Epreuve d'optique géométrique
Durée : 1h 30min

Problème

A- On considère un dioptre sphérique Σ de sommet *S* de centre *C* et de rayon de courbure $R = -\overline{SC}$ (*R*>*0*) qui sépare deux milieux transparents ① et ② respectivement d'indices de réfraction *n* et *1*. On note par *f* et *f'* ses distances focales objet et image, par *F* et *F'* ses principaux objet et image et par *V* sa vergence. Ce dioptre est éclairé dans les conditions de l'approximation de Gauss de gauche à droite c'est-à-dire du milieu ① vers le milieu ②. On désigne par F_e la face de ce dioptre par laquelle entre la lumière et par F_s sa face par laquelle sort la lumière.

1- (**Q**$_1$) S'agit-t-il de quel type de dioptre ?

A. Concave divergent. **B.** Concave convergent.
C. Convexe convergent **D.** Convexe divergent.

2- (**Q**$_2$) Si on désigne par $p = \overline{SA}$ et $p' = \overline{SA'}$ respectivement les positions d'un objet *A* et de son image par rapport au sommet S, indiquer alors les espaces des objets et images réels et virtuels

A. Si p > 0, les objets sont réels.
Si p < 0, les objets sont virtuels.
Si p′ < 0, les images sont virtuelles.
Si p′ > 0, les images sont réelles.

B. Si p < 0, les objets sont réels.
Si p > 0, les objets sont virtuels.
Si p′ > 0, les images sont virtuelles.
Si p′ < 0 les images sont réelles.

C. Si p < 0, les objets sont réels.
Si p > 0 les objets sont virtuels.
Si p′ < 0, les images sont virtuelles.
Si p′ > 0, les images sont réelles.

D- Si p > 0, les objets sont réels.
Si p < 0, les objets sont virtuels.
Si p′ < 0, les images sont virtuelles.
Si p′ > 0, les images sont réelles.

3- (**Q**$_3$) Quelles sont les relations existantes entre les distances focales objet et image *f* et *f'* de ce dioptre.

A. $f + f' = \overline{SC}$ et $\frac{f}{f'} = -\frac{1}{n}$ **B.** $f + f' = R$ et $\frac{f}{f'} = -n$
C. $f + f' = \overline{SC} =$ et $\frac{f'}{f} = -n$ **D.** $f + f' = -R$ et $\frac{f}{f'} = -n$

4- (**Q**$_4$) En déduire en fonction de n et R les distances focales objet *f* et image *f'* de ce dioptre.

A. $f' = \frac{-nR}{n-1}$ et $f = \frac{R}{n-1}$ **B.** $f' = \frac{R}{n-1}$ et $f = \frac{nR}{n-1}$
C. $f' = \frac{R}{1-n}$ et $f = \frac{nR}{1-n}$ **D.** $f' = \frac{R}{n-1}$ et $f = \frac{-nR}{n-1}$

5- (**Q**$_5$) Indiquer comment sont positionnés les foyers principaux objet *F* et image *F'* de ce dioptre.

A. Ils sont à l'intérieur de SC à des distances égales de C et de S et ils sont confondus au milieu du segment SC.
B. Ils sont à l'extérieur de SC à des distances égales de S et ils sont symétriques par rapport au milieu du segment SC.
C. Ils sont à l'extérieur de SC à des distances égales de C et S et ils sont symétriques par rapport au centre C.
D. Ils sont à l'extérieur de SC à des distances égales de C et de S et ils sont symétriques par rapport au milieu du segment SC.

6- (**Q**$_6$) Indiquer l'expression de la vergence de ce dioptre en fonction de *n* et *R*.

A. $V = \frac{1-n}{nR}$ **B.** $V = \frac{n-1}{R}$

C. $V = \frac{1-n}{R}$ **D.** $V = \frac{n-1}{nR}$

7- (**Q**$_7$) On suppose que la vergence *V* de ce dioptre étant égale à 10 dioptries. Donner alors la valeur de la distance focale image *f'*.

A. $f' = 10\ cm$ **B.** $f' = 15cm$

C. $f' = -10\ cm$ **D.** $f' = -15cm$

8- (**Q**$_8$) Un objet *AB* donne à travers ce dioptre une image *A'B'* renversée et 2 fois plus grande que l'objet, calculer alors la valeur de la position algébrique $q' = \overline{F'A'}$ de l'image *A'B'* par rapport au foyer principal image *F'*.

