Chapitre I : GRANDEURS PHYSIQUES ET INCERTITUDES

I.1 Equations aux dimensions.

I.1.1 Décrire un phénomène physique.

Pour décrire un phénomène physique il est nécessaire d'attribuer à ce phénomène des grandeurs mesurables.

Mesurer une grandeur physique c'est lui associer un ***nombre*** comparé à une quantité de ***même nature*** que la grandeur à mesurer, cette quantité est prise comme référence et est appelée ***unité***.

Exemple : la grandeur **G** est la longueur de la table et l'unité **u** est une règle non graduée. S'il faut reporter 20 fois la règle pour parcourir la longueur de la table, on en déduit que la mesure **g** de la grandeur **G** est telle que : $g = \frac{G}{u} = \frac{longueur\ de\ la\ table}{longueur\ de\ la\ règle} = 20.$

I.1.2 Système d'unités.

Un système d'unités est constitué des *unités fondamentales choisies arbitrairement* et des unités dérivées.

Le Système International compte sept (07) unités de base (fondamentales) qui sont :

Grandeurs	Nom de l'unité	Symbole de l'unité	Dimension de la grandeur
Longueur	mètre	m	L
Masse	kilogramme	kg	M
Temps	seconde	s	T
Intensité du courant électrique	ampère	A	I
Température thermodynamique	kelvin	K	Θ
Quantité de matière	mole	mol	N
Intensité lumineuse	candela	cd	J

Remarque :

Un autre système est utilisé par les physiciens. C'est le système CGS (centimètre Gramme Seconde).

I.1.3 Equation aux dimensions.

Toute grandeur physique **G** peut être exprimée en fonction des grandeurs fondamentales grâce à une relation appelée **équation aux dimensions.** C'est une équation qui relie la dimension d'une grandeur dérivée à celles des sept grandeurs de base.

Dans une équation aux dimensions, la dimension de la grandeur dérivée **X** est notée $[X]$.

La forme générale d'une équation aux dimensions est :

$$[X] = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \Theta^{\varepsilon} N^{\zeta} J^{\eta}$$

Où :

- L, M, T, I, Θ, N et J sont les dimensions respectives des sept grandeurs de base.
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta$ et η sont les exposants respectifs des sept grandeurs de base.

Remarque : Une **grandeur sans dimension**, ou **grandeur de dimension 1**, est une grandeur pour lesquels tous les exposants dimensionnels sont nuls.

Exemple : d'après la loi de Newton la force est donnée par $\vec{F} = m\vec{a}$ avec $a = \frac{d^2x}{dt^2}$.

$[a] = [x][t]^{-2} \quad \longrightarrow \quad [a] = LT^{-2}$ et $[F] = [m][a] \quad \longrightarrow \quad \underline{[F] = MLT^{-2}}$

- Si la masse est exprimée en kilogramme (kg) et l'accélération en m/s^2 alors l'unité de la force est le newton (N).
- Dans le CGS la masse est en gramme(g), l'accélération en cm/s^2 et l'unité est la dyne.
  $1N = 1kg \cdot 1\, m/s^2 = 10^3 g \cdot 10^2\, cm/s^2 \quad \longrightarrow \quad 1newton = 10^5 dynes.$

Les équations aux dimensions permettent de :

- Trouver l'unité d'une grandeur.

Exemple : la force de frottement due à la viscosité d'un fluide est donnée par la formule de Stocks

$F = 6\pi\eta r v$, où r est le rayon de la bille, v la vitesse et η le coefficient de viscosité du fluide.

$$[\eta] = [F][r]^{-1}[v]^{-1} \quad \longrightarrow \quad [\eta] = MLT^{-2}L^{-1}(LT^{-1})^{-1} \quad \longrightarrow \quad [\eta] = ML^{-1}T^{-1}$$

D'où l'unité de la viscosité η : $\frac{kg}{(m \cdot s)}$.

- Vérifier l'homogénéité d'une relation.

Exemple : la période θ des oscillations d'un pendule simple de longueur λ est $\theta = 2\pi\sqrt{\frac{\lambda}{g}}$ où g est l'accélération de la pesanteur.

$[\theta] = [\lambda]^{\frac{1}{2}}[g]^{-\frac{1}{2}} \quad \longrightarrow \quad [\theta] = L^{\frac{1}{2}}(LT^{-2})^{-\frac{1}{2}} \quad \longrightarrow \quad [\theta] = L^{\frac{1}{2}}L^{-\frac{1}{2}}(T^{-2})^{-\frac{1}{2}} \quad \longrightarrow \quad [\theta] = T.$

La dimension de la période est bien celle d'un temps.

- Etablir la correspondance entre les unités dans deux systèmes différents.

Exemple : le travail W d'une force $\vec{F}$ le long d'un déplacement $\vec{l}$ colinéaire à $\vec{F}$ est :

$W = Fl.$

$$[W] = [F][l] \quad \longrightarrow \quad [W] = MLT^{-2}L \quad \longrightarrow \quad [W] = ML^2T^{-2}$$

$$1kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} = 1joule = 10^3 g \cdot (10^2 cm)^2 \cdot s^{-2} = 10^7 gcm^2 s^{-2} = 10^7 ergs$$

$$\underline{1joule = 10^7 ergs}$$

I.2 Compléments de mathématiques.

I.2.1 Dérivée d'une fonction.

On appelle dérivée d'une fonction $y = f(x)$ au point x la quantité définie par :

$f'(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}.$

La dérivée est souvent notée par : $f'(x) = \frac{dy}{dx}.$

fonction	x^n	$sin(x)$	$cos(x)$	$Ln(x)$	e^x
dérivée	nx^{n-1}	$cos(x)$	$-sin(x)$	$\frac{1}{x}$	e^x

I.2.2 Opérations sur les dérivées

$$\begin{cases} y(x) = u(x) + v(x) + w(x) & \longrightarrow \quad y'(x) = u'(x) + v'(x) + w'(x) \\ y(x) = u(x) \cdot v(x) & \longrightarrow \quad y'(x) = u'(x) \cdot v(x) + u(x) \cdot v'(x) \\ y(x) = f\big(u(x)\big) & \longrightarrow \quad y'(x) = f'_u \cdot u'(x) \end{cases}$$

I.2.3 Dérivée logarithmique.

La dérivée de la fonction $Lnf(x)$ est : $\frac{f'(x)}{f(x)}$, on l'appelle aussi la dérivée logarithmique de $f(x)$.

Propriété :

$$y(x) = u(x) \cdot v(x) \quad \longrightarrow \quad \frac{y'(x)}{y(x)} = \frac{u'(x)}{u(x)} + \frac{v'(x)}{v(x)}$$

Exemple : $y(x) = \frac{u(x)}{v(x)} \quad \longrightarrow \quad \frac{y'(x)}{y(x)} = \frac{u'(x)}{u(x)} - \frac{v'(x)}{v(x)}$

I.2.4 Différentielle totale.

Soit la fonction à plusieurs variables$f(x, y,\ z)$.

La dérivée partielle de la fonction $f(x, y,\ z)$ par rapport à la variable $\boldsymbol{x}$ est :

$f'_x = \frac{\partial f}{\partial x}$. Où les variables $\boldsymbol{y}$ *et* $\boldsymbol{z}$ sont supposées constantes.

On a de même : $f'_y = \frac{\partial f}{\partial y}$. Où les variables $\boldsymbol{x}$ *et* $\boldsymbol{z}$ sont supposées constantes.

$f'_z = \frac{\partial f}{\partial z}$. Où les variables $\boldsymbol{x}$ *et* $\boldsymbol{y}$ sont supposées constantes.

On appelle différentielle totale, notée df, de la fonction $f(x, y,\ z)$ la quantité :

$$df = f'_x \cdot dx + f'_y \cdot dy + f'_z \cdot dz$$

Exemple :

- ❖ $f(x, y,\ z) = x + y + z \quad \longrightarrow \quad f'_x = f'_y = f'_z = 1 \ \ d'où \ \ \underline{df = dx + dy + dz}.$
- ❖ $f(x, y) = x \cdot y \ \ ; \ \ f'_x = y \ ; \ \ f'_y = x \ \ \longrightarrow df = ydx + xdy \ \ ou \ \ \frac{df}{f} = \frac{dx}{x} + \frac{dy}{y}$

Remarque : la quantité $\frac{df}{f}$ est appelée différentielle logarithmique.

I.3 Mesures et précisions sur les grandeurs mesurées.

I.3.1 Erreur absolue et incertitude absolue.

- ➢ L'erreur absolue, notée dg, sur la mesure de la grandeur $\boldsymbol{G}$ est l'écart entre la mesure g et la valeur exacte g_e de la grandeur $\boldsymbol{G}$.

$dg = g - g_e$
L'erreur absolue est une valeur algébrique et a la même unité que la grandeur physique.

- L'incertitude absolue, notée Δg, c'est *l'écart maximum possible* entre la mesure et la valeur exacte.

$$|dg| \leq \Delta g$$

L'incertitude absolue est positive et a la même unité que la grandeur physique.

I.3.2 L'erreur absolue et la différentielle totale.

Soit la grandeur physique $G(x, y,\ z)$ où x, y, et z sont des grandeurs mesurables. L'erreur absolue sur la grandeur $\boldsymbol{G}$ représente la différentielle totale sur $\boldsymbol{G}$.

$$dG = f'_x \cdot dx + f'_y \cdot dy + f'_z \cdot dz$$

L'incertitude absolue sur $\boldsymbol{G}$ est donc :

$$G = |f'_x| \cdot \Delta x + |f'_y| \cdot \Delta y + |f'_z| \cdot \Delta z$$

I.3.3 Erreur relative et incertitude relative.

- L'erreur relative est le rapport de l'erreur absolue sur la mesure : $\frac{dg}{g}$. C'est un nombre sans unité.

On peut donc assimiler l'erreur relative à la différentielle logarithmique.

- L'incertitude relative est le rapport : $\frac{\Delta g}{g}$. C'est un nombre sans unité.

Remarque1 : plus l'incertitude relative est petite, meilleure est la précision.
Quelques règles sur les incertitudes.

Grandeur	Erreur absolue	Incertitude absolue	Incertitude relative
$G = A \pm B$	$dG = dA \pm dB$	$\Delta G = \Delta A + \Delta B$	$\frac{\Delta G}{G} = \frac{\Delta A}{\lvert A \pm B\rvert} + \frac{\Delta B}{\lvert A \pm B\rvert}$
$G = A \cdot B$	$dG = BdA + AdB$	$\Delta G = \lvert B\rvert\Delta A + \lvert A\rvert\Delta B$	$\frac{\Delta G}{G} = \frac{\Delta A}{\lvert A\rvert} + \frac{\Delta B}{\lvert B\rvert}$
$G = cosA$	$dG = -sinA \cdot dA$	$\Delta G = \lvert -sinA\rvert \cdot \Delta A$	$\frac{\Delta G}{G} = \lvert tgA\rvert \cdot \ \Delta A$

Remarque2 :
Si les grandeurs sont liées, on doit d'abord calculer l'erreur afin de grouper les termes semblables (termes ayant la même erreur) et ensuite passer à l'incertitude.

