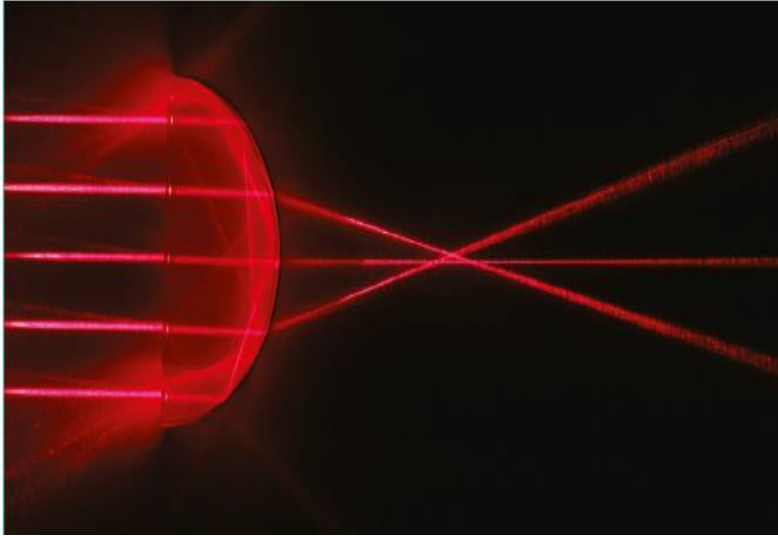


OPTIQUE GEOMETRIQUE



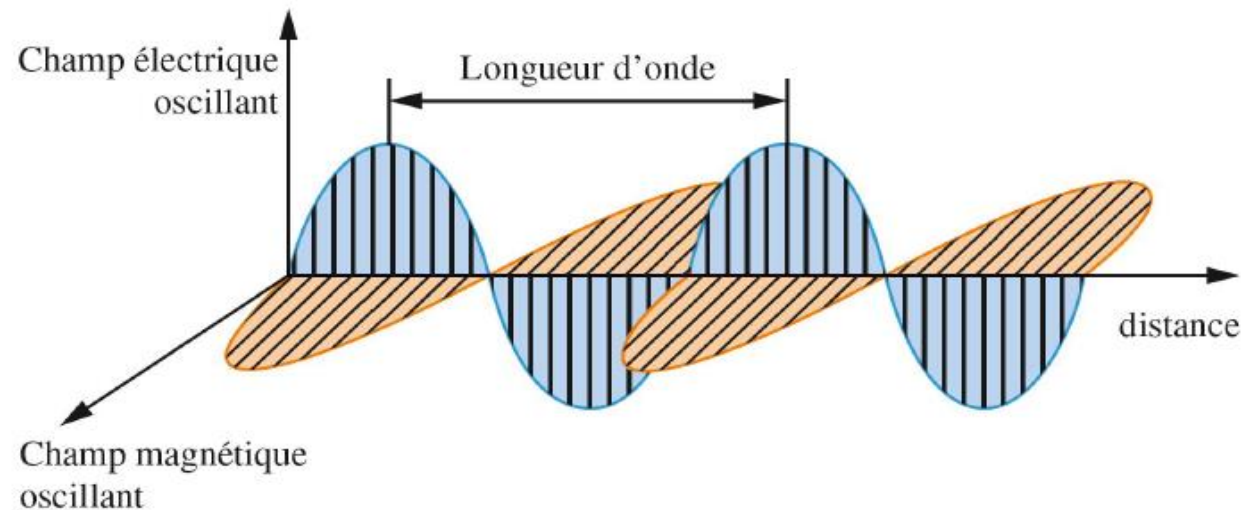
CHAPITRE I La nature de la lumière

I Le modèle des ondes électromagnétiques (Maxwell 1864)

Onde: propagation d'une certaine quantité physique dans l'espace

Transport d'énergie sans transport de matière

Lumière = onde électromagnétique sinusoïdale



Champs électrique et magnétique d'une onde électromagnétique dans l'espace à un instant quelconque

Une onde est caractérisée par :

- sa fréquence f , inverse de la période temporelle T
- sa pulsation $\omega = 2 \pi f$
- sa longueur d'onde $\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$

