

University IBN KHALDOUN of Tiaret
ANNEXE DE MÉDECINE



Optique Géométrique

Mme CHIBANI F



Optique Géométrique

Partie 1

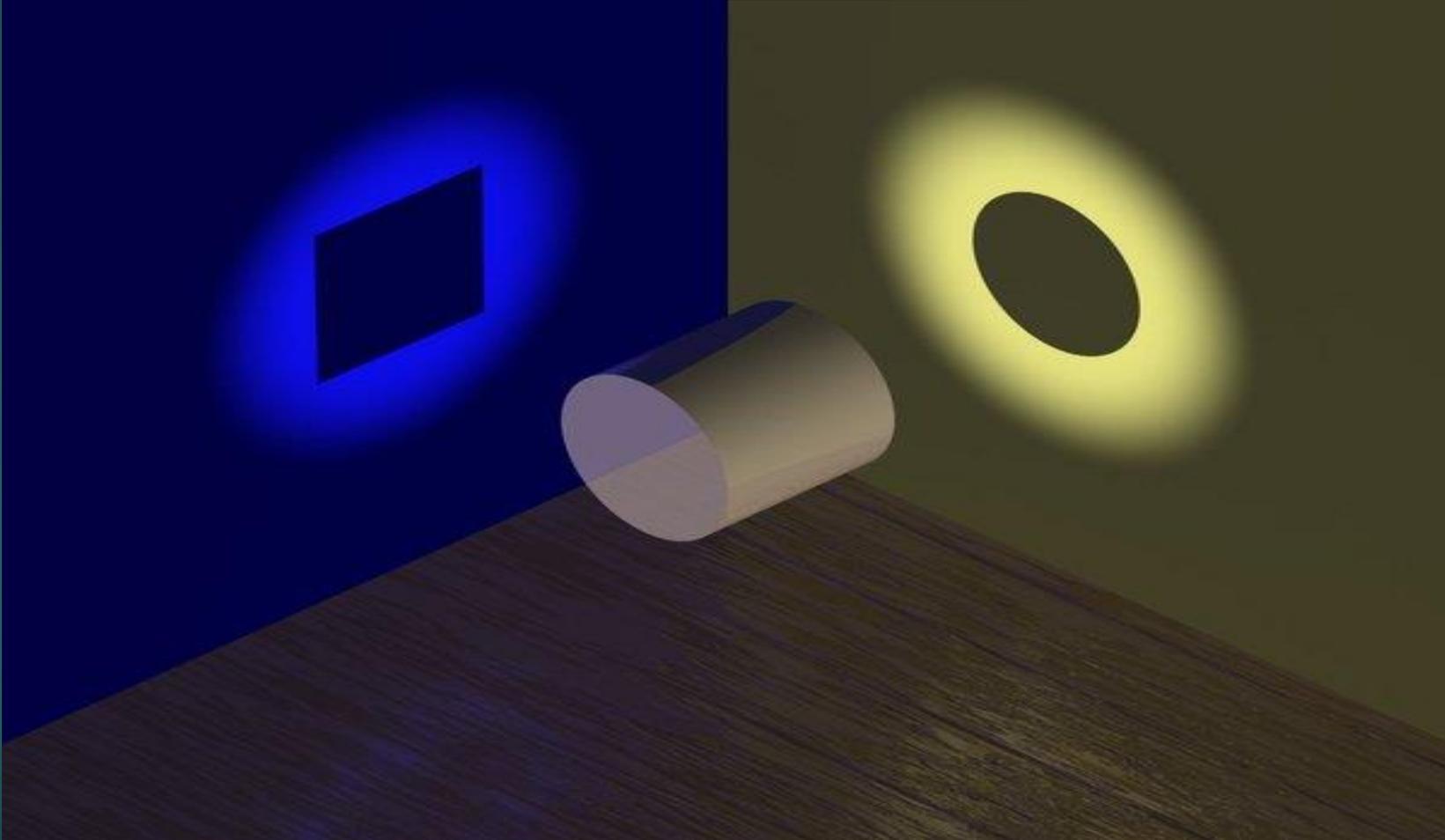
- INTRODUCTION À L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE
- LES LOIS DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE (LOIS SUR LA RÉFRACTION; LOIS SUR LA RÉFLEXION; ÉTUDE DE LA RÉFRACTION).

«L'optique (*du Grec Optikos, relatif à la vue*) est une branche de la physique qui étudie la propagation de la lumière et son interaction avec la matière. Cette discipline s'intéresse à la manière dont les rayons lumineux se déplacent, se réfractent, se réfléchissent et se focalisent, ainsi qu'à la formation d'images à travers des lentilles et des miroirs.