Exemple : soit la grandeur $A(x, y,\ z)\ \ avec\ \ z = g(x)$

$$dA = f'_x \cdot dx + f'_y \cdot dy + f'_z \cdot dz \quad avec \quad dz = g'(x) \cdot dx$$

$$\boxed{dA = \left(f'_x + f'_z \cdot g'(x)\right) \cdot dx + f'_y \cdot dy \quad \longrightarrow \quad \Delta A = |f'_x + f'_z \cdot g'(x)| \cdot \Delta x + |f'_y| \cdot \Delta y}$$

I.4 La mesure et les chiffres significatifs.

Toute mesure ou calcul d'une grandeur est entaché d'erreurs. On exprime donc un résultat avec un certain nombre de chiffres significatifs.

I.4.1 Définition.

Les chiffres significatifs d'une mesure sont ***les chiffres certains*** et le ***premier chiffre incertain.***

<u>Exemple :</u>

- 317 contient 3 chiffres significatifs 3 et 1 sont certains alors que 7 est incertain puisque la valeur est comprise entre 316 et 318.
- 317,0 contient 4 chiffres significatifs 3, 1 et 7 sont certains alors que 0 est incertain. La valeur est comprise entre 316,9 et 317,1.
- 0,0326 contient 3 chiffres significatifs 3 et 2 sont certains alors que 6 est incertain. La valeur est comprise entre 0,0325 et 0,0327.

❖ <u>Le cas des zéros :</u>

On dit que 2,000 a 4 chiffres significatifs. 5,06 a 3 chiffres significatifs tandis que 0,002 n'a qu'un chiffre significatif.

Les zéros à l'extrême gauche d'un nombre ne sont pas significatifs.

I.4.2 Calcul et chiffres significatifs.

I.4.2.1 Multiplication et division.

Le résultat d'une multiplication ou d'une division a autant de chiffres significatifs qu'en a la mesure la moins précise utilisée dans le calcul.

<u>Exemple :</u>

$$\frac{36{,}54 \times 58{,}4}{42{,}30} \;;\; le\ calcul\ \ donne : 50{,}44765957$$

Le résultat doit être donné avec 3 chiffres significatifs : <u>50,4</u>.

I.4.2.2 Addition et soustraction.

Après une ***addition ou une soustraction***, le résultat ne doit pas avoir plus de **<u>décimales</u>** (de chiffres après la virgule) que le nombre qui en comporte le moins.

<u>Exemple :</u>

$$220{,}2 + 968{,}114 - 12{,}51 \;;\; le\ calcul\ \ donne : 1175{,}804$$

Le résultat doit être donné avec une décimale : 1175,8.

Remarque : règle d'écriture des résultats.

- En général et si c'est possible l'incertitude absolue doit être écrite avec ***un seul chiffre significatif***.
- Le résultat de la mesure ou du calcul doit avoir le ***même nombre de chiffres après la virgule que celui de l'incertitude absolue***.

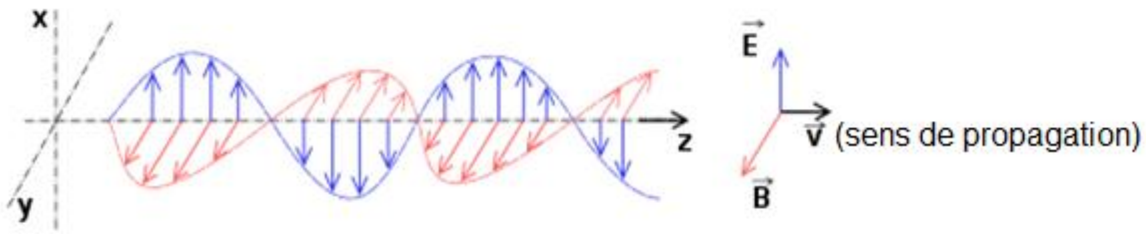
Chapitre II : INTRODUCTION À L'OPTIQUE GEOMETRIQUE

L'Optique est la partie de la physique qui étudie les propriétés de la lumière.

II.1 Les ondes électromagnétiques.

II.1.1 Définition.

L'onde électromagnétique est formée d'un champ électrique $\vec{E}$ et d'un champ magnétique $\vec{B}$ perpendiculaires entre eux et chacun des deux champs oscille sinusoïdalement. L'ensemble des deux champs se propage dans la direction perpendiculaire au plan $(\vec{E}, \vec{B})$.
(Voir figure ci-dessous) :



II.1.2 Caractéristiques d'une onde électromagnétique.

• fréquence f (Hz)
• célérité (vitesse de propagation) c (m/s)
• longueur d'onde λ (m)
• intensité (W/m²)

La longueur d'onde est la distance parcourue pendant une période :
$\lambda = vT = \frac{v}{f}$. v et λ dépendent du milieu de propagation :

- Dans le vide : $c_0 = 299792458\, {}^{m}/_{s}\, (\approx 300000 km/s)$.
- $v \leq c_0$
- $\lambda \leq \lambda_0$.

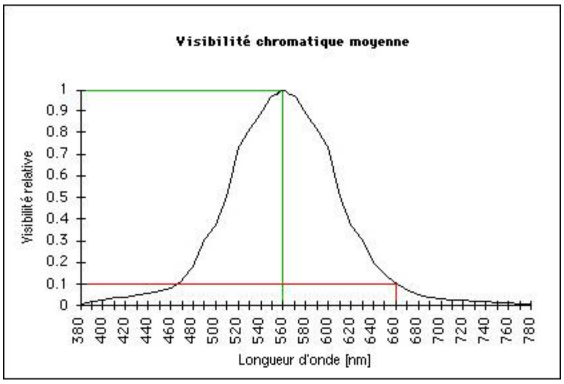
II.1.3 Domaine de la lumière visible.

Le domaine de la lumière visible s'étend du rouge au violet.

fréquence	Longueur d'onde λ_0	domaine
$\mathbf{4.10^{14}Hz - 7,5.10^{14}Hz}$	$0,76\mu m(rouge) - 0,4\mu m(violet)$	*Lumière visible : rouge au violet*

II.1.4 Courbe de sensibilité de l'œil.

L'œil ne présente pas la même sensibilité dans toutes les longueurs d'onde. La courbe obtenue est appelée sensibilité de l'œil. On remarque, selon cette courbe, qu'une source de lumière située vers 660 nm doit être environ 10 fois plus lumineuse qu'une source de 560 nm pour être perçue avec la même intensité. Cette valeur n'est bien sûr qu'une moyenne, chaque individu possède sa propre sensibilité chromatique.



Maximum de sensibilité : 560 nm (vert-jaune)

II.1.5 Sources de lumière.

Tout corps qui émet de la lumière est une ***source lumineuse***.

La lumière peut-être :

- Soit produite par la source elle-même (lumière émise par une lampe, par une bougie ou celle émise par le soleil).
- Soit renvoyée par un corps éclairé (lumière diffusée par la lune).

On distingue trois types de substances :

- Les substances transparentes sont des substances qui se laissent parfaitement traverser par la lumière (le verre, l'eau limpide, la cellophane,…).
- Les substances opaques sont des substances qui arrêtent totalement la lumière (le bois, l'acier, …).
- Les substances translucides sont des substances qui absorbe plus ou moins la lumière suivant leur nature et leur épaisseur (papier huilé, verre martelé,…).

Remarque : l'épaisseur de la substance traversée intervient beaucoup dans la transmission de la lumière.

II.1.5.1 Lumière monochromatique.

C'est une lumière composée d'une seule longueur d'onde.

Ex. : Laser, Lampe à vapeur de sodium …

II.1.5.2 Lumière polychromatique.

C'est un mélange de lumières monochromatiques.

Ex. : Lumière blanche (lumière du jour, ampoule …), soleil, LED ...

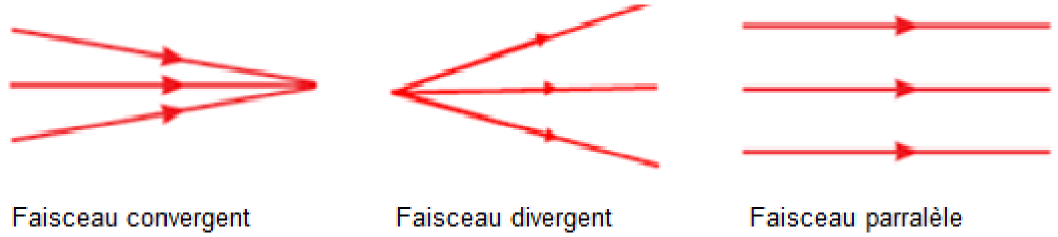
II.1.6 Rayons lumineux. Faisceaux lumineux.

II.1.6.1 Rayons

L'expérience montre qu'à partir d'une source lumineuse la lumière se propage dans toutes les directions selon des lignes droites. Chaque ligne est appelé rayon lumineux. Un rayon lumineux est représenté par une droite sur laquelle une flèche indique le sens de propagation.

II.1.6.2 Faisceaux

En pratique un rayon lumineux n'existe pas ; les rayons sont toujours groupés en faisceaux. On distingue :



II.1.7 Indice de réfraction absolu d'un milieu transparent :

C'est le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide sur la vitesse de la même lumière (même longueur d'onde) dans le milieu transparent. $n = \frac{c_0}{v}$

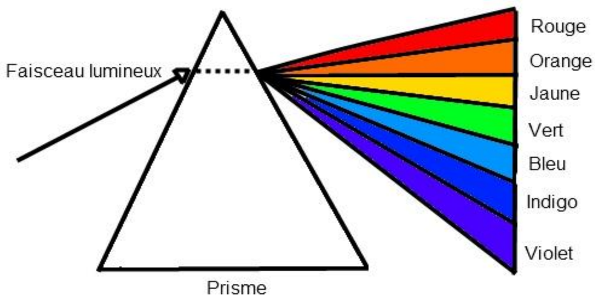
<u>Remarque :</u> l'indice de réfraction relatif d'un milieu1 par rapport au milieu2 est défini par :

$$n_{1/2} = \frac{vitesse\ de\ la\ lumière\ dans\ le\ milieu2}{vitesse\ de\ la\ lumière\ dans\ le\ milieu1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

- Indice de réfraction du vide : $n_0 = 1$.
- $n \geq 1$.
- $n_{air} \approx 1{,}0003$.
- $n_{eau} \approx 1{,}33$ ($v_{eau} \approx 225000 km/s$).
- $n_{verre} \approx 1{,}5$ à $1{,}9$

L'indice de réfraction dépend de la couleur (sauf dans le vide).