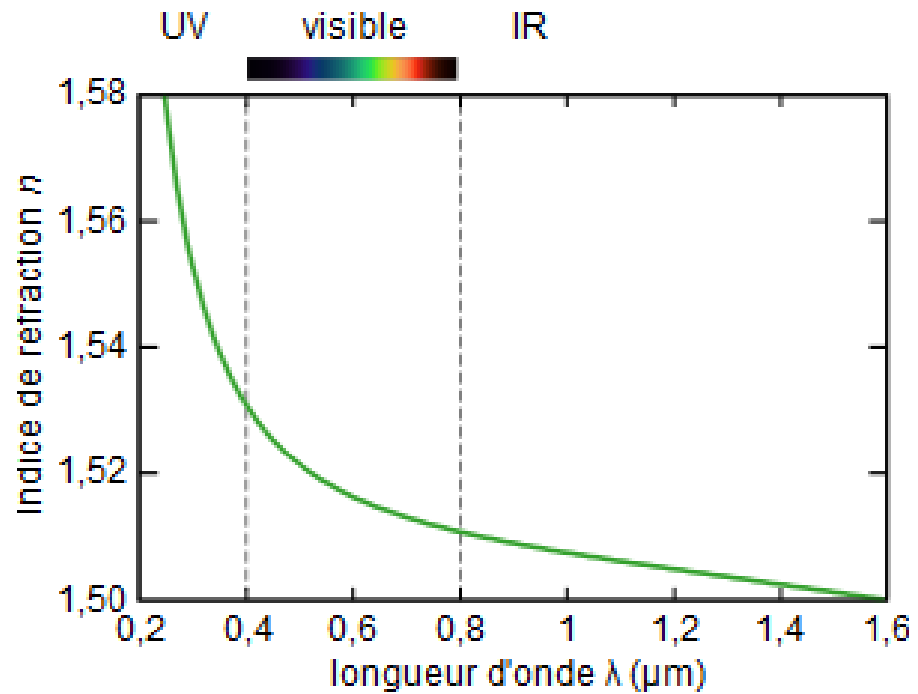
La vitesse v de propagation dépend du milieu

Dans le vide : $v = c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Dans un milieu matériel : $v = \frac{c}{n}$

