

Licence Science de la Mer et de l'Environnement

Physique Générale

Chapitre 2 : Optique Géométrique

1- Introduction

Qu'est ce que la lumière ? Une onde, une particule ? Newton pensait que c'étaient des grains de particules. En fait la lumière est à la fois onde et particule. Suivant les problèmes traités, on la considère comme une onde ou comme une particule.

En optique géométrique la lumière se comporte comme des grains de lumière.

Dans le vide la lumière (en l'absence de gravitation-relativité générale) la lumière se déplace en ligne droite.

2- Vitesse de la lumière

C'est une constante dans le vide, $c=299\,792,458\text{ km/s} = 3 \cdot 10^8\text{ms}^{-1}$

Elle met environ une seconde pour aller de la terre à la lune, et 10 minutes du soleil à la terre.

Dans un milieu donné, la lumière se déplace à une vitesse plus faible v :

L'indice du milieu est donné par : $n = \frac{c}{v}$

L'indice relatif entre deux milieux est $n_{12} = \frac{n_1}{n_2}$

L'indice de l'air est $n_{air} \approx 1$

L'indice de l'eau $n=1,33$

L'indice du verre $n=1,5$

En réalité l'indice d'un milieu varie avec la longueur d'onde.

3 – Hypothèse fondamentale

Principe de Fermat

Pour aller de A à B, la lumière emprunte un chemin tel que AB soit stationnaire.

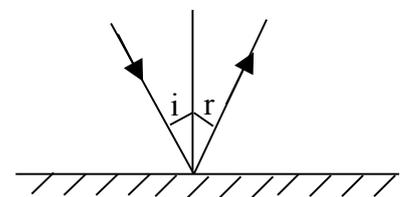
Conséquence : La lumière se propage en ligne droite dans le vide. En sens inverse la lumière suit le même chemin.

4 – Lois de Descartes (Snell)

Pour un miroir

L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence

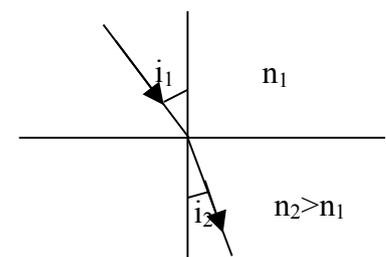
$$\hat{r} = \hat{i}$$



Pour la réfraction

a) Les deux rayons sont dans le même plan

b) $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$



L'angle limite :

C'est l'angle maximum lorsque le faisceau incident est rasant

$$n_1 \sin \frac{\pi}{2} = \sin i_L \quad \sin \frac{\pi}{2} = 1$$

Donc

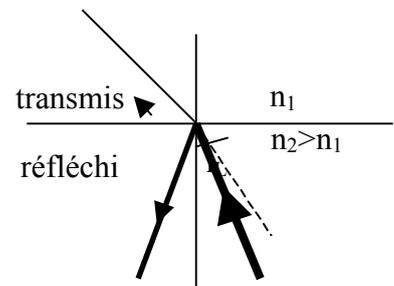
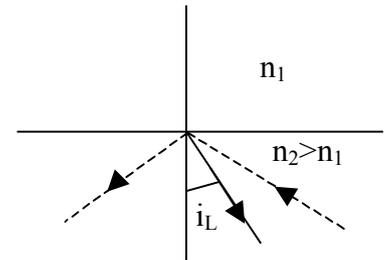
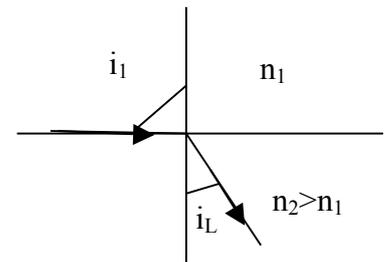
$$\sin i_L = \frac{n_1}{n_2}$$

Réflexion totale

Inversement un rayon venant du milieu n_2 vers le milieu n_1 ,
Si $i_2 > i_L$, il n'y a pas de rayon transmis, la lumière est
entièrement réfléchie.

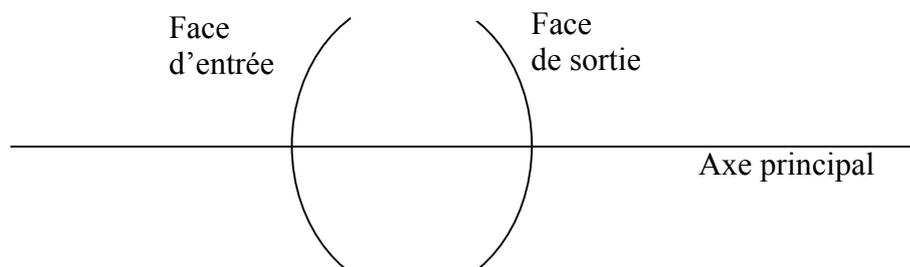
C'est pour cela qu'en plongeant dans la mer, on a l'impression
D'avoir un miroir au dessus de la tête. Le poisson ne voit pas le
pêcheur quand il est loin.

