UNIVERSITE IBN ZOHR
FACULTE DES SCIENCES
AGADIR

جامعة ابن زهر
كلية العلوم
أكادير

13 juin 11

EPREUVE D'OPTIQUE (SM2, SMC2)

Durée : 1h30

I- Questions de cours :

1- Donner la vergence d'un miroir sphérique, en déduire la nature :
   a- d'un miroir concave.
   b- d'un miroir convexe.

2- Où sont situés les plans principaux et nodaux ?
   a- d'un dioptre sphérique?
   b- d'une lentille mince baignant dans l'air?

3- Citer trois critères où le dioptre sphérique est divergent.

4- Quelle est la relation remarquable entre γ (Grandissement linéaire) et G (Grandissement angulaire) ?

II - Un système centré (lentille épaisse), est constitué par une masse de verre d'indice n et d'épaisseur $\overline{S_1S_2}$, limitée des milieux extérieurs par une surface concave et une surface plane (**Figure 1**) On se place dans les conditions d'approximation de Gauss.

On pose : $-\overline{S_1C_1} = R = \frac{\overline{S_1S_2}}{2}$ où R est positif.

A- Déterminer puis calculer : **pour n=3/2, R= 2cm**

1- Les foyers de chacun des dioptres qui constituent le système centré.

2- La vergence **V** du système en utilisant la formule de Gullstrand, en déduire sa distance focale image **f'**, sa distance focale objet **f** et sa nature.

3- Le centre optique du système centré.

4- Par rapport à S_1 les éléments cardinaux suivants du système centré :
   a- Les foyers principaux **F, F'**.
   b- Les points principaux **H, H'**.
   c- Les points nodaux **N, N'**.

5- Trouver géométriquement **H** et **H′** en utilisant les réponses aux questions **1-** et **4-a**

6- En utilisant les éléments cardinaux du système centré , chercher par construction géométrique l'image d'un objet droit placé au foyer objet du 1er dioptre (dioptre sphérique).

B- On argente la face concave. Déterminer le centre **Ω** et le sommet **Σ** du miroir équivalent au système catadioptrique ainsi obtenu, en déduire le rayon de courbure ρ et la nature du miroir équivalent.

C- On argente la face plane. Même question qu'en **B-**.

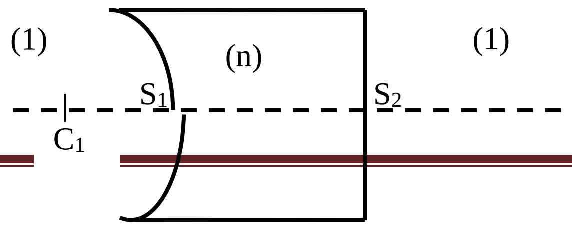


Figure 1

Corrigé de l'examen (13 Juin 2011)

Optique géométrique (SM2 , SMC2)

I- Questions de cours :

1- La vergence d'un miroir sphérique est : $\boxed{\mathbf{V = -\frac{1}{\overline{SF'}} = -\frac{1}{\overline{SF}} = -\frac{2}{\overline{SC}}}}$

