

CE QUE JE DOIS SAVOIR

Notions et contenus	Capacités exigibles
Sources lumineuses. Modèle de la source ponctuelle monochromatique. Spectre.	Caractériser une source lumineuse par son spectre. Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.
Modèle de l'optique géométrique. Définir le modèle de l'optique géométrique. Notion de rayon lumineux. Indice d'un milieu transparent.	Indiquer les limites de l'optique géométrique.
Réflexion - Réfraction. Lois de Descartes.	Établir la condition de réflexion totale.
La fibre optique à saut d'indice.	Établir l'expression du cône d'acceptance et de la dispersion intermodale d'une fibre à saut d'indice.

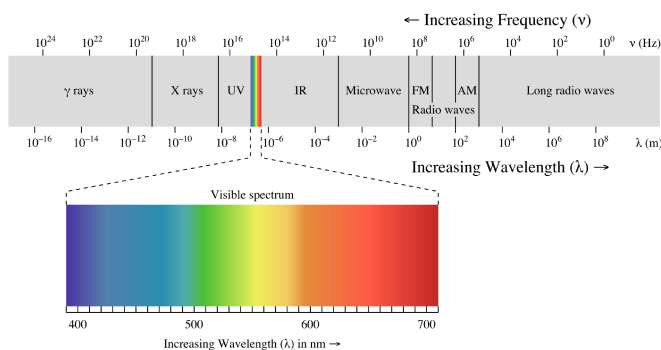
RÉSUMÉ DE COURS

I Les sources de lumière

1 Spectre des ondes électromagnétiques

DÉFINITION

Le **spectre** d'une source de lumière correspond à la distribution de l'intensité lumineuse de cette source en fonction de la fréquence.

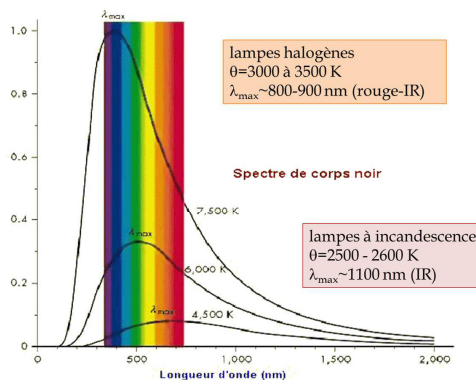


relation couleur/longueur d'onde dans le vide :

λ_0 (nm)	400	430	440	550	590	610	630
Couleur	Violet	Indigo	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge

2 Sources continues (ou thermiques)

Tout corps matériel émet un rayonnement électromagnétique dont le spectre est **continu** : il émet dans toutes les longueurs d'ondes. La longueur d'onde correspondant au maximum d'émission de la source λ_{\max} dépend de la température T de cette source : plus elle est chaude, plus sa longueur d'onde d'émission est petite (décalée vers le bleu).



3 Sources spectrales

Une source spectrale (lampes spectrales utilisées en TP ou les tubes néon) émettent de la lumière dont le spectre est **discret** : c'est un spectre de raies. Les raies d'émission correspondent aux transitions atomiques de l'éléments composant la source.

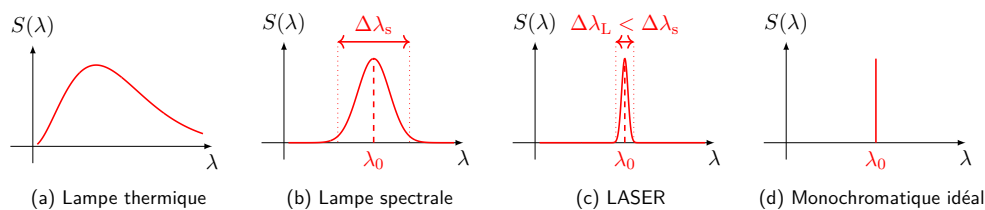
4 LASER

Un laser fonctionne par **émission stimulée** : la réception d'un photon par un atome excité provoque une désexcitation électronique avec émission d'un photon de **mêmes propriétés que le photon incident**. Un LASER donne une **lumière très cohérente** (quasi monochromatique, et faisceau directif) et très intense.

5 Modèle de la source ponctuelle monochromatique

Une source monochromatique ponctuelle est une source **idéale** (qui n'existe pas) qui a une taille très petite et dont le spectre ne contient qu'une seule longueur d'onde.

Le LASER est une bonne approximation d'une source ponctuelle monochromatique.



II Propagation de la lumière dans un MHTI

DÉFINITION

Un milieu homogène transparent et isotrope, **MHTI**, est un milieu :

- **homogène** : il possède les mêmes propriétés en tout point de l'espace ;
- **transparent** : il laisse passer la lumière, il n'y pas d'absorption ;
- **isotrope** : ses propriétés sont les mêmes dans toutes les directions de l'espace. La propagation de la lumière est alors identique dans toutes les directions.

