OPTIQUE GEOMETRIQUE

I. Généralités

- L'optique géométrique a pour objet l'étude da la formation des images par les systèmes optiques (position, grandissement, qualité de l'image, nature,…). Elle utilise la notion du rayon lumineux et des lois de réflexion et de réfraction et elle néglige les phénomènes d'interférence, de diffraction, de polarisation et de diffusion et elle ne considère pas les processus d'émission et d'absorption de la lumière.
- La lumière se propage dans le vide à la vitesse c = 3 .10^8 m/s et dans les milieux matériels transparents à une vitesse v caractéristique du milieu. En conséquence un milieu sera caractérisé par :
  - son indice absolu n : $\mathrm{n} = \frac{\mathrm{c}}{\mathrm{v}}$; $\mathrm{v} < c \Rightarrow n > 1$. Pour l'air, on prend n=1.
  - son indice relatif par rapport à un autre milieu : $\mathrm{n}_{1/2} = \frac{\mathrm{n}_1}{\mathrm{n}_2}$; n_1 et n_2 sont les indices absolus des milieux en présence.

1. Hypothèse fondamentale

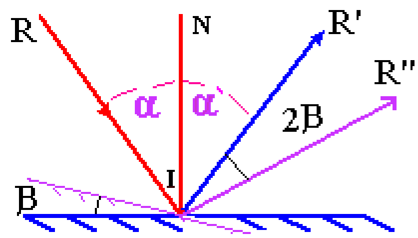
a. Principe de Fermat

Dans un milieu homogène et isotope, pour aller d'un point A à un point B, la lumière emprunte un chemin tel que le trajet AB soit de durée stationnaire.

b. Conséquences

- Un milieu est homogène s'il a les mêmes propriétés physiques en tout point ;
- Un milieu est isotope s'il a les mêmes propriétés physiques dans toutes les directions ;
- Propagation rectiligne de la lumière : le plus court chemin entre deux points (A et B) est la ligne droite qui les relie ;
- Principe de retour inverse : le chemin suivi est indépendant du sens de parcours.
- Indépendance des rayons lumineux : la direction d'un rayon lumineux n'est pas affectée par les autres rayons ;
- Lois de DESCARTES :

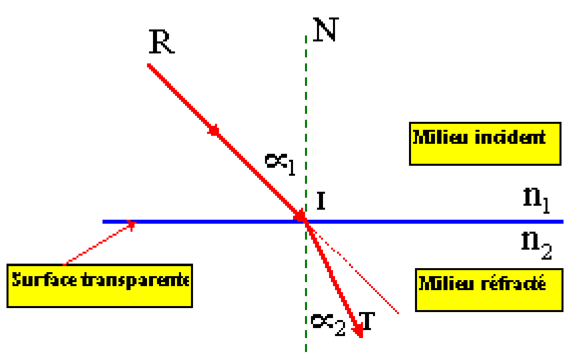
- pour la réflexion :



* Le rayon incident (RI), le rayon réfléchit (IR’) et la normale (IN) sont dans un même plan dit le *plan d’incidence* ;

* L’angle d’incidence (α) est égale à l’angle de réflexion (α’) : α = α’ ;

- pour la réfraction :

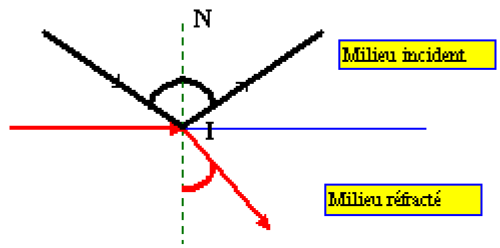


* le rayon incident RI, le rayon transmis IT et la normale IN sont dans un même plan (plan d’incidence)

* $n_1 sin\alpha_1 = n_2 sin\alpha_2$

Remarque :

- Lorsque $n_1<n_2$ (le second milieu est plus réfringent) : Si l'angle d'incidence est égal a (π/2) , alors l'angle de réfraction correspondant est l'angle de réfraction limite.



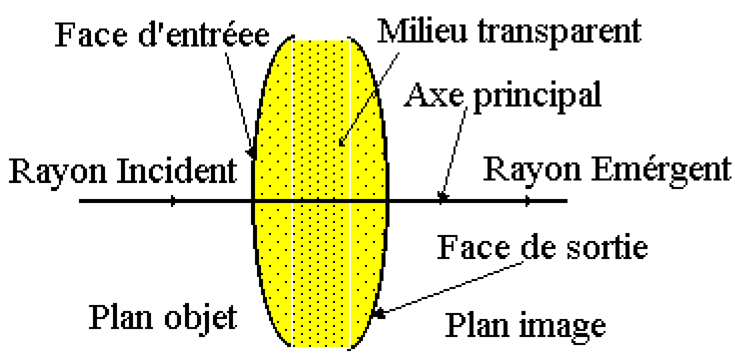
- Lorsque $n_1>n_2$ (le milieu incident est plus réfringent que le milieu réfracté) : le phénomène de réflexion totale se produit.

