Base de physique pour la SVT

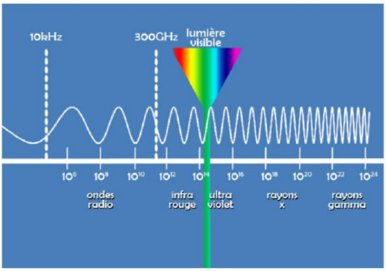
L'optique

Introduction

Etude de l'optique pour comprendre les phénomènes de propagation des rayons lumineux dans les instruments d'optique et pour des analyses de biologie/technologie.

L'optique physique (ou ondulatoire) prend en compte l'aspect ondulatoire de la lumière pour expliquer les phénomènes de propagation optique. > Lumière : **onde électromagnétique qui se propage sans support** (sans déplacement de matière) : le photon n'a pas de masse = quasi-particule. L'énergie du photon est caractérisée par la formule : $E = h \cdot \nu$ où nu = fréquence et h = la constante de Planck soit 6,62 x 10^{-34} J.s.

Onde : **perturbation qui se propage**.



Énergie	E
Fréquence	ν (avec $E = h\nu$)
Période	T (avec $T = 1/\nu$)
Longueur d'onde	$\lambda = vT$
v = vitesse propagation dans le milieu	

Figure 1 : Spectre électromagnétique

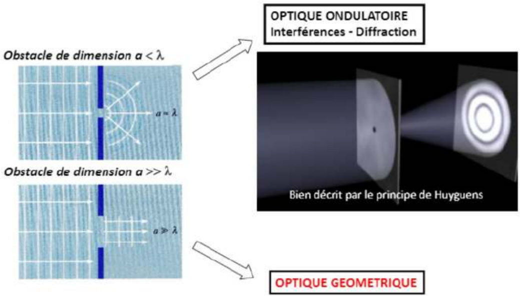
Spectre du visible entre 800 (rouge) et 400 (violet) nm.

Onde électromagnétique	Application
Rayons X	Imagerie médicale
Rayons UV	Banc solaire
Lumière visible	Vision
Infrarouges	Chauffage
Fréquences extrêmement hautes	Radars
Fréquences super hautes	Alarme anti-intrusion
Fréquences ultra hautes	Portables
Très hautes fréquences	Télévision
Hautes fréquences	Soudage
Fréquences moyennes	Radio diffusion MO-PO
Basses fréquences	Tours à induction

Très basses fréquences	Radio-communication
Fréquences audio	Chauffage par induction
Extrêmement basses fréquences	Electroménager

L'optique géométrique :

Dans ce cours on va faire une étude approchée de la propagation de la lumière, basée sur la notion de rayons lumineux à travers les systèmes optiques et la formation des images. La taille d'un objet >> à la longueur d'onde λ.



Les ondes électromagnétiques se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière :

$$\boxed{c = 2{,}99792 \,.\, 10^8 \text{ m/s} \simeq 3 \,.\, 10^8 \text{ m/s} \simeq 300000 \text{ km/s}}$$

Le son se propage environ 1 million de fois moins vite > on voit le tonnerre avant de l'entendre.

Chapitre 2 – Lois de Descartes, dispersion – images et objets réel ou virtuel, dioptre plan, prisme et application à la réfractométrie

Lois de Descartes

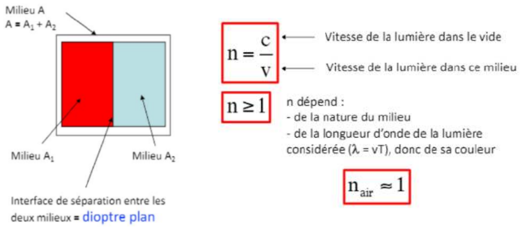
La lumière est fournie par une source lumineuse (soleil, lampe, LED, LASER etc.). Elle **traverse le vide sans aucune modification**.

Lorsque la source de lumière est à l'infini (soleil), les rayons lumineux qui arrivent vers l'observateur sont parallèles. Enfin lorsqu'elle est à une distance finie, les rayons se dirigent sous forme de cloche.

Un objet éclairé peut stopper la lumière (éclipses) ou la diffuser (brouillard), ou encore l'absorber (lunettes solaires) et enfin émettre de la lumière (phosphorescence).

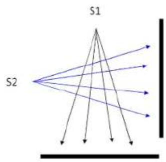
3 principes :

- **Propagation rectiligne de la lumière dans un milieu homogène** (les propriétés de la lumière sont toutes identiques dans ce milieu) :

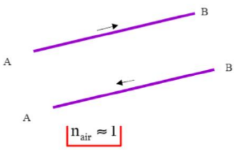


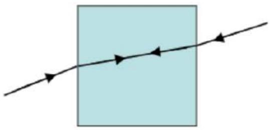
Le milieu A n'est pas homogène ; les milieux A1 et A2 sont homogènes**. Un milieu homogène est un milieu d'indice de réfraction n constant**.

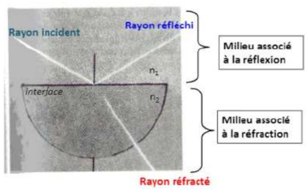
- **L'indépendance des rayons lumineux** : il n'y a aucune interférence entre des rayons qui se croisent.