Dans le cas général, il y a toujours un faisceau transmis et un
faisceau Réfléchi dont l'intensité augmente avec l'angle
d'incidence.



5 – Système optique

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



6 – Notion d'objet et d'image

- Un point A a pour image A' si tous les rayons lumineux issus de A convergent vers A'. Si c'est le cas, on dit que le système est stigmatique. Les personnes astigmatiques voient plusieurs images à la fois.
- Les rayons réels sont ceux qui sont réellement suivis par la lumière
- Les rayons virtuels sont le prolongement de rayons réels.

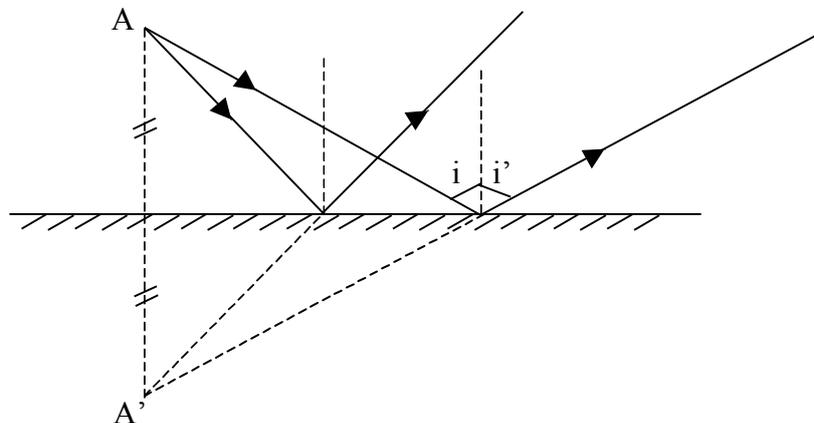
7 – Stigmatisme approché (conditions de stigmatisme de Gauss)

Les conditions de stigmatisme sont rares. Le stigmatisme approché est celui où l'image d'un point est assimilable à un point. Le stigmatisme approché a lieu quand le faisceau lumineux est étroit, et peu incliné sur l'axe optique.

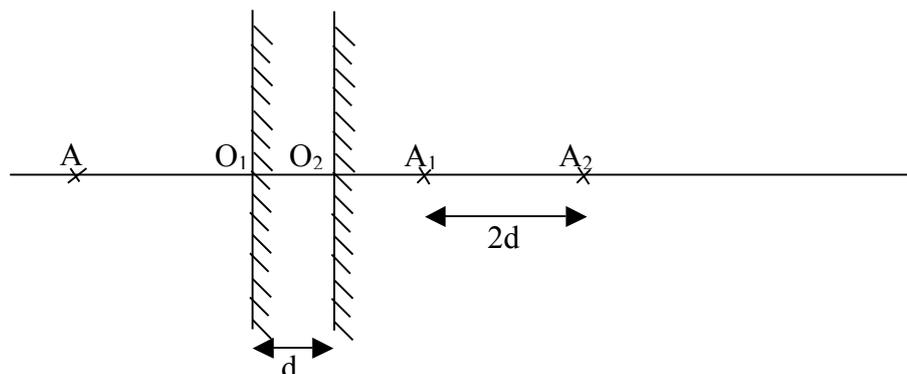
C'est pour cela qu'avec un appareil photo, l'image est plus nette quand le diaphragme est de petite dimension, mais en conséquence la qualité de lumière diminue. Les photos sont meilleures en plein jour avec du soleil, et une petite ouverture que dans la pénombre avec une grande ouverture.

8 – Le miroir plan

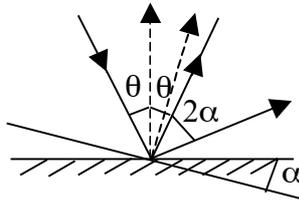
C'est une surface réfléchissante, en général un métal. Les romains utilisaient du cuivre poli. Ensuite on a déposé un métal sur la surface arrière d'une feuille de verre, en général de l'argent.



- Le miroir est un dispositif stigmatique
- Objet réel \rightarrow image virtuelle
Objet virtuel \rightarrow image réelle
- L'image est la même quel que soit le rayon choisi
- Déplacement du miroir : translation, l'image se déplace deux fois plus vite que l'objet.



- Rotation du miroir : Le rayon lumineux tourne d'un angle double du miroir.



9 – Le dioptre plan

Définition :

Un dioptre plan est constitué d'une surface plane séparant deux milieux d'indices différents.

Image d'un point

L'image de A_1 est A_2 .