1 Célérité et indice optique

Rappel :

Dans le vide, la célérité (vitesse) des ondes électromagnétique vaut $c_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Rien ne peut dépasser cette vitesse.

La relation entre célérité c_0 , fréquence ν et longueur d'onde λ_0 : $\lambda_0 = c_0/\nu$

DÉFINITION

Un MHTI est défini par son indice de réfraction ou indice optique, noté n , qui est le même en tout point du milieu :

$$n = \frac{c_0}{c} \text{ avec } c \text{ la vitesse des ondes électromagnétiques dans ce milieu.}$$

n est un nombre sans dimension toujours supérieur à 1.


Conséquence : La fréquence ν d'une onde électromagnétique est la même quelque soit le milieu de propagation.

La longueur d'onde dépend du milieu dans lequel se propage l'onde : $n = \frac{\lambda_0 \nu}{\lambda \nu} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$

2 La notion de rayon lumineux et le modèle de l'optique géométrique

DÉFINITION

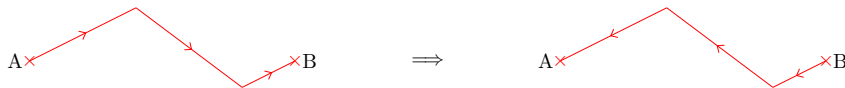
approximation de l'optique géométrique : On néglige le phénomène de diffraction et d'interférence : $\lambda \ll a$ avec a la largeur caractéristique de l'ouverture.

Dans cette approximation, on peut définir le **rayon lumineux** qui matérialise la direction de propagation de la lumière. On le représente par un trait et une flèche : 

PRINCIPES

Le modèle de l'optique géométrique :

- dans un MHTI, les rayons lumineux se propagent **en ligne droite**.
- deux rayons lumineux sont considérés comme **indépendants** : ils peuvent se croiser sans interagir (pas d'interférence) et leurs intensités s'ajoutent .
- Dans un MHTI, le sens de propagation ne modifie pas le trajet suivi par le rayon lumineux. C'est le principe du **retour inverse** de la lumière :



3 Les limites de l'optique géométrique

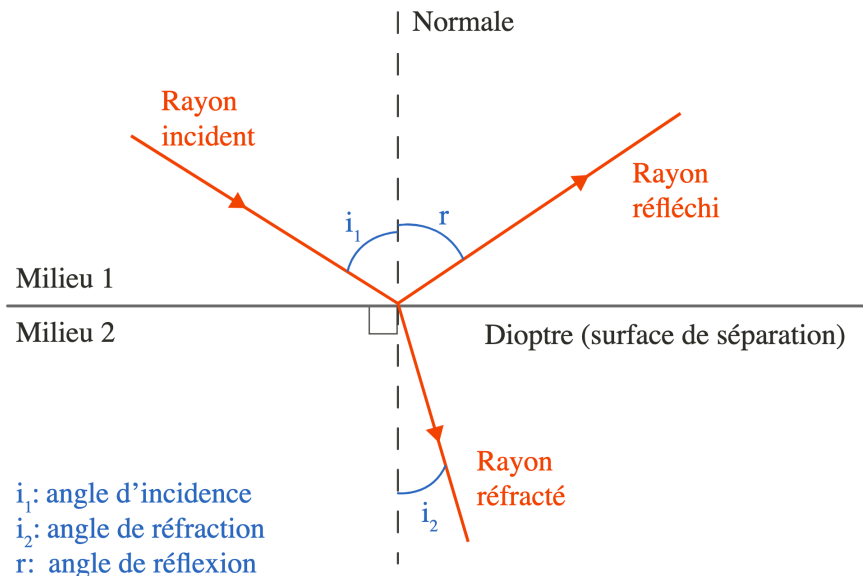
- Le modèle de l'optique géométrique ne permet pas de décrire les **phénomène ondulatoires** : **diffraction** (interaction entre la lumière et un objet dont la taille est de l'ordre de quelques longueurs d'onde) et **interférences** (interaction entre 2 rayons lumineux).
- Ce modèle ne prend pas en compte la **polarisation de la lumière**, utilisée dans certaines lunettes 3D, lunettes de soleil...