- **Le retour inverse de la lumière** : le trajet lumineux de A → B est identique au trajet B → A.



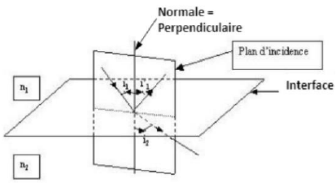




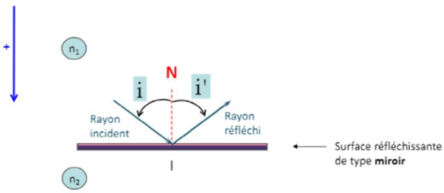
Rayon réfracté : **rayon qui subit un changement de direction en traversant l'interface** (= surface de séparation) **entre deux milieux transparents d'indices de réfraction n_1 et n_2 différents**.

Lois de Descartes

- **Première** : **les trois rayons incident, réfléchi et réfracté, sont tous dans le même plan**, appelé plan d'incidence. **Le plan d'incidence est formé par le rayon incident et la normale** (perpendiculaire, dans un schéma la première chose à faire est de tracer la normale) **à la surface de séparation** (interface) **entre les deux milieux d'indices de réfraction n_1 et n_2 différents**.

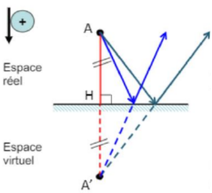


- **Deuxième (réflexion)** : **l'angle de réflexion est égal et opposé à l'angle d'incidence. On a i = - i'** mais on ne tient pas compte du signe donc **i = i'**. Les angles se définissent toujours par rapport à la normale N.



Soit A un point placé dans l'espace objet réel d'un miroir plan :

$$\text{Objet A} \xrightarrow{M} \text{Image A}'$$



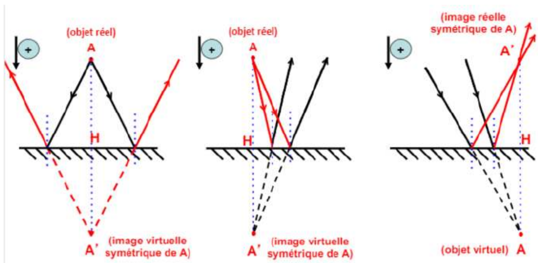
Point objet (objet ponctuel) : **point d'où sont issus les rayons incidents, se dirigeant vers le système optique par rapport au sens de propagation de la lumière**. Ici, l'objet est dans l'espace réel alors on a un objet réel.

Point image (image ponctuelle) : **point d'où sont issus les rayons émergents, qui sortent du système optique par rapport au sens de propagation de la lumière**. Ici, l'image est dans l'espace virtuelle alors on a une image virtuelle.

L'image A' d'un point objet A donnée par un miroir plan est le point symétrique de A par rapport au miroir > AH = A'H. A' est appelée image virtuelle de l'objet réel A.

Le miroir plan est le seul système optique rigoureusement stigmatique pour tous les points de l'espace : tous les rayons issus de A arrivant sur le miroir se réfléchissent en passant par A' donc l'image d'un point est un point.

Miroir plan et tracé de rayons lumineux :



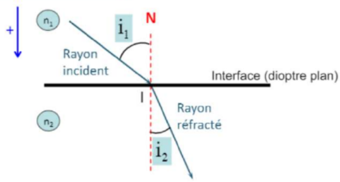
Règles : on utilise le sens des flèches sur les rayons déjà placés et les traits.

- Les rayons arrivant sur le miroir proviennent de l'objet A.
- Ceux qui sortent proviennent de l'image A'.
- Une fois qu'on a la position de A alors A' (et inversement) s'obtient par symétrie par rapport au miroir AH = A'H.
- Ensuite les rayons à tracer proviennent de A' pour ressortir du miroir ou proviennent de A pour arriver sur le miroir.

- 3ème loi (réfraction) : **Pour deux milieux transparents donnés**, d'indices de réfraction n_1 et n_2, **séparés par une interphase de type dioptre plan**, **le rapport du sinus de l'angle d'incidence i_1 au sinus de l'angle i_2 est constant**.

$$\boxed{n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2}$$

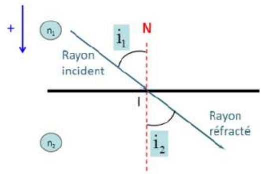
Les angles se définissent entre les rayons et la normal.



Cas 1 : les deux milieux ont le même indice de réfraction.

$$n_1 = n_2 \Rightarrow \sin i_1 = \sin i_2 \Rightarrow i_1 = i_2$$

Le rayon n'est pas dévié quel que soit la valeur de l'angle d'incidence. Utilisé en microscopie optique avec les objectifs à immersion.



