OPTIQUE GEOMETRIQUE

INTRODUCTION

Il existe trois théories qui traitent la lumière :

La première considère la lumière comme étant une onde (théorie ondulatoire) et arrive à interpréter le phénomène d'interférence et de diffraction mais n'explique pas l'effet photo-électrique par exemple.

La deuxième considère la lumière comme un corps de masse m (théories corpusculaires) arrive à interpréter l'effet photo-électrique

Il vient ensuite la théorie quantique qui tient compte de la nature ondulatoire et corpusculaire

Dans ce chapitre qui est l'optique géométrique, on fait abstraction de la nature de la lumière et on tient compte uniquement des principes de géométrie

Donc un rayon de lumière est représenté conventionnellement par un segment de droite et une flèche qui indique le sens de propagation de la lumière

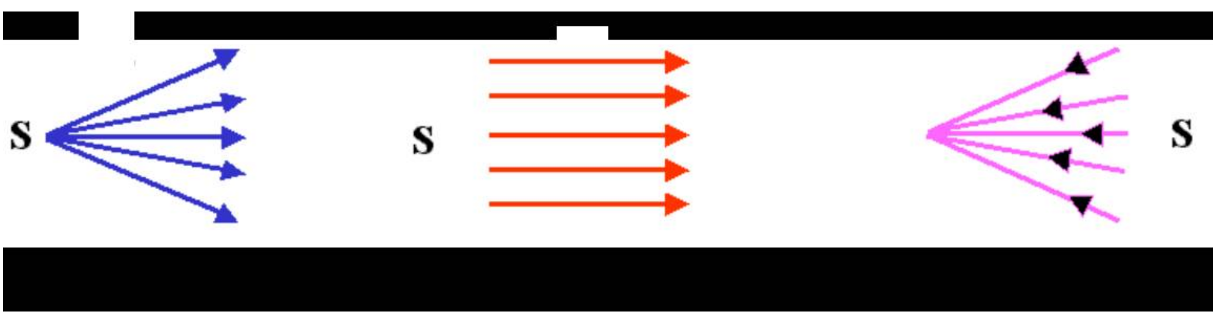
Comme la lumière n'est pas seulement un seul rayon mais un ensemble de rayon appelé faisceau.

On distingue trois types :

a-un faisceau de rayons parallèles.

b- un faisceau de rayons convergents.

c-un faisceau de rayons divergents



Des rayons divergents

Des rayons Parallèles

Des rayons convergents

LOIS DE SNELL DESCARTES

Indice de réfraction n

La lumière se propage dans la matière transparente avec une vitesse v inférieure à celle dans l'air c qui est égale à 3.10^8m/s. On caractérise donc la matière transparente par un indice de réfraction n qui est le rapport entre les deux vitesses v et c $n = \frac{v}{c}$

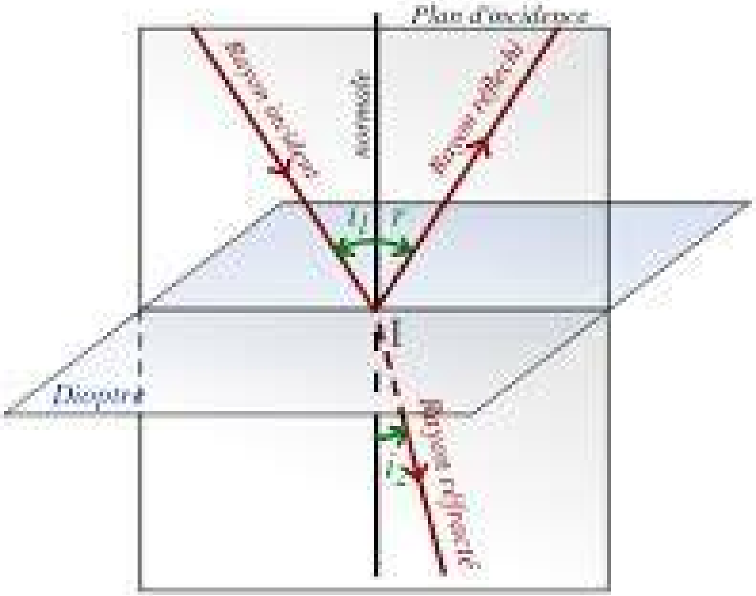
Lorsque un rayon lumineux passe d'un milieu d'indice n_1 vers un milieu d'indice n_2, il se divise en deux rayons, un réfléchi et un autre réfracté (voir schéma ci-dessous).