$\lambda_{air} \approx \lambda_0$. $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$.



II.1.8 Théorie corpusculaire de la lumière.

La lumière est constituée de particules élémentaires : les photons (Einstein 1905).

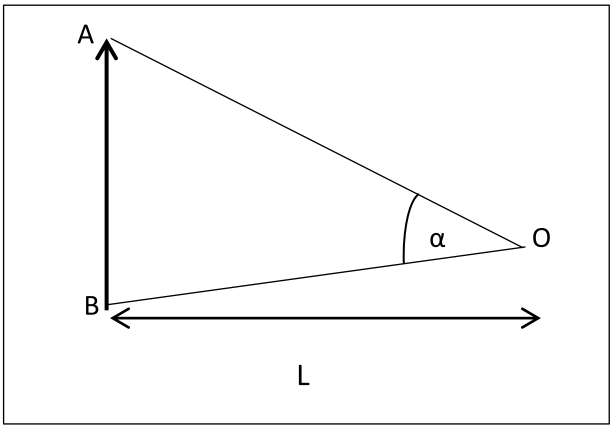
II.1.8.1 Propriétés du photon.

• masse nulle au repos
• vitesse de la lumière
• énergie : $E = h.\nu$. $h \approx 6{,}62x10^{-34} J.s$ $(constante\ de\ planck)$ $et\ \nu\ fréquence.$

II.1.9 Diamètre apparent d'un objet.

Soit un objet AB et un observateur dont l'œil est en O. l'angle α des droites OA et OB joignant O aux extrémités A et B de l'objet est appelé :

Angle sous lequel on voit de O *l'objet* AB
Ou : *angle apparent de l'objet* AB
Ou : *diamètre apparent de l'objet* AB



Le diamètre apparent est $\boldsymbol{\alpha \approx tg\alpha = \frac{AB}{L}}$

Chapitre III : GÉNÉRALITES SUR LA REFLEXION ET LA REFRACTION DE LA LUMIÈRE

III.1 Propriétés.

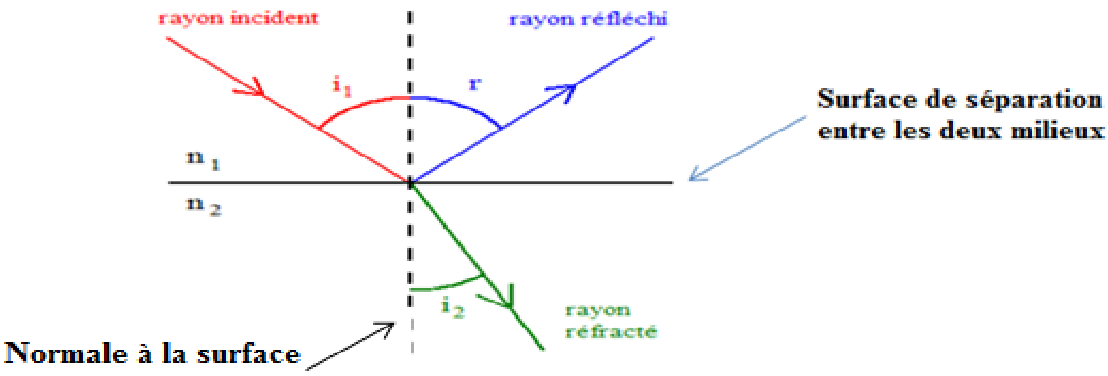
III.1.1 Principe de Fermat :

Le chemin suivi par la lumière est celui qui prend le moins de temps.

III.1.2 Principe de retour inverse :

Le chemin suivi par la lumière est indépendant du sens de parcours.

III.1.3 Propagation



Dans un milieu homogène, la lumière se propage en ligne droite.

III.2 Lois de Snell-Descartes.

Remarque :

Pour la réflexion la surface de séparation des deux milieux est appelée ***miroir***, dans le cas de la réfraction la surface de séparation des deux milieux est appelée ***dioptre***.

Le rayon incident et la normale au point d'incidence définissent le ***plan d'incidence***.

- 1ère loi :

  le rayon réfléchi et le rayon réfracté sont dans le plan d'incidence.
- 2ème loi (loi de la réflexion) :

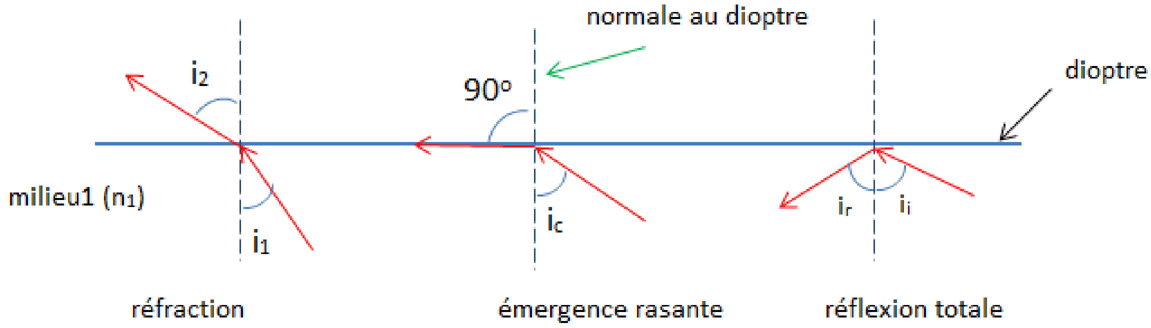
  l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence $r = i_1$.
- 3ème loi (loi de la réfraction) :

  $n_1 sin(i_1) = n_2 sin(i_2)$ avec n_1 : indice de réfraction du milieu 1 et n_2: indice de réfraction du milieu 2.

Réfringence : Un milieu est d'autant plus réfringent que son indice de réfraction est important.

III.3 Passage de la lumière dans un milieu moins réfringent :

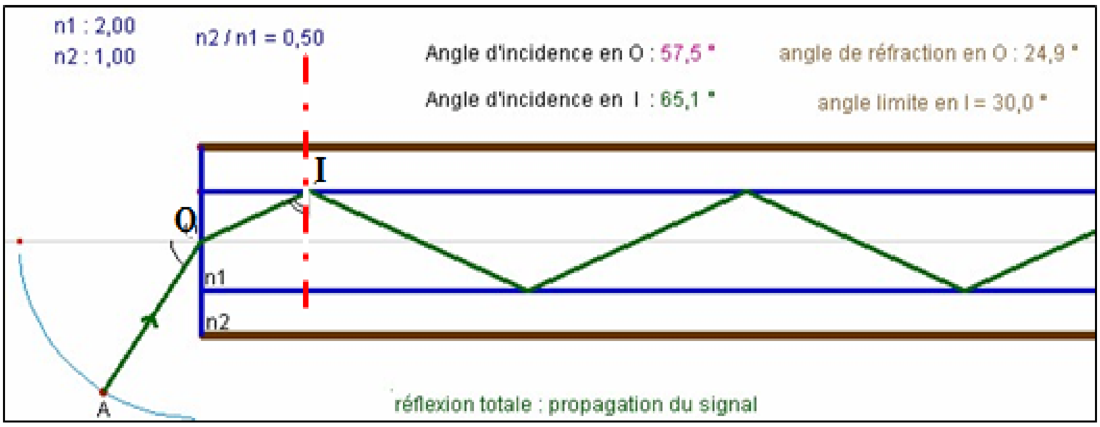
Le milieu 1 plus réfringent que le milieu 2 : $\mathbf{n_1 > n_2}$



Le rayon réfracté s'écarte de la normale : $i_1 < i_2$ car $n_2 < n_1$.
L'angle critique i_c est défini par $sin(i_c) = \frac{n_2}{n_1}$. Il correspond à une émergence rasante ($i_2 = 90°$).
Application numérique : passage de l'eau ($n_1 = 1{,}33$) dans l'air ($n_2 = 1$):
$sin(i_c) = \frac{1}{1{,}33} = 0{,}75 \rightarrow i_c \approx 49^\circ$
Pour $i_1 < i_c$ on a réfraction.
Si $i_1 > i_c$ il n'y a pas de rayon réfracté : on parle alors de ***réflexion totale***.

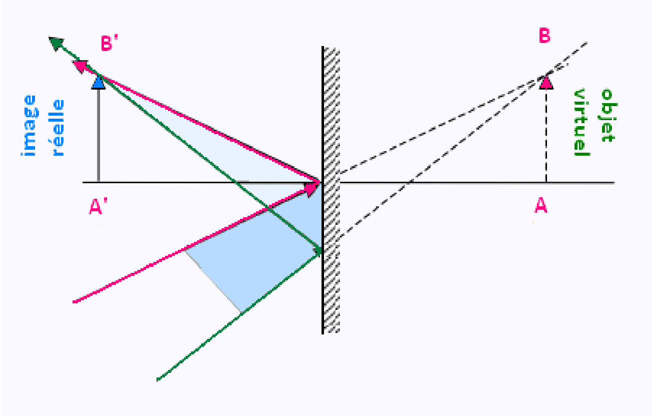
III.3.1 Application de la réflexion totale :

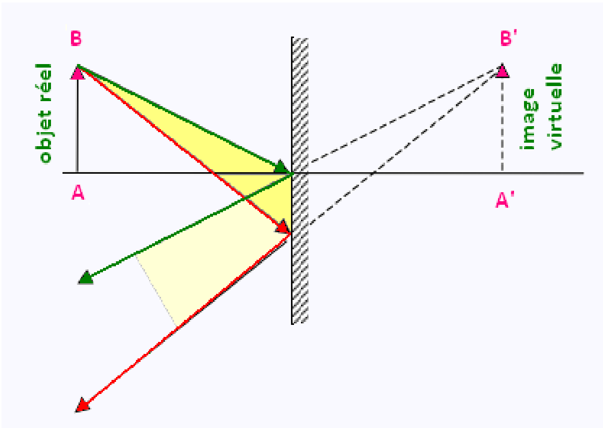
Fibre optique à "saut d'indice"



Une fibre optique est un guide de lumière.
• deux conditions pour avoir réflexion totale en I :
a) indice du cœur (n_1=2,00) > indice de la gaine (n_2=1,00). $sin(i_c) = \frac{1}{2} = 0{,}5 \rightarrow i_c = 30^\circ$
b) angle d'incidence (i_1) > angle critique (i_C = 30°).

III.4 Image d'un objet donnée par un miroir plan.