Onde ou corpuscule?

La lumière se comporte tantôt comme une onde, tantôt comme une particule. C'est l'expérience qui oriente ce comportement d'où l'expression « dualité onde–corpuscule » pour expliquer certaines observations liées à l'interaction matière–rayonnement devenu la base de la mécanique quantique.

Cette dualité est un aspect fondamental de la physique quantique, et elle montre que notre univers est beaucoup plus complexe et mystérieux qu'il n'y paraît à première vue.



L'importance de l'optique en médecine:

Ici quelques exemples qui montrent comment l'optique est essentielle en médecine pour diagnostiquer, traiter et surveiller diverses conditions médicales.

- Lunettes : Les opticiens utilisent l'optique pour concevoir des lunettes correctrices qui aident les gens à voir plus clairement.
- Endoscopie : Les médecins utilisent des endoscopes, qui sont équipés de lentilles optiques, pour explorer l'intérieur du corps et diagnostiquer des problèmes médicaux.
- Imagerie médicale : Les rayons X, l'IRM et d'autres techniques d'imagerie médicale sont basés sur l'optique pour obtenir des images détaillées des tissus internes du corps.
- Lasers : Les lasers sont utilisés en chirurgie pour couper, cautériser ou vaporiser des tissus, minimisant les dommages aux tissus environnants.
- Microscopie : Les microscopes optiques permettent d'examiner des échantillons biologiques à un niveau cellulaire pour le diagnostic et la recherche médicale.
- Optométrie : Les optométristes utilisent des instruments optiques pour mesurer la vision et détecter des problèmes oculaires, comme la réfraction.
- Chirurgie oculaire au laser : Des procédures comme la correction de la vision au laser (LASIK) utilisent des faisceaux laser pour remodeler la cornée et améliorer la vision.
- Échographie : Les ultrasons utilisent des ondes sonores et des lentilles acoustiques pour visualiser les organes internes, comme le fœtus pendant la grossesse.

Optique ondulatoire :

L'optique ondulatoire est une branche de la physique qui s'intéresse aux propriétés ondulatoires de la lumière, car la lumière se comporte dans plusieurs situations comme une onde électromagnétique.

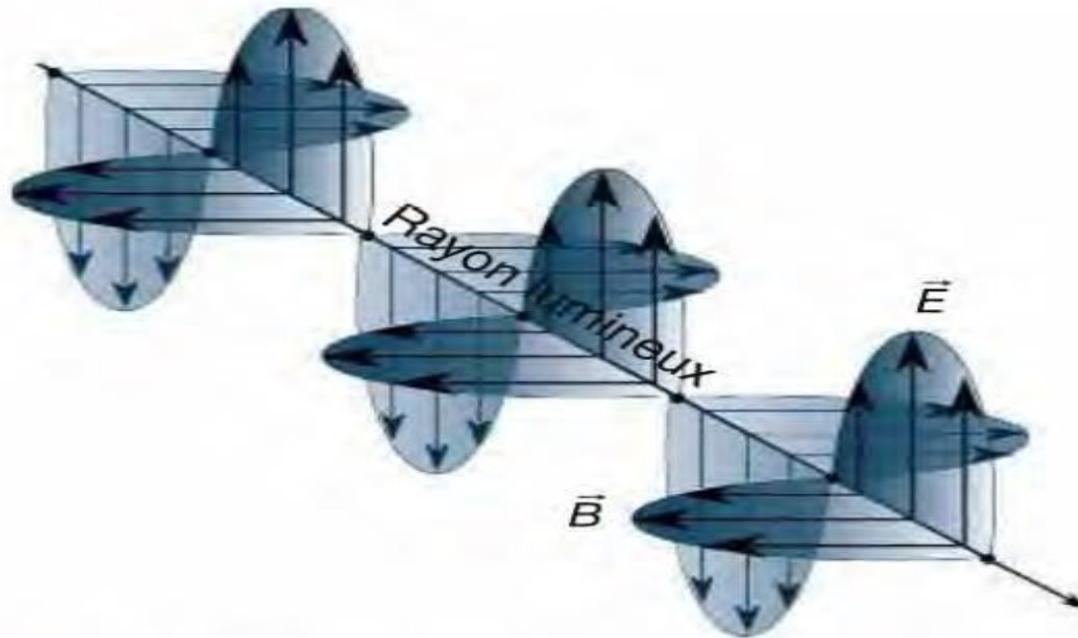


Figure 111.1 La lumière est une onde électromagnétique.