On note :

R.I : le rayon incident

R.R : le rayon réfléchi

R.r : le rayon réfracté



LE SCHEMA MONTRE LES 2 RAYONS REFLECHI, REFRACTE SUR LE MÊME PLAN D'INCIDENCE

Le rayon R.I fait un angle $\hat{i}_1$ avec la normale au plan

Le rayon R.r fait un angle $\hat{i}_2$ avec la normale au plan

Le rayon R.R fait un angle $\hat{r}$ avec la normale au plan

L'angle du rayon réfléchi RR est égale à celui du rayon incident RI $\hat{\imath}_1 = \hat{r}$

Et selon Snell-Descartes

$n_1 \sin \hat{\imath}_1 = n_2 \sin \hat{\imath}_2$

Les trois rayons sont sur le même plan, appelé plan d'incidence

NB : Ces 2 lois sont la base de l'optique géométrique.

Interprétation de la loi de Snell- Descartes :

1er cas : $n_1 < n_2$ (la lumière passe d'un milieu moins réfringent vers un milieu plus réfringent)

$n_1 < n_2 \Longrightarrow \sin \hat{\imath}_1 > \sin \hat{\imath}_2 \Longrightarrow \hat{\imath}_1 > \hat{\imath}_2$ (L'angle incident est plus grand que celui réfracté)

$\hat{\imath}_1 \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$

$\hat{\imath}_1 = 0 \Longrightarrow \sin \hat{\imath}_1 = 0 \Longrightarrow \sin \hat{\imath}_2 = 0$ (Le rayon réfracté passe sans se dévier).

$\hat{\imath}_1 = \frac{\pi}{2} \Longrightarrow \sin \hat{\imath}_1 = 1 \Longrightarrow \sin \hat{\imath}_2 = \frac{n_1}{n_2}$ (L'angle limite de réfraction)

2ieme cas : $n_1 > n_2$ (la lumière passe d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent)

$n_1 > n_2 \Longrightarrow \sin \hat{\imath}_1 < \sin \hat{\imath}_2 \Longrightarrow \hat{\imath}_1 < \hat{\imath}_2$ (L'angle incident est plus petit que celui réfracté)

$Quand\ \hat{\imath}_2 = \frac{\pi}{2} \Longrightarrow \sin \hat{\imath}_2 = 1 \Longrightarrow \sin \hat{\imath}_1 = \frac{n_2}{n_1}$ (Au delà de cet angle d'incidence, on aura une réflexion totale)

Les miroirs et les dioptres sphériques

L'utilité de l'optique géométrique est la formation à travers des systèmes optiques les images des objets.

Les systèmes optiques tels que le microscope, la loupe, l'œil, le télescope……..etc. sont construits à partir des éléments optiques comme les miroirs, les dioptres plans et sphériques et des lentilles épaisses et minces…….….etc.

Le miroir est un milieu transparent qui réfléchi complètement la lumière

Le dioptre est un milieu transparent qui réfracte la lumière

L'objet et son image sont appelés éléments Conjugués et la relations qui relie entre leurs positions par rapport au sommet de l'élément optique est appelée relation de conjugaison

Dans le tableau ci-dessous, on vous donne les relations de conjugaison du miroir et dioptre sphérique avec les grandissements γ.

Pour un miroir et dioptre plan, il suffit de tendre le rayon vers l'infini $\overline{SC} = R \to \infty$

	Miroir sphérique	Dioptre sphérique
S : le sommet du miroir/dioptre SP : position de l'objet SP´ : position de l'image SC : rayon de courbure SF : position du foyer n : indice du milieu 1 n´ : indice du milieu 2	$\frac{1}{\overline{SP}} + \frac{1}{\overline{SP'}} = \frac{2}{\overline{SC}} = \frac{1}{\overline{SF}}$	$-\frac{n}{\overline{SP}} + \frac{n'}{\overline{SP'}} = \frac{n'-n}{\overline{SC}}$
Grandissement γ	$\gamma = -\frac{\overline{SP'}}{\overline{SP}}$	$\gamma = \frac{n}{n'}\frac{\overline{SP'}}{\overline{SP}}$

