

1. OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE.

1. INTRODUCTION :

L'optique est une branche de la physique qui étudie les phénomènes lumineux, même si ceux-ci ne sont pas directement détectables par l'être humain.

Depuis l'apparition du **LASER** de nouvelles méthodes d'observation ont été mises au point, notamment en microscopie.

La cohérence spatiale, la cohérence temporelle et la puissance du laser ont permis de développer l'holographie, les méthodes interférométriques, la spectroscopie à haute résolution, l'optique intégrée, l'optique non linéaire, etc...

De nos jours la quantité d'informations transmises est énorme grâce la communication par fibres optiques.

L'optique est un domaine très large qui nous permet de :

- Percevoir le monde qui nous entoure (formation des images).
- Comprendre le fonctionnement des instruments d'optiques nous permettant de distinguer les détails d'objets non accessibles à l'œil nu (caméscope, télescope, endoscope, microscope, caméra, ...)
- Propager l'information via la lumière (fibre optique).
- Comprendre les détecteurs (caméra infra-rouge, photo détecteur, ...)



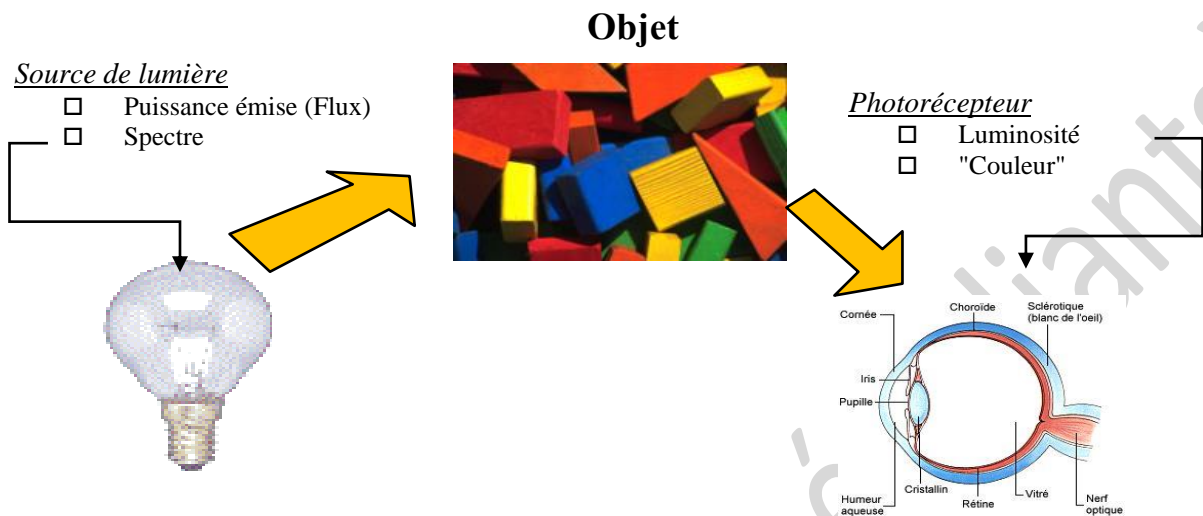
Il faut noter que la visibilité des objets est conditionnée par un ensemble de facteurs.

- Dans une pièce plongée dans le noir absolu, on ne voit rien. Il nous faut de la **lumière** pour pouvoir distinguer les différents objets, leurs couleurs et leurs formes. La **visibilité** d'un objet et de ses détails nécessite de la **lumière visible** dont la longueur d'onde doit être comprise entre 380 nm et 780 nm.
- En plus de cette condition, si la **taille** de l'objet observé est trop petite ou que sa **position est trop éloignée**, on ne peut pas voir ses détails, on doit utiliser des instruments d'optiques spécifiques pour pouvoir les distinguer.
- D'autres facteurs tel que la **nature de la lumière** (naturelle ou artificielle), **type du récepteur**, etc. conditionnent la **qualité de l'observation**.



Le schéma général permettant de comprendre la marche de la lumière et la visibilité des différents objets ou images, est :

La lumière **incidente émise** par la source lumineuse (flux lumineux, ou lumière spectrale) est **diffusée** (répandue) par l'objet éclairé, une partie de cette lumière est captée par le récepteur (**œil humain, caméra**).