Dans le modèle ondulatoire, la lumière dans un milieu homogène et isotrope est la combinaison d'un champ électrique \vec{E} et d'un champ magnétique \vec{B} oscillants perpendiculairement l'un à l'autre dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde lumineuse. Le trièdre $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{k})$ est direct.

Différence entre Onde sphérique et plane.

Si l'onde est émise par une source ponctuelle à distance finie, on a donc une onde sphérique, tout comme les cercles qui se forment lorsque vous jetez une pierre dans l'eau.

Si la source ponctuelle est très éloignée, les rayons arrivant à l'observateur sont parallèles, on a par conséquent une onde plane se propage en lignes droites et uniformes dans toutes les directions, sans se courber ou se dilater. .

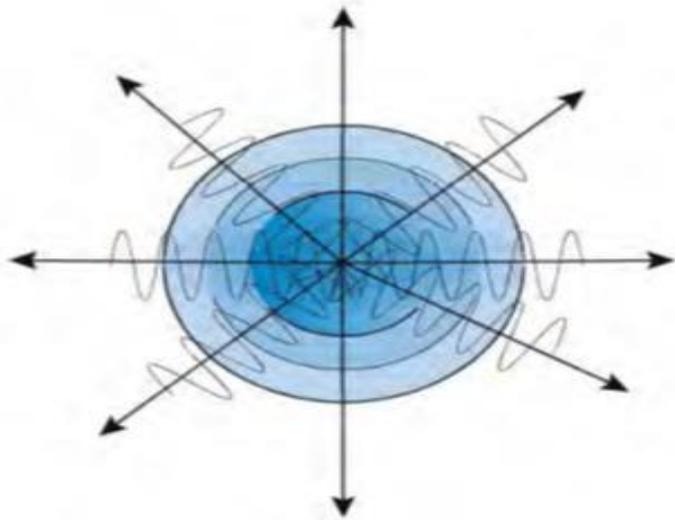


Figure 112.1a L'onde sphérique.

Représentation des surfaces d'onde (en bleu) et des rayons lumineux associés (en noir) pour une source à distance finie de l'observateur (onde sphérique, a.)

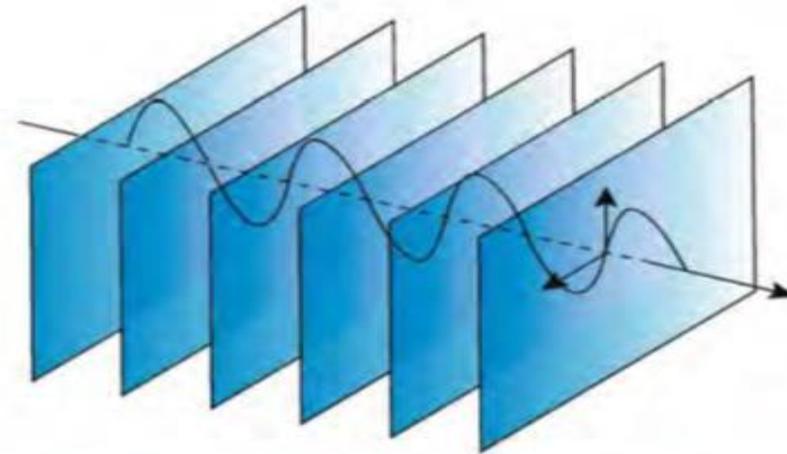


Figure 112.1b L'onde plane.

et pour une source à distance « infinie » (onde plane, b.)

L'importance de la distinction entre les ondes sphériques et planes par des exemples:

Télécommunications :

Dans les télécommunications, les ondes sphériques sont utilisées pour des communications locales, comme les téléphones portables, où la source (votre téléphone) et le récepteur (la tour de signal) sont relativement proches. Les ondes sphériques se dispersent à mesure qu'elles s'éloignent de la source. En revanche, les ondes planes sont idéales pour les communications à longue portée, comme les transmissions radio et les satellites, car elles restent cohérentes sur de grandes distances sans nécessiter une réorientation constante.

Sismologie :

Lorsqu'un tremblement de terre se produit, il émet des ondes sismiques sous forme d'ondes sphériques. Ces ondes se propagent dans toutes les directions depuis le point d'origine. Cependant, lorsque ces ondes atteignent la surface de la Terre, elles sont transformées en ondes planes, ce qui permet aux sismologues.