Les conventions de signe

Les valeurs des grandeurs données dans les relations de conjugaison et les grandissements sont des valeurs algébriques (elles peuvent être positives ou négatives). On a pris le sens positif , le sens de propagation de la lumière

Remarque : Ce n'est pas la seule convention

SC>0: Le miroir ou le dioptre est convexe

SC<0: Le miroir ou le dioptre est concave

SP>0 : L'objet est virtuel sinon il est réel

SP´<0 : Pour un miroir l'image est réelle, pour un dioptre l'image est virtuelle et l'inverse est vrai

Une image est réelle si elle est obtenue à partir de l'intersection des vrais rayons réfléchis (miroir) ou réfractés (dioptre) c.-à-d. qu'on peut la recueillir sur un écran

Une image est droite si $\gamma > 0$ sinon elle est renversé

Si $\gamma > 1$ l'image est plus grande que l'objet sinon elle est plus petite que l'objet

NB : Un dioptre stigmatique donne d'un point objet une image également ponctuelle. Ce stigmatisme est réalisé dans les conditions de l'approximation de Gauss (faisceau étroit peu incliné sur l'axe et rapproché de l'axe).

RELATION DE CONJUGAISON D'UNE LENTILLE

Une lentille est l'association de deux dioptres, il existe deux types de lentilles : lentilles épaisses et lentilles minces. Les lentilles minces se répartissent en lentilles convergentes et lentilles divergentes.

La relation de conjugaison d'une lentille mince est obtenue en utilisant deux fois la relation de conjugaison d'un dioptre, on obtient la formule suivante :

$-\frac{1}{\overline{SP}} + \frac{1}{\overline{SP'}} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ Cette relation est valable pour une lentille dans l'air (l'indice de l'air=1)

Si la lentille se trouve dans un milieu d'indice n_1

La relation de conjugaison s'écrira alors :

$$-\frac{n_1}{\overline{SP}} + \frac{n_1}{\overline{SP'}} = (n-n_1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

SP : position objet, SP´ : position image, R1 : rayon de courbure du dioptre1, R2 : rayon de courbure du dioptre 2.

L'agrandissement est $\gamma = \frac{\overline{SP'}}{\overline{SP}}$

Le foyer objet et le foyer image pour les 3 éléments optiques

a)foyer objet et image pour un miroir

Un objet dans l'infini($\overline{SP} \to \infty$), son image se trouve sur le foyer image SF´

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{\overline{SF'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

Un objet sur le foyer($\overline{SP} = \overline{SF}$), son image est dans l'infini($\overline{SP'} \to \infty$), $\frac{1}{\overline{SF}} + \frac{1}{\infty} = \frac{2}{\overline{SC}}$

On déduit que pour un miroir le foyer objet et le foyer image sont confondus

$$\overline{SF} = \overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2}$$

b) foyer objet et image pour un dioptre

Un objet dans l'infini($\overline{SP} \to \infty$), son image se trouve sur le foyer image SF´

$$-\frac{n}{\infty} + \frac{n'}{\overline{SF'}} = \frac{n'-n}{\overline{SC}}$$

Un objet sur le foyer($\overline{SP} = \overline{SF}$), son image est dans l'infini($\overline{SP'} \to \infty$), $-\frac{n}{\overline{SF}} + \frac{n'}{\infty} = \frac{n'-n}{\overline{SC}}$

c) foyer objet et image pour une lentille mince

Un objet dans l'infini($\overline{SP} \to \infty$), son image se trouve sur le foyer image SF´, suivant la relation de conjugaison $\frac{1}{\infty} + \frac{1}{\overline{SF'}} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

Un objet sur le foyer($\overline{SP} = \overline{SF}$), son image est dans l'infini($\overline{SP'} \to \infty$), suivant la relation de conjugaison $-\frac{1}{\overline{SF}} + \frac{1}{\infty} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

On déduit que le foyer objet SF et le foyer image SF´ sont égaux en valeur absolue mais de signe opposé