Les deux figures ci-dessus montrent la construction d'image par un miroir plan, en vertu de la loi de réflexion. De ces deux figurent on peut généraliser sur la nature de l'objet et celle de l'image comme suit ;

- Objet ponctuel **réel** est sommet d'un faisceau incident **divergent**. Objet ponctuel **virtuel** est sommet d'un faisceau incident **convergent**.
- Image ponctuelle réelle est sommet d'un faisceau sortant **convergent.** Image ponctuelle **virtuelle** est sommet d'un faisceau sortant **divergent**.

III.4.1 Aspect énergétique de la réflexion et de la réfraction

III.4.1.1 La lumière transporte de l'énergie.

III.4.1.1.A Coefficient de réflexion :

Le coefficient de réflexion est définie par :

$$R = \frac{énergie\ du\ faisceau\ réfléchi}{énergie\ du\ faisceau\ incident}$$

III.4.1.1.B Coefficient de transmission :

Le coefficient de transmission et T :

$$T = \frac{énergie\ du\ faisceau\ réfracté}{énergie\ du\ faisceau\ incident}$$

III.4.1.1.C Loi de conservation de l'énergie :

La conservation de l'énergie total nous permet d'écrire :

$$R + T = 1$$

III.4.1.1.D Formule de Fresnel (sous incidence normale) :

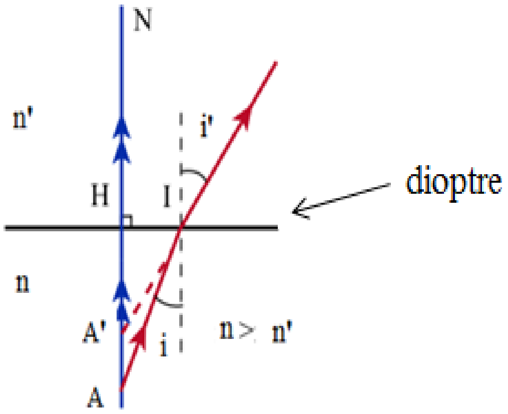
$$R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}\right)^2$$

Application Numérique : passage air ⟷verre (indice 1,5) : R = 0,04 = 4 %, T = 96 %

Chapitre IV : DIOPTRE PLAN-LAMES A FACES PARALLELES-

IV.1 Dioptre plan.

V.1 Image donnée par un dioptre plan.



Remarque : l'expérience montre qu'un dioptre plan donne de bonnes images, *si les rayons traversent le dioptre sous faible incidence.*

A point objet réel dans un milieu d'indice *n*.

Dans le triangle AHI : $tg(i) = \frac{HI}{HA}$.

Dans le triangle A'HI : $tg(i') = \frac{HI}{HA'}$

Donc :

$\frac{tg(i')}{tg(i)} = \frac{HA}{HA'} \approx \frac{sin(i')}{sin(i)}$ $(faible\ incidence)$.

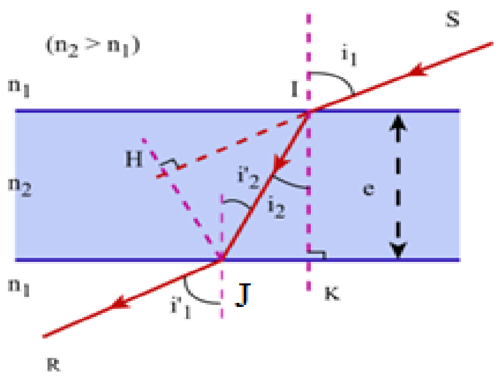
La loi de la réfraction donne : $nsin(i) = n'sin(i') \longrightarrow \frac{sin(i')}{sin(i)} = \frac{n}{n'}$.

En désignant par p la longueur HA (position de l'objet) et par p' la longueur HA' on obtient : $\frac{n}{p} = \frac{n'}{p'}$.

Cas particulier : si l'un des milieux est l'air ($n' = 1$) l'autre milieu, verre, eau,… étant plus réfringent ($n > n'$) on a alors : $p' = \frac{p}{n}$. Le point objet A subit alors un déplacement apparent AA' tel que :

$AA' = p - p' = p - \frac{p}{n} = p\left(1 - \frac{1}{n}\right) = p\left(\frac{n-1}{n}\right)$.

IV.2 LAMES À FACES PARALLÈLES.



1) Marche d'un rayon lumineux à travers une lame à faces parallèles d'épaisseur « e ».
   $n_1 = 1(air)$.
   On a $n_1 . sin(i_1) = n_2 . sin(i_2) \longrightarrow sin(i_1) = n_2 . sin(i_2)$

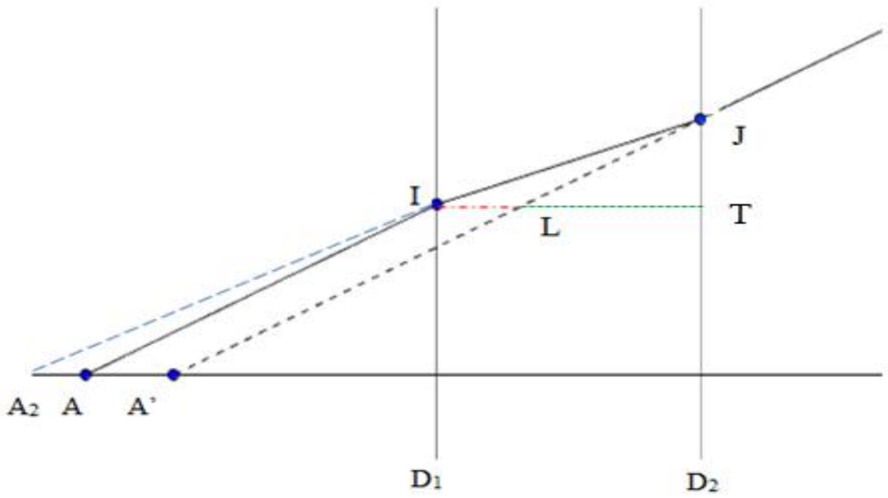
Et on a aussi : $n_2 . sin(i'_2) = sin(i'_1)$ avec $i'_2 = i_2$(alterne-internes).

D'où : $i_1 = i'_1$. Le rayon émergent est parallèle au rayon incident.
Ce rayon a cependant subit un déplacement latéral.
Dans le triangle IHJ : $JH = d = IJ sin(i_1 - i_2)$.
Dans le triangle IJK : $IK = e = IJ cos(i_2) \longrightarrow IJ = \frac{e}{cos(i_2)}$.
D'où le déplacement latéral : $\underline{d = \frac{e.sin(i_1 - i_2)}{cos(i_2)}}$.

Cas limites : $i_1 = i'_1 = 0 \longrightarrow \underline{e = 0}$ et
$i_1 = 90°\ et\ i_2 = i_C = \lambda(angle\ limite) \longrightarrow \underline{d = e}$.

V.2.1 Images d'objets vus à travers une lame à faces parallèles.

Nous supposons les conditions d'obtention de bonnes images réunies.
A : objet réel émettant un rayon AI. Dans la lame ce rayon semble provenir de A_2 image virtuelle de A donnée par le premier dioptre rencontré. Ce rayon intérieur IJ fait jouer à A_2 le rôle d'objet réel pour le deuxième dioptre qui donne une image virtuelle A'. AA'LI est un parallélogramme.

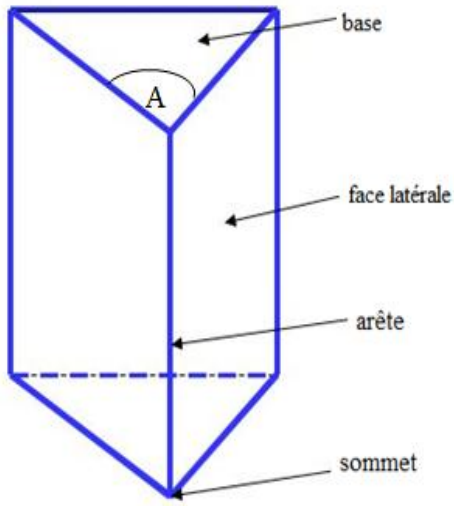


Le rapprochement de l'objet A est AA' tel que AA' =IL. Or IL est le rapprochement apparent que fait subir le dioptre D_2 à un point objet situé en I, à la distance IT=*e* de son plan.

$$IL = e.\frac{n-1}{n} \quad d'où \quad \underline{AA' = e.\frac{n-1}{n}}.$$

Le rapprochement est indépendant de la position de l'objet ; il ne dépend que de l'épaisseur de la lame et de son indice.
Exemple : quel est le déplacement subit par les objets examinés à travers un vitre de magasin, d'indice 1,5 et d'épaisseur 6mm.
$AA' = e.\frac{n-1}{n} \longrightarrow AA' = 6.\frac{1,5-1}{1,5} \longrightarrow AA' = 2mm.$ Ce déplacement est très faible

Chapitre V : LE PRISME



V.1 Définitions.

Un prisme est milieu transparent limité par deux dioptres non parallèles.
Les deux plans qui limitent ce milieu sont appelés *faces* du prisme.
L'intersection des faces est l'*arête* ; à l'opposé de l'arête se trouve la base. L'angle délimité par les deux dioptres et l'arête est *l'angle du prisme* $\hat{A}$.

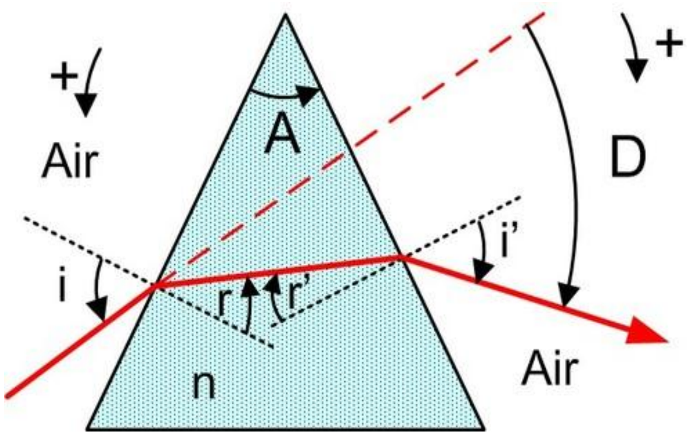
V.1.1 Formules du prisme.

V.1.1 Réfraction au point d'incidence:

$$\sin\hat{\imath} = n\sin\hat{r}.$$

V.1.2 Réfraction au point d'émergence :

Si $\widehat{r'}$ est l'angle d'incidence du rayon intérieur sur la face de sortie, et si $r' < \lambda$. $\lambda(angle\ limite)$; alors le rayon incident émerge sous un angle $\widehat{\imath'}$ tel que :
$n\sin\widehat{r'} = \sin\widehat{\imath'}$.