A. $q' = 30\ cm$ **B.** $q' = 10cm$

C. $q' = 5\ cm$ **D.** $q' = 20cm$

9- (**Q**$_9$) Calculer en fonction de *n* la position $q = \overline{FA}$ de l'objet *AB* par rapport au foyer principal objet *F*.

A. $q = -15\ n$ **B.** $q = -10\ n$

C. $q = -2{,}5\ n$ **D.** $q = -5\ n$

10- (**Q**$_{10}$) Montrer comment on trace le rayon réfracté correspondant en un rayon incident quelconque $\mathscr{R}$'

A. On trace un rayon incident, parallèle au rayon incident $\mathscr{R}$ et qui passe par le centre C qui émerge sans déviation et qui coupe le plan focal objet du dioptre en un foyer secondaire objet F_s. Le rayon réfracté correspondant au rayon incident $\mathscr{R}$ doit passer par ce foyer secondaire objet F_s

B. On trace un rayon incident, parallèle au rayon incident $\mathscr{R}$ et qui passe par le foyer objet *F* qui émerge parallèlement à l'axe optique et qui coupe le plan focal objet du dioptre en un foyer secondaire objer F_s. Le rayon réfracté correspondant au rayon incident $\mathscr{R}$ doit donc passer par ce foyer secondaire objet F_s

C. On trace un rayon incident, parallèle au rayon incident $\mathscr{R}$ et qui passe par le centre C qui se réfracte sans déviation et qui coupe le plan focal image du dioptre en un foyer secondaire image F'_s. Le rayon réfracté correspondant au rayon incident $\mathscr{R}$ doit passer par ce foyer secondaire image F'_s

D. Autre

11- (**Q**$_{11}$) Montrer comment on trace le rayon incident correspondant à un rayon réfracté quelconque $\mathscr{R}$'

A. On trace un rayon réfracté, parallèle au rayon réfracté $\mathscr{R}$' et qui passe par le centre C qui provient d'un rayon incident qui n'a subi aucune déviation et qui coupe le plan focal objet du dioptre en un foyer secondaire objet F_s. Le rayon incident correspondant au rayon réfracté $\mathscr{R}$' doit donc passer par ce foyer secondaire objet F_s

B. On trace un rayon réfracté, parallèle au rayon réfracté $\mathscr{R}$' et qui passe par le centre C qui provient d'un rayon incident qui n'a subi aucune déviation et qui coupe le plan focal image du dioptre en un foyer secondaire image F'_s. Le rayon incident correspondant au rayon réfracté $\mathscr{R}$' doit donc passer par ce foyer secondaire image F'_s

C. On trace un rayon réfracté, parallèle au rayon réfracté $\mathscr{R}$' et qui provient d'un rayon incident parallèlement à l'axe optique et qui coupe le plan focal image du dioptre en un foyer secondaire image F'_s. Le rayon incident correspondant au rayon réfracté $\mathscr{R}$' doit donc passer par ce foyer secondaire image F'_s

D. Autre

B- On suppose maintenant que la vergence de ce dioptre étant nulle.

1- (**Q**$_{12}$) Quelle est alors la valeur du rayon de courbure du dioptre dans ce cas et quel est le système optique ainsi obtenu.

A. Le rayon de courbure est nul le système optique ainsi obtenu est un dioptre plan.

B. Le rayon de courbure est infini le système optique ainsi obtenu est un dioptre plan.

C. Le rayon de courbure est infini le système optique ainsi obtenu est une lame.

D. Le rayon de courbure est infini le système optique ainsi obtenu est un miroir plan.

2- (**Q**$_{13}$) Un objet *AB* vertical à travers ce système et dont le point *A* est sur l'axe optique qui passe par *S* donne à travers ce système une image *A'B'*, donner alors la formule de conjugaison de ce système origine au point *S*.

A. $\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = 0$ **B.** $\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{n}{\overline{SA'}} = 0$

C. $\frac{1}{\overline{SA}} - \frac{n}{\overline{SA'}} = 0$ **D.** $\frac{n}{\overline{SA}} - \frac{1}{\overline{SA'}} = 0$

3- (**Q14**) Quels sont dans ce cas la hauteur et le sens de l'image *A'B'* de l'objet *AB*.

A- L'image est renversée et de même hauteur que l'objet.

B- L'image est droite et de même hauteur que l'objet.

C- L'image est renversée et de fois plus grande que l'objet.

D- Autre.