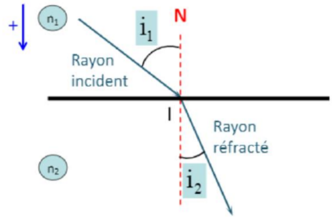
Cas 2 : le milieu 2 est plus réfringent que le 1. $n_2 > n_1 \Leftrightarrow n_1 < n_2$. Le milieu de réfraction est donc plus réfringent que le milieu d'incidence.

$$\Rightarrow \sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} . \sin i_1$$

$$\text{avec } \frac{n_1}{n_2} < 1$$

$$\Rightarrow \sin i_2 < \sin i_1$$

$$\Rightarrow i_2 < i_1$$



Le rayon réfracté dans un milieu plus réfringent que le milieu incident se rapproche de la normale il est donc dévié. Il y a toujours un rayon transmis. **Pour $i_1 = 90°$, incidence rasante, i_2 est appelé angle limite de réfraction**.

Exemple :
milieu 1 : air, $n_1 = 1$, milieu 2 : eau douce, $n_2 = 1,33$

Calculer i_2 pour $i_1 = 20°$ → $i_2 = 14,90°$

Calculer i_2 pour $i_1 = 90°$ → $i_2 = 48,75°$

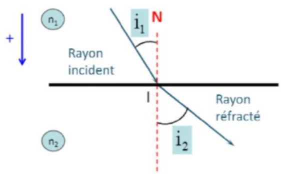
Cas 3 : le milieu 2 est moins réfringent que le 1. $n_2 < n_1 \Leftrightarrow n_1 > n_2$. Le milieu de réfraction est donc moins réfringent que le milieu d'incidence.

$$\Rightarrow \sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} . \sin i_1$$

$$\text{avec } \frac{n_1}{n_2} > 1$$

$$\Rightarrow \sin i_2 > \sin i_1$$

$$\Rightarrow i_2 > i_1$$

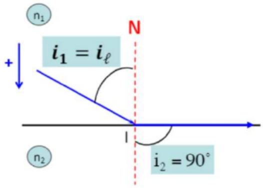


Le rayon réfracté dans un milieu moins réfringent que le milieu incident s'éloigne de la normale (il arrive plus vite à sa limite de 90° donc il n'existe pas toujours de rayon transmis).

Ex : milieu 1 : eau, $n_1 = 1{,}33$ / milieu 2 : air, $n_2 = 1$. Calculer i_2 pour $i_1 = 20°$ et $90°$.

L'angle limite d'incidence $i_1 = i_l$ est calculé avec $\sin i_2 = 1$, ce qui correspond à $i_2 = 90°$. On dit alors qu'il y a émergence rasante. On parle d'émergence rasante quand l'angle de réfraction vaut 90°.

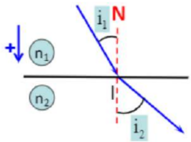
$$\boxed{\Rightarrow \sin i_\ell = \frac{n_2}{n_1}}$$



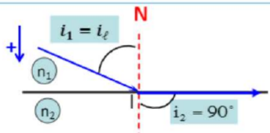
$I_l = 48{,}75°$

<u>Récap</u> :

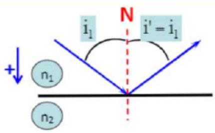
• Si $i_1 < i_\ell$ alors $\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} . \sin i_1$
⇒ le rayon réfracté existe



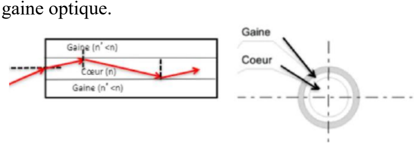
• Si $i_1 = i_\ell$ alors $i_2 = 90°$
⇒ il y a émergence rasante



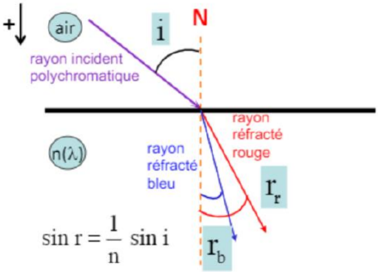
• Si $i_1 > i_\ell$ alors i_2 ne peut pas être calculé
⇒ il y a réflexion totale

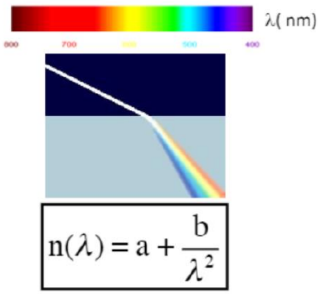


Application à la réflexion totale : fibre optique : pour guider la lumière, la fibre utilise le phénomène de réflexion totale qui se produit à l'interface entre deux milieux d'indices différents : le cœur et la gaine optique.



Dispersion chromatique : pour un milieu donné, l’indice de réfraction dépend de la longueur d’onde de la lumière qui le traverse : il y a dispersion de la lumière.



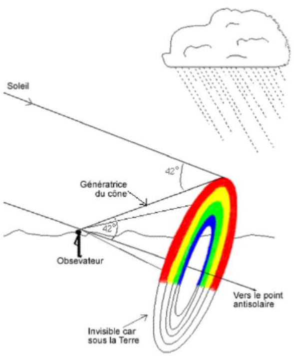


$$\lambda_{rouge} > \lambda_{bleu} \;\longrightarrow\; n_{rouge} < n_{bleu} \;\longrightarrow\; r_{rouge} > r_{bleu}$$

Quand on donne un seul indice de réfraction n pour un milieu sans préciser, c’est l’indice moyen du milieu pour la lumière blanche.