Imagerie médicale :

En imagerie médicale, comme l'IRM, les ondes sphériques sont utilisées pour obtenir des images tridimensionnelles de l'intérieur du corps. Cette capacité à se propager dans toutes les directions est cruciale pour obtenir une image complète. Cependant, pour des applications telles que les lunettes ou la chirurgie au laser, des ondes planes sont utilisées pour focaliser la lumière sur des points précis, tels que la rétine de l'œil ou une zone cible du corps.

L'approximation de l'Optique Géométrique:

L'optique géométrique se rattache à l'optique ondulatoire dans le cas où la longueur d'onde est négligeable par rapport aux dimensions des objets étudiés.

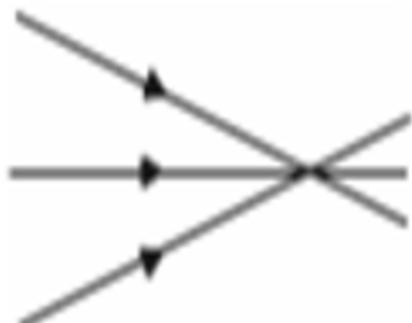
L'optique géométrique explique la formation des images et explique comment les lentilles et miroirs focalisent la lumière.

Dans cette approximation, la lumière se propage en lignes lumineuses indépendantes dans un milieu homogène et isotrope appelées *rayons lumineux*,

Un ensemble de rayons lumineux est appelé faisceau lumineux,

- **Faisceau convergent** : tous les rayons se dirigent vers le même point lumineux (lune, étoiles)
- **Faisceau parallèle ou cylindrique** : tous les rayons sont parallèles.
- **Faisceau divergent** : tous les rayons sont issus d'un même point appelé source lumineuse S (soleil) [*Source lumineuse émet de la lumière*]
- **Faisceau étroit** : est dit pinceau lumineux.

Faisceau convergent



Faisceau parallèle



Faisceau divergent



Point lumineux

Source lumineuse S

La lumière se propage dans un milieu homogène et isotrope;

- **Milieu Homogène** : lorsque la composition est la même en tous les points (\neq inhomogène)
- **Milieu Isotrope** : lorsque ses propriétés sont les mêmes dans toutes les directions (\neq anisotrope)

La lumière se transmet dans trois milieux différents:

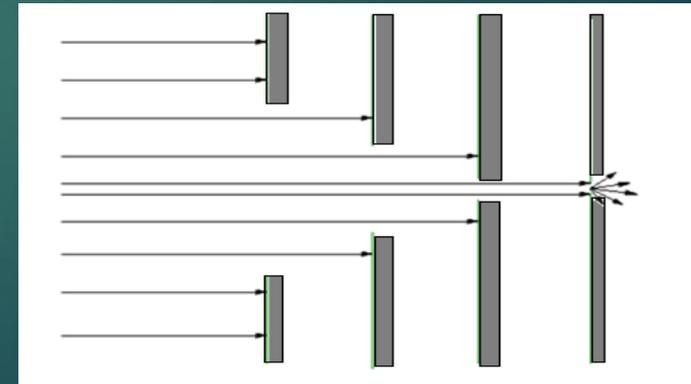
- **Milieu Transparent** : s'il laisse passer la lumière sans l'atténuer et on peut distinguer les détails d'un objet (air et eau)
- **Milieu Absorbant ou translucide** : laisse passer la lumière, mais à travers lequel il est impossible de voir nettement les forme des objets derrière eux (papier huilé et verre fumés).
- **Milieu Opaque** : ne se laissent pas traverser par la lumière (tous les métaux).

Remarquons qu'une substance opaque peut devenir translucide si on peut diminuer suffisamment son épaisseur.

Hypothèses fondamentales de l'optique géométrique :

- Dans un milieu homogène, transparent, et isotrope les rayons lumineux sont des lignes droites ; c'est la propagation rectiligne de la lumière.
- Les rayons lumineux sont indépendants les uns des autres.
- Principe de retour inverse de la lumière, le trajet suivi par la lumière est indépendant du sens de propagation.
- La lumière choisit toujours, pour aller d'un point à un autre, le chemin ayant le temps le plus court (temps de parcours minimal) c'est le **principe de Fermat**

En conclusion les principes de l'optique géométrique restent valables tant que la lumière ne traverse pas des ouvertures étroites, si c'est le cas le phénomène est dit diffraction ce que l'on évite précisément dans les instruments d'optique.





Remarque importante:

Il est fondamental de comprendre que la notion de rayon lumineux est une *abstraction* de la réalité et n'a pas d'existence physique.

