

Université Norbert ZONGO

UFR-ST

Département de physique

Titre du cours :

Optique géométrique

MPCI /L1S2

Chapitre I :

Notions fondamentales sur la lumière

I. Les Phénomènes lumineux :

C'est l'ensemble des phénomènes au quels l'œil est sensible. Pour être visible un objet doit pouvoir faire parvenir de la lumière à l'œil.

I. 1. Source lumineuse :

a- **Source primaire** : Emet elle-même de la lumière.

Exemple : Lampe, soleil, bougie

b- **Source secondaire** : Réfléchir de la lumière

Exemple : Miroir, lune

Remarque : La lumière se propage dans un milieu transparent.

I. 2. Les types de milieux :

a- **Milieu transparent** : On voit nettement les objets.

Exemple : Air, eau, verre

b- **Milieu opaque** : on ne voit pas les objets

Exemple : Mur, bois, carton

c- **Milieu translucide** : laisse passer la lumière mais on ne voit pas nettement.

Exemple : Verre dépoli

I. 3. Système optique :

C'est l'ensemble des milieux transparents d'indices de réfractions différents séparés par des dioptries planes ou sphériques.

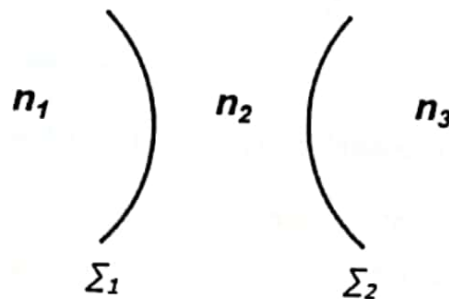


Fig. 1

a- Indice de réfraction :

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Avec :

c : la vitesse de la lumière dans le vide.

v : vitesse de la lumière dans le milieu considéré d'indice n .

b- Longueur d'onde :

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\nu} \quad (2)$$

Avec :

T : la période

ν : est la fréquence



Fig. 2

I. 4. Faisceaux lumineux : C'est l'ensemble des rayons lumineux.

Un faisceau lumineux est constitué d'un ensemble de rayons. Il peut être :

- parallèle si les rayons qui le constituent sont parallèles,
- convergent si les rayons qui le constituent, convergent vers un même point
- divergent si les rayons qui le constituent, semblent provenir d'un même point.

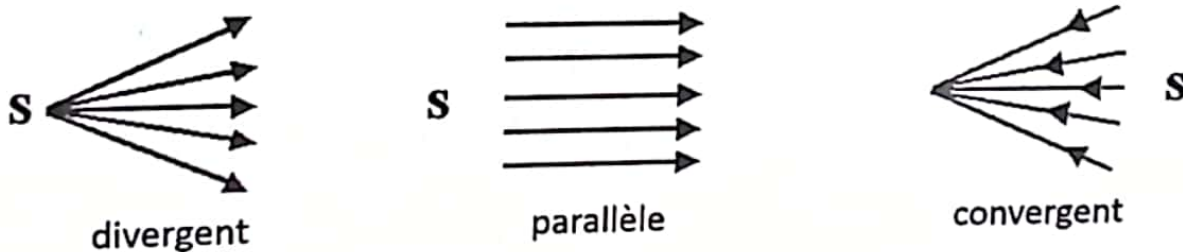


Fig. 3

I. 5. Objective de l'optique géométrique :

L'étude de la marche d'un rayon lumineux à travers des milieux transparents, homogènes et isotropes séparés par des miroirs ou des dioptres plans ou sphériques.

I. 6. Lois de Snell-Descartes :

a- Lois de réflexion :

Considérons un rayon lumineux SI incident sur l'interface ρ de deux milieux. La lumière se réfléchit dans une seule direction, formant le rayon réfléchi IR .

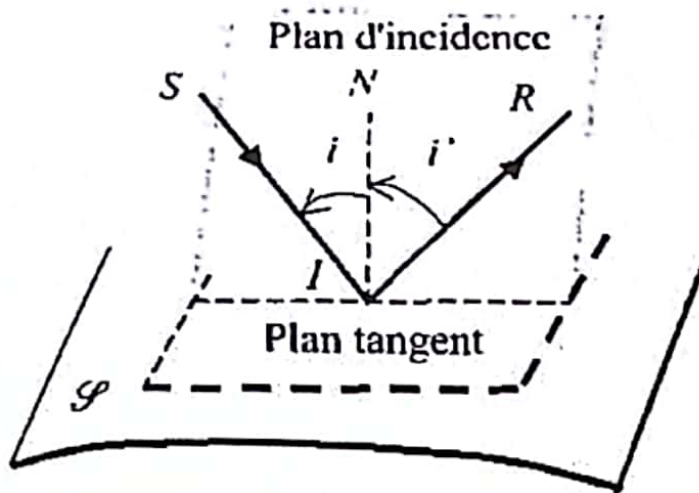


Fig. 4

L'angle d'incidence i et l'angle de réflexion i' sont respectivement les angles que forment le rayon incident et le rayon réfléchi avec la normale à l'interface ρ , orientée vers le milieu d'incidence.

1^{ère} loi : Le rayon incident SI , le rayon réfléchi IR et la normale IN à la surface sont dans le même plan appelé plan d'incidence.

2^{ème} loi : Les angles d'incidence i et de réflexion i' sont égaux.

b- Lois de la réfraction :

Si un rayon lumineux SI tombe sur une surface ρ séparant deux milieux transparents, une partie de la lumière est transmise du milieu d'incidence (1) au second milieu (2) en déviant.

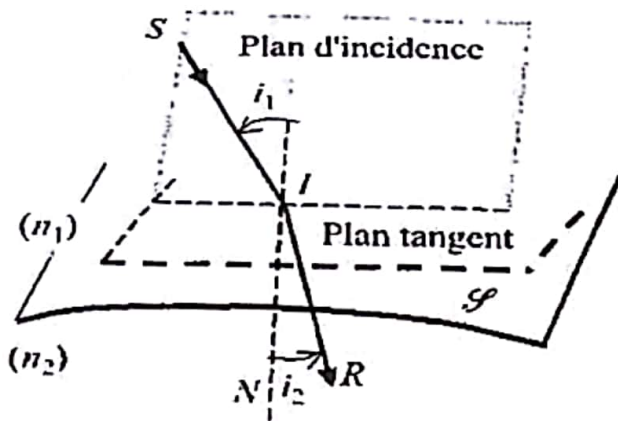


Fig. 5

Le rayon IR dans le second milieu est le rayon réfracté.

i_1 : est le rayon d'incidence.

i_2 : est le rayon de réfraction.

1ère loi : Le rayon incident, le rayon réfracté et la normale à la surface sont dans le même plan (plan d'incidence).

2ème loi : l'angle d'incidence et l'angle de réfraction sont liés par la loi de Snell-Descartes :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad (3)$$

I. 7. Caractère réels et virtuels des espaces

Considérons un instrument optique, on choisit le sens de propagation de la lumière de la gauche vers la droite. L'objet est une source lumineuse ponctuelle ou étendue envoyant des rayons lumineux (rayons incidents) sur la face d'entrée de l'instrument optique.

L'image de l'objet est la reproduction qu'en donne à l'instrument optique, elle doit donc lui être semblable (à l'objet) avec un rapport de similitude γ appelé **grandissement**.