L’arc-en-ciel est un phénomène naturel de la dispersion chromatique. C’est une illusion d’optique due à la dispersion de la lumière du soleil par les gouttes d’eau, avec un angle de déviation maximal compris entre 40 et 42,4 degrés.

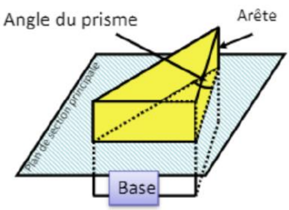
Les gouttes d’eau qui envoient de la lumière vers l’observateur sous une déviation d’environ 42° (rouge) sont plus hautes que celles lui envoyant de la lumière sous une déviation de 40° (bleu) > la lumière venant des gouttes d’eau hautes est plus rouge aux yeux de l’observateur que celle venant des gouttes plus basses, apparaissant plus bleue. Le rouge est à l’extérieur et le bleu à l’intérieur. Les rayons lumineux forment des cônes, dont le sommet correspond aux yeux de l’observateur et dont l’axe est le rayon solaire passant par les yeux de l’observateur.

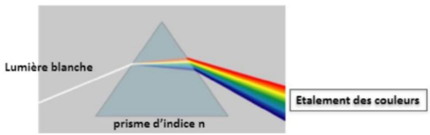


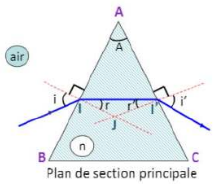
Le "point antisolaire" est le point situé à l'infini (dans la direction opposée au soleil) sur la droite passant par les yeux de l'observateur et parallèle aux rayons solaires, c'est-à-dire sur l'axe des cônes décrits ci-dessus.

Le prisme : milieu homogène et transparent d'indice de réfraction n limité par deux dioptres plans non parallèles. L'intersection de ces dioptres constitue l'arête du prisme. Il réalise deux actions :

- **La déviation de la lumière** aux deux interfaces d'entrée et de sortie (exactement de la même manière à cause du retour inverse de la lumière). Le prisme dévie la lumière vers sa base.
- **L'étalement des couleurs** à cause de la dispersion.







Soit un prisme ABC, d'angle au sommet A et d'indice de réfraction n, placé dans l'air d'indice de réfraction égal à 1.

Attention les angles i, r, r' et i' sont toujours positionnés dans cet ordre pour que les formules du prisme soient valides.

Réfraction au point d'incidence I

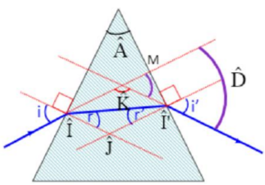
$$\sin i = n \sin r$$

Réfraction au point d'émergence I'

$$n \sin r' = \sin i'$$

$$A = r + r'$$

Déviation d'un rayon incident par un prisme :



Si on prolonge le rayon incident vers l'avant et le rayon émergent vers l'arrière par rapport au sens de propagation de la lumière, les deux rayons se coupent au point K et définissent l'angle de déviation D. D est l'angle de déviation du rayon incident après sa traversée du prisme.

$$D = i + i' - A$$

La déviation D est l'angle dont le prisme dévie les rayons lumineux. Le rayon émergent est toujours dévié vers la base du prisme ($D > 0$). Puisque l'indice de réfraction n du prisme dépend de la longueur d'onde λ de la lumière incidente, par la relation :

$$\boxed{n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2}}$$

Alors l'angle de déviation D dépend aussi de la couleur de la lumière qui traverse le prisme par le phénomène de dispersion de la lumière.

Conditions d'émergence :

- 1ère : Le rayon incident pénètre dans le prisme quel que soit l'angle d'incidence i si le prisme est placé dans l'air, puisque $n > 1$. En revanche, le rayon émergent ne ressort sur la surface de sortie que si la réfraction (vers un milieu moins réfringent ici) est possible. La condition correspondante pour l'angle d'incidence i s'appelle : la première condition d'émergence :

$$\boxed{i_0 \leq i < 90° \text{ avec } \sin i_0 = n \sin(A - r'_l) \text{ et } r'_l = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)}$$

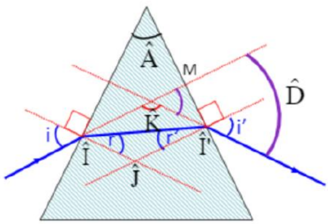
  - **Si $i \geq i_0$ il y a réfraction en I' sur la face d'émergence du prisme et la déviation existe**
  - **Si $i < i_0$ il y a réflexion totale en I' vers l'intérieur du prisme.**

- 2ème : on la déduit :

$$\boxed{A = r + r' \leq 2r'_l}$$

Exemple :
Si n = 1,5 (indice typique d'un verre), on trouve :
$r'_l = \arcsin(1/n) = 41{,}8°$
La 2ème condition $A \leq 2r'_l$ donne : $A \leq 83{,}6°$
On peut prendre une valeur typique A = 60°

La 1ère condition est $i_0 \leq i < 90°$ dans laquelle $\sin i_0 = n \sin(A - r'_l)$.
La 1ère condition s'écrit alors $28° \leq i < 90°$



La 1ère condition est expérimentale. L'utilisateur la change en éclairant le prisme de manière suffisamment oblique pour que la lumière ressorte par la face de sortie.
La 2ème condition est liée à l'appareil de mesure (ici l'angle au sommet du prisme).