4- (**Q15**) Quelles sont dans ce cas les valeurs des distances focales objet *f* et image *f'* et les positions des foyers principaux objet *F* et image *F'* de ce système ainsi obtenu.

A- Les distances focales objet *f* et image *f'* sont infinies et les foyers principaux objet *F* et image *F'* sont confondus.

B- Les distances focales objet *f* et image *f'* sont nulles et les foyers principaux objet *F* et image *F'* sont rejetés à l'infini.

C- Les distances focales objet *f* et image *f'* sont infinies et les foyers principaux objet *F* et image *F'* sont rejetés à l'infini.

D- Autre.

5- Qu'appelle-t-on alors dans ce cas ce genre de système.

A- focal. **B-** Dioptrique.

C- stigmatique. **D-** Autre.

C- On teint maintenant la face *Fs* de la surface sphérique $\sum$ de telle façon que la face *Fe* soit réfléchissante et pour avoir ainsi un miroir sphérique de rayon de courbure $R = -\overline{SC}$ (*R>0*).

1- (**Q16**) S'agit-t-il de quel type de miroir sphérique ?

A-Concave divergent. **B**-Concave convergent.

C-Convexe convergent. **D**-Convexe divergent.

2- (**Q17**) Indiquer comment sont positionnés ses foyers principaux objet *F* et image *F'* et calculer ses distances focales objet *f* et image *f'* en fonction de *R*.

A- Ils sont confondus au milieu du segment SC. $f = f' = \frac{R}{2}$

B-Ils sont confondus au milieu du segment SC. $f = f' = \frac{-R}{2}$

C- Ils sont à distances égales de S et C. $f = f' = \frac{R}{2}$

D-Autre

3- (**Q18**) Si On désigne par $p = \overline{SA}$ et $p' = \overline{SA'}$ respectivement les positions d'un objet *A* et son image *A'* par rapport au sommet *S*. Indiquer alors les espaces des objets et images réels et virtuels.

A-Si p<0 l'objet est réel.
Si p>0 l'objet est virtuel.
Si p'>0 l'image est réelle.
Si p'<0 l'image est virtuelle.

B-Si p<0 l'objet est réel.
Si p>0 l'objet est virtuel.
Si p'<0 l'image est réelle.
Si p'>0 l'image est virtuelle.

C-Si p>0 l'objet est réel.
Si p<0 l'objet est virtuel.
Si p'<0 l'image est réelle.
Si p'>0 l'image est virtuelle.

D-Si p>0 l'objet est réel.
Si p<0 l'objet est virtuel.
Si p'>0 l'image est réelle.

Si p'<0 l'image est virtuelle.

4- (**Q$_{19}$**) On place dans ce cas l'objet *AB* dans une position algébrique *p* par rapport au sommet *S* de telle façon à avoir toujours une image renversée est 2 fois plus grande que l'objet. Exprimer dans ce cas la position algébrique *p'* de l'image *A'B'* par rapport au sommet *S* en fonction de *p*.

A- $p' = -2p$ **B-**$p' = \frac{P}{2}$

C- $p' = 2p$ **D-**$p' = \frac{-P}{2}$

5- (**Q$_{20}$**) Selon le résultat obtenu donner alors la nature de l'image suivant celle de l'objet.

A- L'objet et l'image sont de natures différentes. **B-** L'objet et l'image sont de mêmes natures.

C- Ils sont tous les deux réels. **D-** Ils sont tous les deux virtuels.

6- (**Q$_{21}$**) Montrer comment on trace le rayon réfléchi correspondant rayon incident quelconque $\mathscr{R}$

A- On trace un rayon incident, parallèle au rayon incident $\mathscr{R}$ et qui passe par le foyer principal objet F et qui se réfléchi parallèlement à l'axe optique en coupant le plan focal objet en un foyer secondaire objet F_s. Le rayon réfléchi correspondant au rayon incident $\mathscr{R}$ doit passer au milieu de la verticale FF_s

B- On trace un rayon incident, parallèle au rayon incident $\mathscr{R}$et qui passe par le centre C qui se réfléchi sur lui-même et qui coupe le plan focal image du miroir en un foyer secondaire image F'_s. Le rayon réfléchi correspondant au rayon incident $\mathscr{R}$ doit passer au milieu de la verticale $F'F'_s$

C- On trace un rayon incident, parallèle au rayon incident $\mathscr{R}$ et qui passe par le centre C qui se réfléchi sur lui-même et qui coupe le plan focal image du miroir en un foyer secondaire image F'_s. Le rayon réfléchi correspondant au rayon incident $\mathscr{R}$ doit passer par ce foyer secondaire image F'_s

D- Autre.