V.1.3 Relation entre $\hat{r}, \widehat{r'}$ *et* $\hat{A}$:

$\hat{A} = \hat{r} + \widehat{r'}$

V.1.4 Déviation d'un rayon :

La déviation est l'angle $\widehat{D}$ entre le rayon incident et le rayon émergent. $\widehat{D} = \hat{\imath} + \widehat{\imath'} - \hat{A}$
Les quatre formules :

$$\begin{cases} \sin\hat{\imath} = n\sin\hat{r} \\ n\sin\widehat{r'} = \sin\widehat{\imath'} \\ \hat{A} = \hat{r} + \widehat{r'} \\ \widehat{D} = \hat{\imath} + \widehat{\imath'} - \hat{A} \end{cases}$$ Sont les formules du prisme.

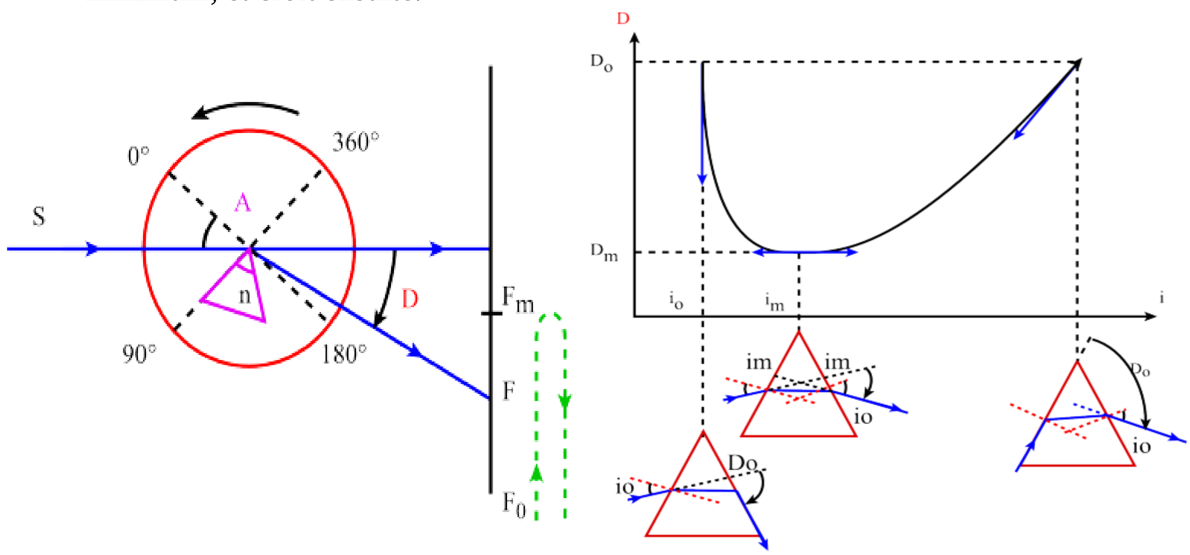
❖ Cas d'un prisme de petit angle $\hat{A}$ avec rayon incident presque normal.

Dans ce cas les formules du prisme deviennent :

$$\begin{cases} \hat{\imath} = n\hat{r} \\ n\widehat{r'} = \widehat{\imath'} \\ \hat{A} = \hat{r} + \widehat{r'} \\ \widehat{D} = n(\hat{r} + \widehat{r'}) - \hat{A} \;\longrightarrow\; \widehat{D} = n\hat{A} - \hat{A} \;\longrightarrow\; \widehat{D} = (n-1)\hat{A} \end{cases}$$

V.1.5 Variation de la déviation $\widehat{D}$ avec l'angle d'incidence $\hat{\imath}$

1. L'expérience montre que quand l'incidence varie, la déviation $\widehat{D}$ décroit passe par un minimum, et croit ensuite.



On montre qu'au minimum de la déviation, l'angle d'émergence est égal à l'angle d'incidence:

$$\widehat{\imath'} = \hat{\imath} = \widehat{\imath_m} \;\; et \;\; \widehat{r'} = \hat{r} = \widehat{r_m} = \frac{\hat{A}}{2}$$

D'où $\widehat{D_m} = 2\widehat{\imath_m} - \hat{A} \;\;\longrightarrow\;\; \widehat{\imath_m} = \frac{(\hat{A}+\widehat{D_m})}{2}$

V.2 Application : mesure de l'indice de réfraction d'un milieu.

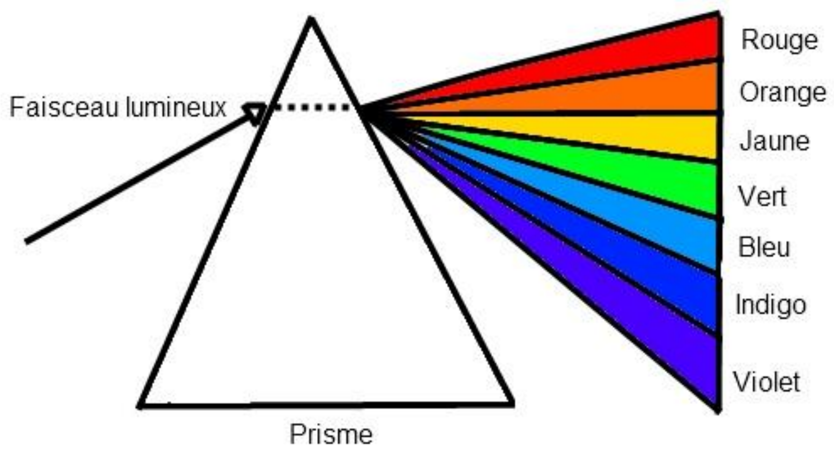
On mesure $\hat{A}$ et $\widehat{D_m}$. La loi de Descartes $n = \frac{\sin\hat{\imath}}{\sin\hat{r}}$ s'écrit alors :

$$n = \frac{\sin\frac{\widehat{Dm}+\hat{A}}{2}}{\sin\frac{\hat{A}}{2}}$$

La détermination de l'indice *n* se ramène donc à la mesure de $\hat{A}$ et $\widehat{D_m}$.

V.3 Variation de la déviation avec l'indice.

On constate que la déviation augmente avec l'indice de réfraction du prisme.
Observation : La lumière est décomposée par le prisme. Le violet est plus dévié que le rouge.



Explication : phénomène de dispersion : D(couleur) : $\lambda \searrow \; D \nearrow$ et D(n) : $n \nearrow \; D \nearrow$
Finalement : $\lambda \searrow \; n \nearrow$
n dépend de λ : le milieu est <u>*dispersif.*</u> Le seul milieu non dispersif est le vide ($n_0 = 1$).

<u>Remarque :</u> deux conditions d'émergence

- ❖ $A \leq 2\lambda$. λ angle limite.
- ❖ L'angle d'incidence doit-être compris entre certaines limites.

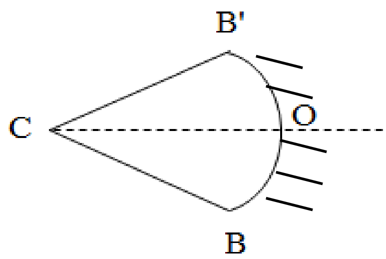
Chapitre VI : MIROIRS ET DIOPTRES SPHÉRIQUES

VI.1 Le miroir sphérique.

VI.1.1 Eléments du miroir sphérique.

B et B' sont les bords du miroir.
O : sommet du miroir ; C : le centre du miroir.
OC : est l'axe principal du miroir.
L'angle $\widehat{BCB'}$ est l'ouverture du miroir.

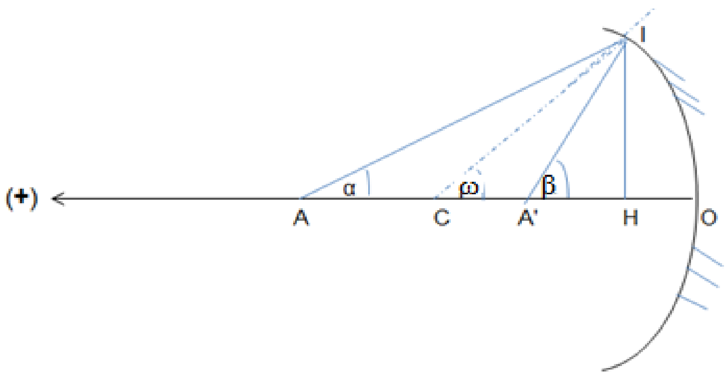
<u>Remarque :</u> pour obtenir des images nettes il faut que l'ouverture du miroir soit petite et que les rayons incidents soient petits (les rayons lumineux proches de l'axe). Ceux sont les conditions de Gauss.



VI.1.2 Relation fondamentale (de positions) des miroirs sphériques.

A : objet ponctuel sur l'axe principal.
A' : image ponctuelle de A donnée par le miroir sphérique.
Les angles α, β *et* ω étant petits on a :

$sin(\alpha) = \frac{HI}{HA} \approx \alpha$; $sin(\beta) = \frac{HI}{HA'} \approx \beta$ et $sin(\omega) = \frac{HI}{HC} \approx \omega$



Vu que l'ouverture du miroir est petite on peut considérer que H est proche de O est donc : *HC=OC.*

On obtient donc : $\frac{HI}{OA} \approx \alpha$; $\frac{HI}{OA'} \approx \beta$ et $\frac{HI}{OC} \approx \omega$.

Des triangles ICA et ICA' on a :

$$\begin{cases} \omega = \alpha + i \\ \beta = \omega + i \end{cases} \longrightarrow \underline{\alpha + \beta = 2\omega}.$$

$$\alpha + \beta = 2\omega \quad \longrightarrow \quad \frac{HI}{OA} + \frac{HI}{OA'} = \frac{2.HI}{OC} \quad \longrightarrow \quad \boxed{\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{2}{OC}}$$

En posant : $P' = \overline{OA'}$, $P = \overline{OA}$ $et\ r = \overline{OC}$, la relation précédente s'écrit :

$\boxed{\frac{1}{P} + \frac{1}{P'} = \frac{2}{r}}$ C'est la formule de position.

VI.1.3 Convention des signes :

- Le sens de la réflexion de la lumière est le sens positif. Le sommet du miroir est l'origine de l'axe.
- $P > 0$: l'objet est réel. $P' > 0$: l'image est réelle.
- $P < 0$: l'objet est virtuel. $P' < 0$: l'image est virtuelle.
- $r > 0$: miroir concave. $r < 0$: miroir convexe.

VI.1.4 Foyer d'un miroir sphérique.

Si l'objet est à l'infini ($p \longrightarrow \infty$) alors $\frac{1}{p} = 0$.

L'image sera au point F d'abscisse $p' = \frac{r}{2}$, ce point F tel que : $\overline{OF} = f = \frac{r}{2}$ est le foyer du miroir sphérique.

