Bases de l’optique géométrique

Milieu transparent.

Un milieu est dit **transparent** si la lumière n’est pas absorbée lors de sa traversée.

Milieu homogène.

On appelle **milieu homogène** une zone de l’espace où les propriétés physiques locales sont identiques.

Milieu isotrope.

Un milieu est dit **isotrope** si les propriétés physiques sont identiques dans les toutes directions de l’espace.

Dans la suite les milieux étudiés sont tous des MHTI

La lumière a un double aspect :

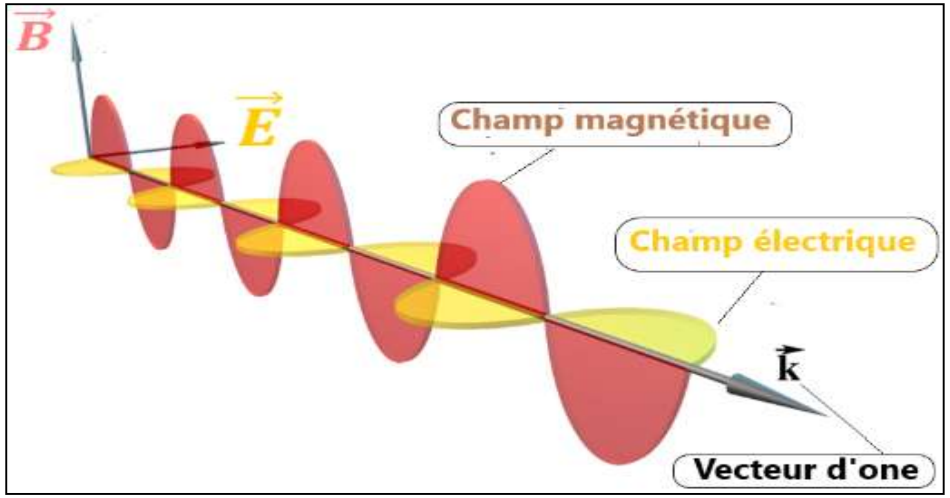
- Aspect corpusculaire
- Aspect ondulatoire

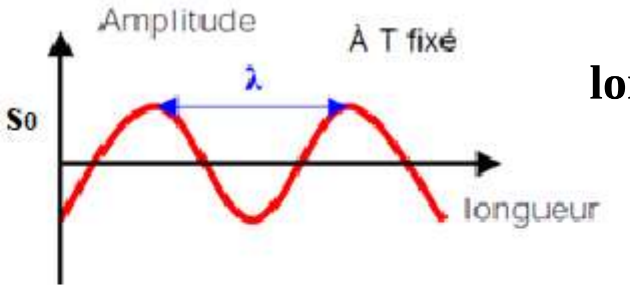
Aspect corpusculaire: L'énergie lumineuse est transportée par des quantas d'énergie ou des photons

la nature corpusculaire de la lumière suppose qu'*une source lumineuse émet des particules qui se propagent en lignes droites et sont réfléchies par les miroirs, elles traversent les milieux MHTI à des vitesses dépendantes des natures des milieux.*

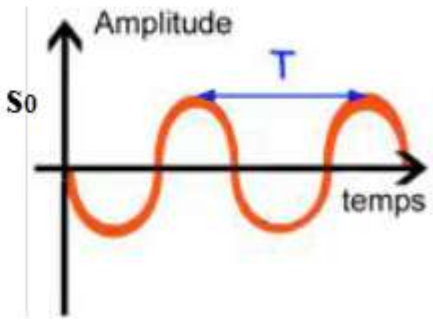
Chaque photon transporte avec lui une énergie rayonnante $E = h\, v$. Où h est la constante de Planck telle que : $h = 6{,}62.\ 10^{-34}$ J.s et v sa fréquence en (s^{-1}).

●**Aspect ondulatoire**: La lumière est une onde électromagnétique





longueur d'onde



Période T = $\frac{1}{\nu}$

Dans le vide, la vitesse de propagation de l'onde ou la célérité de la lumière est notée c telle que $c = 3.10^8\ ms^{-1}$

Les vitesses de propagation dans les autres milieux ont comme référence la célérité c, car rien ne peut aller plus vite que la lumière dans le vide (relativité).

Dans un milieu matériel la vitesse de la propagation est donc V telle que $V < c$

λ étant la **longueur d'onde (**la longueur parcourue pendant une période**)** et se mesure en **m**.