Ce phénomène de diffusion va servir à mettre en évidence d'autres phénomènes lumineux, tels que la réflexion et la réfraction

1.1 Définitions et rappels :

1.1.1 Origine De La Lumière :

L'interaction électrique de deux particules **chargées** libère une énergie sous forme de rayonnement (photons de lumière). La lumière **est une énergie** associée aux ondes électromagnétiques (allant des **ondes radio** aux rayons **gamma** en passant par la lumière visible). L'idée d'une quantification de l'énergie transportée par la lumière a été développée par **Albert Einstein**.

Les photons (la lumière) sont des « paquets » d'énergie élémentaires, ou quanta de lumière. Ceux-ci sont échangés lors de l'absorption ou de l'émission de l'énergie avec la matière. Ce chapitre sera détaillé d'avantage dans le cours des rayonnements.

1.1.2 Classifications de la lumière :

On peut classer la lumière selon son origine et l'on distingue :

- Les sources lumineuses **naturelles**, tel que le soleil, les astres, les feux, etc...
- Les sources lumineuses **artificielles**, les lampes, les LASERS.



Ces sources lumineuses qu'elles soient naturelles ou artificielles peuvent être classifiées aussi selon deux catégories :

- Les sources lumineuses **primaires (directes)**. Ces sources produisent elle-même la lumière (le soleil, le feu, le laser...).
- Les sources lumineuses **secondaires (indirectes)**. Les objets éclairés diffusent la lumière qu'ils reçoivent d'une source primaire, la lune et les différents objets qui nous entourent en sont des exemples.

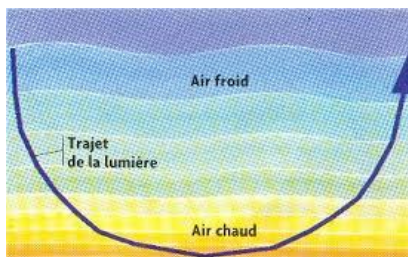


1.1.3 Propagation De La Lumière (Principe De Fermat) :

Dans les milieux transparents et homogènes, la lumière se propage d'un point à un autre sur des trajectoires linéaires telles que la durée de son parcours soit minimale (principe de Fermat). Dans un milieu hétérogène, sa trajectoire est non linéaire (courbe).

Le principe de Fermat permet de déduire les changements de la trajectoire de la lumière lorsqu'elle change de milieu de propagation.

Dans la suite du cours on ne va considérer que les milieux homogènes et transparents. Dans un même milieu la trajectoire de la lumière est une ligne droite, si elle change de milieu, sa nouvelle trajectoire sera une droite aussi.



1.1.4 Vitesse De Propagation De La Lumière :

La vitesse de propagation de la lumière dépend de la nature des milieux qu'elle traverse. Dans le vide, sa valeur est maximale, elle est notée « **C** » appelé la célérité. Sa valeur :

$$C = 3.10^8 \text{ (m/s)}$$

1.1.5 Indice De Réfraction :

Dans les milieux transparents et homogènes, la lumière se propage à une vitesse inférieure à la célérité. Sa vitesse notée (**V**) elle inversement proportionnelle à l'indice de réfraction (**n**) du milieu. Le rapport de proportionnalité entre la célérité et la vitesse (**V**) définit l'indice de réfraction (**n**) :

$$n = \frac{C}{V} \cdot \frac{\text{(célérité de la lumière dans le vide)}}{\text{(vitesse de la lumière dans le milieu)}}$$

1.1.6 Notion de rayon lumineux, pinceau lumineux et faisceau lumineux.

a- Le rayon lumineux :

La notion de rayon lumineux est utilisée en optique géométrique pour décrire le trajet de la lumière. Cette notion est valable uniquement lorsque le rayon lumineux se propage dans des milieux où les dimensions du trajet sont très supérieures à la longueur d'onde de la lumière.

Un rayon lumineux n'a pas d'existence physique réelle, il représente le cas idéal où il serait possible de sélectionner un pinceau lumineux parallèle infiniment fin de lumière.