Pour un dioptré, l'image et l'objet peuvent être défini par :

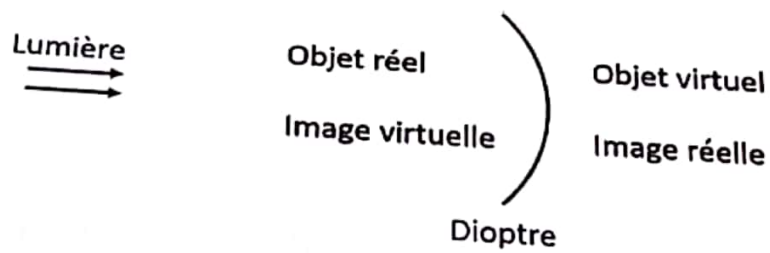


Fig. 6

Pour un miroir, l'image et l'objet peuvent être défini par :

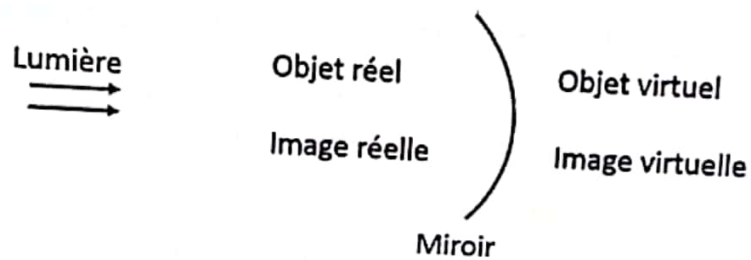


Fig. 7

1. 8. Stigmatisme :

Un système optique est de bonne qualité si 'il donne d'une source ponctuelle une image ponctuelle : c'est la condition de stigmatisme.

a- Stigmatisme rigoureux :

Un système optique est dit rigoureusement stigmatique pour un couple de points A et A' , si tout rayon lumineux passant par le point objet A émerge du système optique en passant par le point A' . A' est alors l'image de A par le système optique ; on dit encore que A et A' sont conjugués par rapport au système optique.

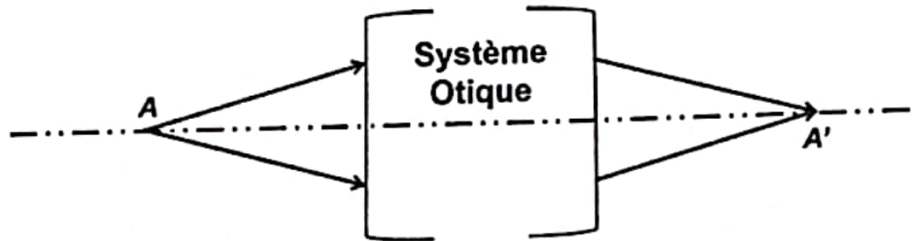


Fig.8

b- Stigmatisme approché - Approximation de Gauss

Nous ne considérerons que des systèmes optiques centrés, c'est-à-dire des systèmes pour lesquels il existe un axe de symétrie de révolution appelé axe optique. On montre alors qu'un tel instrument d'optique donnera une image de bonne qualité d'un objet si les deux conditions suivantes, dites conditions de Gauss, sont satisfaites :

- Les objets sont de faible étendue, situés au voisinage de l'axe optique.
- Les rayons lumineux incidents font un angle faible avec l'axe optique. On dit qu'il y a stigmatisme approché. Dans ces conditions, l'image d'un objet plan perpendiculaire à l'axe optique est plane et perpendiculaire à l'axe optique (aplanétisme).

Chapitre II :

Miroir plan & dioptre plan

II. 1. Miroir plan :

II. 1. 1. Loi de Snell-Descartes pour la réflexion :

Considérons un rayon lumineux (appelé rayon incident) arrivant en un point I (appelé point d'incidence) situé sur la surface d'un miroir plan. On aura un rayon, dit rayon réfléchi, qui se propage dans l'espace. On repère par les angles i (angle d'incidence) et r (angle de réflexion), les inclinaisons des deux rayons relativement à la normale au miroir en I . Le plan défini par la normale au miroir et le rayon incident est appelé plan d'incidence.

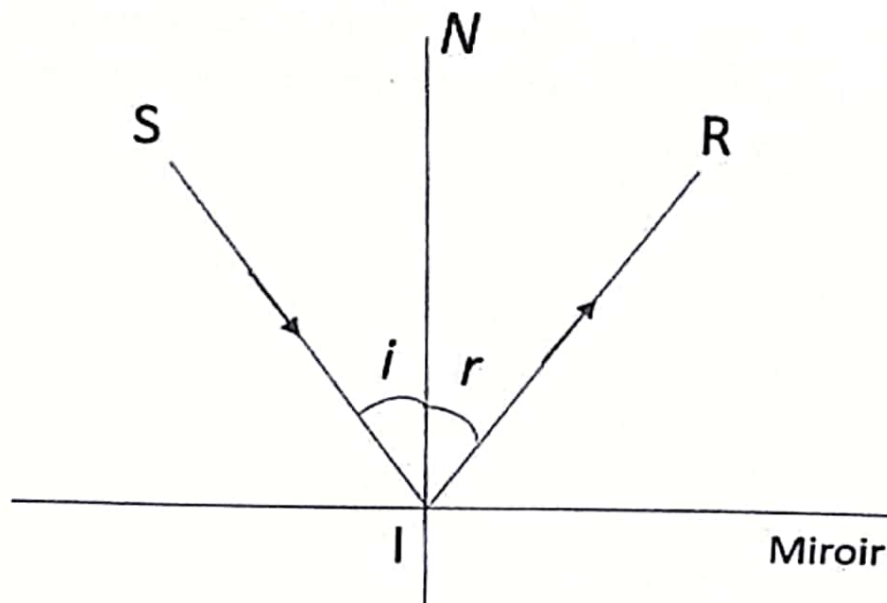


Fig.9

1^{ère} loi : SI , IR , et IN appartiennent au même plan.

2^{ème} loi : l'angle d'incidence égale de réflexion ($i = r$)

II. 1. 2. Relation de conjugaison :

La position de l'image par rapport au miroir égale la position de l'objet par rapport au miroir.
L'image A' est symétrique de l'objet A par rapport au miroir.

$$\overline{SA'} = -\overline{SA} \quad (4)$$

L'objet et l'image sont de natures différentes :

- Objet Réel-Image Virtuelle
- Objet Virtuel-Image Réelle

La taille de l'image égale la taille de l'objet :

$$\overline{A'B'} = \overline{AB} \quad (5)$$

II. 2. Dioptré plan

II. 2. 1. Loi de Snell-Descartes pour la réfraction :

On repère par les angles i (angle d'incidence) et r (angle de réfraction), les inclinaisons des deux rayons relativement à la normale au miroir en I . Le plan défini par la normale au dioptré et le rayon incident est appelé plan d'incidence.

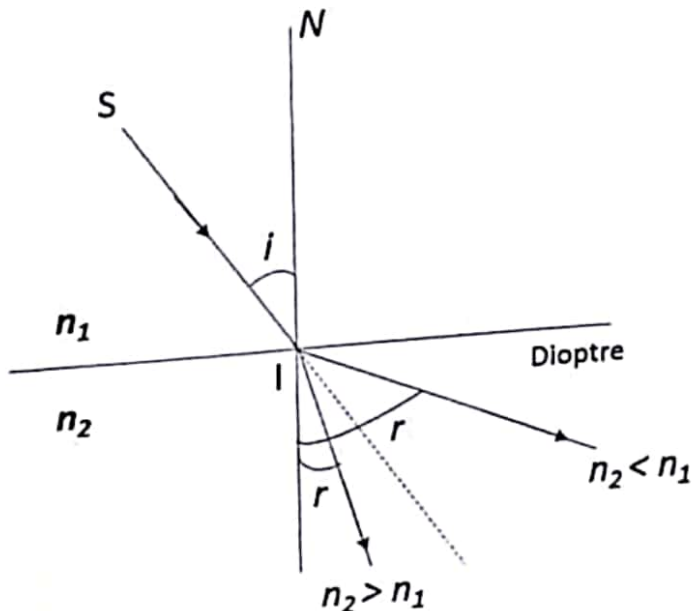


Fig.10

La loi de Snell-Descartes :

$$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r) \quad (6)$$

a- Cas où $n_1 < n_2$: réfraction limite

Le rayon lumineux passe du milieu 1 moins réfringent au milieu 2 plus réfringent. Nous avons alors :

$$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r) \quad , \text{ avec } n_2 > n_1$$

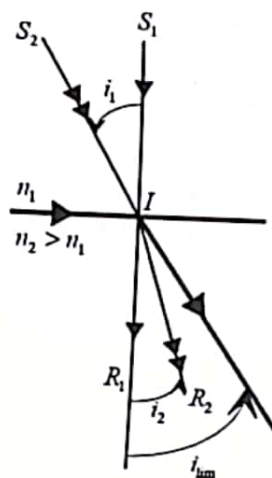


Fig.11

Il en résulte que $\sin i_2 < \sin i_1$; les angles i_1 et i_2 étant compris entre 0 et $\pi/2$, soit $i_2 < i_1$. Le rayon réfracté se rapproche donc de la normale.