n représente l'indice optique du milieu ou indice de réfraction

n est toujours supérieur à 1

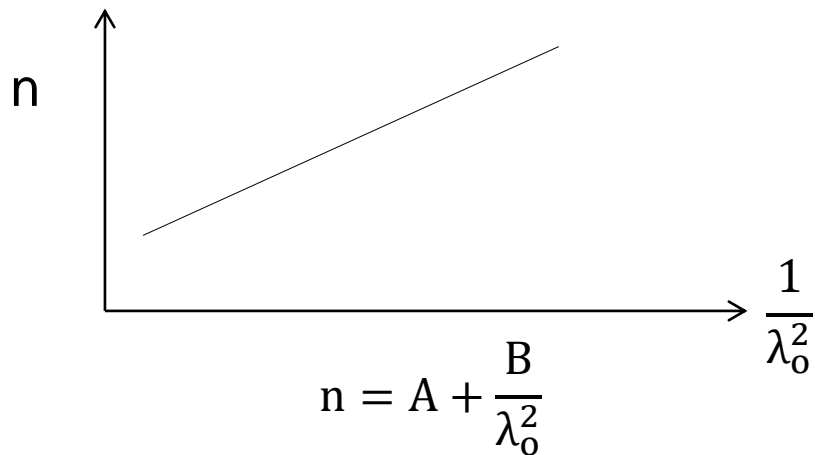


La vitesse est fonction de la fréquence f

n est fonction de f donc de λ

à $\lambda_0 = 0,587 \mu\text{m}$

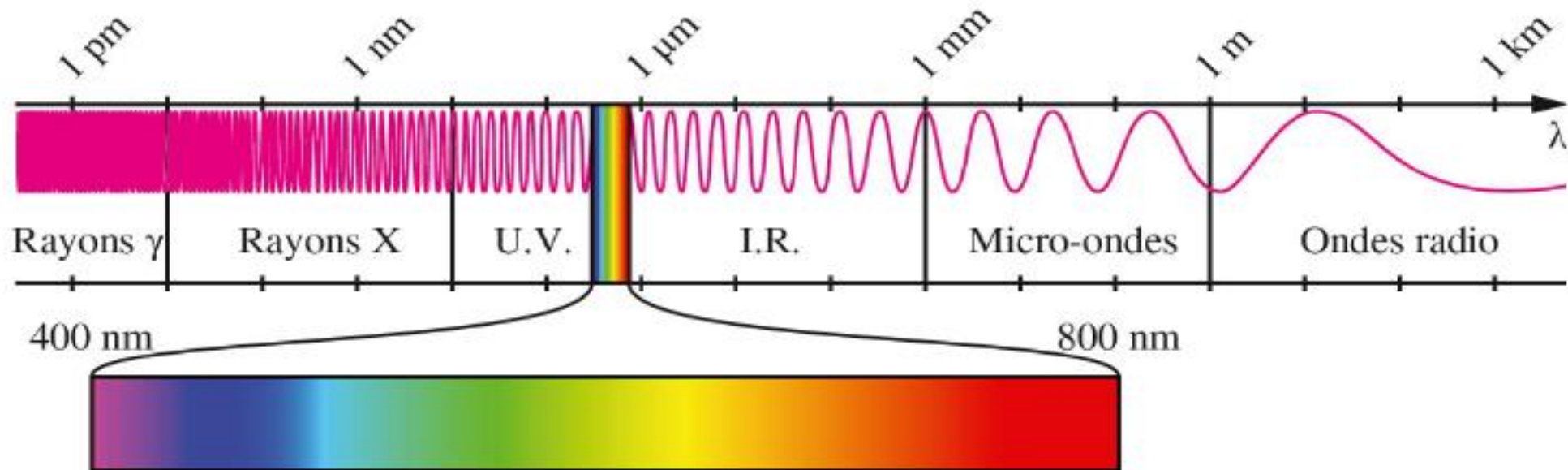
| milieu | n |
|---------|----------|
| air | 1,000292 |
| eau | 1,33 |
| verre | 1,53 |
| diamant | 2,4 |



Loi de CAUCHY

Les ondes électromagnétiques couvrent une large gamme de fréquences :
des ondes radio et micro-ondes aux rayons X et gamma

La lumière désigne la gamme de fréquences des ondes électromagnétiques à laquelle l'œil est sensible : 400 nm -800 nm



Le spectre est exprimé en fonction de la longueur d'onde dans le vide.

II Le modèle des photons

Max Planck 1900- Albert Einstein 1905

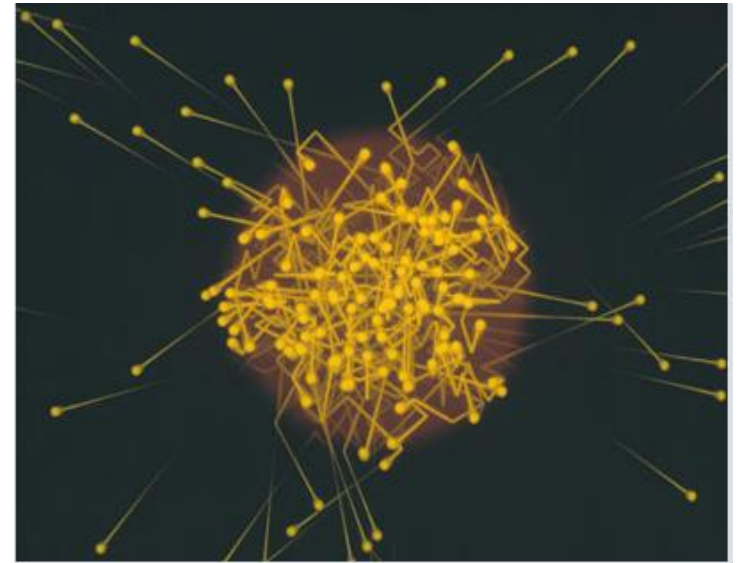
Quantification de l'énergie d'une onde électromagnétique : la lumière est composée de quanta

Les photons : particule de charge nulle, de masse nulle se déplaçant à la vitesse de la lumière