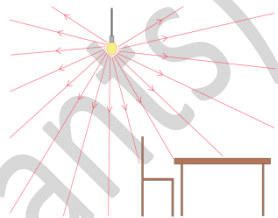
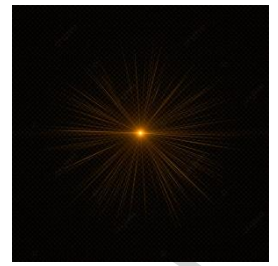
b- Le pinceau lumineux :

C'est un ensemble de rayons lumineux qui relie un des points quelconques de la surface émettrice à un des points quelconques de la surface réceptrice.

c- Faisceau lumineux :

Un ensemble de pinceaux lumineux définit un faisceau lumineux. Selon la forme géométrique de la lumière qui se propage, on distingue les faisceaux lumineux :

- **Convergent** : si tous les rayons lumineux s'éloignent d'un même point.
- **Divergent** : si tous les rayons lumineux se rapprochent d'un même point.
- **Cylindrique ou parallèle** : si tous les rayons lumineux sont parallèles entre eux.

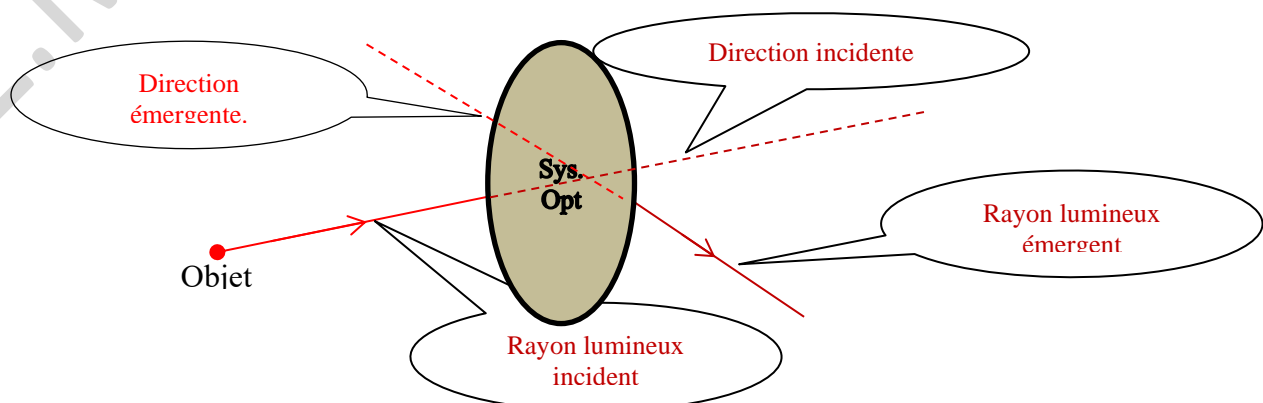


1.2 Système Optique ou (Instrument D'optique).

1.2.1 Définitions :

Un système optique est un ensemble d'éléments **optiques** (miroirs, lentilles, réseaux de diffraction ...) qui permettent de modifier la trajectoire de la lumière ou l'une de ses propriétés, tel que sa vitesse de propagation ou sa longueur d'onde.

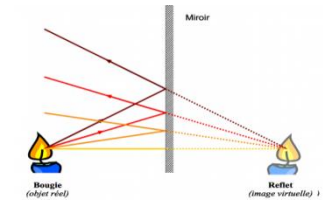
La figure ci-dessous présente les différentes notations schématiques, que l'on retrouve souvent dans la marche des rayons lumineux.



1.2.2 Système Optique Stigmatique Et Astigmatique :

Lorsque l'image formée par un système optique est telle que chaque point objet possède un seul point image, on dit que le système optique est stigmatique. C'est-à-dire que la lumière incidente issue d'un seul point objet, **émerge** du système optique en formant un seul **point image**.

La vision de l'image formée par un système optique stigmatique est nette.

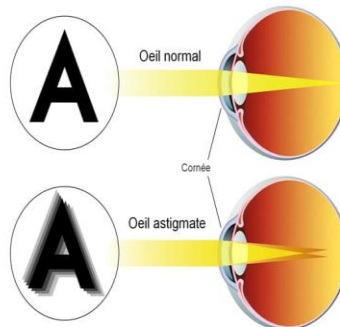


Système optique stigmatique, vision nette.

On parle de stigmatisme approché si l'image formée d'un point objet unique est une petite tache (un ensemble de point image).

La notion de stigmatisme approché est assez subjective.

La visibilité d'une image à travers un système optique Astigmatique est floue.