7- (**Q$_{22}$**) Montrer comment on trace le rayon incident correspondant à un rayon réfléchi quelconque $\mathscr{R}$'

A- On trace un rayon réfléchi, parallèle au rayon réfléchi $\mathscr{R}$' et qui passe par le centre C qui provient d'un rayon incident qui lui est confondu et qui coupe le plan focal objet du miroir en un foyer secondaire objet F_s. Le rayon incident correspondant au rayon réfléchi $\mathscr{R}$' doit passer par le foyer secondaire objet F_s

B- On trace un rayon réfléchi, parallèle au rayon réfléchi $\mathscr{R}$' et qui passe par le centre C qui provient d'un rayon incident qui lui est confondu et qui coupe le plan focal image du miroir en un foyer secondaire image F'_s. Le rayon incident correspondant au rayon réfléchi $\mathscr{R}$' doit passer au milieu de la verticale $F'F'_s$

C- On trace un rayon réfléchi, parallèle au rayon réfléchi $\mathscr{R}$' et qui passe par le foyer principal objet *F* et qui provient d'un rayon incident qui est parallèle à l'axe optique et qui coupe le plan focal objet du miroir en un foyer secondaire objet F_s. Le rayon incident correspondant au rayon réfléchi $\mathscr{R}$' doit passer au milieu de la verticale FF_s

D- Autre.

D- On suppose maintenant que le rayon de courbure de la surface réfléchissante devient infini.

1- (**Q$_{23}$**) Quel est le système optique ainsi obtenu

A- Dioptre plan **B-**Miroir plan.

C-Système catoptrique. **D-**Autre.

2- (**Q$_{24}$**) Un objet *AB* vertical à travers ce système et dont le point *A* est sur l'axe optique qui passe par *S* donne à travers ce système une image *A'B'*, donner alors la formule de conjugaison de ce système origine au point *S*.

A- $\frac{n}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = 0$ **B-**$\frac{n}{\overline{SA}} - \frac{1}{\overline{SA'}} = 0$

C-$\frac{1}{\overline{SA}} - \frac{1}{\overline{SA'}} = 0$ **D-** $\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = 0$

3- (**Q$_{25}$**) Quels sont dans ce cas la hauteur et le sens de l'image *A'B'* de l'objet *AB*.

A- L'image est renversée et de même hauteur que l'objet

B- L'image est droite et de même hauteur que l'objet.

C- L'image est renversée et de fois plus grande que l'objet.
D- Autre

4- (**Q₂₆**) Quelles sont dans ce cas les valeurs des distances focales objet *f* et image *f'* et les positions des foyers principaux objet *F* et image *F'* de ce système ainsi obtenu.

A- Les distances focales objet *f* et image *f'* sont infinies et les foyers principaux objet *F* et image *F'* sont confondus.

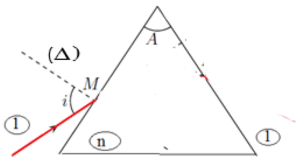
B- Les distances focales objet *f* et image *f'* sont nulles et les foyers principaux objet *F* et image *F'* sont rejetés à l'infini.
C- Les distances focales objet *f* et image *f'* sont infinies et les foyers principaux objet *F* et image *F'* sont rejetés à l'infini.
D- Autre.

5- (**Q₂₇**) Qu'appelle-t-on alors ce genre de système.
A- focal. **B-** Catadioptrique.
C- afocal. **D-** Autr.e

Exercice

On considère un prisme taillé en verre d'indice *n* d'angle *A*, baigné dans l'air d'indice 1.

A- Le prisme à un indice *n=1,5* est éclairé par une lumière monochromatique qui fait un angle d'incidence *i* variable par rapport à la normale (Δ) passant par un point d'incidence *M* de la 1ère face du prisme



1- Si on suppose qu'on est dans les conditions d'émergence et on désigne dans ce cas par *r* l'angle de réfraction sur la 1ère face du prisme, par *r'* et *i'* respectivement les angles d'incidence et de réfraction sur la 2ème face du prisme et par *D* l'angle de la déviation de la lumière par le prisme. Donner dans ces conditions les 4 formules caractéristiques du prisme.
2- On notera par γ l'angle limite de la réfraction sur la 2ème face du prisme et par i_0 l'angle d'incidence au deçà duquel il n' y a pas d'émergence, donner alors les expressions γ et de i_0
3- Donner alors les conditions d'émergence.
4- Selon les valeurs de l'angle d'incidence *i* et du l'angle du prisme *A* de chacun des cas du tableau ci-dessous, indiquer tout en justifiant vos réponses les cas où il y a ou non l'émergence de la lumière par le prisme.