Un rayon incident normal (S_1I), pour lequel $i_1 = 0$, entre sans déviation ($i_2 = 0$).

Lorsqu'il croît, i_2 croît aussi tout en restant inférieur à i_1 .

A l'incidence rasante ($i_1 = \pi/2$), l'angle de réfraction est maximal (angle de réfraction limite noté i_{lim}) et vaut :

$$\sin i_{lim} = \frac{n_1}{n_2} \quad (7)$$

b- Cas où $n_1 > n_2$: réflexion totale

Le rayon lumineux passe maintenant du milieu 1 plus réfringent au milieu 2 moins réfringent. La troisième loi de Snell-Descartes implique alors que :

$$i_1 < i_2:$$

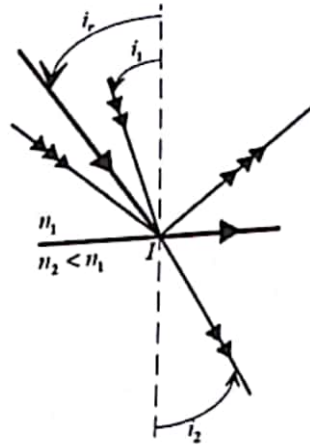


Fig.12

Le rayon réfracté s'écarte donc de la normale et l'angle de réfraction est maximal ($i_2 = \pi/2$) pour un angle d'incidence limite i_r tel que :

$$\sin i_r = \frac{n_2}{n_1}$$

Remarque :

Si l'angle d'incidence est supérieur à i_r , il n'y a plus de rayon réfracté (en effet (8) alors $\sin i_2 > 1$, i_2 n'est donc plus défini), le rayon incident est totalement réfléchi : on parle de réflexion totale. Le dioptre se comporte comme un miroir.

II. 2. 2. Prisme :

On appelle prisme, en optique, un milieu transparent limité par deux faces planes non parallèles (dioptries). Il est constitué de verre, c'est un milieu homogène, transparent et isotrope. L'intersection des deux faces du prisme forme l'arête du prisme, caractérisée par un angle A . La base du prisme est la troisième face, dont les bords sont généralement parallèles à l'arête. Le plan d'incidence est le plan formé par le rayon incident et la normale à la surface d'entrée du prisme au point d'incidence.

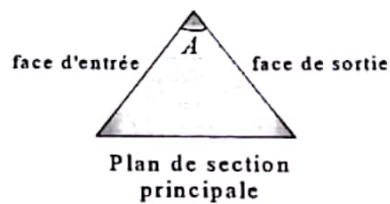


Fig.12

a- Etude de la marche du rayon :

Soit SI un rayon incident quelconque qui frappe en I la face d'entrée AB du prisme ; provenant d'un milieu moins réfringent que celui du prisme, ce rayon subit en I le phénomène de réfraction en respectant les deux lois de Descartes.

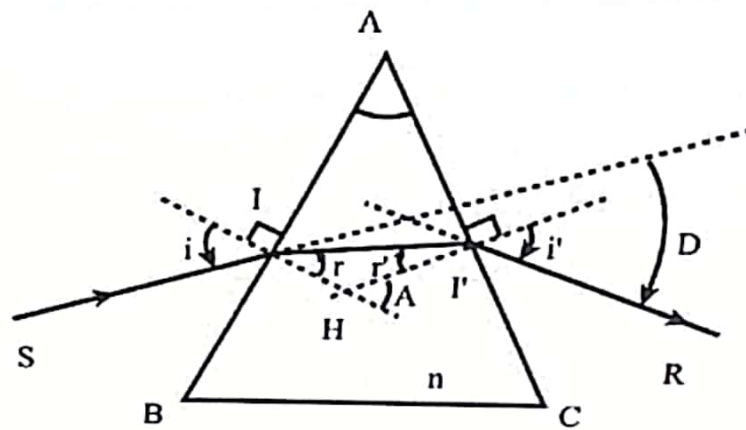


Fig.13

Si n est l'indice du prisme, les lois de Snell-Descartes en I et I' imposent les deux relations suivantes :

$$\sin i = n \sin r; \quad (9)$$

$$\sin i' = n \sin r'; \quad (10)$$

Compte tenu de la définition du prisme, il est clair que le rayon émergent ne peut être dans le prolongement du rayon incident, pas plus qu'il ne peut lui être parallèle. Le prisme a donc bien le pouvoir de dévier la lumière, et cette déviation a pour effet dans le cas général, de rabattre vers la base BC du prisme le rayon lumineux.

L'angle de déviation D est par définition l'angle dont il faut faire tourner le rayon incident SI pour l'amener dans la direction du rayon émergent $I'R$. Cette déviation est donc la somme de deux déviations successives qui ont lieu dans le même sens, l'une à l'entrée, l'autre à la sortie du prisme, soit :

$$D = (i - r) + (i' - r') \quad (11)$$

D'autre part, dans le triangle IHI' , nous voyons que : $\pi - A + r + r' = \pi$

Soit :

$$A = r + r' \quad (12)$$

Ce qui entraîne :

$$D = i + i' - A \quad (13)$$

Les formules du prisme se résument de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \sin i &= n \sin r \\ \sin i' &= n \sin r' \\ r + r' &= A \\ D &= i + i' - A \end{aligned} \quad (14)$$

b- Dispersion de la lumière :

Nous avons vu au chapitre 1 que l'indice de réfraction dépendait de la longueur d'onde (couleur) de la lumière visible. C'est ce que l'on appelle la dispersion. A cause de ce phénomène, un prisme disperse (décompose) une lumière blanche en ses différentes composantes. L'ensemble de ces composantes constituent le spectre de la lumière

blanche (on répertorie généralement sept couleurs dominantes : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet). Nous savons, d'une part, que la déviation croît avec l'indice de réfraction, et que, d'autre part, n augmente quand la longueur d'onde diminue (loi de Cauchy). Cela signifie que la déviation augmente quand la longueur d'onde diminue : les radiations de courte longueur d'onde sont donc les plus déviées par le prisme (le violet est plus dévié que le rouge).

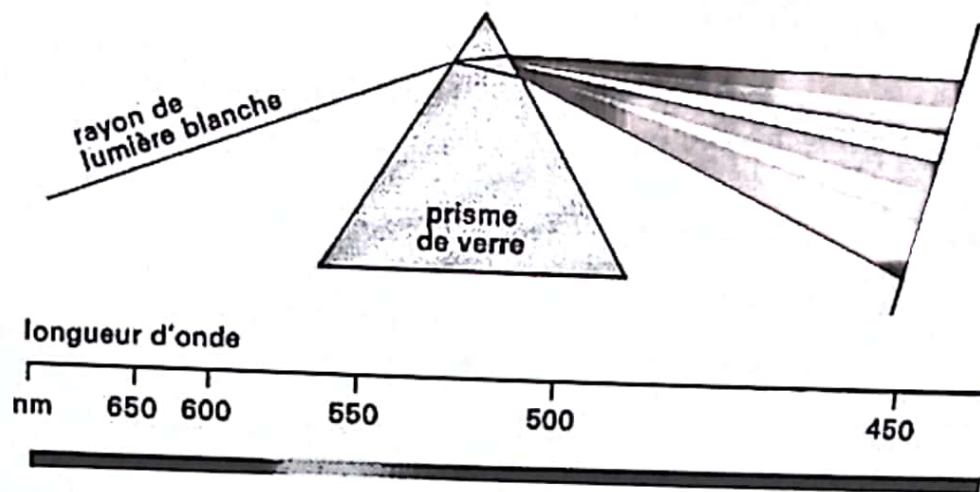


Fig.14

Chapitre III : Miroir sphérique

III. Miroir sphérique :

On appelle miroir sphérique S une surface sphérique rendue réfléchissante par un dépôt métallique. On distingue deux types de miroirs sphériques : si la réflexion se produit vers l'intérieur de la sphère, le miroir est dit concave ; si la lumière se réfléchit vers l'extérieur de la sphère, le miroir est dit convexe.