La vitesse de la lumière :

La vitesse de la lumière dans le vide vaut $c=299\,792,458\text{km.s}^{-1}$. Dans un milieu transparent la lumière se propage avec une vitesse $v < c$. Contrairement au vide, cette vitesse peut dépendre de la fréquence et de l'onde lumineuse.

Indice de réfraction:

Le rapport $n = \frac{c}{v}$ s'appelle « indice de réfraction absolu » du milieu

Lorsqu'une onde se propage d'un milieu à un autre, sa fréquence ϑ ne change pas alors que sa vitesse change ;

$$v_1 = \lambda_1 \vartheta \text{ le milieu 1}$$

$$v_2 = \lambda_2 \vartheta \text{ le milieu 2}$$

$$\vartheta = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$



De l'autre côté nous avons :

$$\text{Pour le milieu 1 : } v_1 = \frac{c}{n_1}$$

$$\text{Pour le milieu 2 : } v_2 = \frac{c}{n_2}$$

$$\text{Finalement on trouve : } \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

v_1, v_2 : Vitesse de l'onde dans les milieux 1 et 2 respectivement

λ_1, λ_2 : Longueur d'onde des milieux 1 et 2 respectivement

n_1, n_2 : Indice de réfraction des milieux 1 et 2 respectivement

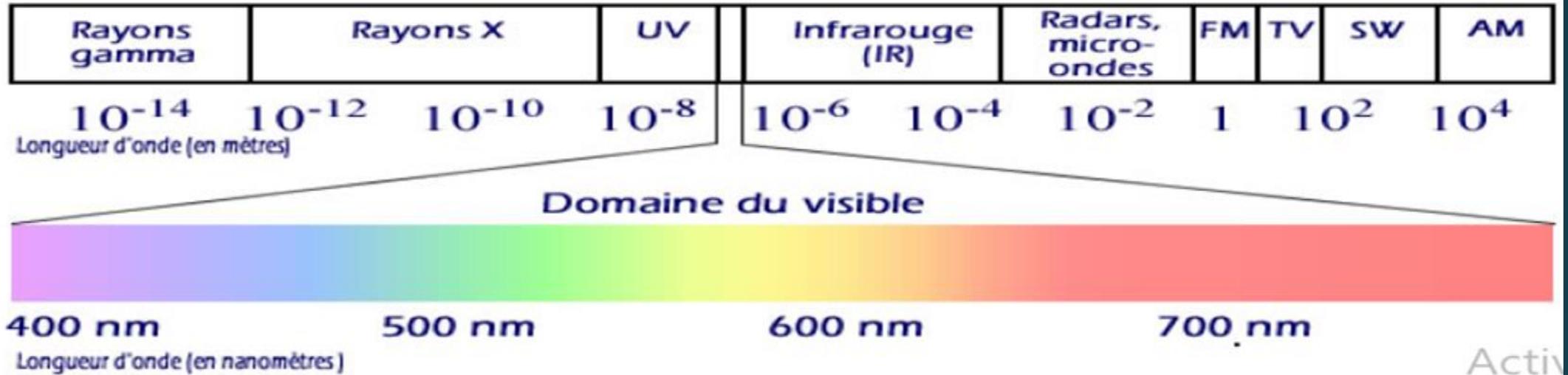
Remarque :