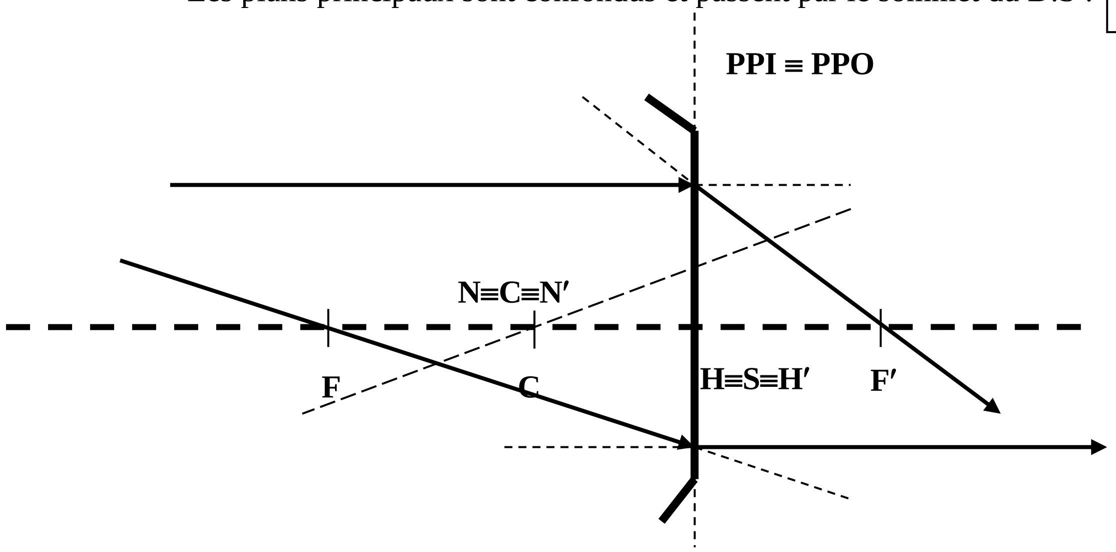
a- Miroir concave : $\overline{SC} < 0 \Rightarrow V > 0 \Rightarrow$ Le miroir **concave** est **convergent**.

b- Miroir convexe : $\overline{SC} > 0 \Rightarrow V < 0 \Rightarrow$ Le miroir **convexe** est **divergent**.

2- Les plans principaux et nodaux :

a- <u>Pour un dioptre sphérique :</u>

- Les plans principaux sont confondus et passent par le sommet du D.S : $\boxed{\mathbf{H \equiv S \equiv H'}}$



- Les points nodaux sont confondus avec le centre du D.S : $\boxed{\mathbf{N \equiv C \equiv N'}}$

(Tout rayon passant par C n'est pas dévié)

b- Pour une lentille mince baignant dans l'air :

Les plans principaux et nodaux sont confondus avec la lentille :

$$\boxed{\mathbf{H \equiv N \equiv O \equiv H' \equiv N'}}$$

3- Un dioptre sphérique est dit divergent si l'une des propriétés suivantes est vérifiée :

- Sa vergence est négative;
- Ses foyers principaux sont virtuels;
- Son centre optique C est dans le milieu le moins réfringent.

4- La relation reliant γ et G est : $\gamma G = \frac{n}{n'}$ (Relation de Lagrange-Helmholtz).

Avec n et n′ les indices des milieux extrêmes.

II- A

1- a- Les foyers du 1er dioptre (concave) :

$$A \xrightarrow{D(S_1, C_1)} A_1 \Rightarrow \frac{1}{\overline{S_1A}} - \frac{n}{\overline{S_1A_1}} = \frac{1-n}{\overline{S_1C_1}} = \frac{n-1}{R}$$

(1) (n)

$$\Rightarrow \boxed{\overline{S_1F_1} = \frac{R}{n-1}} \quad \text{et} \quad \boxed{\overline{S_1F'_1} = \frac{nR}{1-n}}$$

A.N : n = 3/2 , R = 2 cm

$$\boxed{\mathbf{\overline{S_1F_1} = +4\ cm}} \quad \text{et} \quad \boxed{\mathbf{\overline{S_1F'_1} = -6\ cm}}$$

b- Le 2ème dioptre **est plan** $\Rightarrow$ ses foyers sont rejetés à l'infini (système afocal).

2- La vergence V du système est :

$V(\text{ou } C) = V_1 + V_2 - \frac{e\,V_1\,V_2}{n}$ avec $e = \overline{S_1S_2}$ **(Formule de Gullstrand)**

La vergence du 1er dioptre est : $V_1 = \frac{1-n}{R}$

La vergence du 2ème dioptre (plan) est : $V_2 = 0 \Rightarrow$ $\boxed{\mathbf{V = V_1 = \frac{1-n}{R}}}$

A.N : n = 3/2 , R = 2 cm $\boxed{\mathbf{V = -25\ \delta}}$

- **Distance focale image du système f':**

On a : $V = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = \frac{1}{V} = \frac{R}{1-n}$ $\boxed{f' = \frac{R}{1-n}}$

A.N : n = 3/2 , R = 2 cm $\boxed{\mathbf{f' = -4\ cm}}$

- **Distance focale objet du système f:**

Les milieux extrêmes sont identiques donc $\frac{f'}{f} = -1$

$\Rightarrow f = -f' \Rightarrow$ $\boxed{f = \frac{R}{n-1}}$ $\boxed{\mathbf{f = 4\ cm}}$

$f' < 0 \Rightarrow$ Système divergent .