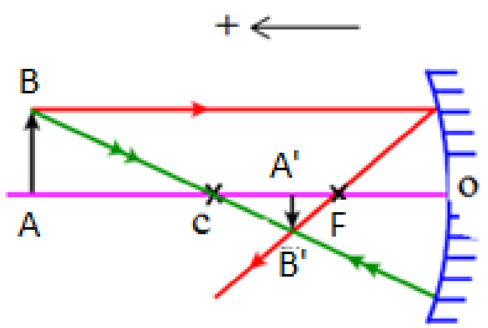
<u>Conséquences :</u> on déduit donc que :

- ❖ Tout rayon incident parallèle à l'axe principal se réfléchi en passant par le foyer F.
- ❖ Tout rayon incident passant par le foyer F se réfléchi parallèlement à l'axe principal.

VI.1.4.A Construction de l'image :

Pour la construction de l'image A'B' de l'objet AB nous avons besoin de 2 rayons.

- ❖ Un rayon incident parallèle à l'axe principal qui se réfléchi en passant par le foyer F.
- ❖ Un rayon incident passant par le centre C qui se réfléchi sur lui-même.



miroir concave

VI.1.4.B Le grandissement:

L'agrandissement (γ) est définie par :

$\boxed{\gamma = -\frac{p'}{p}}$. Pour $\gamma > 0$ l'image est droite. Pour $\gamma < 0$ l'image est renversée.

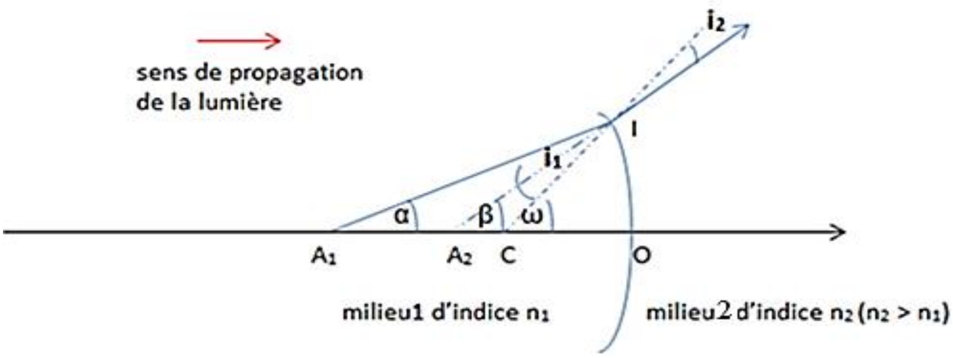
Remarque :

- à partir de la formule de position $\frac{1}{P} + \frac{1}{P'} = \frac{2}{r}$, on peut retrouver les propriétés du miroir plan. En effet pour un miroir plan on a $r \longrightarrow \infty$ $d'où$ $p = -p'$ (image et objet sont symétriques par rapport au miroir et sont de natures opposées).
- Pour le grandissement on a $\gamma = -\frac{p'}{p} = -\frac{-p}{p} = +1$. L'image n'est pas renversée (droite) et de même hauteur que l'objet.

VI.2 Le dioptre sphérique.

VI.2.1 Définition :

Un dioptre sphérique est un ensemble constitué de deux milieux transparents, homogènes et isotropes, d'indices différents séparés par une surface sphérique.



VI.2.2 Relation de position pour un dioptre sphérique.

r : rayon du dioptre sphérique.
n_1 : indice du milieu1.
n_2 : indice du milieu2.
i_1 et i_2 étant petits (conditions de Gauss), on a :
$n_1 . i_1 = n_2 . i_2$ (Loi de Kepler i.e : $sin\alpha \approx \alpha$).
D'autre part on a :

$$\begin{cases} \omega = \alpha + i_1 \\ \omega = \beta + i_2 \end{cases} \longrightarrow n_1 . (\omega - \alpha) = n_2(\omega - \beta)$$

O et H presque confondus (ouverture petite).

$\frac{\overline{HI}}{\overline{OA_1}} \approx \alpha$; $\frac{\overline{HI}}{\overline{OA_2}} \approx \beta$ et $\frac{\overline{HI}}{\overline{OC}} \approx \omega$.

$n_1.(\omega - \alpha) = n_2(\omega - \beta) \longrightarrow n_1.\left(\frac{\overline{HI}}{\overline{OC}} - \frac{\overline{HI}}{\overline{OA_1}}\right) = n_2\left(\frac{\overline{HI}}{\overline{OC}} - \frac{\overline{HI}}{\overline{OA_2}}\right) \longrightarrow n_1.\left(\frac{1}{\overline{OC}} - \frac{1}{\overline{OA_1}}\right) = n_2\left(\frac{1}{\overline{OC}} - \frac{1}{\overline{OA_2}}\right)$.

En posant : $P' = \overline{OA_2}$, $P = \overline{OA_1}$ $et\ r = \overline{OC}$, la relation précédente s'écrit :

La Formule de position :

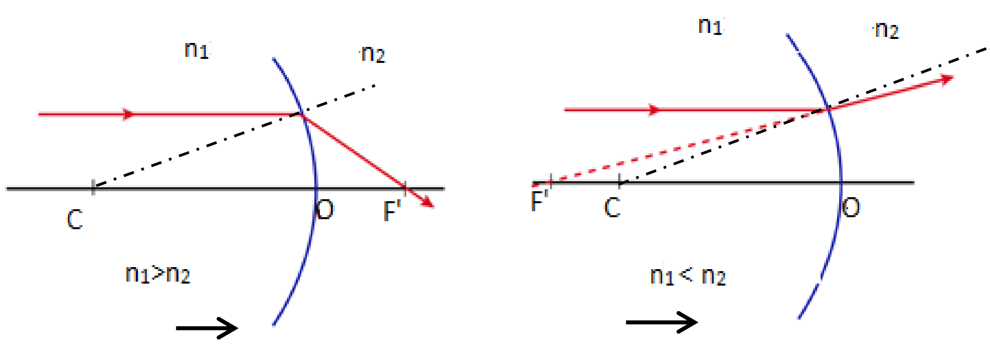
$$\frac{n_1}{p} - \frac{n_2}{p'} = \frac{n_1 - n_2}{r}$$

VI.2.3 Convention des signes :

- ❖ O sommet du dioptre : origine de l'axe, l'axe est orienté positivement dans le sens de propagation.
- ❖ $P < 0$: objet réel. $P > 0$ objet virtuel.
- ❖ $P' < 0$: image virtuelle. $P' > 0$ image réelle.

VI.3 Foyer image et foyer objet.

VI.3.1 Foyer image.



Le foyer image F' est le point de l'axe principal dont l'objet est situé à l'infini.

La distance focale est : $f' = \overline{OF'}$.

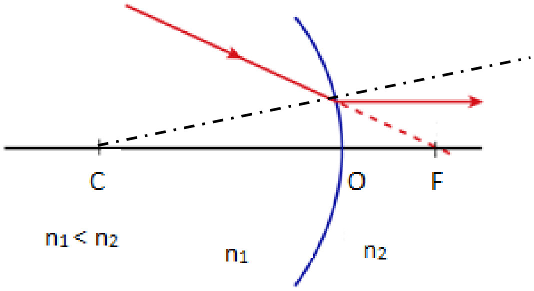
$\frac{n_1}{p} - \frac{n_2}{p'} = \frac{n_1 - n_2}{r} \longrightarrow \frac{n_1}{\infty} - \frac{n_2}{f'} = \frac{n_1 - n_2}{r} \longrightarrow \boxed{f' = -r.\frac{n_2}{n_1 - n_2}}$

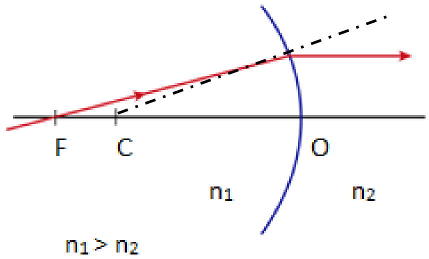
VI.3.2 Foyer objet.

Le foyer objet F est le point de l'axe principal dont l'image est située à l'infini.

La distance focale est : $f = \overline{OF}$.

$$\frac{n_1}{p} - \frac{n_2}{p'} = \frac{n_1 - n_2}{r} \quad \longrightarrow \quad \frac{n_1}{f} - \frac{n_2}{\infty} = \frac{n_1 - n_2}{r} \quad \longrightarrow \quad \boxed{f = r.\frac{n_1}{n_1 - n_2}}$$





Remarque : la relation de position peut être mise sous la forme suivante :

$$\boxed{\frac{f}{p} + \frac{f'}{p'} = 1}$$

Cette formule est connue par : la formule de Descartes.

VI.4 Vergence (convergence) d'un dioptre sphérique.

On définit la vergence d'un dioptre par la relation : $V = \frac{n_2 - n_1}{r}$

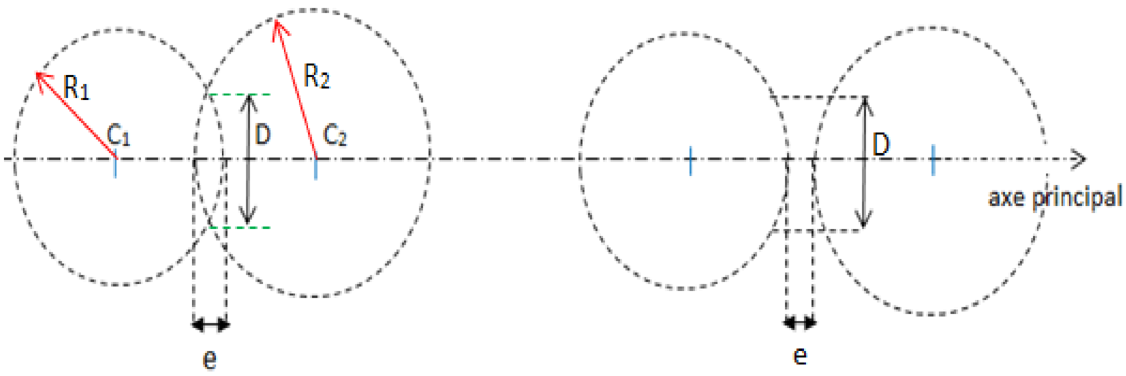
L'unité de la vergence est la dioptrie ($\frac{1}{m} = m^{-1}$). 1 dioptrie=1D (ou 1δ)

Le dioptre sera convergent si sa vergence est positive c'est-à-dire *si le centre de courbure C est situé dans le milieu d'indice de réfraction le plus grand.*

Chapitre VII: LES LENTILLES SPHÉRIQUES MINCES

VII.1 Lentille sphérique.

Une lentille sphérique est constituée par un milieu transparent limité par deux dioptres sphériques.



VII.1.1 Éléments géométriques.

Les rayons R_1 et R_2 des sphères qui constituent les faces de la lentille sont les ***rayons de courbure***.