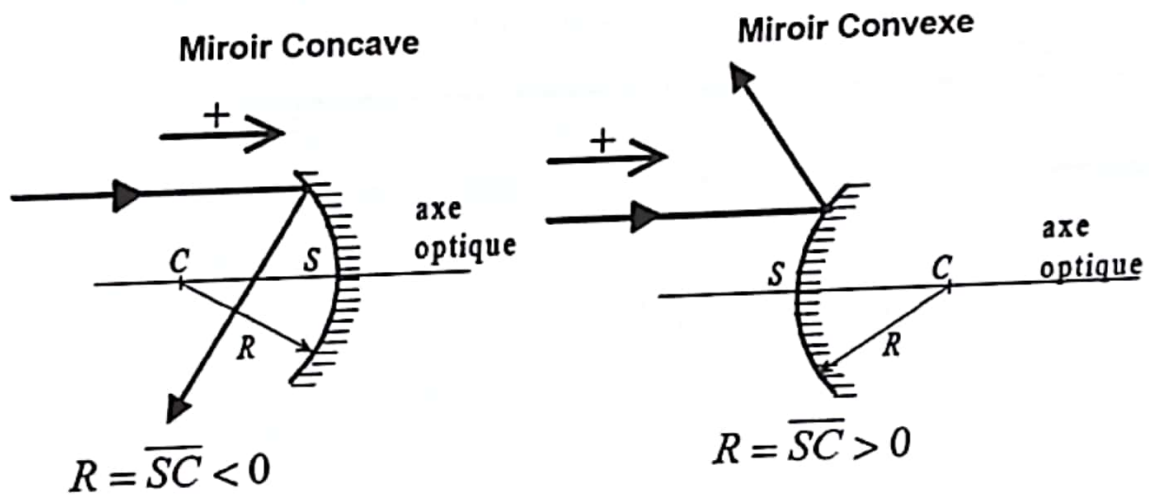


Fig.15

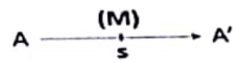
Un miroir sphérique est caractérisé par :

- Le centre C de la sphère appelé centre du miroir.
- Le point S appelé sommet du miroir.
- L'axe optique, qui est l'axe de symétrie de révolution du miroir, passant par les points C et S .
- Le rayon de la sphère $R = SC$, appelé rayon de courbure du miroir, quantité algébrique qui est négative pour un miroir concave et positive pour un miroir Convexe.

Remarque : en optique géométrique, la mesure des distances est algébrisée. Le long de l'axe optique, on choisit comme sens positif le sens de propagation de la lumière (en général de la gauche vers la droite).

III. 1. Relations de conjugaison :

Il existe alors une relation entre les positions d'un objet A et de son image A' appelée relation de conjugaison.



Considérons un point objet réel A situé sur l'axe optique d'un miroir concave. L'image A' de A est située au point d'intersection de deux rayons lumineux quelconques issus de A . Soit un rayon confondu avec l'axe optique, il se réfléchit sur lui-même : A' est donc sur l'axe optique. Considérons le rayon émis depuis A et qui se réfléchit au point I en accord avec les lois de la réflexion. A' se trouve au point d'intersection du rayon réfléchi et de l'axe.

Dans les triangles AIC et $A'IC$ la somme des angles intérieurs doit être égale à π , soit :

$$i + \alpha + (\pi - \omega) = \pi \quad \text{et donc : } i = \omega - \alpha \quad (15)$$

$$i + \omega + (\pi - \alpha') = \pi \quad \text{et donc : } i = \alpha' - \omega \quad (16)$$

D'où la relation suivante entre α , ω et α' :

$$2\omega = \alpha + \alpha' \quad (17)$$

Dans les conditions de Gauss, les points H et S sont pratiquement confondus, et les angles α , ω et α' peuvent être assimilés à leurs tangentes selon :

Dans les conditions de Gauss, les points H et S sont pratiquement confondus, et les angles α , ω et α' peuvent être assimilés à leurs tangentes selon :

$$\alpha = \frac{\overline{IS}}{\overline{SA}} \quad (18)$$

$$\alpha' = \frac{\overline{IS}}{\overline{SA'}} \quad (19)$$

$$\omega = \frac{\overline{IS}}{\overline{SC}} \quad (20)$$

On obtient finalement la relation de conjugaison du miroir sphérique avec origine au sommet S :

$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}} \quad (21)$$

III. 2. Foyer Image F' :

C'est le conjugué d'un objet A à l'infini.

$$A(\infty) \rightarrow A' \equiv F'$$

On trouve finalement :

$$\overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2} \quad (22)$$

III. 3. Foyer Objet F :

C'est le conjugué d'une image A' à l'infini.

$$A \equiv F \rightarrow A'(\infty)$$

On trouve finalement :

$$\overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2} \quad (23)$$

III. 4. Grandissement :

Si AB a pour image A'B', le grandissement γ est le rapport algébrique de la taille de l'image à celle de l'objet :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \quad (24)$$

Considérons un point objet réel AB réel situé sur l'axe optique d'un miroir concave. L'image A'B' est obtenue par le phénomène de réflexion.

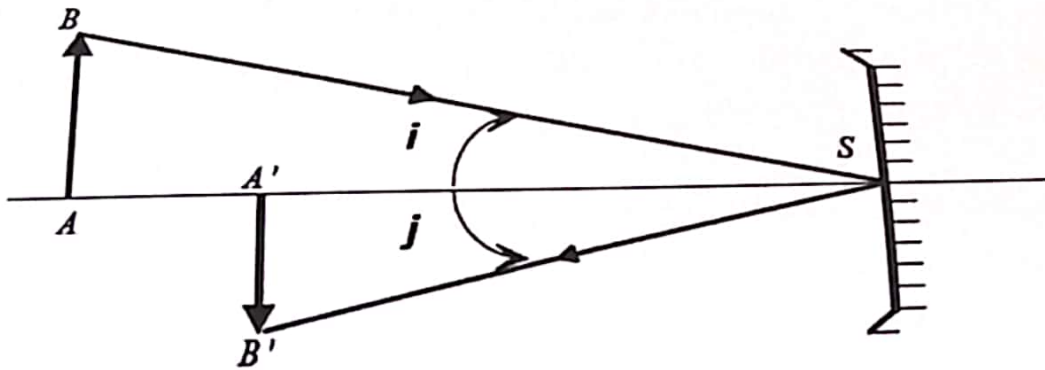


Fig.17

On a : $\tan i = \tan j$, et donc :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} \quad (25)$$

III. 5. Les Caractéristiques de l'image :

- La position : $\overline{SA'}$
- La nature : \rightarrow Dire si elle est réelle ou virtuelle :

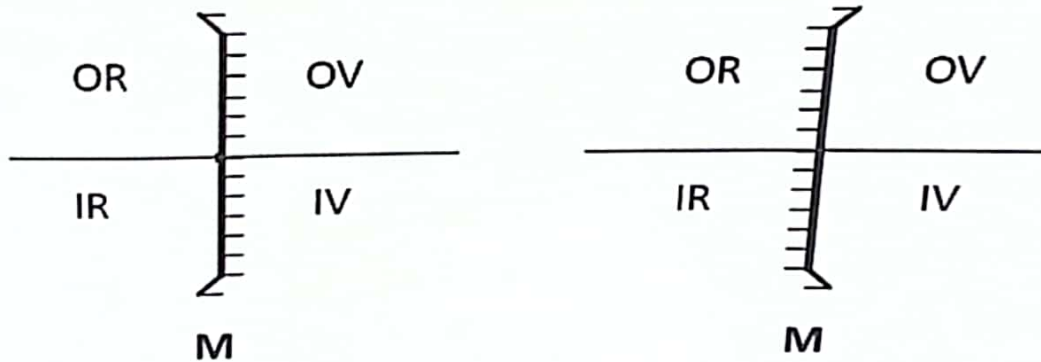


Fig.18

→ Dire si elle est droite ou renversée :

- Si $\gamma > 0$: Image droite
- Si $\gamma < 0$: Image renversée

→ Comparer la taille de l'image par rapport à la taille de l'objet :

- Si $|\gamma| > 1$: Image agrandie
- Si $|\gamma| < 1$: Image réduite
- Si $|\gamma| = 1$: La taille de l'image égale la taille de l'objet

Fig.20

21

Chapitre IV : Dioptre sphérique

IV. Dioptre sphérique :

Un dioptre sphérique est une surface sphérique de centre C séparant deux milieux d'indices de réfractions différents.