3- Le centre optique du système centré :

Le centre optique O est tel que : $\frac{\overline{OS_1}}{\overline{OS_2}} = \frac{\overline{S_1C_1}}{\overline{S_2C_2}} = \frac{R_1}{R_2}$

$\overline{S_1C_1} = -R$; $\overline{S_2C_2} \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{\overline{OS_1}}{\overline{OS_2}} = 0 \Rightarrow \overline{OS_1} = 0 \Rightarrow O \equiv S_1$ $\boxed{O \equiv S_1}$

$\Rightarrow$ Le centre optique est confondu avec le sommet du dioptre sphérique.

4- a- Les foyers principaux F et F′:

- **Foyer objet F :**

$$A \xrightarrow[D\,(S_1,\,C_1)]{} A_1 \xrightarrow[D\,.\,P]{} A'$$

$$F \equiv F_1 \xrightarrow{} (F_2 = \infty) \xrightarrow{} \infty$$

Les foyers F et F_1 sont confondus. $\boxed{\overline{S_1F} = \overline{S_1F_1} = \frac{R}{n-1}}$

AN : $\boxed{\overline{S_1F} = +4\ \text{cm}}$ $\Rightarrow F \equiv S_2 \equiv F_1$

- **Foyer image F′**

$$A \xrightarrow[D\,(S_1,\,C_1)]{} A_1 \xrightarrow[D.P]{} A'$$

$$\infty \xrightarrow{} F'_1 \xrightarrow{} F'$$

(1) (n) (1)

F′ est l'image de F'_1 à travers le 2ème dioptre (D.P) $\Rightarrow \frac{n}{\overline{S_2F'_1}} = \frac{1}{\overline{S_2F'}}$

$\Rightarrow \overline{S_2F'} = \frac{\overline{S_2F'_1}}{n} \Rightarrow \overline{S_1F'} = \frac{\overline{S_2F'_1}}{n} + \overline{S_1S_2}$ $\boxed{\overline{S_1F'} = \frac{\overline{S_2F'_1}}{n} + \overline{S_1S_2}}$

AN : $\overline{S_2F'_1} = -10$ cm $\Rightarrow$ $\boxed{\overline{S_1F'} = -2{,}66\ \text{cm}}$

b-Les points principaux H et H′:

$\overline{S_1H} = \overline{S_1F} + \overline{FH} \Rightarrow \overline{S_1H} = \overline{S_1F} - f \Rightarrow$ $\boxed{\overline{S_1H} = \overline{S_1F} + f'}$

AN : $\overline{S_1H} = 0 \Rightarrow H \equiv S_1$

$\overline{S_1H'} = \overline{S_1F'} + \overline{F'H'} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\overline{S_1H'} = \overline{S_1F'} - f'}$

AN : $\overline{S_1H'} = +1{,}34$ cm

c- **Les points nodaux N et N′**: sont deux points conjugués tel que le grandissement angulaire G = +1

1er Methode:

Formule de Lagrange-Helmholtz : $\gamma G = \frac{n}{n'}$, les milieux extrêmes sont identiques (n = n′= 1)