<u>Dans le vide</u> :

La **vitesse de propagation** de l'onde est c et la **longueur d'onde dans le vide** s'écrit :

$$\lambda = \lambda_0 = c \times T = \frac{c}{\nu}$$

<u>Dans un milieu matériel</u> :

La **vitesse de propagation** de l'onde s'écrit V et s'exprime en **m.s^{-1}** et la **longueur d'onde dans le milieu matériel** est donc $\lambda = V \times T = \frac{V}{\nu}$

L’indice de réfraction d’un milieu est noté n tel que $n = \frac{c}{V}$

L’indice de réfraction n dépend du milieu de propagation et il <u>est toujours supérieur ou égal à 1</u>:

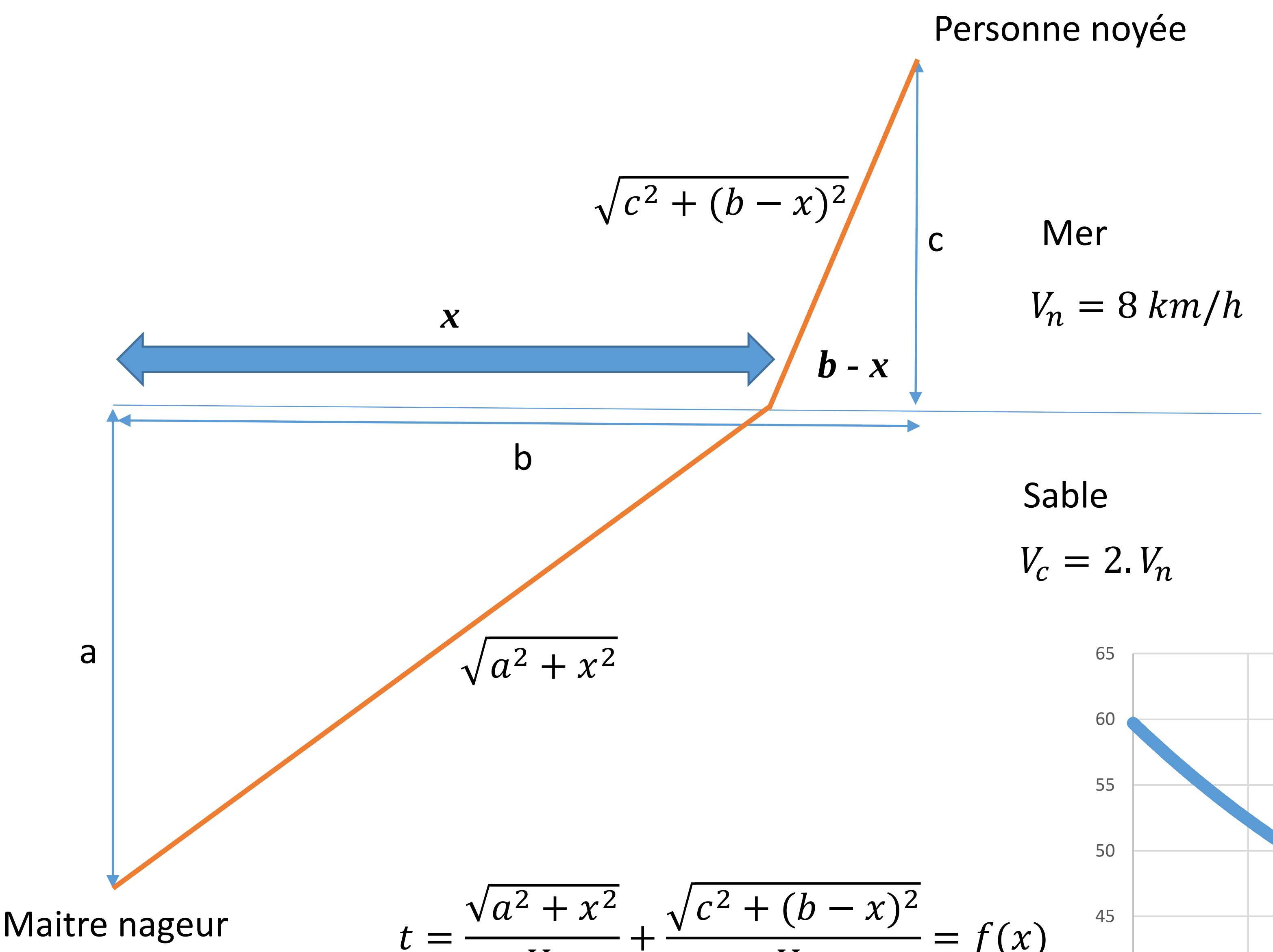
Milieu	Indice n
Vide	1
Air	1,00027=1
Eau	1,33
Verre courant	1,5
Verre à fort indice	1,6<n<1,8
cristal de Lustre	1,9
Diamant	2,4