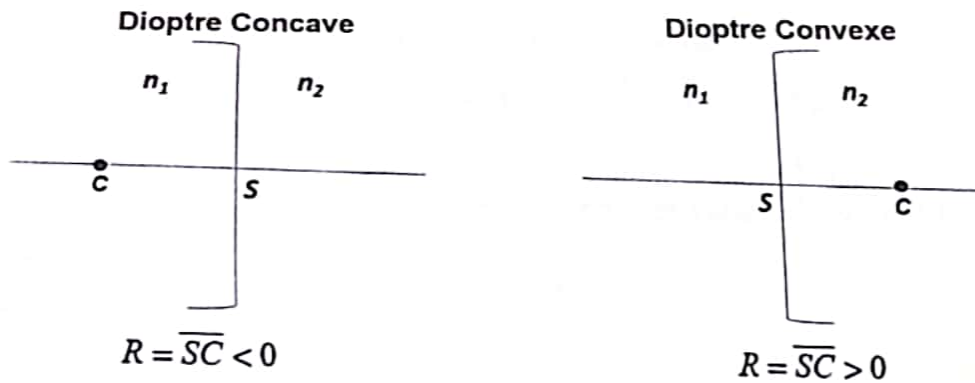


Fig.19

IV. 1. Relations de conjugaison :

$$A \xrightarrow[n_1]{n_2} \underset{s}{S} \rightarrow A'$$

(D)

Avec le même raisonnement que le miroir sphérique, on trouve la relation de conjugaison du dioptre sphérique :

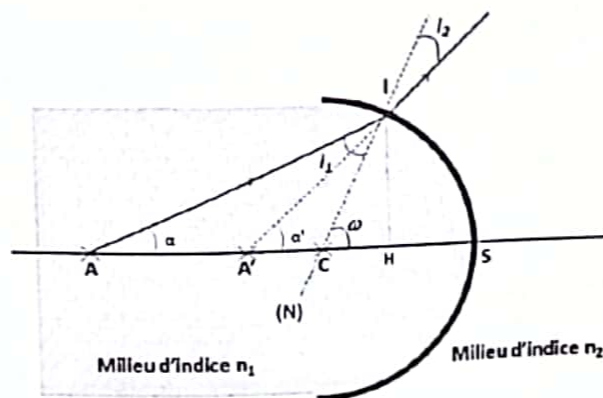


Fig.20

Considérons un point objet réel A situé sur l'axe optique d'un dioptré concave. L'image A' de A est située au point d'intersection de deux rayons lumineux quelconques issus de A . Considérons le rayon émis depuis A et qui se réfracte au point I en accord avec les lois de la réfraction. A' se trouve au point d'intersection du prolongement du rayon réfracté et de l'axe optique.

Dans les triangles AIC et $A'IC$ la somme des angles intérieurs doit être égale à π , soit :

$$i_1 + \alpha + (\pi - \omega) = \pi \text{ et donc : } i_1 = \omega - \alpha \quad (26)$$

$$i_2 + \alpha' + (\pi - \omega) = \pi \text{ et donc : } i_2 = \omega - \alpha' \quad (27)$$

D'après la loi de Snell-Descartes et de la condition de Gauss, on :

$$n_1 i_1 = n_2 i_2 \quad (28)$$

$$n_1 (\omega - \alpha) = n_2 (\omega - \alpha') \quad (29)$$

on a aussi :

$$\alpha = \tan \alpha = \frac{\overline{SI}}{\overline{SA}} \quad (30)$$

$$\alpha' = \tan \alpha' = \frac{\overline{SI}}{\overline{SA'}} \quad (31)$$

$$\omega = \tan \omega = \frac{\overline{SI}}{\overline{SC}} \quad (32)$$

On remplaçant les équations (30), (31) et (32) dans l'équation (29), on trouve finalement la relation de conjugaison du dioptré sphérique :

$$\frac{n_2}{\overline{SA'}} - \frac{n_1}{\overline{SA}} = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}} = V \quad (33)$$

Avec : V est la vergence ou la puissance du dioptré (unité : Dioptrie = m^{-1}).

Remarque :

- Si $V > 0$: Dioptré convergent
- Si $V < 0$: Dioptré divergent

IV. 2. Grandissement

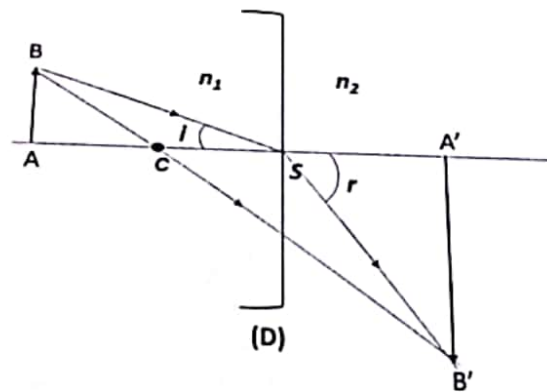


Fig.21

On a :

$$\tan i \approx i = \frac{\overline{AB}}{\overline{SA}} \quad (34)$$

et

$$\tan r \approx r = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{SA'}} \quad (35)$$

D'après la loi de Snell-Descartes de la réfraction :

$$n_1 i = n_2 r \quad (36)$$

Et finalement on trouve l'expression du grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{n_1 \overline{SA'}}{n_2 \overline{SA}} \quad (37)$$

IV. 3. Foyer Image F' :

$$\overline{SF'} = \frac{n_2 \overline{SC}}{n_2 - n_1} = \frac{n_2}{V} \quad (38)$$

IV. 4. Foyer Objet F :

$$\overline{SF} = -\frac{n_1 \overline{SC}}{n_2 - n_1} = -\frac{n_1}{V} \quad (39)$$

$\overline{SF'}$ et \overline{SF} sont de signes contraires, F et F' appartiennent à deux milieux différents.

Et donc :

$$\overline{SF} + \overline{SF'} = \overline{SC} \quad (41)$$

Chapitre V : Lentilles minces

V. Lentilles minces :

C'est une association de deux dioptries sphériques dont les sommets sont pratiquement confondus en un sommet S . L'axe optique de la lentille est l'axe passant par les centres des deux dioptries sphériques. On note n l'indice du milieu constituant la lentille ($n > 1$).