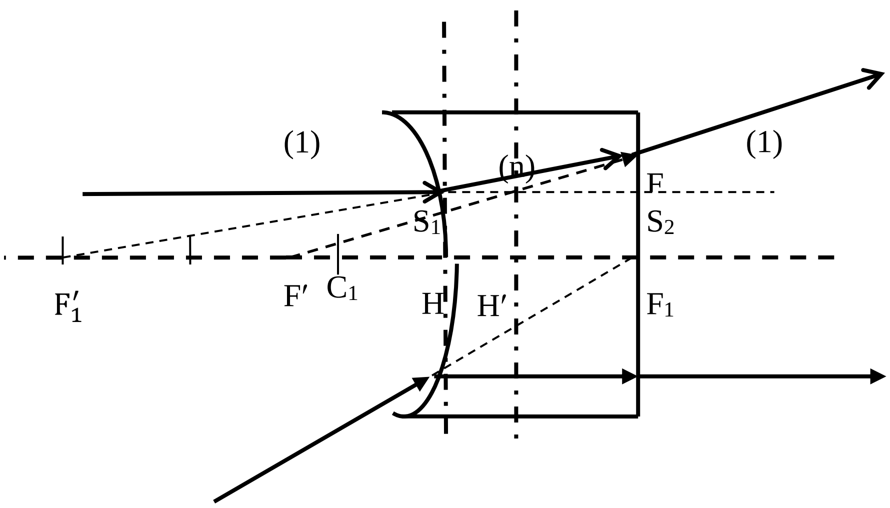
⇒ γ = 1 ⇒ Les **points nodaux** sont confondus avec les **points princi**paux **H** et **H′** (N≡H et N′≡H′).

2ème Methode:

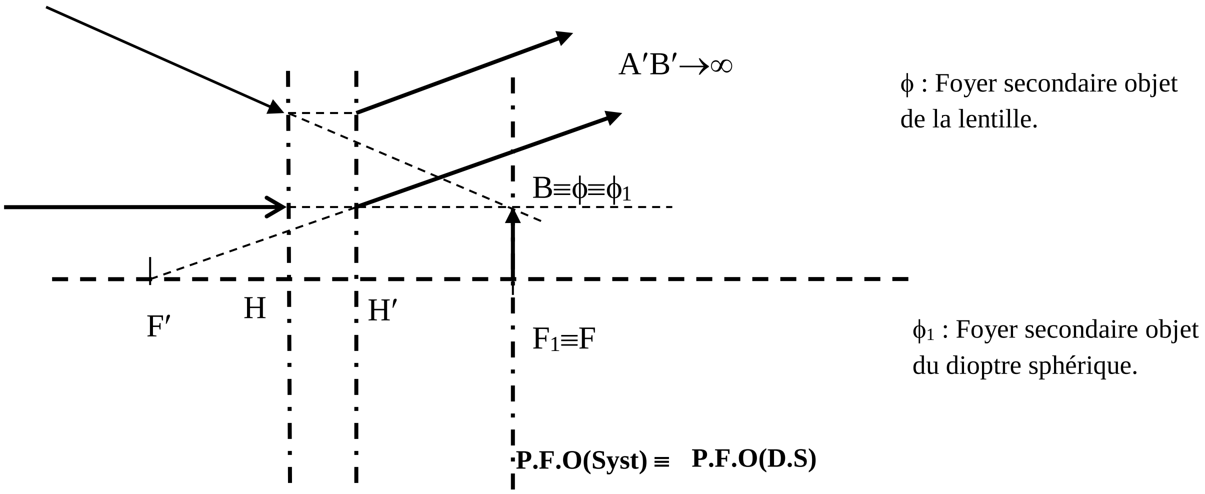
On a : $\overline{NH} = \overline{N'H'}$ = f + f′, les milieux extrêmes sont identiques (f = - f′)

⇒ $\overline{NH} = \overline{N'H'}$ = 0 ⇒ N≡H et N′≡H′

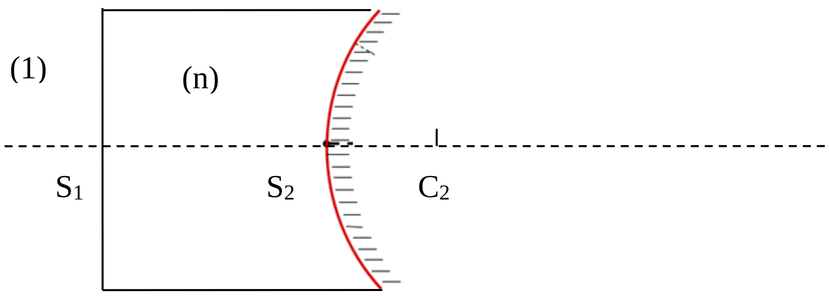
5- **Construction géométrique :**



6- **Construction géométrique en utilisant les plans principaux:**



B- Le système **catadioptrique** est équivalent à un **miroir sphérique** de centre **Ω** et de sommet **Σ**.