Exemple 1: Un rayon lumineux dans l'air tombe sur la surface d'un liquide ; il fait un angle $\alpha = 60°$ avec le plan horizontal. La déviation entre le rayon incident et le rayon réfracté est $\theta = 15°$. Quel est l'indice de réfraction du liquide ?

2. Notions d'objet et d'image

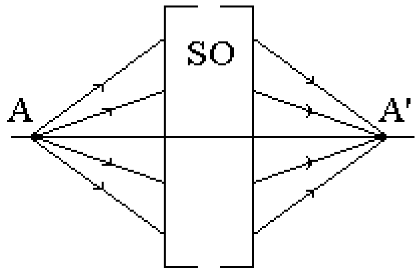
a. Systèmes optiques

Un système optique est un ensemble de milieux transparents séparés par des surfaces planes ou sphériques.

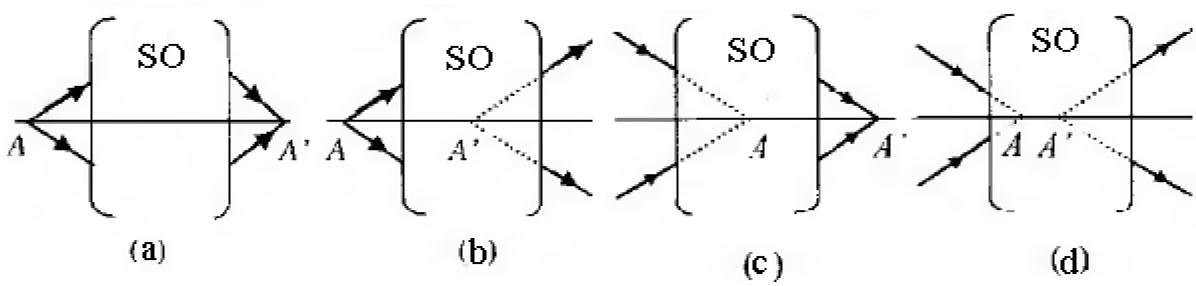


b. Notion d'objet et d'image-Stigmatisme

- Un point A a pour image A' si tous les rayons lumineux issus de ce point A concourent au point A'. Si un système satisfait à une telle propriété, c'est à dire que d'un objet ponctuel A il donne une image ponctuelle A', alors ce système est dit stigmatique.

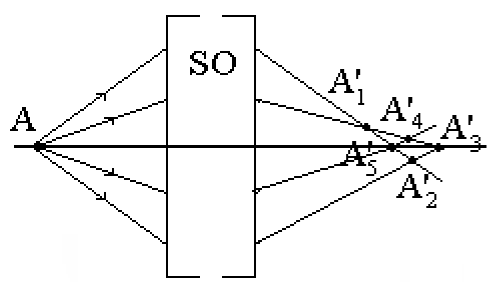


- Si l'objet se trouve au plan objet, il est réel sinon il est virtuel et si l'image se trouve au plan image, elle réelle sinon elle est virtuelle. Par convention les rayons réels représentent le chemin effectivement suivi par la lumière et les rayons virtuels le prolongement.



c. <u>Stigmatisme approché : Conditions de stigmatisme de Gauss</u>

- Les conditions de stigmatisme sont rares ; les conditions de stigmatisme approché sont celles pour lesquelles l'image d'un point sera de dimension telle qu'elle puisse être assimilable à un point.



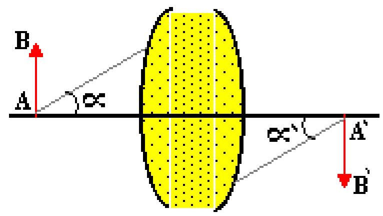
- Conditions de stigmatisme approché :
    - Faisceaux lumineux étroits et paraxiaux c'est-à-dire les angles qu'ils forment avec l'axe optique doivent être faibles ;
    - Les angles d'incidences doivent être faible également.

d. <u>Aplanétisme</u>

Lorsque un système optique est stigmatique pour un ensemble de points situés dans un plan perpendiculaire à son axe optique, on dit qu'il y a aplanétisme c'est-à-dire l'image de l'objet, située dans un plan perpendiculaire à son axe optique, est également située dans un plan perpendiculaire à cet axe optique et la condition d'Abbé soit vérifiée.

Condition d'Abbé : $n_1\overline{AB}\sin\alpha = n_2\overline{A'B'}\sin\alpha'$

Avec α et α' sont l'angle formé par l'axe du système avec la direction du rayon incident choisi et l'angle formé par l'axe et le rayon émergent correspondant.