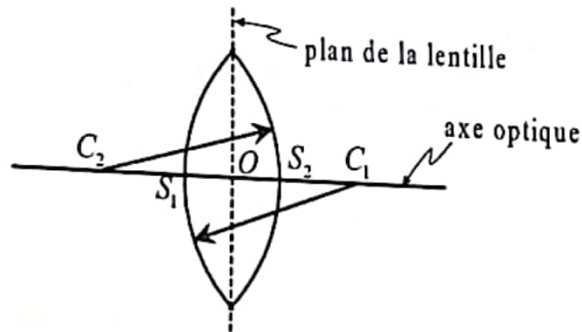
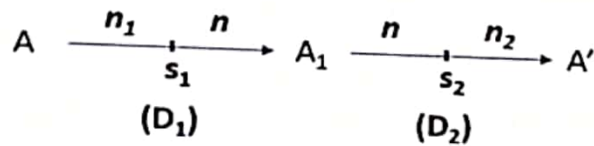


Fig.22

V. 1. Formule de Conjugaison :



Dioptre (D_1) :

$$\frac{n}{\overline{S_1 A_1}} - \frac{n_1}{\overline{S_1 A}} = \frac{n - n_1}{\overline{S_1 C_1}} = V_1 \quad (42)$$

$$\gamma_1 = \frac{n_1}{n} \frac{\overline{S_1 A_1}}{\overline{S_1 A}} \quad (43)$$

Dioptre (D_2) :

$$\frac{n_2}{\overline{S_2 A'}} - \frac{n}{\overline{S_2 A_1}} = \frac{n_2 - n}{\overline{S_2 C_2}} = V_2 \quad (44)$$

$$\gamma_2 = \frac{n}{n_2} \frac{\overline{S_2 A'}}{\overline{S_2 A_1}} \quad (45)$$

a- Lentille épaisse :

En sommant les équations (42) et (44), on trouve :

$$\frac{n}{S_1 A_1} - \frac{n_1}{S_1 A} + \frac{n_2}{S_2 A'} - \frac{n}{S_2 A_2} = \frac{n - n_1}{S_1 C_1} + \frac{n_2 - n}{S_2 C_2} = V_1 + V_2 \quad (46)$$

$$\gamma = \gamma_1 \times \gamma_2 = \frac{n_1}{n} \frac{S_1 A_1}{S_1 A} \times \frac{n}{n_2} \frac{S_2 A'}{S_2 A_2} \quad (47)$$

b- Lentille mince : $S_1 \equiv S_2 \equiv S$

$$\frac{n_2}{S A'} - \frac{n_1}{S A} = \frac{n - n_1}{S C_1} + \frac{n_2 - n}{S C_2} = V \quad (48)$$

$$\gamma = \frac{n_1}{n_2} \frac{S A'}{S A} \quad (49)$$

c- Lentille mince d'indice n : Dans deux milieux n_1 et n_2

Cas où $n_1 = n_2$ (même milieu) :

$$\begin{aligned} \frac{n_1}{S A'} - \frac{n_1}{S A} &= \frac{n - n_1}{S C_1} + \frac{n_1 - n}{S C_2} = V \\ &= (n - n_1) \left[\frac{1}{S C_1} - \frac{1}{S C_2} \right] \end{aligned} \quad (50)$$

$$\gamma = \frac{S A'}{S A} \quad (51)$$

d- Lentille mince d'indice n dans l'air : ($n_1 = 1$)

$$\frac{1}{S A'} - \frac{1}{S A} = (n - 1) \left[\frac{1}{S C_1} - \frac{1}{S C_2} \right] = V \quad (52)$$

$$\gamma = \frac{S A'}{S A} \quad (53)$$

V. 2. Foyer Image F' :

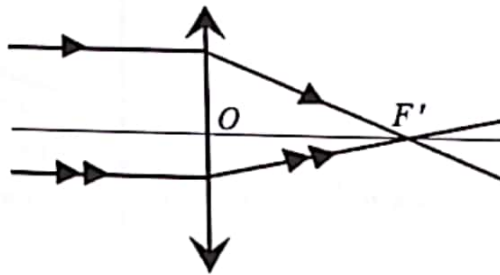


Fig.23

$$\overline{SF'} = \frac{1}{V} \quad (54)$$

F et F' sont symétriques par rapport à S .

Pour une lentille convergente, F et F' sont réels, alors que pour une lentille divergente, ils sont virtuels.

V. 4. Les différents types de lentilles :

a- Lentilles convergentes :

Les lentilles convergentes transforment un faisceau de rayons lumineux parallèles à l'axe optique en un faisceau convergent.

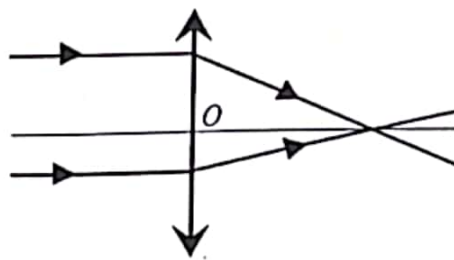


Fig.25

$$V > 0 ; \overline{SF'} > 0 ; \overline{SF} < 0$$

b- Lentilles divergentes :

Les lentilles divergentes transforment un faisceau de rayons lumineux parallèles à l'axe optique en un faisceau divergent.

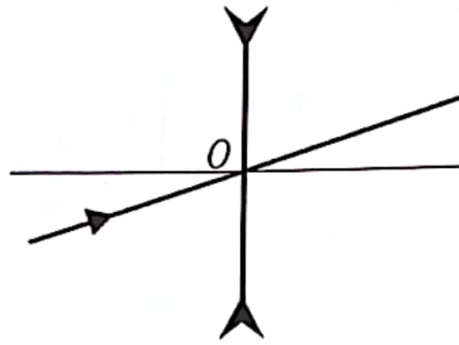


Fig.26

$$V < 0 ; \overline{SF'} < 0 ; \overline{SF} > 0$$

Tout rayon lumineux passant par le centre optique d'une lentille mince ne subit aucune déviation en la traversant.

Chapitre VI : L'œil

VI. L'œil :

L'œil, également appelé globe oculaire, correspond à l'organe de la vue, captant le signal lumineux avant que l'information ne soit réinterprétée par le cerveau et transformée en formes et en couleurs. Il se compose de différentes régions lui permettant d'assurer sa fonction, de la cornée jusqu'à la rétine. Il est inséré dans une orbite, et on en retrouve une ou plusieurs paires chez bon nombre d'espèces animales, aussi bien chez les arthropodes, les mollusques ou les vertébrés.

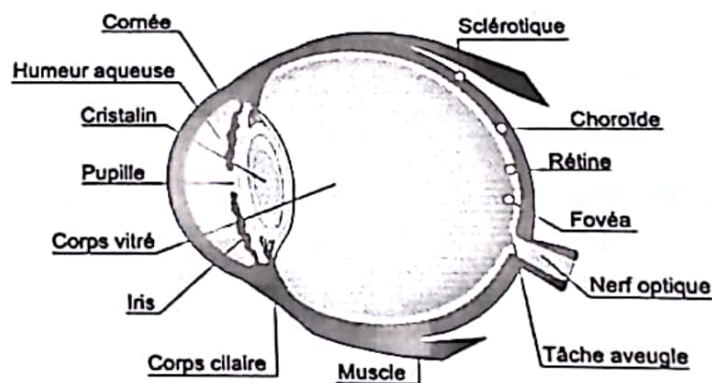


Fig.27

VI. 1. Biophysique de la vision :

Les rayons lumineux pénétrant dans l'œil humain traversent quatre dioptries : face antérieure et face postérieure de la cornée, face antérieure et face postérieure du cristallin. Lors de la traversée de chaque dioptrie, ils subissent une réfraction parfaitement définie par les lois de Descartes. Le trajet d'un rayon lumineux dans l'œil est donc parfaitement déterminable en appliquant les lois de Descartes aux quatre réfractions qu'il va subir.