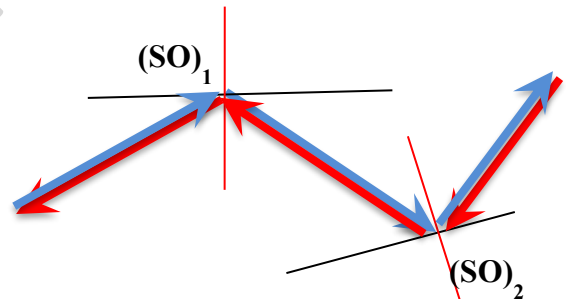


Système optique Astigmatique, vision floue.

1.2.3 Principe Du Retour Inverse De La Lumière :

Le principe du retour inverse de la lumière s'énonce comme suit : le chemin suivi par la lumière lorsqu'elle se propage dans un sens est le même que si l'on inversait son sens de propagation.

Le trajet suivi par la lumière est indépendant de son sens de propagation.



Les rayons lumineux schématisés en bleu définissent le premiers sens de propagation de la lumière, et les rayons schématisés en rouge définissent son deuxième sens de propagation, $(SO)_1$ et $(SO)_2$ étant deux systèmes optiques quelconque.

1.3 Notion d'objet Ponctuel (étendu) Et d'image Ponctuelle (étendue).

Les notions d'objet et d'image, réel(le) ou virtuel(le) sont essentielles en optique géométrique. Pour les définir il est important de choisir un sens de propagation de la lumière, dans la suite du cours, la lumière se propage de la gauche vers la droite.

Un objet, ou une image, étendu(e) est un ensemble continu d'objets ponctuels ou d'images ponctuelles. Pour un système optique **aplanétique**, si l'objet étendu (étalé) est situé **dans** un plan perpendiculaire à l'axe optique, l'image étendue (étalée) se forme aussi dans un plan perpendiculaire à l'axe optique.

Cet objet étalé peut être une source lumineuse directe, une diapositive éclairée, une préparation sur une lamelle placée sur la platine d'un microscope, un astre, une scène à photographier, etc.

1.3.1 Notion D'objet Ponctuel :

Tout dispositif capable **d'émettre** ou de **diffuser** de la lumière est considéré comme un **objet**. Il est **ponctuel** si ses dimensions sont négligeables.

La **position** de l'objet ponctuel est donnée par l'**intersection** des rayons lumineux incidents au **système optique**. Le sens de parcours de la lumière sera considéré comme un repère.

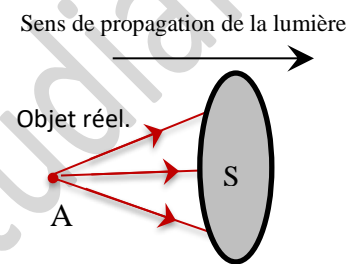
Du point de vue de l'optique, un objet envoie des rayons lumineux vers la face d'entrée des instruments d'optique, cette lumière envoyée peut être de forme divergente ou convergente. Cette forme définit la nature **réelle** ou **virtuelle** de l'objet.

Schématiquement on peut dire que :

a- Objet réel :

La lumière émise par un **objet ponctuel réel (A)** arrive sur le système optique en **divergent**. Voir le schéma ci-contre.

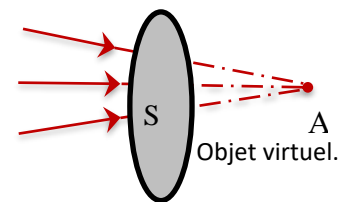
Dans d'un objet **réel**, ce point objet se trouve **avant le système optique**.



b- Objet virtuel :

Si la lumière qui **arrive** sur le système optique est de forme **convergente**, la nature de l'**objet** est **virtuelle**. Voir le schéma ci-contre

Si la nature de l'objet **est virtuelle**, le point d'intersection (A) se trouve derrière le système optique.



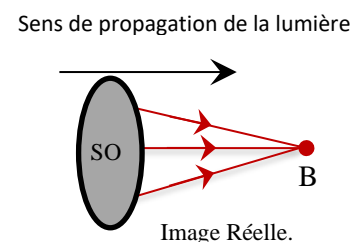
1.3.2 Notion D'image Ponctuelle :

La formation d'une **image** nécessite l'utilisation d'un instrument d'optique. Si cette image est ponctuelle, elle **est située** sur le point d'intersection des directions des rayons lumineux de la lumière qui **émerge** de l'instrument **d'optique (système optique)**.