III Lois de Snell-Descartes de la réflexion et de la réfraction

1 Un peu de vocabulaire

DÉFINITION

- **Dioptré** : interface entre deux MHTI d'indices différents. Localement, cette interface peut toujours être approximée par un plan.
- **Rayon incident** : rayon qui arrive sur le dioptré.
- **Rayon réfléchi** : rayon qui repart vers le milieu d'où est issu le rayon incident.
- **Rayon réfracté** : rayon qui pénètre dans le second milieu. Il est aussi appelé rayon transmis.
- **Plan d'incidence** : plan contenant le rayon incident, et la normale au dioptré.
- **Normale au dioptré** : droite perpendiculaire au dioptré
- **angle d'incidence** : Angle entre le rayon d'incidence et la normale au dioptré.
- **angle réfléchi** : Angle entre le rayon réfléchi et la normale au dioptré.
- **angle réfracté** : Angle entre le rayon réfracté et la normale au dioptré.
- **réfringence** : Soit deux milieu d'indice n_1 et $n_2 < n_1$. Dans ce cas on dit que le milieu 1 est **plus réfringent** que le milieu 2, qui est lui **moins réfringent** que le milieu 1.



⚠ Tous les angles sont algébriques et mesurés par rapport à la normale du dioptr.

2 Enoncé des lois de Snell-Descartes

1ÈRE LOI DE SNELL-DESCARTES : PLAN D'INCIDENCE

Les rayons incident, réfléchi et réfracté sont contenus dans le même plan : le plan d'incidence.

2ÈME LOI DE SNELL-DESCARTES : RÉFLEXION

Le rayon réfléchi r est le symétrique du rayon incident i_1 par rapport à la normale : $r = -i_1$ ou $|r| = |i_1|$.

3ÈME LOI DE SNELL-DESCARTES : RÉFRACTION

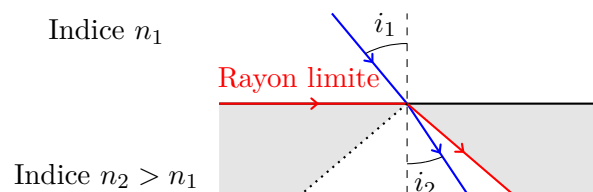
Pour un rayon incident formant un angle i_1 avec la normale au dioptr, le rayon réfracté forme un angle i_2 avec la normale, tel que : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

3 Cas particuliers : réfraction limite et réflexion totale

• **Réfraction limite** : Si $n_2 > n_1$, le rayon réfracté existe toujours et se rapproche de la normale. Le rayon incident limite est tel que $i_1 = 90^\circ$. On peut alors définir un **angle de réfraction limite** $i_{2,lim}$ qui correspond à cet angle d'incidence. En appliquant la 2e loi de Snell-Descartes on trouve :

$$i_{2,lim} = \arcsin \frac{n_1}{n_2}$$

Dans cette configuration, pour un point d'incidence donné, tous les rayons réfractés seront situés à l'intérieur d'un cône de réfraction défini par cet angle $i_{2,lim}$. Aucun rayon réfracté ne sera dans la zone grise :



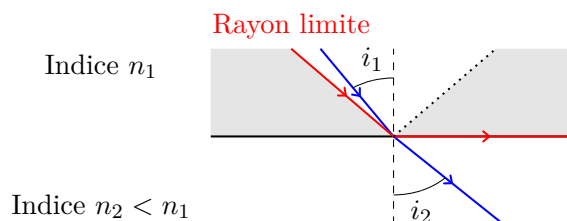
• **Réflexion totale** : Si $n_2 < n_1$, le rayon réfracté s'éloigne de la normale. Ainsi quand l'angle d'incidence augmente, l'angle de réfraction peut atteindre 90° . Dans ce cas il n'y a plus de rayon réfracté, seul le rayon réfléchi existe, on parle de **réflexion totale**.

Le rayon réfracté n'existe que lorsque $i_2 < \pi/2 \Leftrightarrow \sin i_2 < 1 \Leftrightarrow \frac{n_1}{n_2} \sin i_1 < 1 \Leftrightarrow \sin i_1 < \frac{n_2}{n_1} \Leftrightarrow$

$$i_1 < \arcsin \frac{n_2}{n_1} = i_{1 \text{ lim}}$$

Lorsque $i_1 > i_{1, \text{lim}} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$, il n'existe pas de rayon réfracté : il y a **réflexion totale**.

Ce phénomène est très utilisé pour confiner la lumière, en particulier dans les fibres optiques (voir DM 1)



CONCLUSION : attention à ne pas mélanger les mots :

- *diffraction* (propriété due au caractère ondulatoire de la lumière.),
- *dispersion* (séparation des différentes composantes spectrales de la lumière par un milieu, par exemple le verre : voir expérience avec le prisme),
- *réfraction* (LE mot important du cours) : modification de l'angle d'un rayon lumineux au passage d'un milieu d'indice n_1 à un milieu d'indice $n_2 \neq n_1$).