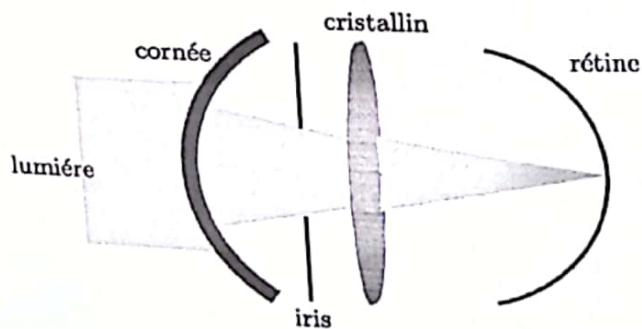


Fig.28

- **La cornée** : est une membrane solide et transparente de 11 mm de diamètre au travers de laquelle la lumière entre à l'intérieur de l'œil. Elle est nourrie par un liquide fluide comme l'eau : l'humeur aqueuse ($n=1.336$). La cornée est la principale lentille de l'œil, elle assure environ 80% de la réfraction.
- **L'iris (arc-en-ciel en grec)** : Il s'agit du diaphragme de l'œil percé en son centre par la pupille. C'est un muscle qui fait varier l'ouverture de la pupille (entre 2,5 et 7 mm) afin de modifier la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil pour éviter l'aveuglement en plein soleil ou capter le peu de rayons la nuit.
- **Le cristallin** : c'est une lentille auxiliaire molle et composée de fines couches superposées. Il se comporte comme une lentille biconvexe de vergence variable grâce à l'action de muscle ciliaire.
- **La rétine** : c'est la couche sensible à la lumière grâce aux photorécepteurs.

a- L'indice optique :

Les indices optiques des différents milieux sont :

- Indice de la cornée $n_c = 1,377$
- Indice de l'humeur aqueuse $n_a = 1,337$
- Indice du cristallin théorique $n_{cr} = 1,41$
- Indice du corps vitré $n_v = 1,336$

L'image se forme sur la rétine, qui contient les cellules réceptrices de la lumière (cônes et bâtonnets).

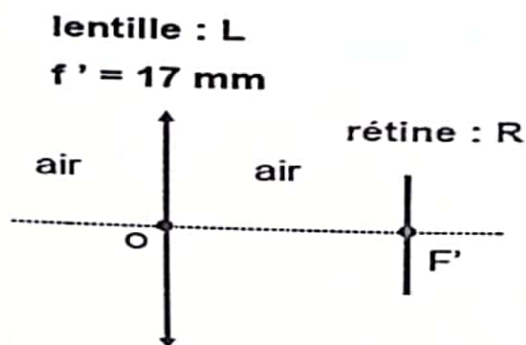


Fig.29

L'œil normal au repos :

$$F' = R$$

(56)

b- Ponctum Proximum :

C'est la distance la plus proche correspondant à une image nette.

OEil normal : P.P. = quelques cm (dépend des individus)

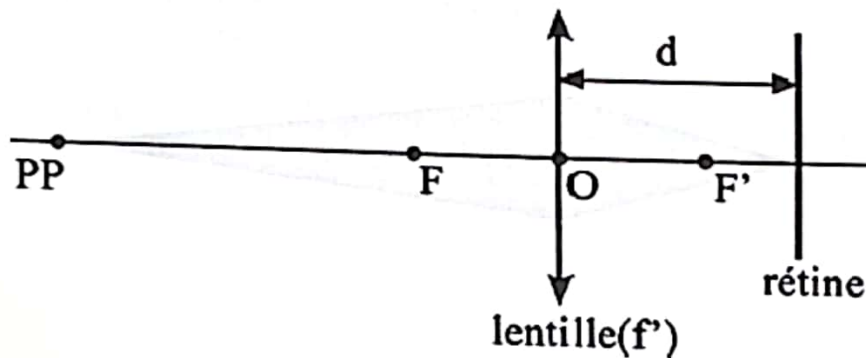


Fig.30

c- Ponctum Remotum :

C'est la distance la plus éloignée correspondant à une image nette.

OEil normal : P.R. = infini

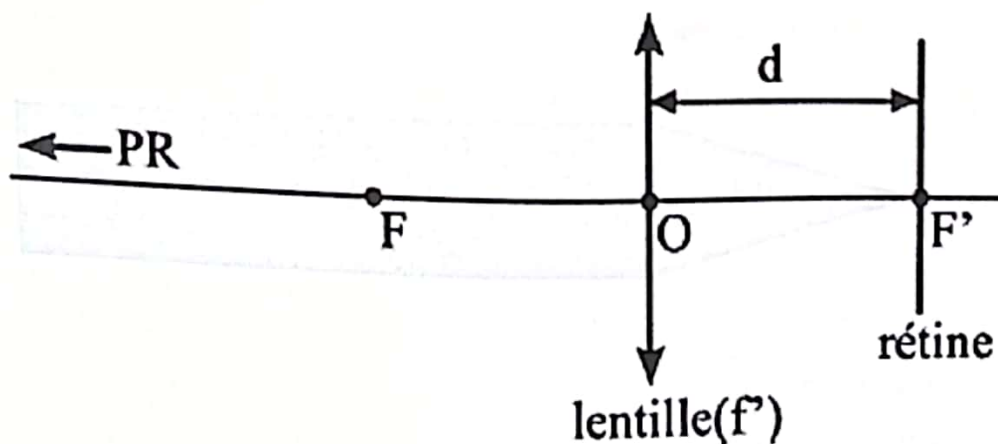


Fig.31

d- Formation de l'image par l'œil :

Les mécanismes de la vision permettent la formation d'une image nette sur la rétine puis une transmission nerveuse jusqu'au cortex.

On distingue :

- La réfraction
- L'accommodation
- La constriction des pupilles

Avant d'atteindre la rétine, les rayons lumineux traversent les milieux transparents de l'œil :

- la cornée
- l'humeur aqueuse
- le cristallin
- le vitré

Au cours de ce trajet, la cornée et le cristallin font subir aux rayons une **réfraction** (un changement de direction) qui les fait converger et former une image sur la rétine (à l'envers).

- **La réfraction :**

- Rayons réfractés = déviés
- A lieu surtout au niveau de la cornée
- Quand les rayons lumineux passent d'un milieu transparent à un autre milieu transparent n'ayant pas la même densité, ils sont réfractés (ou déviés).
- La réfraction permet la focalisation sur la rétine

- **La convergence :**

Mouvement des globes oculaires, entraîné par les muscles oculo-moteurs, permettant aux 2 yeux de se fixer simultanément sur le même objet.

Remarque : L'œil est emmétrope c'est-à-dire que c'est un œil normal.

- **Accommodation :**

Quand l'objet se rapproche, son image pourrait reculer et devenir de plus en plus floue. Mais le cristallin, sous l'action du muscle ciliaire, s'arrondit progressivement, ce qui augmente la convergence des rayons et maintient l'image nette sur la rétine : ce processus est appelé « accommodation ». Donc l'Accommodation est l'augmentation de la convergence de l'œil.

- Quand l'accommodation est maximale, on dit que l'objet observé est au Punctum proximum.

VI. 2. Schéma optique de l'œil :

L'œil est composé de trois dioptries sphériques, séparés par des milieux d'indices optiques différents.

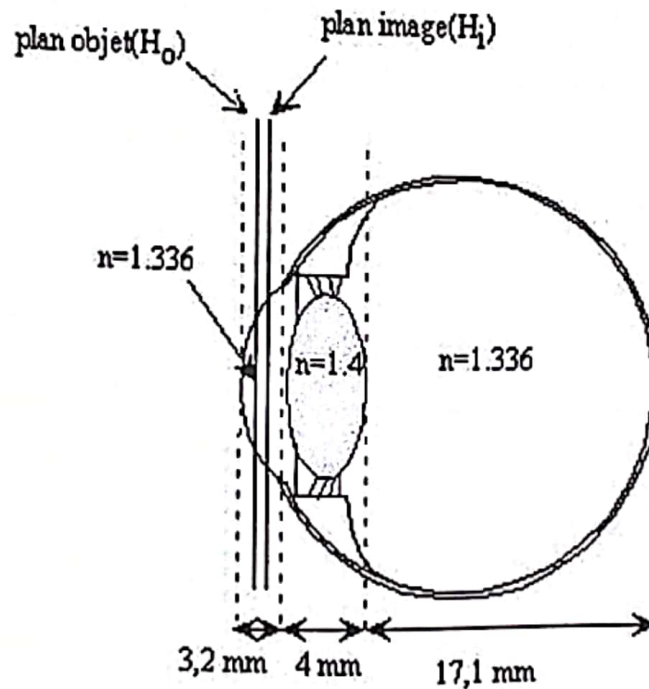


Fig.32

1^{er} Dioptre : Sommet S₁ → Dioptre convexe, rayon R₁ = 8mm.

$$\overline{S_1 F_1} = -\frac{n R_1}{n' - n} = -24.24 \text{ mm} \quad (57)$$

$$\overline{S_1 F'_1} = -\frac{n' R_1}{n' - n} = +32.24 \text{ mm} \quad (58)$$

Les deux autres dioptries sphériques sont : les faces avant et arrière du cristallin de sommet S'_1 et S'_2 .