Ils ne sont détectés que lorsqu'ils interagissent avec la matière

L'énergie du photon est : $E = h \cdot f$

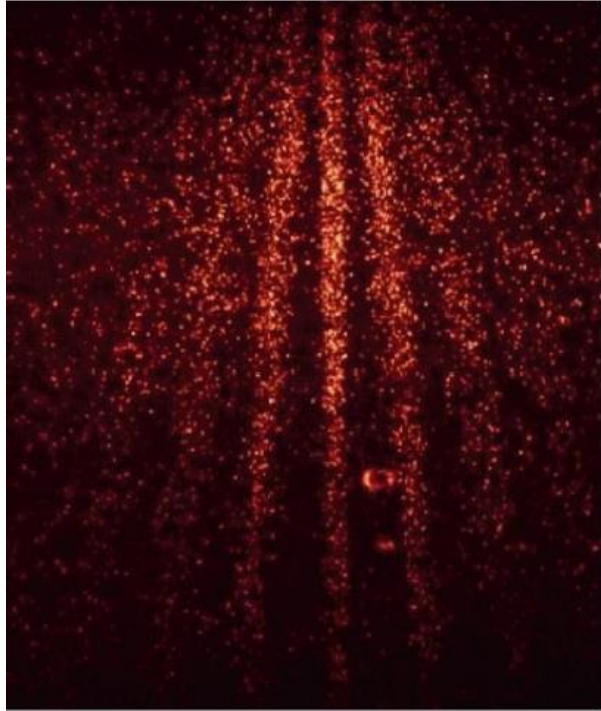
h étant la constante de Planck : $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
 f est la fréquence (s^{-1})



Trajectoire des photons s'échappant du soleil

III La dualité onde-corpuscule

- ☐ La lumière est une onde électromagnétique : phénomènes d'interférence et de diffraction

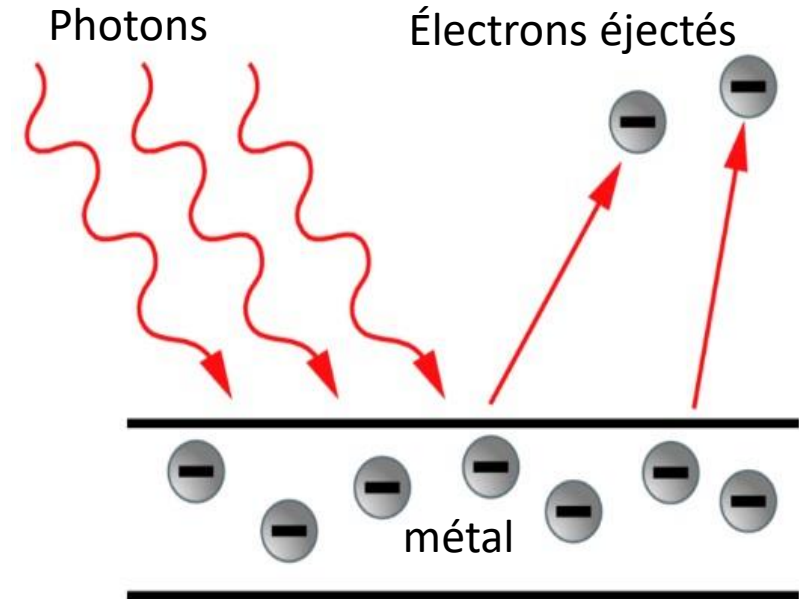


Phénomène d'interférences



ET

- ☐ La lumière est constituée de corpuscules (Photons)



Effet photoélectrique

CHAPITRE II Les principes de l'optique géométrique

I Cadre de l'étude

Etude des phénomènes lumineux perçus par l'œil ou les détecteurs et de la formation des images par les systèmes optiques.

- Notion de rayons lumineux
- Lois de la réflexion et de la réfraction

Sont négligés :

- les phénomènes d'interférence et de diffraction, de polarisation et de diffusion
- les processus d'émission et d'absorption de la lumière par la matière

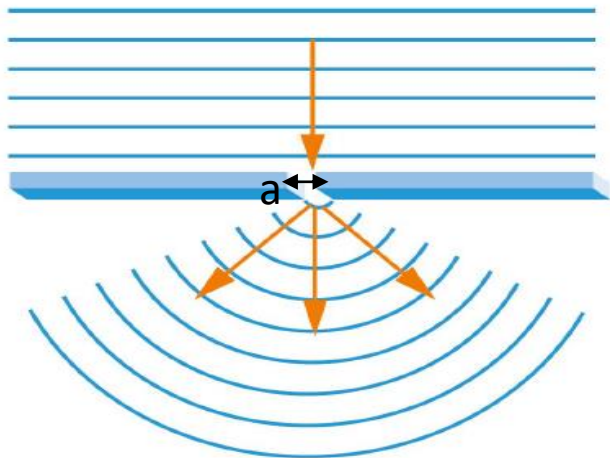
II Le modèle du rayon lumineux

La notion de rayon lumineux remonte à l'antiquité

En optique géométrique : ligne suivant laquelle se propage l'énergie lumineuse

Pour isoler un rayon, il faudrait faire passer un faisceau dans une ouverture très petite .