Remarque

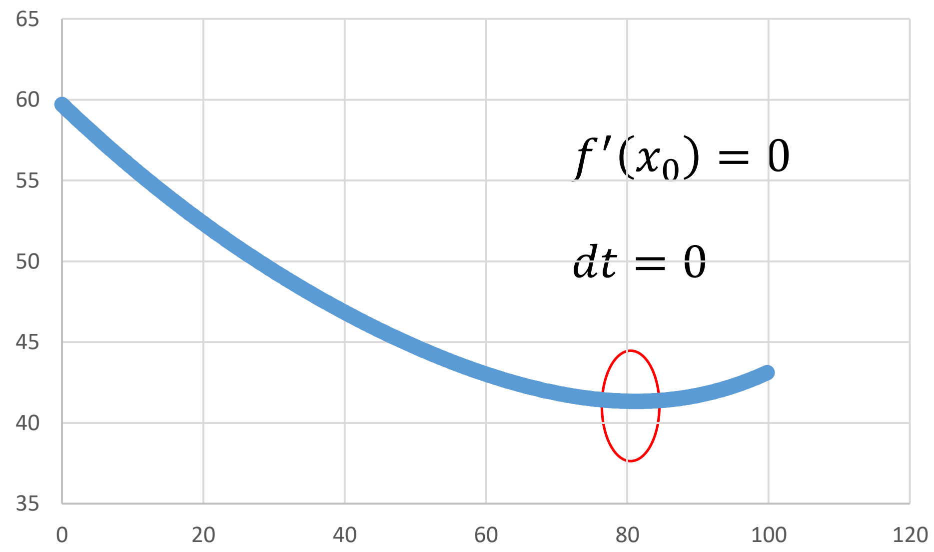
$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{V}{\nu}$$

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$



a=50m
b=100m
c=40m



$$t = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{V_c} + \frac{\sqrt{c^2 + (b-x)^2}}{V_n} = f(x)$$

$$dt = df = f'(x)dx$$

Principes de la propagation de la lumière dans un MHTI

Principe de Fermat (1657)

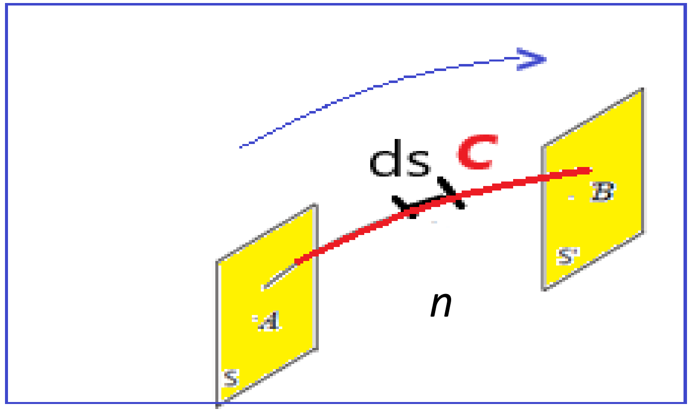
"La lumière se propage d'un point à un autre sur une trajectoire rectiligne telle que la durée du parcours soit minimale." . (Le **chemin optique** est stationnaire.)

Principe de propagation rectiligne de la lumière :

Dans un milieu homogène, transparent et isotrope (MHTI), la lumière se propage en ligne droite : les rayons lumineux sont des portions de droites (plusieurs milieux).

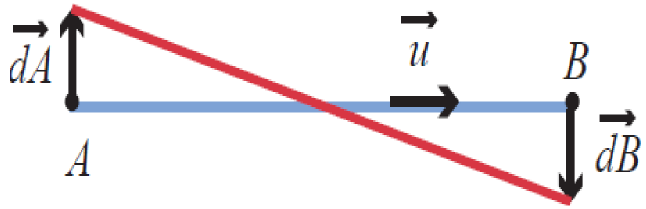
Chemin optique le long d'une courbe quelconque

Deux points proches distants de ***ds*** sur une courbe quelconque $\mathcal{C}$ dans un milieu d'indice ***n***, le chemin optique est défini par $\boldsymbol{dL = nds =} \frac{c}{V} V.dt = cdt$



$$L_{AB} = c\int_{A}^{B} dt = c(t_B - t_A) = n\int_{A}^{B} ds = n\,AB(\,Lumière\ rectiligne\ dans\ un\ milieu)$$

Différentielle d'un chemin optique (milieu d'indice *n*)