Si on néglige le pouvoir d'accommodation du cristallin, l'ensemble forme une lentille biconvexe (convergente).

$$\text{Distance} = e_2 = 4 \text{ mm}$$

$$R'_1 = 40 \text{ mm}$$

$$R'_2 = -6 \text{ mm}$$

$$\text{Foyer image } F'_2 = 56.04 \text{ mm.}$$

VI. 3. Les défauts de l'œil :

a- Myopie :

L'œil myope est un œil dont le cristallin est trop convergent (distance focale au repos trop courte), ce qui fait que l'image d'un objet à l'infini se forme avant la rétine.

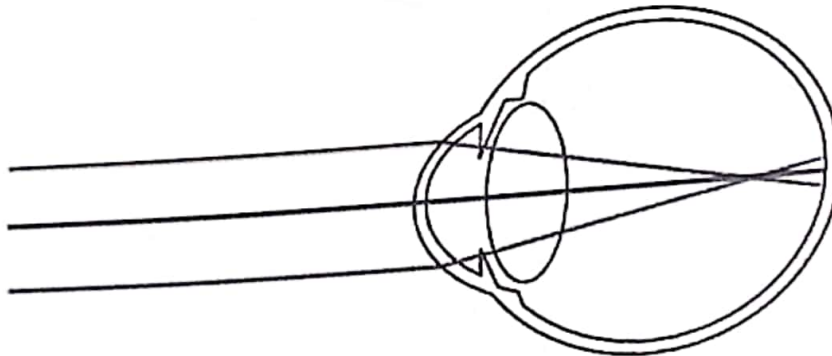


Fig.33

b- Hypermétropie :

L'œil hypermétrope est un œil dont le cristallin est trop peu convergent (distance focale au repos trop grande), ce qui fait que l'image d'un objet à l'infini, lorsque l'œil n'accommode pas, se forme après la rétine.

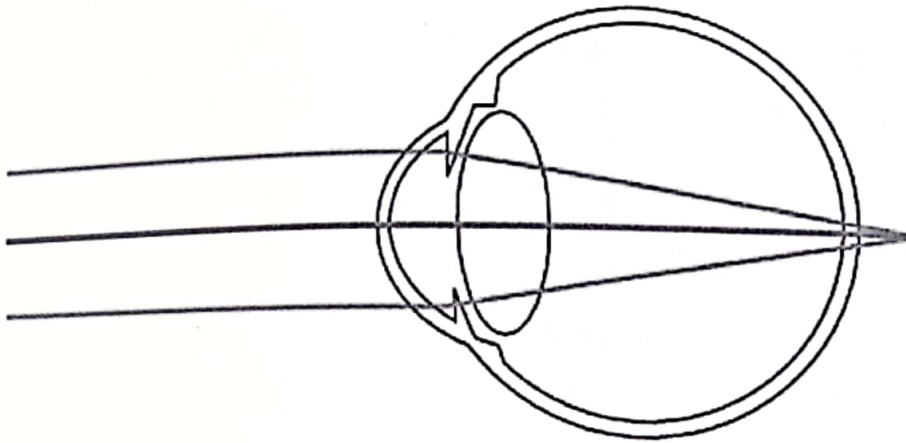


Fig.34

c- L'astigmatie :

Un œil astigmatique est un œil qui a perdu sa symétrie de révolution : la cornée est en forme d'ellipsoïde et possède deux axes principaux : le cristallin possèdera donc des foyers

images différents pour chaque angle. Cela entraîne une vision brouillée, déformée, imprécise pour toutes les distances, avec un brouillage sélectif des lignes verticales ou horizontales ou obliques et la confusion de lettres proches comme le H le M et le N le E et le B ou le 8 et le 0.

d- La presbytie :

La presbytie est un trouble de la vision qui rend difficile l'adaptation de la focale image du cristallin pour voir de près.

VI. 4. Les instruments d'optique :

On distingue deux grandes familles d'instruments d'optique :

- Les instruments oculaires qui donnent une image virtuelle observée par l'œil. Parmi ces instruments, on distingue la loupe, le microscope, la lunette et le télescope.

- Les instruments objectifs ou de projection qui donnent d'un objet une image réelle.

Exemple : vidéo-projecteur ou appareil photo.

a- Puissance :

La puissance P d'un instrument est le rapport de l'angle sous lequel on voit l'image virtuelle donnée par l'instrument et de la longueur de l'objet :

$$P = \frac{\alpha'}{\overline{AB}} \quad (59)$$

Où \overline{AB} est la taille algébrique de l'objet, et α' l'angle d'observation de l'image virtuelle. Cet angle varie selon la position de l'observateur.

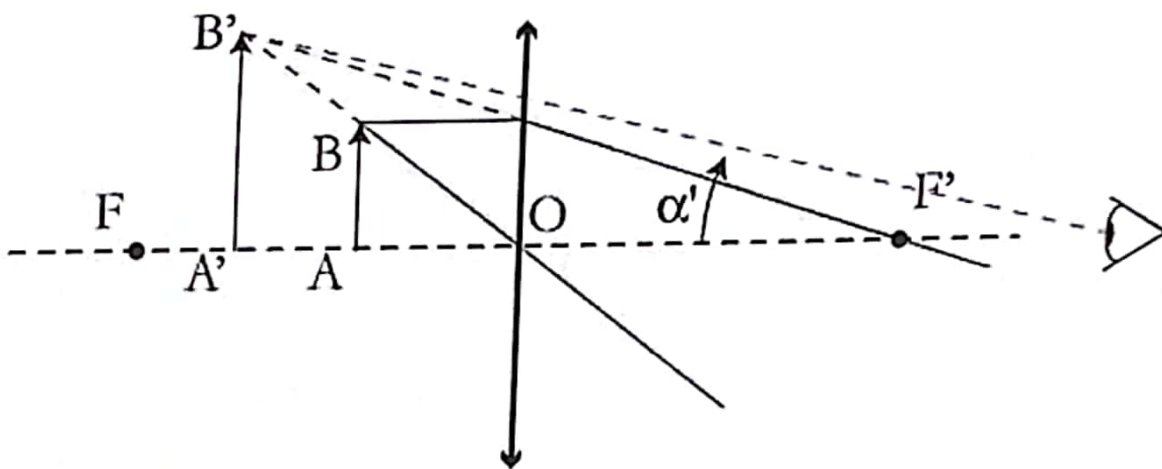


Fig.36

La puissance P s'exprime en dioptries, α' en radians et \overline{AB} en mètres.

b- Grossissement :

Le grossissement est le rapport entre les diamètres apparents sous lequel on voit l'objet à l'œil nu α et sous lequel on voit l'image virtuelle α' .

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} \quad (60)$$

Bibliographie :

- 1- J-P. Parisot, P. Segonds, S. Le Boiteux. Cours Physique Optique. Sciences Sup, Dunod 2003.
- 2- N. AWANOU. Cours de Physique. Optique. Fascicule. Cotonou 1996.
- 3- T. Bécherrawy. Optique géométrique : Cours et exercices corrigés. Broché 2005.
- 4 - M. May. Introduction à l'optique. Ed. Dunod, Paris 1993.
- 5- A. Moussa et P. Ponsonnet. Cours de physique – Optique , éditions Desvigne, Paris 1992.
- 6 - L. QUARANTA. Introduction à l'optique. Ed Masson , Paris 1999.
- 7 - J.L. QUEYREL et J. MESPLEDE –Les Nouveaux Précis de Physique. Optique- Cours et exercices résolus. Editions Bréal, Paris 1999.