Récap :

Il existe 4 relations fondamentales du prisme permettant de calculer les 4 angles inconnus (r, r', i', D) en fonction de ceux connus (i, n, A).

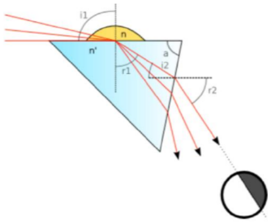
$$\sin i = n \sin r$$
$$A = r + r'$$
$$\sin i' = n \sin r'$$
$$D = i + i' - A$$

Pour le prisme, les quantités (i, r, r', i', D, A) sont des angles.
Ex : on en déduit l'angle de déviation D (i, A, n).

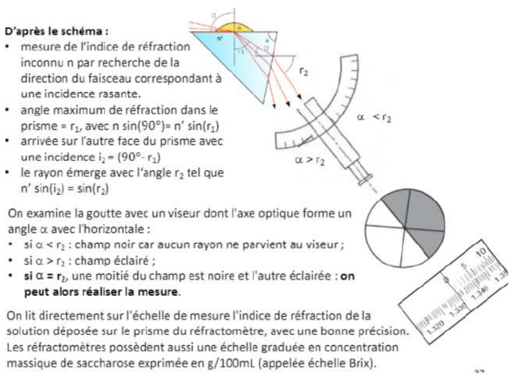
Application à la réfractométrie :

Le réfractomètre permet la mesure directe d'indices de réfraction de liquides, fluides visqueux, gel etc.

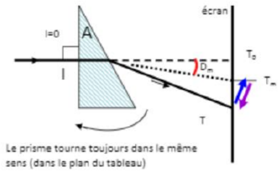
- Réfractomètre de Pulfrich, A = 90°
- Réfractomètre d'Abbe, A = 60°



Une goutte du liquide à tester (jaune), d'indice de réfraction inconnu n, est déposée sur un prisme d'indice de réfraction connu n', avec n' > n. On éclaire le système avec une lumière monochromatique en incidence rasante. Un viseur en sortie de prisme permet de voir la limite (très nette) entre la plage sombre et celle illuminée. En connaissant la position de cette limite et l'indice du prisme n', on peut mesurer l'indice n de l'échantillon.



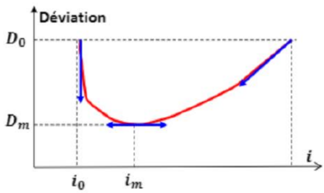
Etude de la déviation :



On fait tourner le prisme autour de son arête dans le sens de la flèche et l'angle d'incidence croît régulièrement.

La tache T se déplace sur l'écran suivant le trajet ↗ puis reste un instant stationnaire en T_m pour se déplacer finalement en sens inverse suivant le trajet ↙

L'expérience montre qu'il existe une valeur $\boldsymbol{i_m}$ de l'angle d'incidence $\boldsymbol{i}$ qui rend la déviation $\boldsymbol{D}$ minimale.



Quand i varie, D décroît, passe par un minimum D_m et croît de nouveau ensuite.
D_m est l'angle minimum de déviation

Après calculs, la seule solution acceptable est :

$$i = i' = i_m = \frac{A + D_m}{2} \Rightarrow r = r' = \frac{A}{2}$$

En substituant dans $\boldsymbol{\sin i = n \sin r}$ on obtient la **formule de Fraunhofer**, utile pour mesurer l'indice du prisme :

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

Mesurer $\boldsymbol{D_m}$ revient à mesurer $\boldsymbol{n}$. Un prisme peut donc être vu comme un appareil de mesure d'indices de réfraction.

38

Loi de Cauchy : variation de l'indice n avec la longueur d'onde λ.

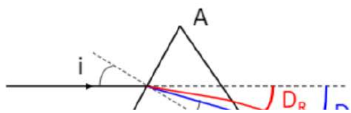
$$\boxed{n = a + \frac{b}{\lambda^2}}$$

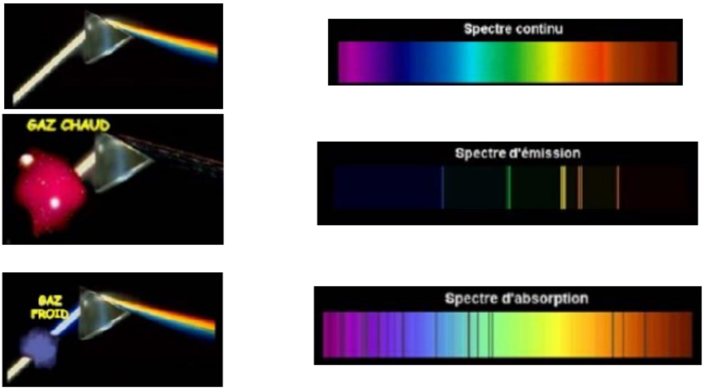
Donc n diminue quand λ augmente.