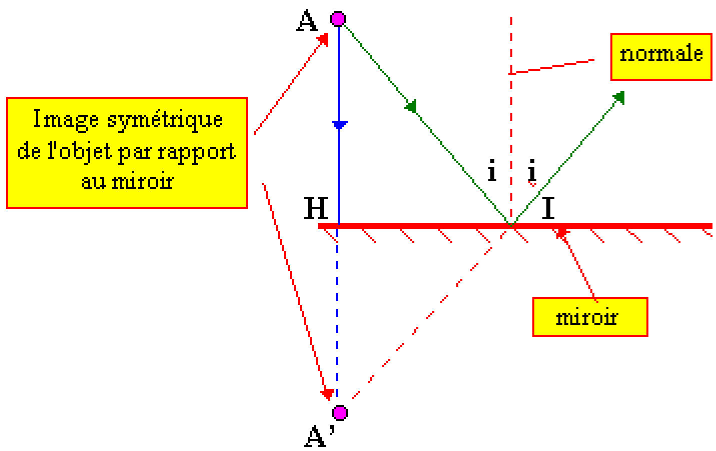
e. <u>Formule de conjugaison</u>

Les points A et A' sont dits conjugués par rapport à un système optique lorsque l'un est l'objet et l'autre est l'image. La relation mathématique qui lie leurs positions est dite *formule de conjugaison*.

II. Éléments à faces planes

1. Le miroir plan

a. Définition : un miroir plan est une surface plane réfléchissante.



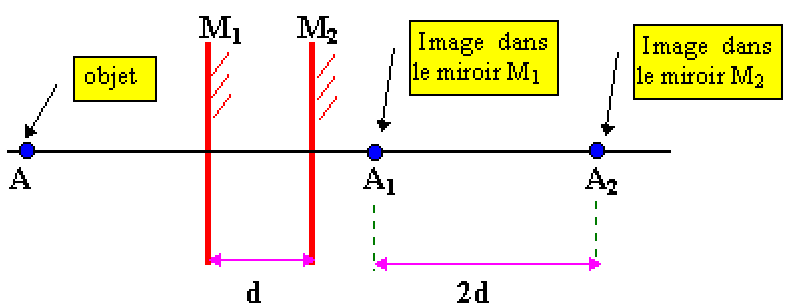
b. Image d'un objet point : Un miroir plan est un dispositif stigmatique. Il associe à un point objet un point image.

c. Relation de conjugaison objet – image :

- Objet et image sont symétriques par rapport au miroir : $\overline{AH} = \overline{HA'}$, quel que soit le rayon lumineux utilisé pour la construction de l'image.
- Si l'objet est réel, l'image est virtuelle et inversement.

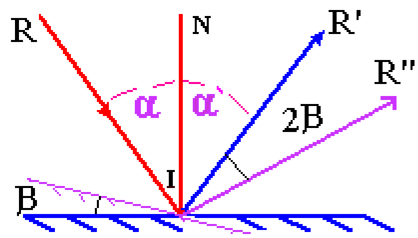
d. Déplacement du miroir :

- Translation



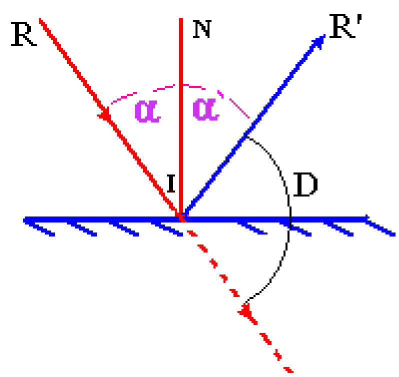
Lorsque le miroir se déplace de d, l'image correspondante se déplace de 2d.

- Rotation



Le miroir tourne d'un angle β, le rayon réfléchi correspondant tourne de 2β.

e. <u>Déviation induite par un miroir :</u> La déviation donnée par un miroir plan, lorsque l'angle d'incidence est α, est égale à : D=π−2α



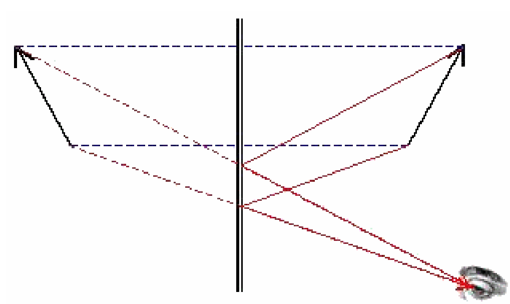
Exemple 1: si vous vous approchez d'un miroir plan avec une vitesse d'un mètre par seconde. à quelle vitesse votre image s'approche-t-elle de vous?

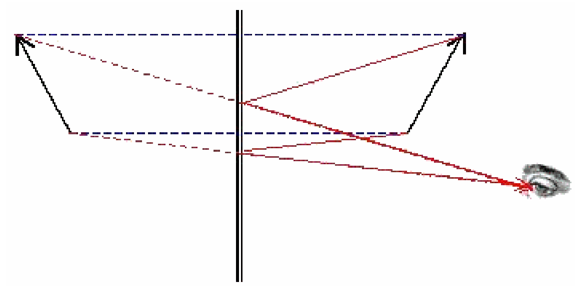
*corrigé : votre image s'approche de vous avec une vitesse 2v=2*1=2m/s*

Exemple 2 :

- *déterminer le lieu de la formation de l'image de la flèche pour un observateur situé en face d'un miroir plan, de même coté que la flèche.*
- *l'image est-elle dépendante de la position de l'observateur?*