Si $n_1 \geq n_2$: on dit que le milieu 1 est plus réfringent que le milieu 2

et on a $v_1 < v_2$

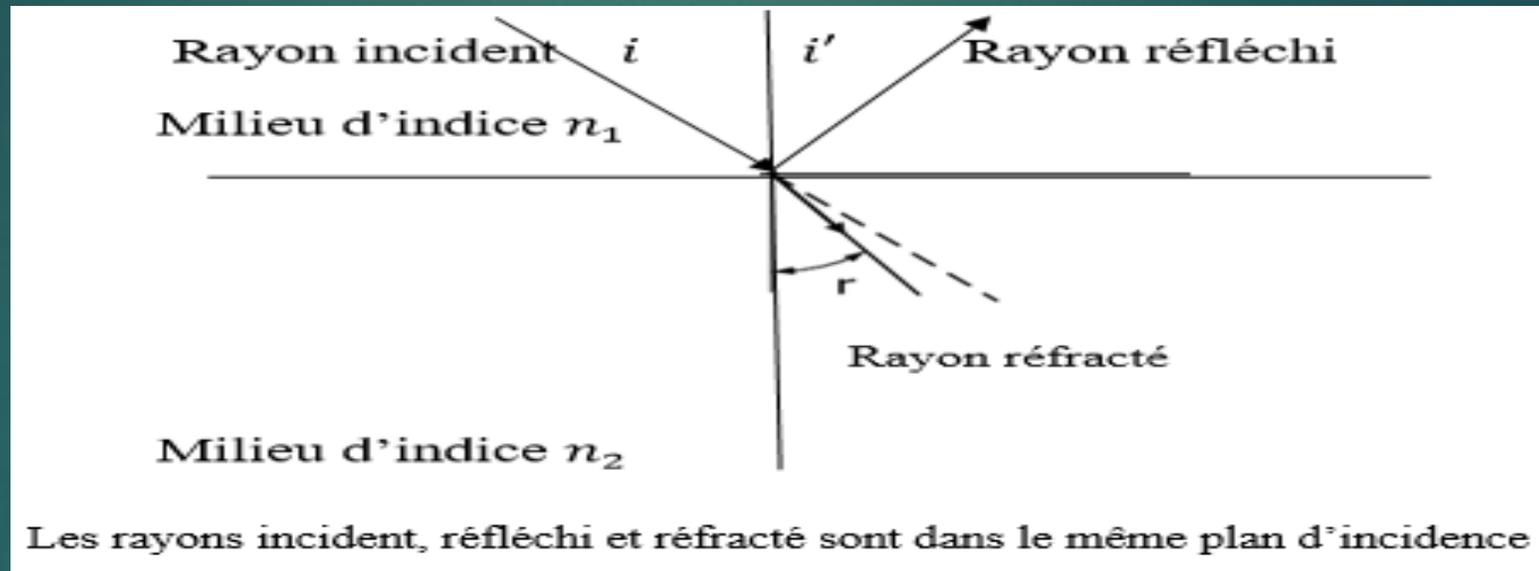
Par conséquent, les indices des milieux transparents usuels sont supérieurs à 1, nous avons $n \geq 1$ car $v \leq c$.

Matériaux	Indice n	Matériaux	Indice n	Matériaux	Indice n
Vide	1	Fluorine	1.43	Quartz	1.55 à 1.64
Air	1.0029	Glycérine	1.47	Cristal	1.60 à 2
Glace	1.31	Verre ordinaire	1.5	verre flint	1.67
Eau	1.33	plexiglass	1.51	Saphir	1.77
Alcool pur	1.32	Verre crown	1.52	Diamant	2.42 à 2.75
Acétone	1.36	Ambre	1.54	Rutile (TiO ₂)	2.907



Un dioptré : on désigne par ce terme toute surface entre 2 milieux homogènes et transparents, peut être soit plan, soit sphérique ou d'une forme quelconque.

L'étude du comportement des rayons lumineux à la surface de séparation entre deux milieux obéit aux lois de Snell et Descartes. On peut observer deux phénomènes :



Les rayons réfléchi et réfracté sont dans le plan d'incidence (plan défini par la normale à la surface et le rayon incident)

La réflexion de la lumière :

l'angle d'incidence = l'angle de réflexion. $i = i'$



La réfraction de la lumière :

Il existe un rapport constant entre les sinus des angles d'incidence et de réfraction,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_1 \cdot c}{v_2 \cdot c} = \frac{n_2}{n_1}$$

Alors on obtient la loi de réfraction : $n_1 \sin i = n_2 \sin r$



Application.

Un faisceau de lumière tombe sous une incidence de 15° dans l'air sur la surface de séparation air/eau. Déterminer les angles que fait la normale avec les rayons réfléchis et réfractés.

Solution :

- Le rayon réfléchi : $i = i' = 15^\circ$
- Le rayon réfracté : $n_{air} \sin i = n_{eau} \sin r$

$$\text{Application numérique : } \sin r = \frac{n_{air}}{n_{eau}} \sin i = \frac{1}{1.33} \sin 15^\circ$$

$$\text{Finalement : } r = 11.2^\circ$$

La réfraction limite:

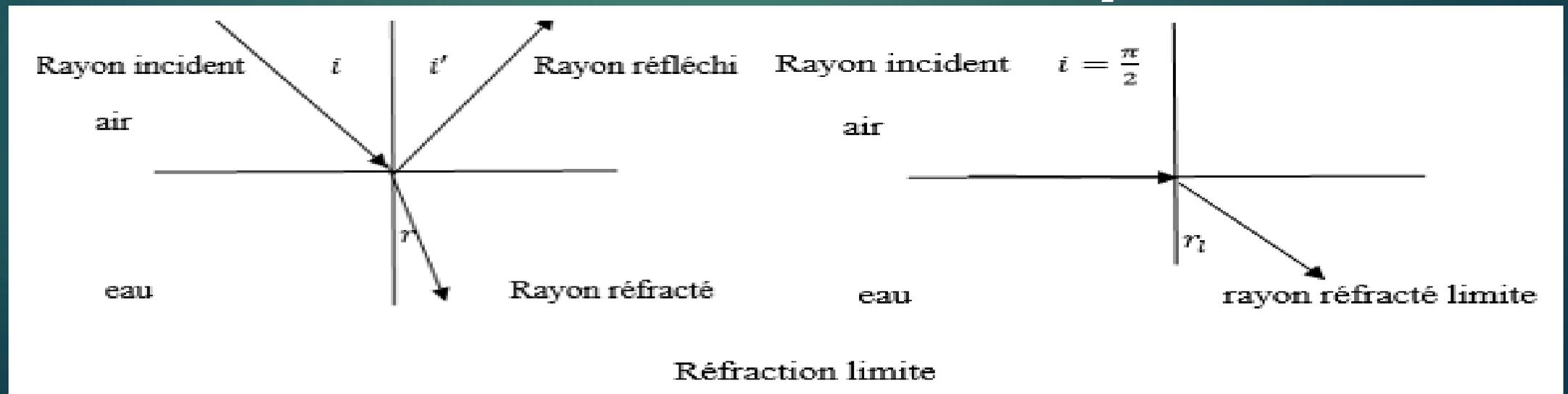
Cas $n_1 < n_2$

Si on augmente progressivement l'angle d'incidence i , on constate que l'angle de réfraction croît avec l'angle d'incidence, mais moins vite tel que $i > r$;

Le rayon réfracté se rapproche de la normale.

Si $i = \frac{\pi}{2}$ (angle d'incidence est maximum) alors on obtient un angle de réfraction limite

r_l qu'on calcule : $n_1 \sin \frac{\pi}{2} = n_2 \sin r_l$ alors $\sin r_l = \frac{n_1}{n_2}$



La réflexion totale :

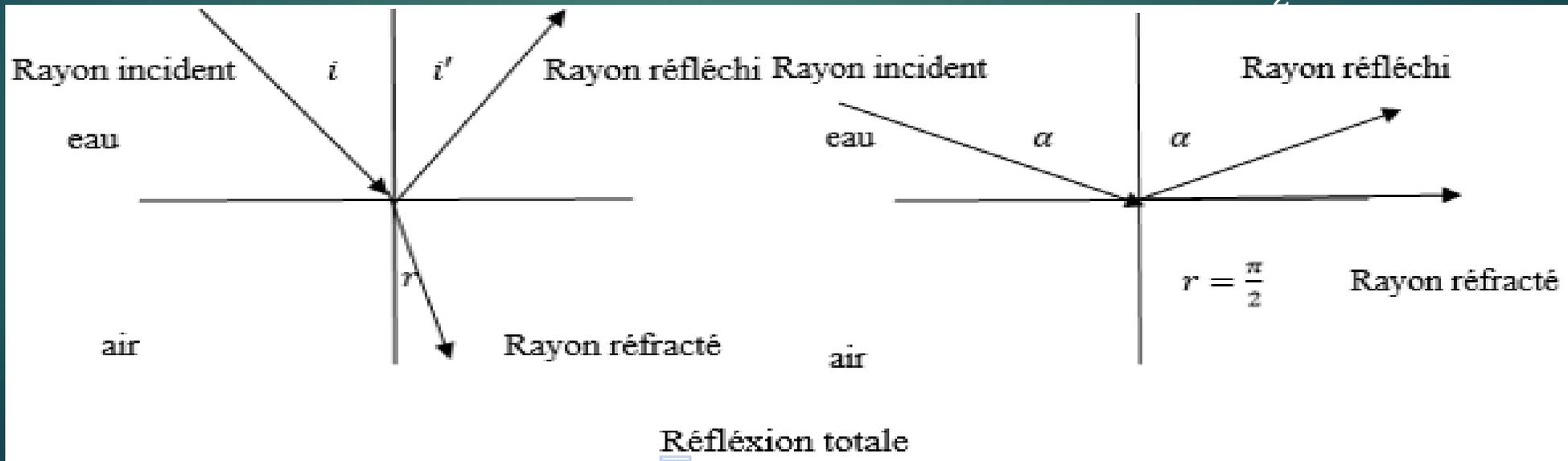
Cas $n_1 > n_2$

Si on augmente progressivement l'angle d'incidence i , on constate que l'angle de réfraction croît avec l'angle d'incidence et le rayon réfracté s'écarte de la normale ;