<u>Exemple</u> : cas des rayons rouge et bleu, avec $\lambda_R > \lambda_B$

$$\Rightarrow n_R < n_B$$

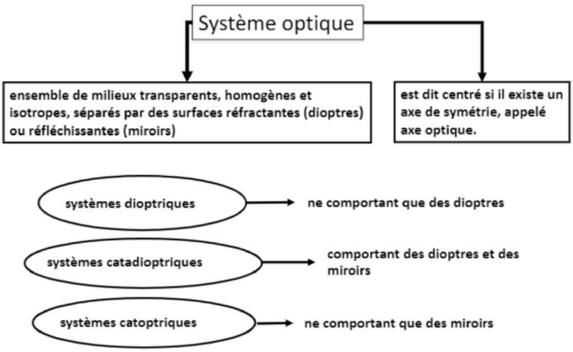
$$\sin r_R = \frac{\sin i}{n_R} \quad \text{et} \quad \sin r_B = \frac{\sin i}{n_B}$$





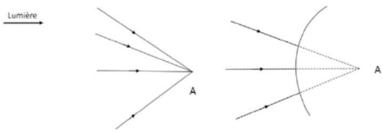
Images et objets réels ou virtuels :

Nature de l'objet : réel ou virtuel ?



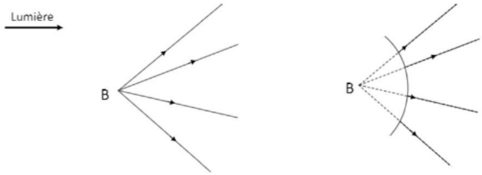
<u>Faisceaux lumineux</u> :

- **Convergents** : la lumière converge vers un même point.



Objet réel et objet virtuel.

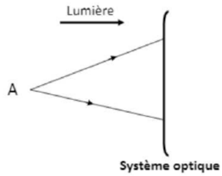
- **Divergents** : la lumière diverge d'un même point.



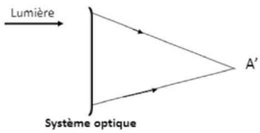
Objet réel et objet virtuel.

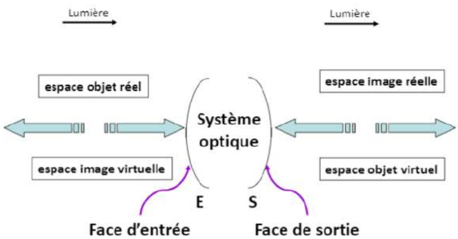
<u>Point objet et point image</u> :

- **Point objet A** : **c'est le point d'intersection des rayons incidents.**

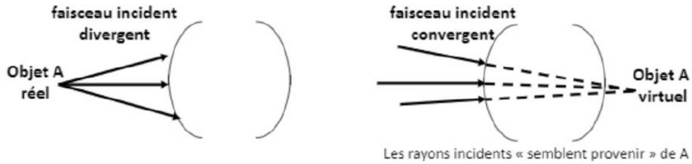


- **Image ponctuelle ou point image A'** : **c'est le point d'intersection des rayons émergents**.



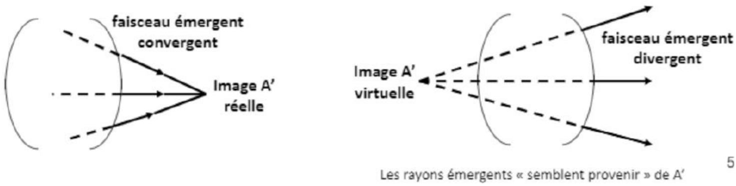


Un objet est dit réel s'il est situé dans l'espace objet réel, il est dit virtuel dans le cas contraire.



<u>Remarque</u> : un objet virtuel est en fait une image réelle créée par un autre système optique. On intercale le système à étudier entre le 1er système et l'image qu'il a donnée de l'objet.

Une image est dite réelle si elle est située dans l'espace image réelle, elle est dite virtuelle dans le cas contraire.



Dans le cas d'une image réelle A', les rayons émergent passent effectivement par A' après avoir traversé le système > on peut observer une image réelle sur l'écran (schéma ci-dessus à gauche).

Dans le cas d'un objet virtuel ou d'une image virtuelle, il est nécessaire de prolonger les rayons (par des rayons virtuels tracés en pointillés) pour trouver leur intersection > **on ne peut pas observer une image virtuelle sur un écran, mais on peut la voir en regardant à travers le système optique**.

<u>Stigmatisme</u> :

- **Rigoureux** : un système optique est rigoureusement stigmatique pour un point lumineux A si tous les rayons lumineux émergents, ou leurs prolongements, convergent exactement en un même point A'. On parle également de stigmatisme rigoureux lorsque la position de l'image est indépendante de l'angle d'incidence. Le miroir plan est rigoureusement stigmatique en tous points de l'espace. C'est le seul système optique dans ce cas-là.
- **Approché** : si tous les rayons lumineux émergents, ou leur prolongement, convergent approximativement en un point A'. Pour l'obtenir il faut se placer dans les conditions de Gauss, on a alors :

$$\sin i \sim i, \qquad \cos i \sim 1, \qquad \tan i \sim i$$

Le dioptre plan : l'interface plane séparant deux milieux transparents d'indice n_1 et n_2.