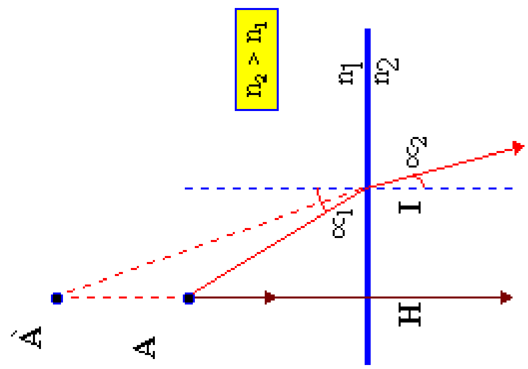
corrigé :

- 



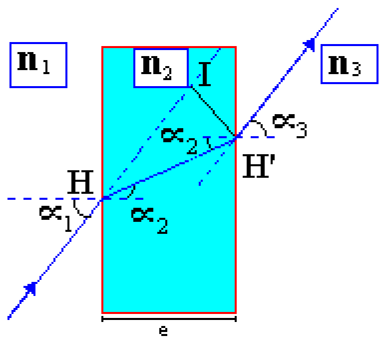
- *Non. La position de l'image n'est pas dépendante de la position de l'observateur. La flèche n'ayant pas changé de position devant le miroir, son image restera à la même place même si l'observateur change de position.*

2. <u>Le dioptre plan</u>
   a. <u>Définition</u> : Deux milieux transparents séparés par une surface plane. La surface plane est le dioptre plan.
   b. <u>Image d'un point objet</u> : L'image d'un objet réel A, à travers un dioptre plan, est toujours virtuelle et située sur la perpendiculaire, au dioptre, passant par l'objet A.
   c. <u>la relation de conjugaison objet-image</u>



- Le dioptre plan donne une image dans les conditions de stigmatisme approché (observation au voisinage de la normale).
- Un dioptre plan est noté généralement par $D(n_1, n_2, H)$où n_1 est l'indice de réfraction du milieu d'incidence, n_2 l'indice du milieu de transmission et H le point d'incidence normale sur le dioptre.
- $tan\alpha_1 = \frac{\overline{HI}}{\overline{HA}}$ et $tan\alpha_2 = \frac{\overline{HI}}{\overline{HA'}}$ d'où : $\frac{\overline{HA}}{n_1} = \frac{\overline{HA'}}{n_2}$ ($n_1 sin\alpha_1 = n_2 sin\alpha_2$ et $\cos\alpha_1 \approx cos\alpha_2 \approx 1$ le stigmatisme approché)

3. La lame à faces parallèles
    a. Définition : Milieu d'indice n limité par deux plans parallèles.
    b. Marche d'un rayon lumineux :



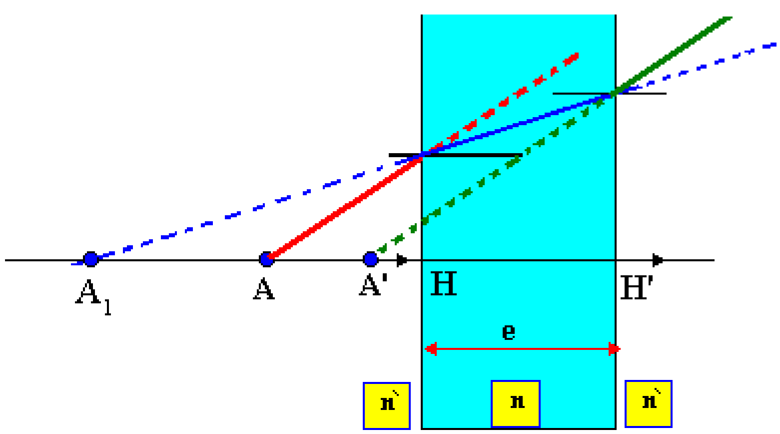
- $n_1 sin\alpha_1 = n_2 sin\alpha_2 = n_3 sin\alpha_3$(Lois de Descartes)
- La direction du rayon émergent est indépendante de l'indice de la lame ; rayon incident et émergent sont parallèles si les milieux extrêmes sont identiques.
- Le déviation totale du rayon incident est :

$$D = (\alpha_1 - \alpha_2) + (\alpha_2 - \alpha_3) = (\alpha_1 - \alpha_3) = 0 \text{ si } n_1 = n_3 \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_3$$

La déviation, à la sortie est nulle mais le rayon s'est déplacé de $\delta = \overline{H'I}$ tel que :

$$\delta = \overline{H'I} = \overline{HH'} sin(\alpha_1 - \alpha_2) = \frac{e}{cos\alpha_2} . sin(\alpha_1 - \alpha_2)$$

c. Image d'un point objet A :



- Pour le dioptre $D_1(n', n, H) : \frac{\overline{HA}}{n'} = \frac{\overline{HA_1}}{n}$ et pour le dioptre $D_2(n, n', H') : \frac{\overline{H'A_1}}{n} = \frac{\overline{H'A'}}{n'}$. L'image A' de l'objet A donnée par la lame à faces parallèles est donnée par :