$\overrightarrow{AB} = AB\vec{u}$

$d\overrightarrow{OA} = \overrightarrow{dA}$ Notation

$\vec{u}^2=1$ $\quad d\vec{u}.\vec{u} = 0$

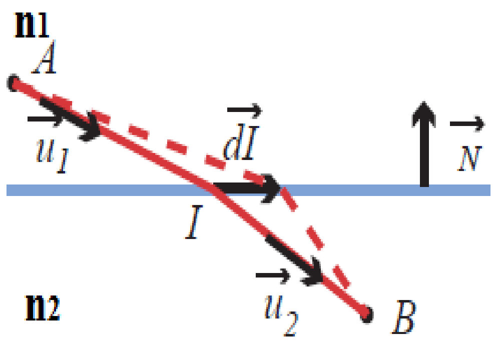
$AB = \vec{u}.\overrightarrow{AB} \Rightarrow L_{AB} = n(\vec{u}.\overrightarrow{AB})$

Donc

$dL_{AB} = d(n.AB) = d[n(\vec{u}.\overrightarrow{AB})] = nd\vec{u}.\overrightarrow{AB}$
$+ n\vec{u}.d\overrightarrow{AB} = nd\vec{u}.AB\vec{u} + n\vec{u}.d\overrightarrow{AB}$
$= n\vec{u}.d\overrightarrow{AB} = n\vec{u}.d(\overrightarrow{AO} + \overrightarrow{OB}) = n\vec{u}.d(\overrightarrow{OB} - \overrightarrow{OA})$

$$dL_{AB} = n\vec{u}.d\overrightarrow{AB} = n\vec{u}.(\overrightarrow{dB} - \overrightarrow{dA})$$

Franchissement d'un dioptre n_1/n_2



$L_{AB} = n_1 AI + n_2 IB$ $\qquad dL_{AB} = n_1 dAI + n_2 dIB$

$$dL_{AB} = n_1\vec{u_1}(\overrightarrow{dI} - \overrightarrow{dA}) + n_2\vec{u_2}(\overrightarrow{dB} - \overrightarrow{dI})$$

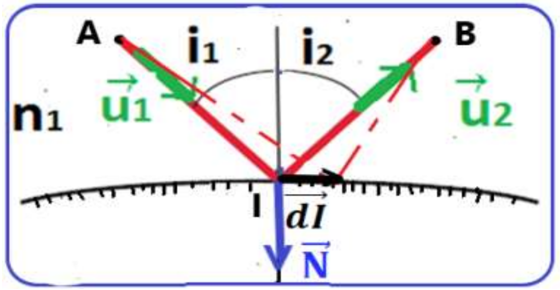
A et **B** sont fixes $\Rightarrow$ $\overrightarrow{dA} = \vec{0}$ et $\overrightarrow{dB} = \vec{0}$

$\Rightarrow dL_{AB} = (n_1\vec{u_1} - n_2\vec{u_2}).\overrightarrow{dI}$

D'après le principe de Fermat $dL_{AB} = 0 \Rightarrow (n_1\vec{u_1} - n_2\vec{u_2}). \perp \overrightarrow{dI}$

$$(n_1\vec{u_1} - n_2\vec{u_2}) = \alpha\vec{N}$$

Réflexion sur une surface réfléchissante



$$L_{AB} = n_1 AI + n_1 IB$$

$$dL_{AB} = n_1 \overrightarrow{u_1}\left(\overrightarrow{dI} - \overrightarrow{dA}\right) + n_1 \overrightarrow{u_2}\left(\overrightarrow{dB} - \overrightarrow{dI}\right)$$

$\boldsymbol{A}$ et **B** sont fixes $\Longrightarrow$ $\overrightarrow{dA} = \vec{0}$ et $\overrightarrow{dB} = \vec{0}$

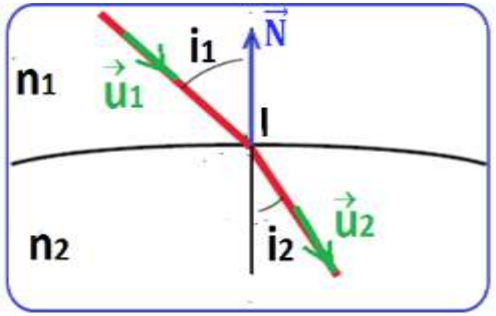
$$\Longrightarrow dL_{AB} = \left(n_1 \overrightarrow{u_1} - n_1 \overrightarrow{u_2}\right).\overrightarrow{dI}$$