Jusqu'à une certaine valeur $i = \alpha$, l'angle de réfraction va atteindre une valeur maximale : $r = \frac{\pi}{2}$

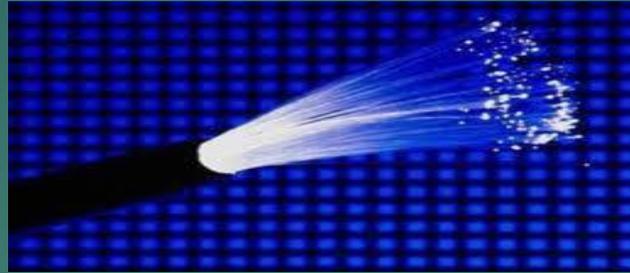
Si $i \geq \alpha$ toute la lumière incidente est réfléchi totalement.

On obtient l'angle de la réflexion totale comme suit : $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \frac{\pi}{2}$ alors $\sin \alpha = \frac{n_2}{n_1}$



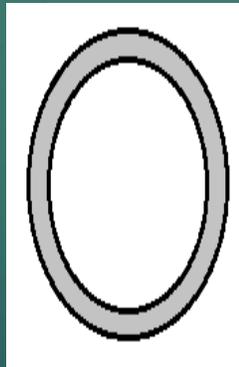
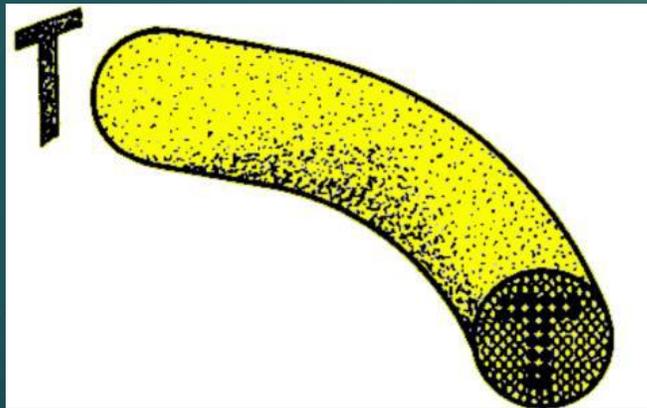
APPLICATION MÉDICALE:

La fibre optique permet de transmettre les rayons de lumière par réflexion successive sans perdre leur intensité

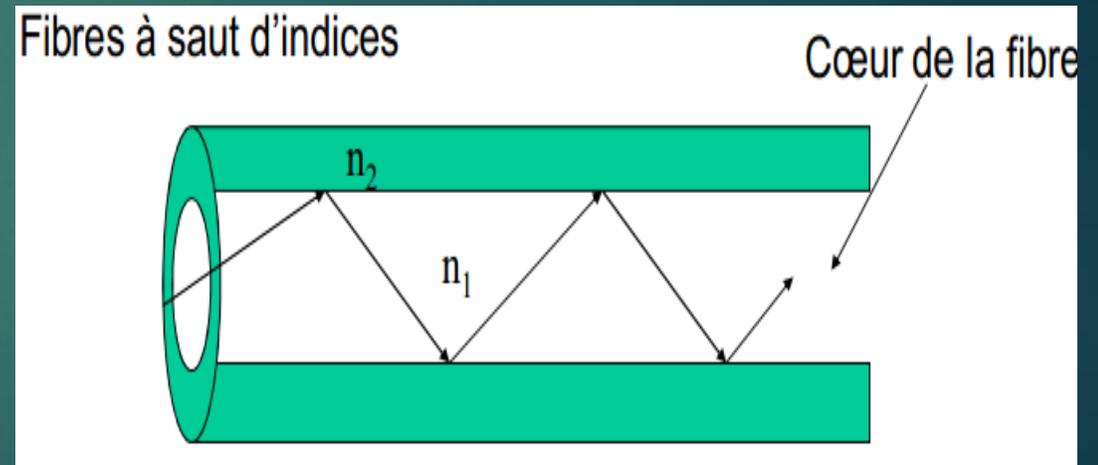


Ceci est permis par un meilleur choix des indices de réfraction de la gaine n_2 et du cœur de la fibre n_1 .

La fibre optique est flexible.



Fibres à saut d'indices





Merci pour votre attention