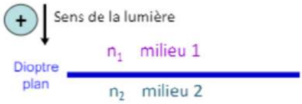
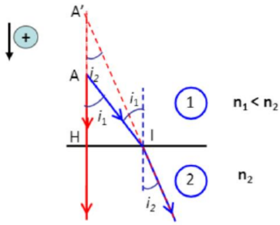


Image d'un point par un dioptre plan : soit A un point objet.

Son image A' (si elle existe au sens du stigmatisme rigoureux ou rapproché), ne pourra se trouver que sur la normale au dioptre plan passant par A car tout rayon incident normal au dioptre n'est pas dévié.

$$\underset{(n_1)}{\text{Objet A}} \xrightarrow{DP} \underset{(n_2)}{\text{Image A'}}$$

Une image est définie par l'intersection d'au moins deux rayons.



Le rayon normal au plan du dioptre et passant par l'objet A n'est pas dévié.

Un rayon quelconque issu de A suit la loi de Descartes pour la réfraction. $N_1 < n_2$ donc réfraction toujours possible et $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.

Les rayons émergents semblent provenir de l'image A'.

On définit le lien entre les distances AH et A'H pour obtenir la formule de conjugaison du dioptre plan. Afin que cette formule soit valide quel que soit le sens de la lumière, on utilise les mesures algébriques qui sont des distances définies positives dans le sens de la lumière et négatives dans le sens opposé. Ici :

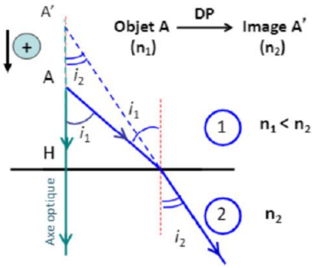
$$\overline{AH} = -\overline{HA} \text{ avec } \overline{AH} > 0 \text{ et } \overline{HA} < 0$$
$$\overline{A'H} = -\overline{HA'} \text{ avec } \overline{A'H} > 0 \text{ et } \overline{HA'} < 0$$

Formule de conjugaison du dioptre plan :

Elle donne une relation entre la position de l'image A' et la position de l'objet A, en fonction d'un point particulier du système.

- Pour le dioptre plan, le point particulier s'appelle H.
- H est l'intersection entre le dioptre plan et l'axe optique.
- La formule de conjugaison s'obtient en prenant l'objet A positionné sur l'axe optiqu.
- L'image A' sera elle aussi positionnée sur l'axe optique.

$$\frac{n_1}{\overline{HA}} - \frac{n_2}{\overline{HA'}} = 0$$



Formule de conjugaison

$$\frac{n_1}{\overline{HA}} = \frac{n_2}{\overline{HA'}}$$

H est l'intersection entre le dioptre plan et l'axe optique. Donc on a $\overline{HA} < 0$.

$\overline{HA}$ et $\overline{HA'}$ sont orientés algébriquement et toujours de même signe.

L'image d'un objet est toujours située du même côté que l'objet par rapport au dioptre plan.

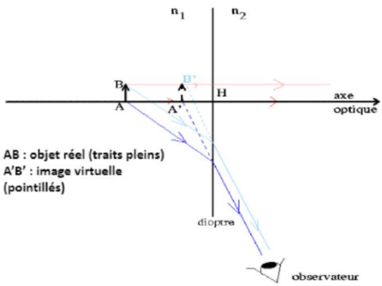
A un objet réel correspond à une image virtuelle et réciproquement.

Image par un dioptre plan d'un objet AB perpendiculaire à l'axe optique.

$$\underset{(n_1)}{\text{Objet A}} \xrightarrow{\text{DP}} \underset{(n_2)}{\text{Image A'}}$$

L'axe optique a un sens : la flèche indique le sens de la lumière.

Le système optique (ici dioptre plan) est perpendiculaire à l'axe optique.



L'objet AB est perpendiculaire à l'axe optique avec A placé sur l'axe. Il est représenté par une flèche vertical AB.

H est l'intersection entre le dioptre plan et l'axe optique.

On considère que le tracé est fait dans les conditions de Gauss.

On trace l'image B' de B. L'image A' de A se trouve alors sur l'axe optique, à l'aplomb de B' : l'image A'B' est aussi une flèche verticale.