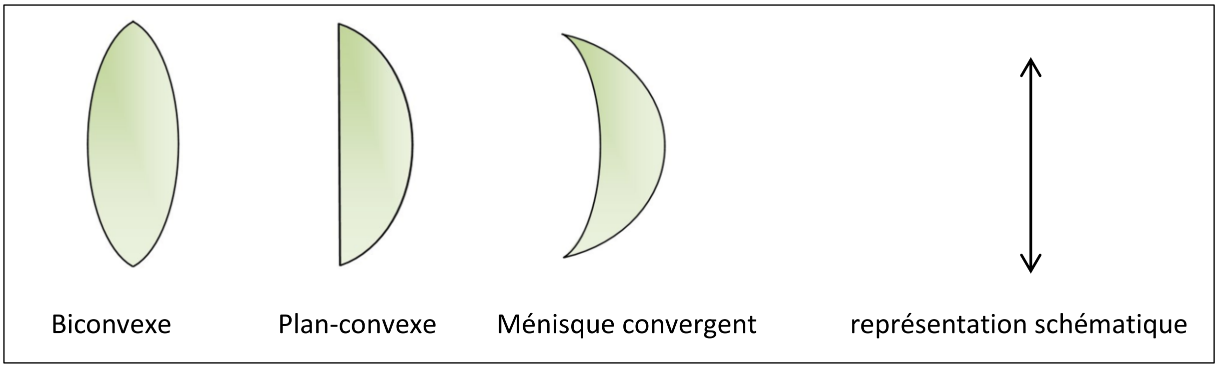
La droite C_1C_2 qui passe par les centres de ces sphères est l'***axe principal***.

Le diamètre ***D*** du cercle, normal à l'axe principal, qui limite la lentille, est le ***diamètre d'ouverture***.

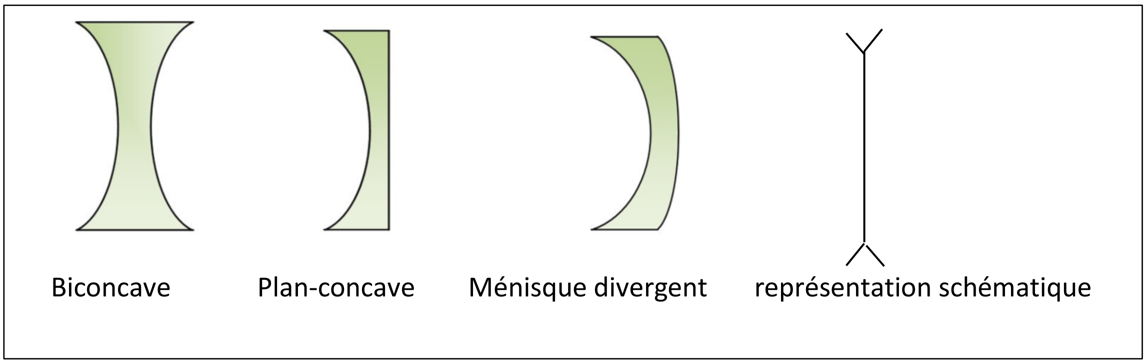
La portion ***e*** de l'axe principal située dans le milieu transparent qui constitue la lentille est son épaisseur.

VII.1.2 Classification des lentilles. On distingue :

- Les lentilles à bords minces, ou lentilles convergentes, comprenant trois types.



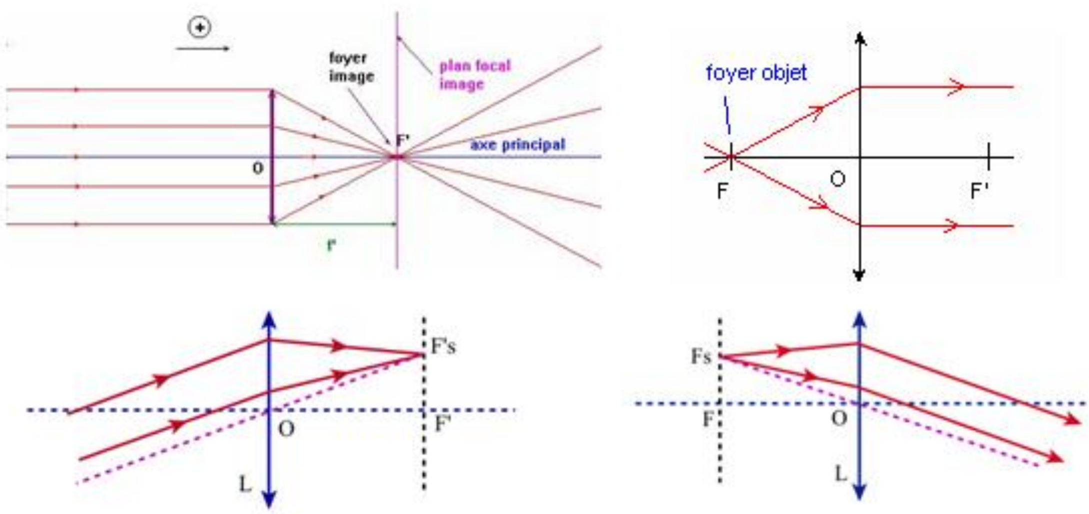
- Les lentilles à bords épais, ou lentilles divergentes, comprenant trois types.



- on supposera que les deux sommets des deux calottes sont confondus en un point O appelé centre optique de la lentille. Tout rayon passant par le centre optique traverse la lentille sans déviation.

VII.2 Lentilles convergentes.

VII.2.1 Foyers. Plans focaux. Distance focale.



VII.2.1.A Foyer image :

Tout faisceau de rayons incidents parallèles à l'axe principal traversent la lentille en convergeant en un point F' de cet axe. F' est le ***foyer principal image*** : il est ***réel.***

VII.2.1.B Foyer objet :

Tout faisceau, incident, de rayons divergents dont le sommet est le point F, symétrique de F' par rapport à O traversent la lentille en formant faisceau de rayons parallèles. F est le ***foyer principal objet*** : il est ***réel.*** Les deux foyers principaux (image et objet) sont symétriques par rapport au centre optique.

- Tout plan perpendiculaire à l'axe principal et contenant le foyer principal image F' est appelé plan focal image et tout point de ce plan est foyer secondaire image.
- Tout plan perpendiculaire à l'axe principal et contenant le foyer principal objet F est appelé plan focal objet et tout point de ce plan est foyer secondaire objet.
- Nous conviendrons d'appeler ***distance focale***, et de la désigner par ***f***, la longueur du ***segment OF'***.

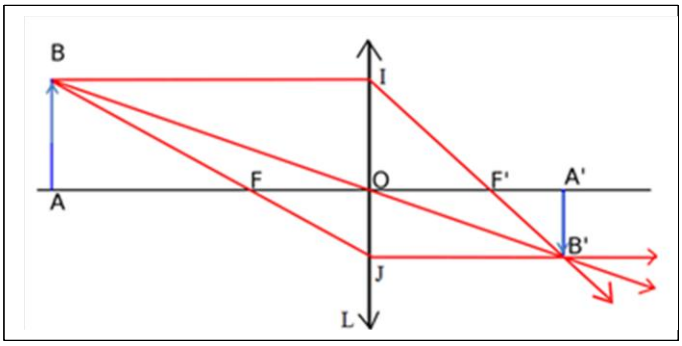
$$f = \overline{OF'}$$

VII.2.1.C Formule des lentilles convergentes.

A'B' est l'image de AB. Les triangles semblables JOF et JIB donnent la relation : $\frac{JO}{JI} = \frac{OF}{IB}$ ..... (1) .

Les triangles semblables IOF' et IJB' donnent la relation : $\frac{IO}{JI} = \frac{OF'}{JB'}$ ..... (2)

. Par addition membre à membre des relations (1) et (2), et en tenant compte des segments égaux, on a :



$$\frac{JO + IO}{JI} = \frac{OF}{IB} + \frac{OF'}{JB'} \longrightarrow OF'\left(\frac{1}{IB} + \frac{1}{JB'}\right) = 1 \ soit: \boxed{\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{1}{OF'}}.$$

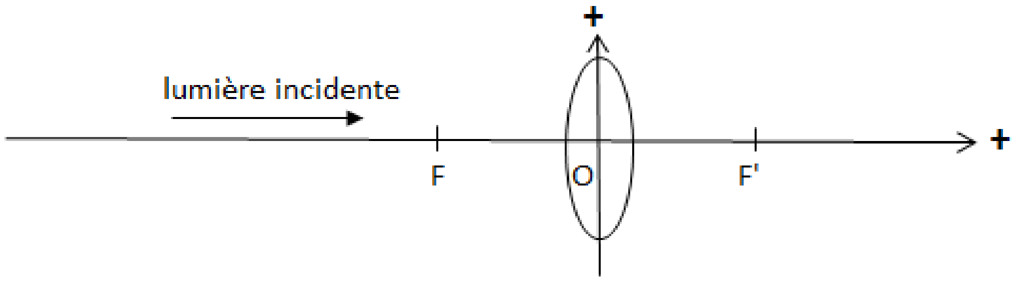
Cette relation permet de calculer une des trois longueurs OA, OA', OF', quand on connait les deux autres.

Par division membre à membre les relations (1) et (2), et en tenant compte des segments égaux, on a :

$$\frac{JO}{IO} = \frac{JB'}{IB} \quad soit : \boxed{\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}}.$$

Cette relation permet de calculer le rapport des longueurs image-objet quand on connait les positions.

Les formules précédentes peuvent rendues généra les en adoptant les conventions suivantes :



Origine : le centre optique O.