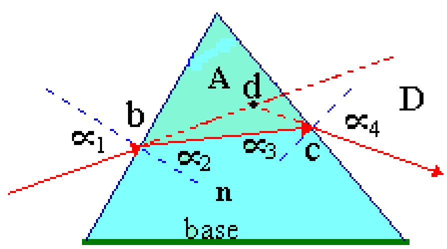
$$\overline{AA'} = \overline{AH} + \overline{HH'} + \overline{H'A'} = \left(\frac{n'}{n}\right)\overline{A_1H} + \overline{HH'} + \left(\frac{n'}{n}\right)\overline{H'A_1} = \overline{HH'}\left(1 - \frac{n'}{n}\right)$$

Donc : $\overline{AA'} = e\left(1 - \frac{n'}{n}\right)$

- Le déplacement objet - image s'effectue vers la lame.

Exemple :

4. Le prisme
   a. Définition : un prisme est un milieu transparent d'indice n limité par deux dioptres plans non parallèles faisant entre eux un angle A dit angle au sommet.



   b. Relations du prisme

- $n_1 sin\alpha_1 = n sin\alpha_2$
- $n_1 sin\alpha_4 = n sin\alpha_3$
- A partir du triangle abc : $A + \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_2\right) + \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_3\right) = \pi \Rightarrow A = \alpha_2 + \alpha_3$
- A partir du triangle bcd : $(\pi - D) + (\alpha_1 - \alpha_2) + (\alpha_4 - \alpha_3) = \pi$

$$\Rightarrow D = \alpha_1 + \alpha_4 - A$$

   c. Condition d'émergence

- L'angle de réfraction à l'intérieur du prisme (α_2) doit être inférieur à l'angle de réfraction limite β (β est le max de α_3) : $\alpha_2 < \beta$

- L'émergence n'a lieu que si : $\alpha_0 < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}$; $n_1 sin\alpha_0 = nsin(A - \beta)$. α_0 est l'angle d'incidence limite (α_0 est le min de α_1)

   d. <u>Étude de la déviation</u>

- La déviation dépend de A, n et α_1 : D = f(A, α_1,n).
- D décroît avec A et passe par un minimum D_m pour une valeur α_m située dans l'intervalle [α_0 , π/2]. Si le rayon émergent de l'angle d'incidence limite (α_0) est parallèle à la base du prisme, la déviation correspondante est dite déviation minimale.
- Au minimum de déviation :

  - $\alpha_1 = \alpha_4 = \alpha_m$
  - $\alpha_2 = \alpha_3 = \frac{A}{2}$
  - $D_m = 2\alpha_m - A$
  - $n_1 sin\alpha_m = nsin\alpha_2 \Rightarrow n_1 sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right) = nsin\left(\frac{A}{2}\right)$

$$\Rightarrow n = n_1 \left(\frac{sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{sin\left(\frac{A}{2}\right)} \right)$$

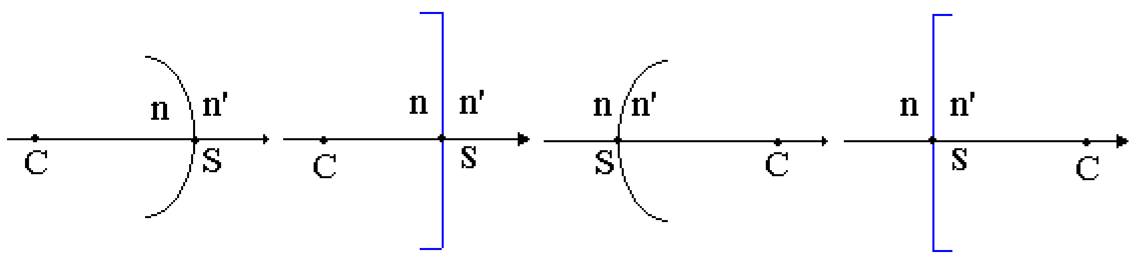
Exemple : un prisme a pour angle au sommet A=30°.

III. Éléments à faces sphériques

1. Le dioptre sphérique

a. Définition :

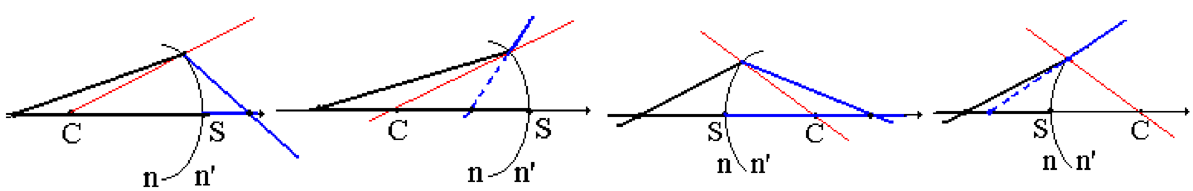
- un dioptre sphérique est un ensemble de deux milieux transparents séparés par une surface sphérique.
- Il est caractérisé par son centre C (centre de la sphère le contenant), son sommet S et son axe principal (droite passant par S et C).
- Lorsque la lumière se propage du milieu d'indice n, contenant le centre du dioptre, vers le milieu d'indice n', le dioptre est dit concave (les rayons lumineux se dirigent de C vers S) sinon il est dit convexe (les rayons lumineux se dirigent de S vers C).



concave convexe

b. Image d'un point ponctuel :

- Pour déterminer l'image A', de l'objet ponctuel A, il suffit de tracer la marche de deux rayons lumineux issus de A. Par exemple, les rayons (1) et (2). L'image A' est donnée par l'intersection des rayons émergents (1') et (2') ou de leurs prolongements.