	i	A
1er cas	2	60
2ème cas	45	85
3ème cas	50	70
4ème cas	55,19	75
4ème cas	90	83 ,62

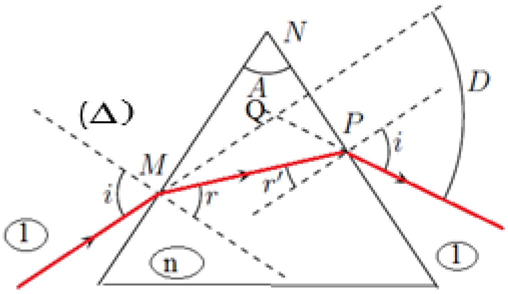
5- On suppose maintenant que le prisme est d'angle $A = 60$ et éclairé au minimum de déviation. Dans ce cas $r = r' = r_m = \frac{A}{2}$. Calculer alors la valeur de l'angle d'incidence i_m sur la 1ère face du prisme et en déduire celle de l'angle de la déviation minimale D_m

B On éclaire maintenant par une lumière blanche le prisme d'indice n qui varie en fonction de la longueur d'onde λ suivant la loi de Cauchy $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$ avec A et B constantes caractéristiques de la substance du prisme. B étant positive

1- Si on suppose que les variations de la déviation D en fonction de celles de l'indice n sont telle que $\frac{dD}{dn} > 0$, en déduire alors ses variations en fonction de la longueur d'onde λ .
2- Expliquer alors le phénomène observé et que peut-t-on dire alors de la lumière blanche

Solution Exercice du prisme

A-1-
Nous supposons que le milieu transparent constituant le prisme à un indice de réfraction *n* et qu'il baigne dans un milieu d'indice 1



Au point *M* on a $\sin i = n \sin r$ (1)
Au point *P* on a $n \sin r' = \sin i'$ (2)

Considérons le triangle *MNP*

$$A + \left(\frac{\pi}{2} - r\right) + \left(\frac{\pi}{2} - r'\right) = \pi$$

$$\Rightarrow \quad A = r + r' \qquad (3)$$

Considérons le triangle *MPQ*

$$(\pi - D) + (i - r) + (i' - r') = \pi$$
$$\Rightarrow \quad D = i + i' - A \qquad (4)$$

2- $\gamma = arc\sin\left(\frac{1}{n}\right)$ et $i_0 = arc\sin\left(n \times \sin(A - \gamma)\right)$

3-Les conditions d'émergences sont : $A < 2\gamma$ et $i > i_0$
4-

	i	A	
1er cas	20	60	Non car $i < i_0$ Avec $i_0 = 27{,}92$
2ème cas	45	85	Non car $A > 2\gamma$ avec $\gamma = 41{,}81$
3ème cas	50	70	Oui car $i > i_0$ et $A < 2\gamma$

			Avec $i_0 = 45{,}121$ Et $\gamma = 41{,}81$
4ème cas	55,19	75	Non car $i = i_0 = 55{,}19$
4ème cas	90	83 ,62	Non car $A = 2\gamma$ ou $i = i_0 = 90$

4- $sin\ i_m = n \times sin\left(\frac{A}{2}\right) = 1{,}5 \times sin\ (30) = 0{,}75$

$\Longrightarrow\ i_m = arc\ sin\ (0{,}75) = 48{,}59$

$$D_m = 2i_m - A = 37{,}18$$

B- $\frac{dD}{d\lambda} = \frac{dD}{dn}\frac{dn}{d\lambda}$ d'après la loi de Cauchy $\frac{dn}{d\lambda} = -2\frac{B}{\lambda^3} < 0$ or $\frac{dD}{dn} > 0$ ce qui implique que $\frac{dD}{d\lambda} < 0$

1- On observe le phénomène de la dispersion de la lumière blanche le fait que $\frac{dD}{d\lambda} < 0$ le rouge est moins donc dévié que le bleu et le violet. La teinte colorée obtenue montre que la lumière blanche est constituée de sept couleurs de Newton : Rouge, Marron, Jaune, Vert, Bleue, Violet et Indigo