Problème : si la taille de l'ouverture a est comparable à la longueur d'onde λ , on observe un phénomène de diffraction



Comme le point matériel en mécanique classique , le rayon lumineux est une abstraction géométrique plutôt qu'une réalité physique

Le rayon lumineux est considéré par la théorie corpusculaire newtonienne, comme la trajectoire des particules qui le constituent.

III Principe de propagation rectiligne

Propriétés d'un milieu de propagation :

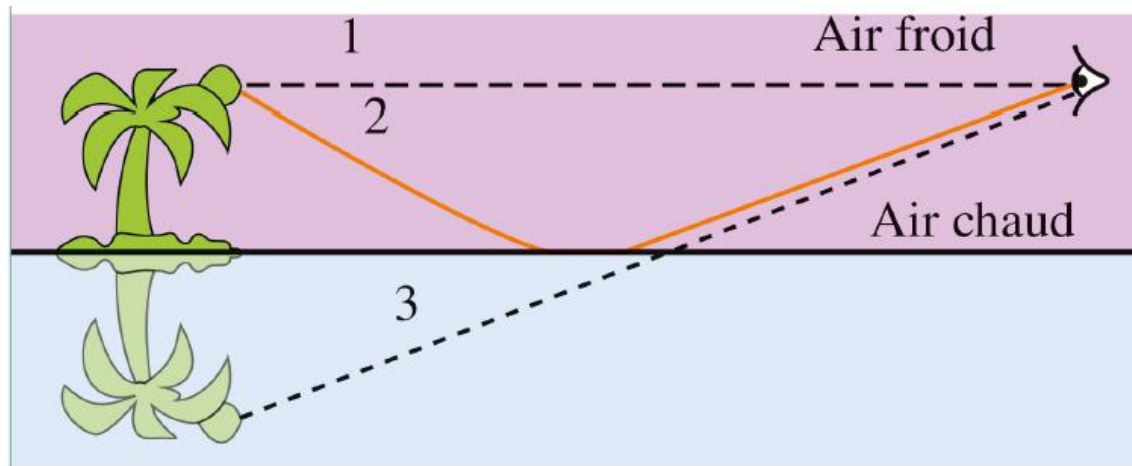
- homogène : mêmes propriétés dans tout le milieu
- isotrope : propriétés indépendantes de la direction
- transparent : laisse passer la lumière
- opaque (absorbant) : ne laisse pas passer la lumière

Dans un milieu transparent, homogène et isotrope, la lumière se propage en ligne droite de la source au récepteur

Dans un milieu inhomogène

L'indice dépend des conditions thermodynamiques (pression, température, densité...)