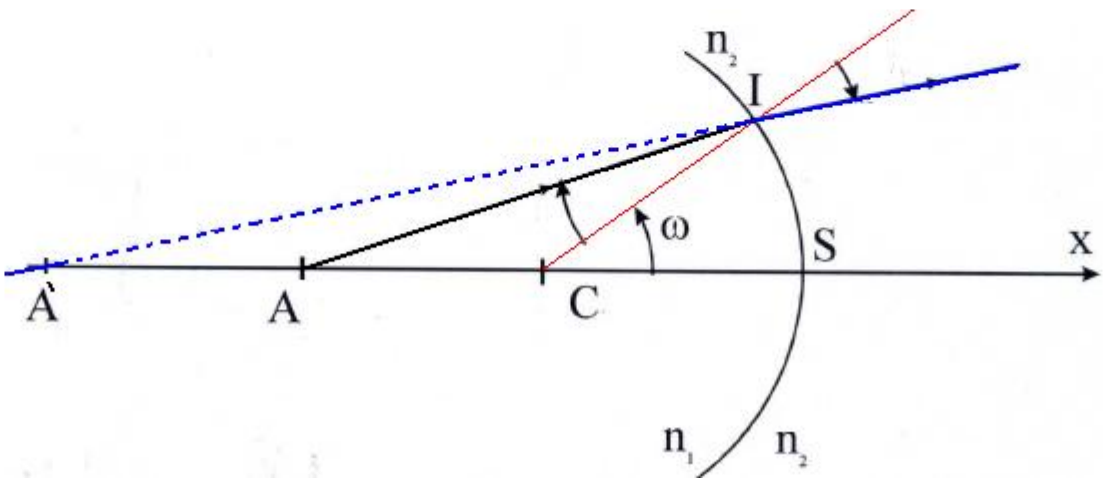
c. Relation de conjugaison objet – image : (sens positif conventionnel de la gauche vers la droite).

D'après la loi des sinus, on peut écrire : $\frac{a}{sin\alpha} = \frac{b}{sin\beta} = \frac{c}{sin\gamma}$ avec $\frac{a}{\sin(\pi - \alpha)} = \frac{a}{sin\alpha}$

Dans le triangle (CIA) : $\frac{\overline{AI}}{\sin(\pi - w)} = \frac{\overline{AI}}{sinw} = \frac{\overline{AC}}{sin\alpha}$

Dans le triangle (CIA') : $\frac{\overline{A'I}}{\sin(\pi - w)} = \frac{\overline{A'I}}{sinw} = \frac{\overline{A'C}}{sin\beta}$

Donc : $sinw = \left(\frac{\overline{AC}}{\overline{AI}}\right) sin\alpha = \left(\frac{\overline{A'C}}{\overline{A'I}}\right) sin\beta$ et puisque : $n_1 sin\alpha = n_2 sin\beta$, on peut écrire : $\left(\frac{\overline{AI}}{n_1\overline{AC}}\right) = \left(\frac{\overline{A'I}}{n_2\overline{A'C}}\right)$



Et dans les conditions de Gauss (stigmatisme approché), c'est-à-dire les angles d'incidence sont très faibles, I est proche de S :

$$\left(\frac{\overline{AS}}{n_1\overline{AC}}\right) = \left(\frac{\overline{A'S}}{n_2\overline{A'C}}\right) \Rightarrow \left(\frac{\overline{CA}}{\overline{CA'}}\right).\left(\frac{n_1}{n_2}\right) = \left(\frac{\overline{SA}}{\overline{SA'}}\right)$$

- Origine au sommet : on remplace $(\overline{CA})$ par $(\overline{CS} + \overline{SA})$ et $(\overline{CA'})$ par $(\overline{CS} + \overline{SA'})$, on obtient la formule de conjugaison du dioptre sphérique dite formule de conjugaison avec origine au sommet, soit :

$$\frac{n_1}{\overline{SA}} - \frac{n_2}{\overline{SA'}} = \frac{n_1 - n_2}{\overline{SC}} \Rightarrow n_1\left(\frac{1}{\overline{SA}} - \frac{1}{\overline{SC}}\right) = n_2\left(\frac{1}{\overline{SA'}} - \frac{1}{\overline{SC}}\right)$$

- Origine au centre : on remplace $(\overline{SA})$ par $(\overline{SC} + \overline{CA})$ et $(\overline{SA'})$ par $(\overline{SC} + \overline{CA'})$, on obtient la formule de conjugaison du dioptre sphérique dite formule de conjugaison avec origine au centre, soit :