- Le sommet du miroir équivalent est :

$$\underset{(n)}{S_2} \xrightarrow{D.P} \underset{(1)}{\Sigma}$$

$$\frac{n}{\overline{S_1S_2}} = \frac{1}{\overline{S_1\Sigma}} \Rightarrow \overline{S_1\Sigma} = \frac{\overline{S_1S_2}}{n}$$

A.N : $\overline{S_1\Sigma} = 2{,}66$ cm

- Le centre du miroir équivalent est :

$$\underset{(n)}{C_2} \xrightarrow{D.P} \underset{(1)}{\Omega}$$

$$\frac{n}{\overline{S_1C_2}} = \frac{1}{\overline{S_1\Omega}} \Rightarrow \overline{S_1\Omega} = \frac{\overline{S_1C_2}}{n}$$

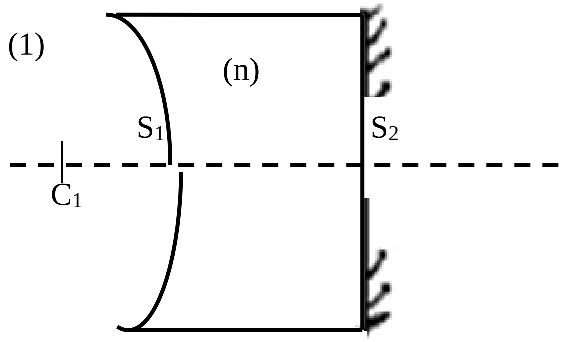
A.N : $\overline{S_1C_2} = 6$ cm $\Rightarrow \overline{S_1\Omega} = 4$ cm $\Rightarrow \Omega \equiv S_2$.

- Le rayon de courbure ρ :

$\rho = \overline{\Sigma\Omega} = \overline{\Sigma S_2} = \overline{\Sigma S_1} + \overline{S_1S_2}$

A.N : $\rho = +1{,}34$ cm $> 0 \Rightarrow$ le miroir équivalent est convexe.

C-



- Le sommet du miroir équivalent est :

$$S_2 \xrightarrow{D\,(S_1,\,C_1)} \Sigma$$

(n) (1)

$$\frac{n}{\overline{S_1S_2}} - \frac{1}{\overline{S_1\Sigma}} = \frac{n-1}{\overline{S_1C_1}} = \frac{1-n}{R} \Rightarrow \frac{1}{\overline{S_1\Sigma}} = \frac{n}{\overline{S_1S_2}} - \frac{1-n}{R} \Rightarrow \overline{S_1\Sigma} = \frac{2R}{3n-2}$$

A.N : $\overline{S_1\Sigma} = 1{,}6$ cm

- Le centre du miroir équivalent est :

$$C_2 = \infty \xrightarrow{D\,(S_1,\,C_1)} \Omega$$

(n) (1)

$$\frac{n}{\infty} - \frac{1}{\overline{S_1\Omega}} = \frac{n-1}{\overline{S_1C_1}} = \frac{1-n}{R} \Rightarrow \overline{S_1\Omega} = \frac{R}{n-1}$$

A.N : $\overline{S_1\Omega} = 4$ cm $\Rightarrow \Omega \equiv S_2$.

- Le rayon de courbure ρ :

$\rho = \overline{\Sigma\Omega} = \overline{\Sigma S_2} = \overline{\Sigma S_1} + \overline{S_1S_2}$

A.N : $\rho = +2{,}4$ cm $> 0 \Rightarrow$ le miroir équivalent est convexe.