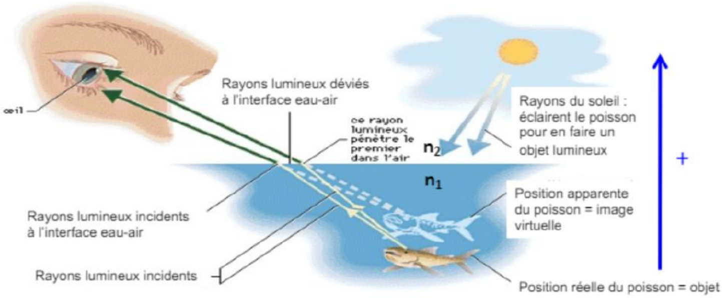
Conséquence sur la position de l'image :

On utilise la formule de conjugaison du dioptre plan :

$$\overline{HA'} = \frac{n_2}{n_1}\,\overline{HA}$$

Si $n_2 > n_1$ alors $\overline{HA'} > \overline{HA}$ et l'image est plus éloignée du dioptre plan que l'objet

Si $n_2 < n_1$ alors $\overline{HA'} < \overline{HA}$ et l'image est plus proche du dioptre plan que l'objet



Le grandissement du dioptre plan :

Le grandissement d'un système optique est le rapport de la taille de l'image sur la taille de l'objet :

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

Pour tous les types de dioptres on a une relation de la forme :

$\gamma = \frac{n_1}{n_2} . \frac{\overline{HA'}}{\overline{HA}}$ où H représente le point particulier du dioptre par rapport auquel on donne la formule de conjugaison, ici H, et ce sera S pour le dioptre sphérique.

On en déduit, pour le dioptre plan, par la formule de conjugaison, que le grandissement est dans tous les cas $\gamma = 1$.

⇨ Un objet et son image donnée par un dioptre plan ont la même taille.

Chapitre 3 – les dioptres sphériques – modélisation de l'œil emmétrope

Généralités sur les systèmes optiques

Pour tous les systèmes optiques étudiés (dioptres sphériques, lentilles minces, et les associations de systèmes optiques), on peut appliquer les règles et définitions concernant les faisceaux lumineux convergents et divergents, point objet et image, natures des objets et des images, déf (d'espace objet), image – réel ou virtuel.

Le stigmatisme approché : en dehors du miroir plan, aucun système optique n'est rigoureusement stigmatique.

Se placer dans les conditions de Gauss pour avec un stigmatisme approché :

- Utiliser des rayons peu inclinés sur l'axe > petits angles
- Utiliser un faisceau lumineux du point objet A qui soit étroit
- On peut alors approximer les angles *sin i ~ i, cos i ~ 1, tan i ~ i.*

Le système optique est alors dit stigmatique approché et l'image d'un point et un point.

Définition de l'infini pour un système optique :

- Des rayons // arrivant sur un SO = issus d'un point objet situé à l'infini.
- Des rayons parallèles sortant d'un système optique = donnant un point image situé à l'infini
- Tous les rayons // à l'axe optique peuvent être considérés comme provenant d'un point objet situé à l'infini sur l'axe optique.

En pratique le terme à l'infini indique une distance très grande devant des dimensions caractéristiques du système optique. Ex : TP > image lumineuse à qlqs mètres > un objet à l'infini.

On utilise la notion d'objet et image à l'infini pour définir les foyers objet et image d'un système optique.

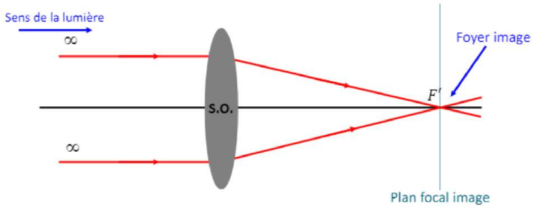
$$A \to \infty \xrightarrow{\text{Syst. Opt.}} A' = F'$$

Dans tous les cas le foyer image F' est formé à partir de l'intersection des rayons sortant du SO pour des rayons incidents // à l'axe optique.

Foyer image F' : image A' d'un objet ponctuel A à l'infini sur l'axe optique se forme en un point F' de cet axe appelé foyer image.

La distance focale image (ou distance focale) est définie comme mesure algébrique bt un point remarquable du SO et F'.

F' : **foyer image du SO, image ponctuelle sur l'axe optique d'un objet ponctuel à l'infini sur l'axe**.



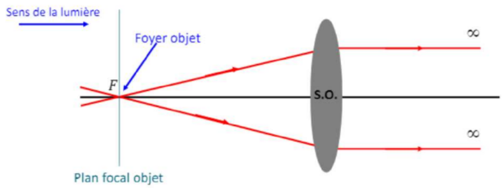
Foyer objet F :

Objet ponctuel A qui donne une image ponctuelle A' à l'infini sur l'axe optique est positionné en un point F de cet axe appelé foyer objet.

La distance focale objet est définie comme mesure algébrique bt un point remarquable du SO et F.

$$A = F \xrightarrow{\text{Syst. Opt.}} A' \to \infty$$

Dans tous les cas le foyer objet F = source des rayons qui arrivent sur le SO en ressortant dans le milieu émergent //èment à l'axe optique.



F **: point de l'axe optique dont l'image A' est un point à l'infini de l'axe optique**.

Rayons incidents // à l'axe optique correspondent à objet ponctuel à l'infini sur l'axe

/° Rayons émergents // à l'axe optique correspondent à image ponctuelle à l'infini sur l'axe

Plan focal image : chaque point image correspond à une direction particulière des rayons incidents //, dans le milieu objet. Les rayons incidents issus d'un objet ponctuel à l'infini mais non placé sur l'axe optique sont //. Ils ressortent en se croisant dans le plan focal image (intersection donnée par le rayon non dévié). Intersection du plan focal image avec l'axe optique = foyer F'.