$\overline{SF'} = \overline{-SF}$ La relation de conjugaison s'écrira :

$-\frac{1}{\overline{SP}} + \frac{1}{\overline{SP'}} = V$ .Avec V : la vergence qui égale $V = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

Si V>0, la lentille est convergente, sinon elle est dite divergente

Construction de l'image

Il suffit pour construire l'image d'un objet de considérer l'intersection de deux rayons réfléchis (pour un miroir) ou réfracté (pour un dioptre).Parmi le faisceau de lumière, on peut choisir trois rayons faciles à tracer :

Le rayon 1 qui passe par le centre sans se réfléchir (miroir) ou se réfracter (dioptre)

Le rayon 2 qui est parallèle à l'axe optique, se réfléchit (miroir) ou se réfracte (dioptre) en passant par le foyer image F´

Le rayon 3 qui passe par le foyer objet F, se réfléchit (miroir) ou se réfracte (dioptre) parallèlement.

EXERCICES D'APPLICATION

Miroir sphérique

Une source ponctuelle est placée sur l'axe principal à 1 m devant un miroir sphérique concave de 20 cm de rayon. Situer et décrire l'image résultante.

Solution : on écrit toujours les deux relations, de conjugaison et d'agrandissement pour un miroir.

$\frac{1}{\overline{SP}} + \frac{1}{\overline{SP'}} = \frac{2}{\overline{SC}} = \frac{1}{\overline{SF}}$ Et $\gamma = -\frac{\overline{SP'}}{\overline{SP}}$

Miroir concave SC<0, l'objet est devant le miroir donc SP<O

On remplaçant la valeur de SC et SP dans la relation de conjugaison on obtient :

On doit bien sûr convertir soit en cm ou en m

$\frac{1}{\overline{SP'}} = \frac{2}{\overline{SC}} - \frac{1}{\overline{SP}} = \frac{2}{-0{,}2} - \frac{1}{-1} \Longrightarrow \overline{SP'} = -0{,}111m$

$\overline{SP'} < 0 \Longrightarrow L'image\ est\ réelle$

$$\gamma = -\frac{\overline{SP'}}{\overline{SP}} = -\frac{-0{,}111}{-1} = 0{,}111$$

L'image et droite et plus petite

Dioptre sphérique

Une baguette cylindrique de verre d'indice 1,5 est terminée par une demi-sphère de rayon 1cm. Un objet de 1mm est situé dans l'air à 4 cm du sommet de la sphère et sur l'axe du cylindre. Calculer la position et la grandeur de l'image donnée par le dioptre.

On écrit toujours les deux relations, de conjugaison et d'agrandissement

$$-\frac{n}{\overline{SP}} + \frac{n'}{\overline{SP'}} = \frac{n'-n}{\overline{SC}} \qquad \gamma = \frac{n}{n'}\frac{\overline{SP'}}{\overline{SP}}$$, n=1 et n´=1,5 ; SP=-4cm, SC= 1cm

$$\frac{n'}{\overline{SP'}} = \frac{n'-n}{\overline{SC}} + \frac{n}{\overline{SP}} = \frac{1{,}5-1}{1} + \frac{1}{-4} = 0{,}25 \Longrightarrow \overline{SP'} = \frac{1{,}5}{0{,}25} = 6$$

$$\overline{SP'} = 6 \ > 0 \ l'image\ est\ réelle$$

L'agrandissement $\gamma = \frac{n}{n'}\frac{\overline{SP'}}{\overline{SP}} = \frac{1}{1{,}5}\frac{6}{-4} = -1$

L'image est de même grandeur et elle est renversée

Lentille mince

Nous désirons placer un objet à 45cm devant une lentille et avoir son image sur un écran placé à 90cm derrière la lentille. Quelle doit être la distance focale de cette lentille convergente

SP=-45cm (objet réel) et SP´=90cm (image sur un écran) donc suivant la relation de conjugaison d'une lentille

$$-\frac{1}{\overline{SP}} + \frac{1}{\overline{SP'}} = V \Longrightarrow -\frac{1}{-45} + \frac{1}{90} = 0{,}0333 \Longrightarrow f = \frac{1}{V} = 0{,}0333cm$$