Lorsque la température est inhomogène, l'indice l'est aussi : le mirage

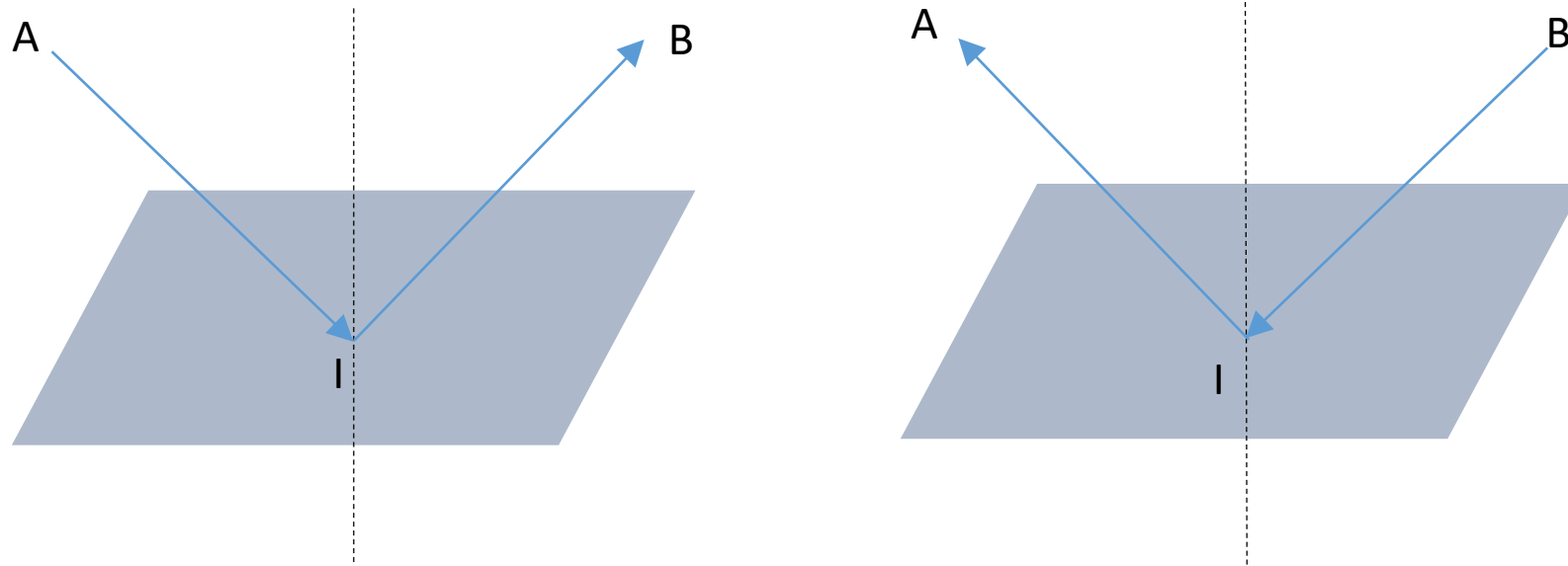


La température diminuant avec l'altitude, l'indice augmente: les rayons sont courbés vers le haut.

L'œil habitué à la propagation rectiligne, interprète le rayon qui lui parvient comme provenant d'un point situé sous la surface de la terre.

IV Principe de retour inverse de la lumière

Si un rayon est émis par une source A et se propage jusqu'au point B, alors une source placée en B émettra un rayon qui se propage en sens inverse jusqu'au point A, quelque soient le chemin AB et les milieux dans lesquels la lumière se propage



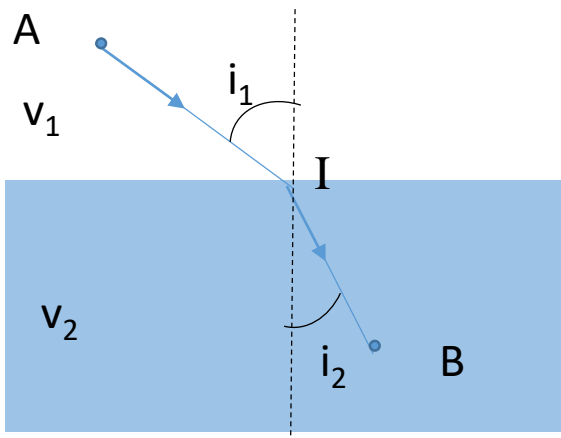
Le trajet suivi est indépendant du sens de propagation

V Principe de Fermat

Pour aller d'un point A à un point B, la lumière suit, parmi toutes les trajectoires possibles, celle dont le temps de parcours est extrémal (minimal ou maximal)

Le principe de Fermat permet de montrer que dans un milieu homogène, la lumière se propage rectilignement.

C'est à partir du principe de Fermat qu'il est possible de retrouver les lois de Snell-Descartes.



$$\text{Durée du trajet : } T_{AB} = \frac{AI}{v_1} + \frac{IB}{v_2}$$

Dépend de la position du point I et en finalité des angles i_1 et i_2

VI Indépendance des rayons lumineux

En un point où plusieurs rayons se croisent :

- ils ne se modifient pas les uns les autres
- le résultat est la somme des effets de chacun d'eux

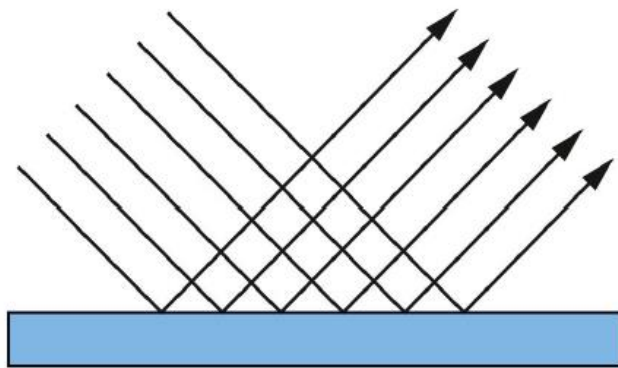
Le phénomène d'interférence n'est pas pris en compte par l'optique géométrique