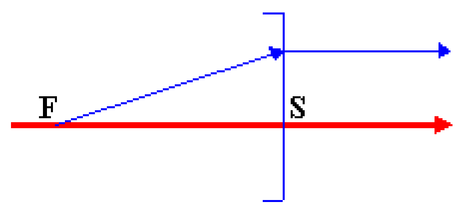
$$\frac{n_1}{\overline{CA'}} - \frac{n_2}{\overline{CA}} = \frac{n_1 - n_2}{\overline{CS}} \Rightarrow n_1\left(\frac{1}{\overline{CA'}} - \frac{1}{\overline{CS}}\right) = n_2\left(\frac{1}{\overline{CA}} - \frac{1}{\overline{CS}}\right)$$

Remarque : la formule de conjugaison du dioptre plan peut se déduire de celle du dioptre sphérique avec origine au sommet. en effet $\overline{SC} = \infty$ et S soit remplacer par H, donc : $n_1\left(\frac{1}{\overline{HA}} - \frac{1}{\infty}\right) = n_2\left(\frac{1}{\overline{HA'}} - \frac{1}{\infty}\right) \Rightarrow \frac{\overline{HA'}}{n_2} = \frac{\overline{HA}}{n_1}$

d. <u>Foyers - distances focales :</u>

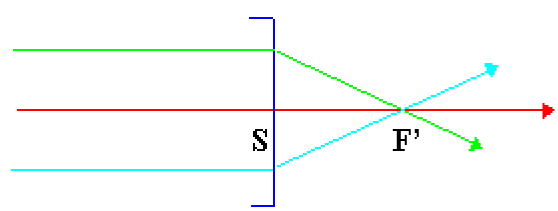
- Foyer objet F : point de l'axe auquel correspond une image à l'infini ; $\overline{SF}$ est la distance focale objet. A' à l'infini et A est à F, la relation de conjugaison devient :

$$n_1\left(\frac{1}{\overline{SF}} - \frac{1}{\overline{SC}}\right) = n_2\left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{\overline{SC}}\right) \Rightarrow \overline{SF} = \left(\frac{n_1}{n_1 - n_2}\right)\overline{SC}$$



- Foyer image F': point de l'axe image d'un point objet situé à l'infini ; $\overline{SF'}$ est la distance focale image. A à l'infini et A' est à F', la relation de conjugaison devient :

$$n_1\left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{\overline{SC}}\right) = n_2\left(\frac{1}{\overline{SF'}} - \frac{1}{\overline{SC}}\right) \Rightarrow \overline{SF'} = \left(\frac{n_2}{n_2 - n_1}\right)\overline{SC}$$



- La distance qui sépare le sommet S du dioptre sphérique de son foyer objet F est dite distance focale objet et notée f et la distance qui sépare le sommet S du dioptre sphérique de son foyer image F' est dite distance focale image et notée f'.

Remarques :

- Le dioptre est convergent si $\overline{SF'} > 0$;
- Le dioptre est divergent si $\overline{SF'} < 0$;
- F et F' sont toujours situés de part et d'autre du dioptre.
- Les plans, perpendiculaires à l'axe principal du dioptre sphérique, et qui contiennent les foyers objet F et image F', sont appelés plan focal objet et plan focal image respectivement.

e. Construction de l'image d'un objet ponctuel : Pour déterminer l'image A' d'un objet A, il faut au moins deux rayons.
Il existe, pour les dioptres sphériques, trois rayons particuliers :

- Un rayon lumineux qui passe par le centre C du dioptre n'est pas dévié ;
- Un rayon lumineux qui passe par le foyer objet F (ou dont le prolongement passe par F) ressort parallèlement à l'axe optique ;
- Un rayon lumineux qui arrive parallèlement à l'axe optique du dioptre émerge de ce dernier en passant par son foyer image F' (ou en semblant provenir de F').

Figures 3.1 et 3.2

f. Construction de l'image d'un objet non ponctuel : l'image $\overrightarrow{A'B'}$ d'un objet $\overrightarrow{AB}$, perpendiculaire à l'axe principal du dioptre, est également perpendiculaire à l'axe principal de ce dioptre. Pour la déterminer, il suffit de construire l'image B' de B et de déduire A' celle de A en traçant la perpendiculaire passant par B' à l'axe principal. L'image B' est définie par l'intersection d'au moins deux rayons lumineux issus de B et qui émergent du dioptre. En utilisant les propriétés des foyers et du centre du dioptre, on construit l'mage B'.

Figure 3.2 et 3.3

g. Grandissement : le grandissement est le rapport de la dimension algébrique de l'image $\overrightarrow{A'B'}$ à celle de l'objet $\overrightarrow{AB}$.