D'après le principe de Fermat $dL_{AB} = 0$

$\Longrightarrow \left(n_1 \overrightarrow{u_1} - n_1 \overrightarrow{u_2}\right). \perp \overrightarrow{dI}$

$$\left(n_1 \overrightarrow{u_1} - n_1 \overrightarrow{u_2}\right) = \alpha \vec{N}$$

Les lois de Snell -Descartes de la réfraction



$$(\boldsymbol{n}_1\overrightarrow{\boldsymbol{u}_1} - \boldsymbol{n}_2\overrightarrow{\boldsymbol{u}_2}) = \boldsymbol{\alpha}\overrightarrow{\boldsymbol{N}}$$

$$\overrightarrow{\boldsymbol{u}_2} = \frac{\left(\boldsymbol{n}_1\overrightarrow{\boldsymbol{u}_1} - \boldsymbol{\alpha}\overrightarrow{\boldsymbol{N}}\right)}{\boldsymbol{n}_2}$$

$\overrightarrow{\boldsymbol{u}_2}$ est dans le plan $\left(\overrightarrow{\boldsymbol{u}_1}, \overrightarrow{\boldsymbol{N}}\right)$(plan d'incidence)

Première loi : le rayon réfracté est dans le plan d'incidence

$$(\boldsymbol{n}_1\overrightarrow{\boldsymbol{u}_1} - \boldsymbol{n}_2\overrightarrow{\boldsymbol{u}_2}) = \boldsymbol{\alpha}\overrightarrow{\boldsymbol{N}}$$

$$(\boldsymbol{n}_1\overrightarrow{\boldsymbol{u}_1} - \boldsymbol{n}_2\overrightarrow{\boldsymbol{u}_2}) \wedge \overrightarrow{\boldsymbol{N}} = \boldsymbol{\alpha}\overrightarrow{\boldsymbol{N}} \wedge \overrightarrow{\boldsymbol{N}} = \overrightarrow{\mathbf{0}}$$

$$\boldsymbol{n}_1\overrightarrow{\boldsymbol{u}_1} \wedge \overrightarrow{\boldsymbol{N}} - \boldsymbol{n}_2\overrightarrow{\boldsymbol{u}_2} \wedge \overrightarrow{\boldsymbol{N}} = \overrightarrow{\mathbf{0}}$$

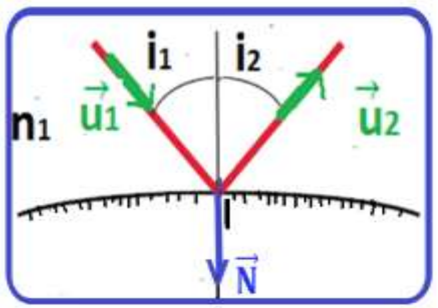
$$\boldsymbol{n}_1\,\overrightarrow{\boldsymbol{u}_1}\wedge\overrightarrow{\boldsymbol{N}} = \boldsymbol{n}_2\,\overrightarrow{\boldsymbol{u}_2}\wedge\overrightarrow{\boldsymbol{N}}$$

$$\boldsymbol{n}_1 \boldsymbol{sin}\,\boldsymbol{i}_1 = \boldsymbol{n}_2 \boldsymbol{sin}\,\boldsymbol{i}_2$$

Deuxième loi

$$\|\vec{u}\wedge\vec{v}\| = u.v.\sin(\vec{u},\vec{v})$$

Les lois de Snell-Descartes de la réflexion



$$(n_1\overrightarrow{u_1} - n_1\overrightarrow{u_2}) = \alpha\overrightarrow{N} \qquad \overrightarrow{u_2} = \overrightarrow{u_1} - \frac{\alpha\overrightarrow{N}}{n_1}$$

$\overrightarrow{u_2}$ est dans le plan $(\overrightarrow{u_1}, \overrightarrow{N})$

<u>Première loi</u> : le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence

$$(n_1\overrightarrow{u_1} - n_1\overrightarrow{u_2}) = \alpha\overrightarrow{N} \qquad n_1\overrightarrow{u_1} \wedge \overrightarrow{N} - n_1\overrightarrow{u_2} \wedge \overrightarrow{N} = \alpha\overrightarrow{N} \wedge \overrightarrow{N} = \overrightarrow{0}$$

$$\overrightarrow{u_1} \wedge \overrightarrow{N} = \overrightarrow{u_2} \wedge \overrightarrow{N} \qquad \sin i_1 = -\sin i_2$$

<u>Deuxième loi</u>

$i_2 = -i_1$ Si les angles sont orientés.

$i_2 = i_1$ Si les angles ne sont pas orientés.