CHAPITRE III Réflexion et réfraction de la lumière

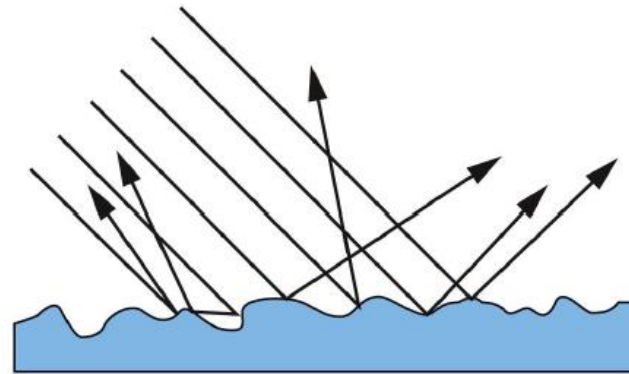
I La réflexion

La réflexion de la lumière se produit de deux façons suivant la rugosité de la surface :

- surface suffisamment polie : **réflexion spéculaire**
- Surface rugueuse : rayon réfléchi dans des directions aléatoires : **réflexion diffuse**



Réflexion spéculaire



Réflexion diffuse

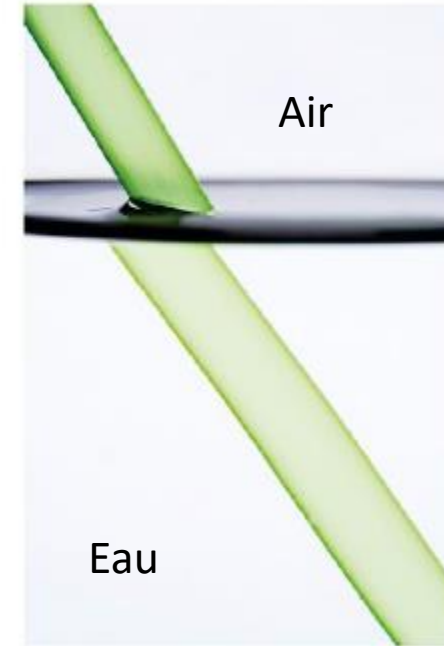
Miroir : surface polie optiquement recouverte d'un dépôt métallique réfléchissant

II La réfraction

Exemple : le rayon incident change de direction au passage de l'interface entre l'air et l'eau

Dioptre : surface de séparation entre deux milieux transparents d'indices différents

Dans l'exemple, le dioptr

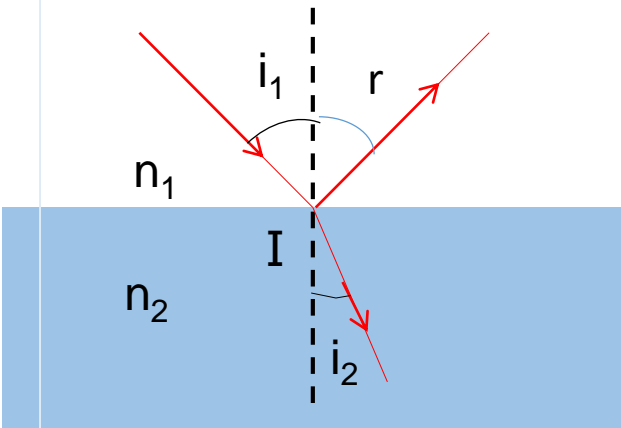


III Les lois de Snell-Descartes

Lorsqu'un rayon incident arrive sur un miroir, il existe uniquement un rayon réfléchi

