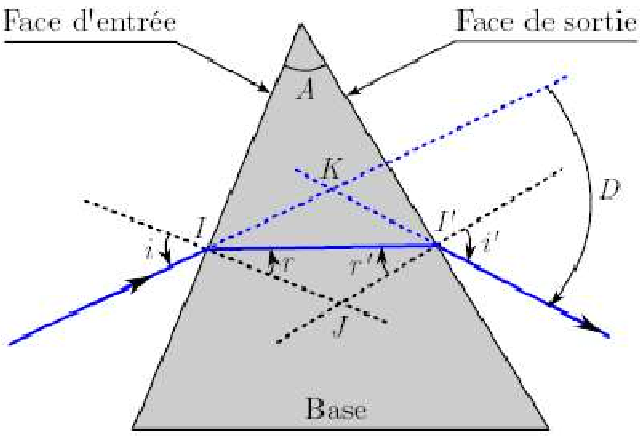
de sortie implique que $i_2' = i_2$ c.-à-d. $\alpha_2' = 90° - i_2' = 90° - i_2 = \alpha_2$ (voir figure). Cependant, on peut écrire :
$$\beta = A + \alpha_1 + \alpha_2 \qquad (3)$$
Or $\alpha_1 + \alpha_2 = A$ (voir figure), alors :
$$\beta = 2A \qquad (4)$$
d'où :
$$A = \frac{\beta}{2} \qquad (5)$$
A.N. : $A = 50°$.

4. On désigne par plan de section principale du prisme tout plan normal à l'arête du prisme. En effet, tout le trajet d'un rayon incident qui se trouve dans un plan de section principale du prisme est contenu dans le même plan où il est dévié. C'est pourquoi on fait l'étude du prisme en utilisant des rayons lumineux incidents qui se trouvent dans un plan de section principale.
5. Courbe de la déviation D en fonction de l'angle d'incidence i (voir figure).



D'après la figure, la déviation minimale D_m pour la radiation R_1 a pour valeur $D_m = 29{,}63°$.

6. On rappelle que les formules d'un prisme d'angle A et d'indice de réfraction n s'écrivent :



$$\sin i = n \sin r \tag{6}$$
$$\sin i' = n \sin r' \tag{7}$$
$$A = r + r' \tag{8}$$
$$D = i + i' - A \tag{9}$$

On sait que la déviation D passe par un minimum D_{m} pour $i = i' = i_{\mathrm{m}}$ (c-.à-d. aussi pour $r = r' = r_{\mathrm{m}}$), alors selon les formules du prisme, on peut écrire :

$$\sin i_{\mathrm{m}} = n \sin r_{\mathrm{m}} \qquad \Rightarrow \qquad n = \frac{\sin i_{\mathrm{m}}}{\sin r_{\mathrm{m}}} \tag{10}$$

$$A = r_{\mathrm{m}} + r_{\mathrm{m}} \qquad \Rightarrow \qquad r_{\mathrm{m}} = \frac{A}{2} \tag{11}$$

et

$$D_{\mathrm{m}} = 2i_{\mathrm{m}} - A \qquad \Rightarrow \qquad i_{\mathrm{m}} = \frac{D_{\mathrm{m}} + A}{2} \tag{12}$$

alors :

$$n = \frac{\sin \frac{D_{\mathrm{m}}+A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \tag{13}$$

En utilisant cette expression, on peut calculer la valeur de l'indice de réfraction n_1 de la radiation R_1 pour laquelle $D_{\mathrm{m}} = 29{,}63°$.
A.N. : $n_1 = 1.515$.

7. Si le rayon émerge de la face de sortie du prisme, alors il émerge avec un angle $i' \leq 90°$ soit :

$$\sin i' \leq 1 \qquad \Rightarrow \qquad n \sin r' \leq 1 \tag{14}$$

soit :

$$r' \leq \arcsin \frac{1}{n} \qquad \Rightarrow \qquad A - r' \geq A - \arcsin \frac{1}{n} \tag{15}$$

Or, selon les formules du prisme $A - r' = r$, alors :

$$r \geq A - \arcsin \frac{1}{n} \tag{16}$$

ou encore :

$$n \sin r \geq n \sin \left(A - \arcsin \frac{1}{n} \right) \tag{17}$$

soit :

$$\sin i \geq n \sin \left(A - \arcsin \frac{1}{n} \right) \tag{18}$$

d'où :

$$i \geq \arcsin \left[n \sin \left(A - \arcsin \frac{1}{n} \right) \right] \tag{19}$$