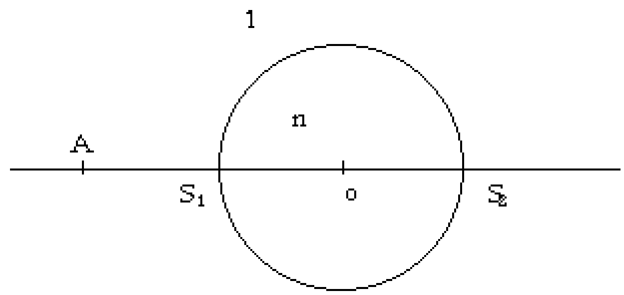
$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)\left(\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}\right)$$

- si $\gamma<0$: l'image est renversée par rapport à l'objet;
- si $\gamma>0$: l'image est droite par rapport à l'objet (même sens);

- si $|\gamma| = 1$: l'image est de même taille que l'objet;
- si $|\gamma| > 1$: l'image est agrandit par rapport à l'objet;
- si $0 < |\gamma| < 1$: l'image est réduite par rapport à l'objet;
- γ est sans dimension, $\overline{AB}$ et $\overline{A'B'}$ sont mesurés en mètre (m).

exemple : Soit une sphère d'indice n plongée dans l'air. En utilisant l'équation de conjugaison du dioptre sphérique avec origine au centre (conditions de Gauss), calculer la position de l'image de A à travers la sphère. A.N : n = 4/3 ; R = 3 cm ; OA = 6 cm.

corrigé :



$$\underset{1}{A} \xrightarrow[S_1]{D_1} \underset{n}{A'_1} \xrightarrow[S_2]{D_2} \underset{1}{A'}$$

pour le dioptre D_1*de sommet* S_1*on a :* $\dfrac{n}{\overline{OA}} - \dfrac{1}{\overline{OA'_1}} = \dfrac{n-1}{\overline{OS_1}} = \dfrac{1-n}{R}$ *(1)*

pour le dioptre D_2*de sommet* S_2*on écrira :* $\dfrac{1}{\overline{OA'_1}} - \dfrac{n}{\overline{OA'}} = \dfrac{1-n}{\overline{OS'_2}} = \dfrac{1-n}{R}$ *(2)*

(1) + (2) ® $n(\dfrac{1}{\overline{OA}} - \dfrac{1}{\overline{OA'}}) = \dfrac{2(1-n)}{R}$

$$\frac{1}{\overline{OA}} - \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{2(1-n)}{nR}$$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} - \frac{2(1-n)}{nR} = \frac{nR - 2(1-n)}{nR.\overline{OA}}$$

$$\overline{OA'} = \frac{nR.\overline{OA}}{nR - 2(1-n).\overline{OA}}$$

A.N : $n = 4/3\, R = 3cm\, \overline{OA} = -6cm$*d'où* $\overline{OA'} = \infty\, A'$*est rejeté à l'infini donc* A*se trouve au foyer objet du système*

2. Le miroir sphérique
   a. Définition :

- Le miroir sphérique est une surface sphérique réfléchissante ;
- Il est caractérisé par son centre C, son sommet S et son axe principal ;
- Pour le miroir concave, la surface intérieure est réfléchissante et pour le miroir convexe c'est la surface extérieure qui est réfléchissante.
- Le miroir sphérique est un dispositif non stigmatique.

Figure d'un miroir concave et convexe

   b. Image d'un point ponctuel :

- Pour déterminer l'image A', de l'objet ponctuel A, il suffit de tracer la marche de deux rayons lumineux issus de A. L'image A' est donnée par l'intersection des rayons réfléchis et leurs prolongements.

Figure de l'image d'un point (concave et convexe)

- Il existe, pour les miroirs sphériques, trois rayons particuliers :
  - Un rayon lumineux (ou son prolongement) qui passe par le centre C du miroir (incidence nulle) est réfléchis dans la direction d'arrivée (angle de réflexion nulle) ;
  - Un rayon lumineux qui passe par le foyer est réfléchis parallèlement à l'axe principal ;
  - Un rayon lumineux qui arrive parallèlement à l'axe optique du miroir est réfléchis en passant par le foyer.

Figure des rayons particuliers

   c. Relations de conjugaison : Dans les conditions de Gauss, la formule de conjugaison d'un miroir sphérique est :

- Origine au sommet : $\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$
- Origine au centre : $\frac{1}{\overline{CA}} + \frac{1}{\overline{CA'}} = \frac{2}{\overline{CS}}$

   d. Foyers : Les foyers objet F et image F' sont confondus : $\overline{SF} = \overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2} = \frac{R}{2}$

Figure de foyers

e. <u>Construction de l'image d'un objet non ponctuel</u> : l'image A'B' d'un objet AB, perpendiculaire à l'axe principal du miroir, est également perpendiculaire à l'axe principal de ce miroir. Pour la déterminer, il suffit de construire l'image B' de B et de déduire A' celle de A en traçant la perpendiculaire passant par B' à l'axe principal. L'image B' est définie par l'intersection d'au moins deux rayons lumineux issus de B et qui réfléchirent du miroir. En utilisant les propriétés des foyers et du centre du miroir, on construit l'mage B'.

<u>Figures miroirs concaves et convexe</u>

f. <u>Grandissement</u> : c'est le rapport de la dimension algébrique de l'image $\overrightarrow{A'B'}$ à celle de l'objet $\overrightarrow{AB}$.

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$$