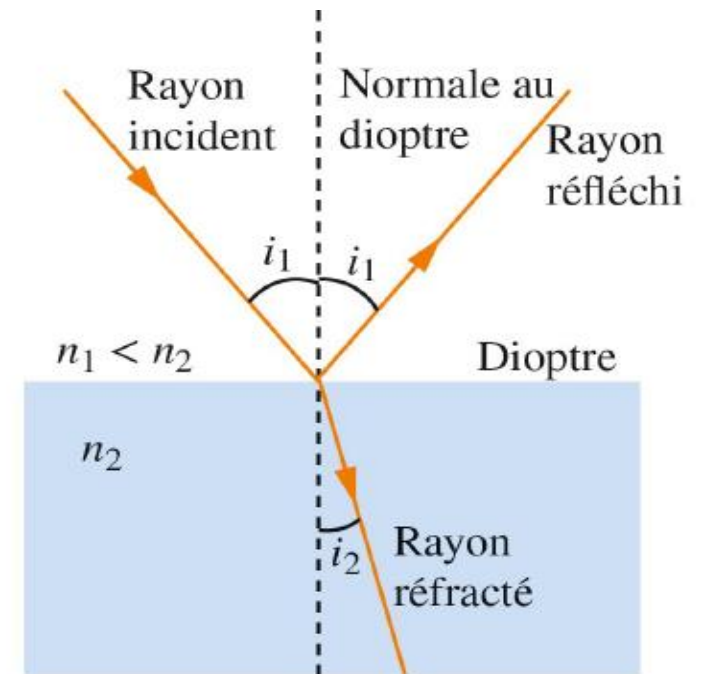
Lorsqu'un rayon incident arrive sur un dioptré : une partie de la lumière est réfléchi (rayon réfléchi), une partie est réfractée (rayon réfracté)

- Le point I est appelé « point d'incidence »
- La normale au dioptré est la droite perpendiculaire au point d'incidence
- L'angle d'incidence i_1 est l'angle entre le rayon incident et la normale au dioptré
- L'angle de réflexion r est l'angle entre le rayon réfléchi et la normale au dioptré
- Le plan d'incidence est le plan formé par le rayon incident et la normale au dioptré



- ❑ 1^{ère} loi : les rayons lumineux réfléchi et réfracté sont dans le plan d'incidence
- ❑ 2^e loi : l'angle de réflexion est égale à l'angle d'incidence i_1
- ❑ 3^e loi : la relation entre l'angle d'incidence i_1 , l'angle de réfraction i_2 , l'indice n_1 du milieu incident et l'indice n_2 du milieu de réfraction est :

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



III Conséquences des lois de Snell-Descartes

Si $n_1 < n_2$: le rayon réfracté existe quelque soit l'angle d'incidence.

Le rayon réfracté se rapproche de la normale. ($i_2 < i_1$)

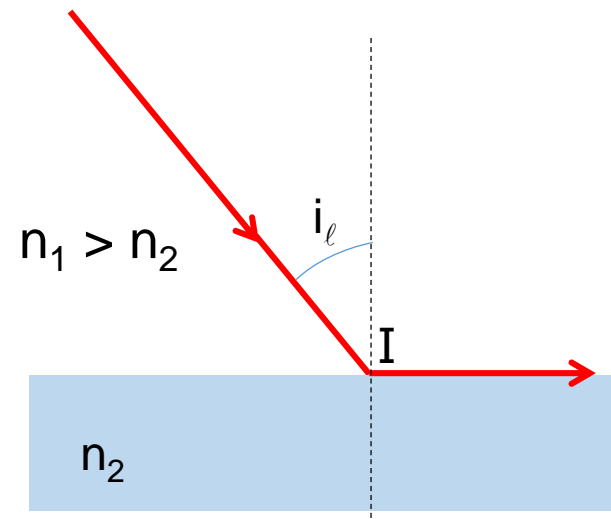
Le milieu d'indice n_2 est dit plus « réfringent »

Si $n_1 > n_2$: la réfraction a lieu jusqu'à un certain angle d'incidence i_1 dit « angle limite » i_ℓ tel que $i_2 = 90^\circ$

$$\sin i_\ell = \frac{n_2}{n_1}$$

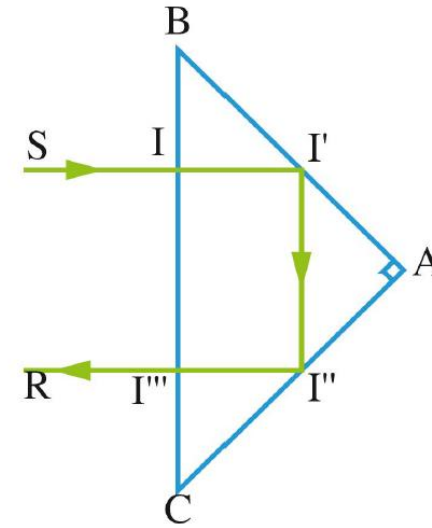
Au-delà de cette valeur limite : pas de réfraction

→ **Réflexion totale**



Applications de la réflexion totale :

- Prisme à réflexion totale (jumelles)



- Guidage de la lumière : fibres optiques