Alors, l'angle d'incidence limite i_{lim} au-dessous de lequel le faisceau incident n'immerge pas du prisme s'écrit :

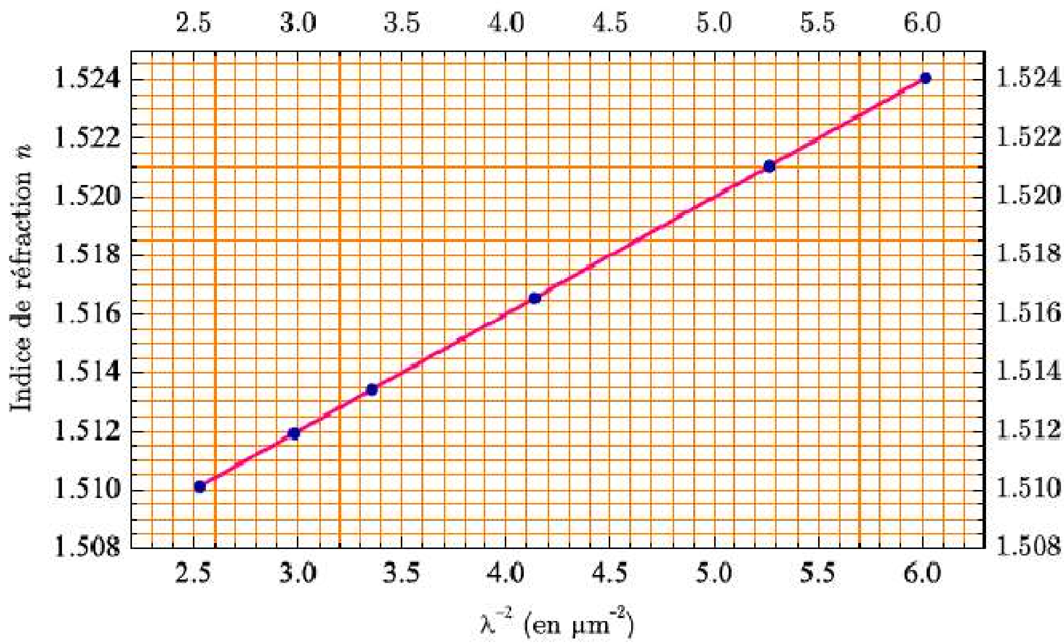
$$i_{\mathrm{lim}} = \arcsin \left[n \sin \left(A - \arcsin \frac{1}{n} \right) \right] \tag{20}$$

A.N. : $i_{\mathrm{lim}} = 13{,}247°$.

8. En utilisant l'expression de l'indice de réfraction n établie dans la question précédente, on peut calculer les valeurs des indices de réfraction des différentes radiations R_1 pour lesquelles les valeurs de D_m sont donnée dans le tableau. Les résultats de calcul sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Radiation	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
λ (μm)	0,6291	0,5791	0,5461	0,4916	0,4358	0,4077
$\frac{1}{\lambda^2}$ $\left(\frac{1}{\mu m^2}\right)$	2,527	2,982	3,353	4,138	5,265	6,016
D_m (degré)	29,315	29,430	29,523	29,721	30,006	30,196
n	1,5101	1,5119	1,5134	1,5166	1,5211	1,5241

9. Courbe $n = f\left(\frac{1}{\lambda^2}\right)$ (voir figure).



D'après la figure, l'indice de réfraction n du prisme varie linéairement avec $\frac{1}{\lambda^2}$ et par conséquent n peut s'écrire sous la forme $n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2}$. Cependant, on constate que l'indice de réfraction du prisme vérifie bien la loi de Cauchy simplifiée. En utilisant les coordonnées de certains points de la courbe, on obtient les valeurs suivantes des paramètres a et b caractérisant cette loi : $a = 1{,}5$ et $b = 4\ 10^{-3}\ \mu m^{-2}$.

10. La longueur d'onde λ_1 de la radiation R_1 s'écrit, d'après la formule de Cauchy simplifiée :

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{b}{n_1 - a}} \qquad (21)$$

A.N. : $\lambda_1 = 0{,}5145\ \mu$m.