On calcule facilement :

$$tgi_1 = \frac{HI}{HA_1}$$

$$tgi_2 = \frac{HI}{HA_2}$$

Donc : $HA_1 tgi_1 = HA_2 tgi_2$

Si l'angle i est petit :

$$tgi_1 = \sin i_1 \quad \text{et} \quad tgi_2 = \sin i_2$$

$$\text{donc} \quad HA_1 \sin i_1 = HA_2 \sin i_2$$

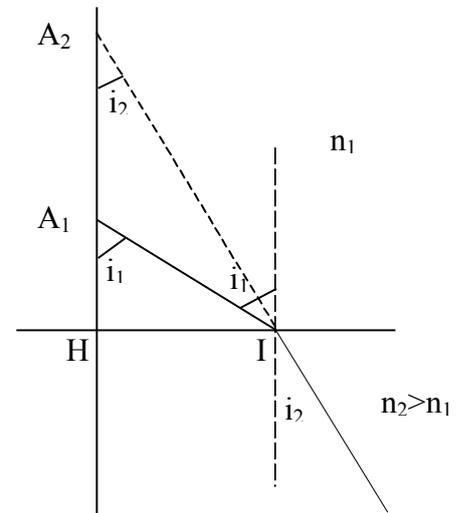
$$\text{or} \quad n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

$$\text{donc} : \frac{n_1}{HA_1} = \frac{n_2}{HA_2}$$

$$HA_2 = \frac{n_2}{n_1} HA_1$$

Le poisson de l'aquarium voit l'observateur plus loin que la distance réelle, et l'observateur voit le poisson plus près que la distance réelle.

L'image est stigmatique proche de la normale (i petit), à cause de l'approximation tangente=sinus.

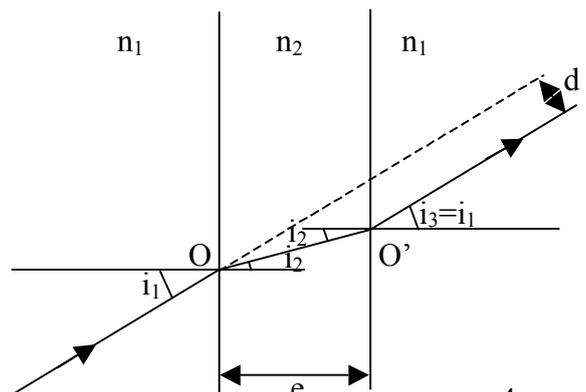


10 - lame à faces parallèles

Le faisceau sortant est parallèle au faisceau entrant.

$$\cos i_2 = \frac{e}{OO'} \Rightarrow OO' = \frac{e}{\cos i_2}$$

$$\sin(i_1 - i_2) = \frac{d}{OO'} \Rightarrow OO' = \frac{d}{\sin(i_1 - i_2)}$$



donc $\frac{e}{\cos i_2} = \frac{d}{\sin(i_1 - i_2)}$

$d = e \frac{\sin(i_1 - i_2)}{\cos i_2}$

sachant que $\sin(a-b) = \sin a \cos b - \sin b \cos a$

Alors : $d = e \frac{\sin i_1 \cos i_2 - \sin i_2 \cos i_1}{\cos i_2}$

Par ailleurs $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ donc $\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1$

$$d = e \sin i_1 \left(1 - \frac{n_1 \cos i_1}{n_2 \cos i_2} \right)$$

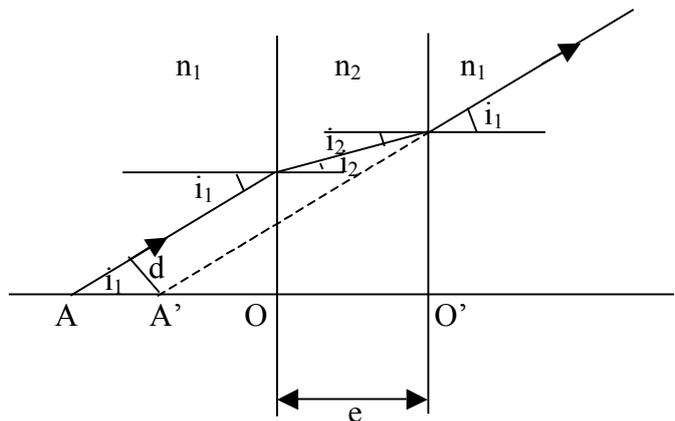
En développant $\cos x = 1 - \frac{x^2}{2} + \dots$

$$d = e \sin i_1 \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right)$$

$\sin i_1 = \frac{d}{AA'}$

$AA' = \frac{d}{\sin i_1}$

$$AA' = e \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right)$$



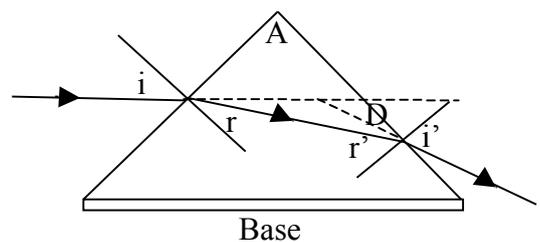
11 – Le prisme

$\sin i = n \sin r$

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

$r + r' = A$

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



L'angle de déviation dépend de l'indice et celui-ci dépend de la longueur d'onde

La loi de Cauchy donne l'indice en fonction de la longueur d'onde

$$n = P + \frac{Q}{\lambda^2}$$

Le prisme décompose la lumière blanche. C'est Newton qui l'a montré en décomposant puis recomposant la lumière blanche.