Les images observées peuvent être de natures **réelles** ou **virtuelles**.

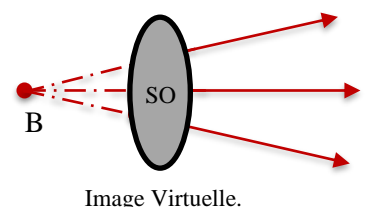
a- Image réelle :

Si les rayons lumineux qui **émergent** du système optique sont **convergents**, ils forment sur un écran une **image réelle**. Ce point image (B) se trouve après le système optique. Voir schéma ci-contre



b- Image virtuelle :

Si le point d'intersection des directions des rayons lumineux émergents se trouve avant le système optique, la nature de l'image formée est **virtuelle**. Voir schéma ci-contre



1.4 Caractéristiques De L'image.

L'image formée par un système optique est caractérisée par quatre paramètres.

- ✿ Sa position : l'image formée peut être rapprochée ou éloignée du système optique.
- ✿ Sa nature : l'image peut être de nature réelle ou virtuelle.
- ✿ Son sens d'orientation : si image est orientée dans le même sens de l'objet, elle est dite droite. Sinon elle sera dite renversée.
- ✿ Sa taille : par rapport à la taille de l'objet, l'image peut être plus grande ou plus petite.

Ces caractéristiques seront étudiées et détaillées ultérieurement pour chaque système optique étudié.

1.4.1 Notion De Système Optique Composé Et D'image Intermédiaire :

Généralement les instruments d'optiques sont constitués de plusieurs éléments d'optiques simples. Par exemple un microscope optique simple est composé de deux lentilles convergentes, un objectif et un oculaire. Dans un appareil photo on retrouve l'objectif qui peut être composé de plusieurs lentilles, un prisme, et un miroir.

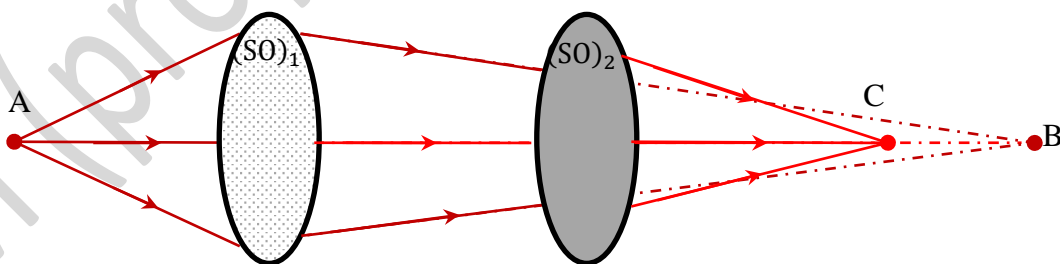
Les instruments d'optique forment des images intermédiaires. En effet, la lumière qui se trouve entre deux éléments d'optiques successifs émerge de l'un et pénètre dans l'autre.

La lumière émergente d'un élément d'optique forme une image qui sera considérée comme un objet pour l'élément suivant, et **ainsi de suite**. La figure ci-dessous explicite l'idée.

Considérons deux éléments d'optiques quelconques, $(SO)_1$ et $(SO)_2$. Un objet réel (A) est placé devant le premier élément d'optique.

La lumière qui émerge du premier élément d'optique forme une image réelle (B), la lumière émergente de $(SO)_1$ étant convergente. Cette image (B) sera considérée comme un objet de nature virtuel pour le second élément d'optique $(SO)_2$, car la lumière qui sort de $(SO)_1$ et qui pénètre dans $(SO)_2$ est de forme convergente.

L'image finale (C) formée par le système optique $(SO)_1$ et $(SO)_2$ est de nature réelle, la lumière émergente du système optique étant convergente.



Le point (A) est un objet réel pour l'élément d'optique $(SO)_1$.

Le point (B) est une image réelle pour l'élément d'optique $(SO)_1$, elle joue le rôle d'un objet virtuel pour l'élément d'optique $(SO)_2$. **Le point B est une image intermédiaire.**

Le point (C) est l'image réelle finale donnée par le système optique $((SO)_1 + (SO)_2)$.