VII.2.1.D Sens positif sur l'axe principal :

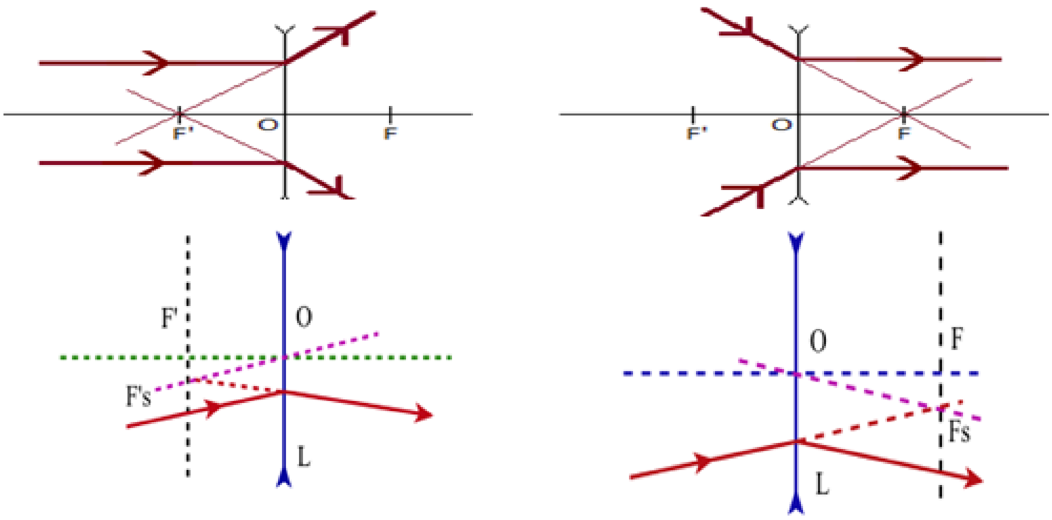
le sens de la propagation de la lumière. Sens positif normale à l'axe principal : vers le haut.
p : position de l'objet, le segment algébrique$\overline{OA}$.
P' : position de l'image, le segment algébrique $\overline{OA'}$.
f : le segment $\overline{OF'}$. F' : foyer principal image.
o : le segment $\overline{AB}$ (hauteur de l'objet).
i : le segment $\overline{A'B'}$ (hauteur de l'image).
Formules des lentilles :
Formule de position : $-\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}$
Formule de grandissement : $\frac{i}{o}=\frac{p'}{p}$

VII.2.1.E Applications des lentilles convergentes.

- Collimateur : appareil destiné à produire des faisceaux de rayons parallèles.
- Loupe et microscope optique.
- Verres correcteurs de la vue : certains défauts de la vue sont corrigés avec des lentilles convergentes.

VII.3 Lentilles divergentes.

VII.3. 1 Foyers. Plans focaux. Distance focale.



VII.3.1.A Foyer image :

Tout faisceau de rayons incidents parallèles à l'axe principal traversent la lentille divergente en convergeant en un point F' de cet axe. F' est le ***foyer principal image*** : il est ***virtuel.***

VII.3.1.B Foyer objet :

- Tout faisceau, incident, de rayons convergents dont le sommet est le point F, symétrique de F' par rapport à O traversent la lentille en formant faisceau de rayons parallèles. F est le ***foyer principal objet*** : il est ***virtuel.***

- Tout plan perpendiculaire à l'axe principal et contenant le foyer principal image F' est appelé plan focal image et tout point de ce plan est foyer secondaire image.
  Tout plan perpendiculaire à l'axe principal et contenant le foyer principal objet F est appelé plan focal objet et tout point de ce plan est foyer secondaire objet.

VII.3.1.C Formule des lentilles divergentes.

Les formules de position et de grandissement établies pour les lentilles convergentes restent valables avec les mêmes conventions pour les lentilles divergentes.

Remarque : la distance focale conservant la même définition : $f = \overline{OF'}$.

F' : foyer principal image étant virtuel, f ***est négatif***.

VII.3.1.D Applications des lentilles divergentes.

- Augmentation du champ de vision à travers une lentille divergente.
- Téléobjectif : images très grandes d'objets très éloignés.
- Verres correcteurs de la vue : les lunettes à verres divergents sont portées par les myopes.

VII.4 Vergence d'une lentille- lentilles accolées.

VII.4.1 Définition :

la vergence d'une lentille (convergence), notée V, est : $\boxed{V = \frac{1}{f}}$.

Dans le MKSA, l'unité de la vergence est la dioptrie (δ).

Exemple :

a) la vergence d'une lentille convergente de distance focale $f = +40cm$ est :

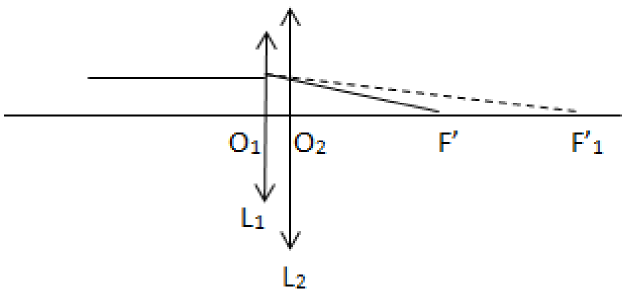
$V = \frac{1}{0,40} = +2,5\ \delta$.

b) la vergence d'une lentille divergente de distance focale $f = -25cm$ est :

$V = -\frac{1}{0,25} = -4\ dioptries$.

VII.4.2 Vergence d'un système de lentilles accolées.

L_1 et L_2 deux lentilles accolées de façon que leurs axes principaux coïncident. F_1' : Image donnée par L_1 joue le rôle d'objet **virtuel** pour L_2. L_2 donne une image **réelle** en F'.



$-\frac{1}{\overline{O_2F_1'}} + \frac{1}{\overline{O_2F'}} = \frac{1}{f_2}$ $soit$: $\frac{1}{\overline{O_2F'}} = \frac{1}{f_2} + \frac{1}{\overline{O_2F_1'}}$.

Si nous supposons les centres O_1 et O_2 confondus, $\overline{O_2F_1'} = \overline{O_1F_1'} = f_1$, on a : $\frac{1}{\overline{O_2F'}} = \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1}$

$\overline{O_2F'}$ représente la distance focale image f d'une lentille unique L remplaçant (L_1, L_2).

VII.5 Théorème des vergences :

La vergence d'un système de lentilles minces accolées, de même axe principal, est égale à la somme ***algébrique*** des vergences de toutes les lentilles.

VII.6 Instruments d'optique :

Nous étudierons quelques instruments d'optique constitués de lentilles minces, et on définira quelques grandeurs caractérisant ces instruments. On se limitera aux conditions de Gauss pour que la description soit simplifiée, parmi ces instruments L'œil, le microscope et la loupe.

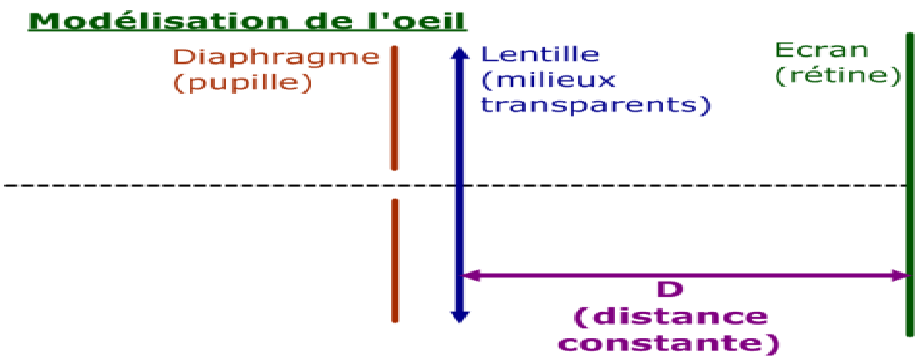
VII.6.A L'œil :

VII.6.A.1 Description :

L'œil humain est un dispositif optique approximativement sphérique constitué des éléments principaux suivants :

- un dioptre sphérique, la cornée, par laquelle la lumière pénètre, et qui baigne dans une solution aqueuse (l'humeur aqueuse),
- un diaphragme, la pupille, qui permet de régler l'intensité lumineuse entrant dans l'œil.
- une lentille biconvexe, le cristallin, qui sépare l'extérieur de l'intérieur de l'œil.
- l'intérieur de l'œil, constitué d'un gel appelé l'humeur vitrée
- les récepteurs de lumière, qui tapissent la rétine.
- le nerf optique qui transmet les informations de la rétine au cerveau.

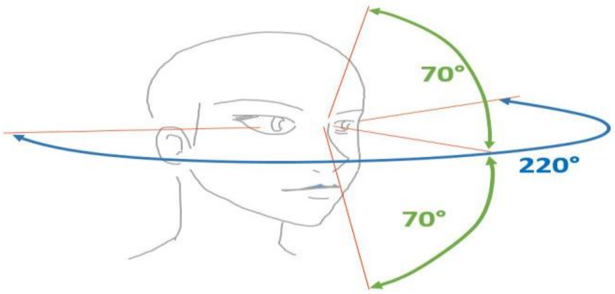
VII.6.A.2 Modélisation de l'œil :



- La lumière qui pénètre dans l'œil traverse des milieux homogènes transparents. L'image se forme sur la rétine qui transmet les informations au cerveau.
- Un œil peut être modélisé par un diaphragme (pupille), une lentille convergente (milieux transparents) et un écran simulant la rétine.

VII.6.A.3 Champ de vision :

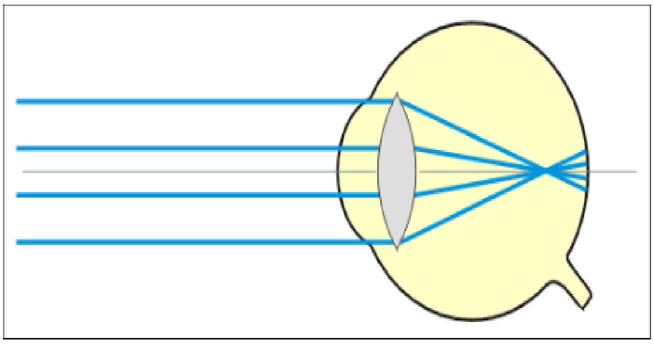
Le champ visuel est la partie de l'espace qu'un œil peut percevoir autour du point qu'il fixe. quand l'œil fixe un point immobile situé droit devant lui. Il est capable de détecter dans une zone d'espace limitée, des lumières, des couleurs et des formes.



VII.6.A.4 Les défauts de l'œil

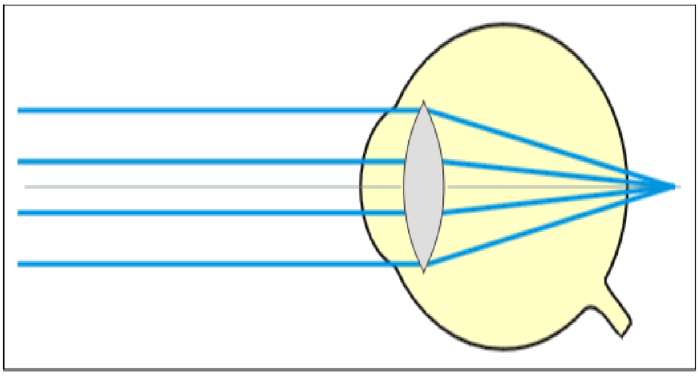
VII.6.A.1 La myopie :

La myopie est une anomalie de l'œil dans laquelle l'image d'un objet éloigné se forme en avant de la rétine. L'œil est trop convergent donc trop long.Un myope ne voit pas distinctement les objets éloignés. Il doit se rapprocher de l'objet pour le voir correctement.



VII.6.A.2 L'hypermétropie :

Un œil hypermétrope est un œil pas assez convergent. Il est donc trop court. L'image d'un objet observé se forme après la rétine.
Un hypermétrope distingue plus facilement les objets éloignés que les objets rapprochés.

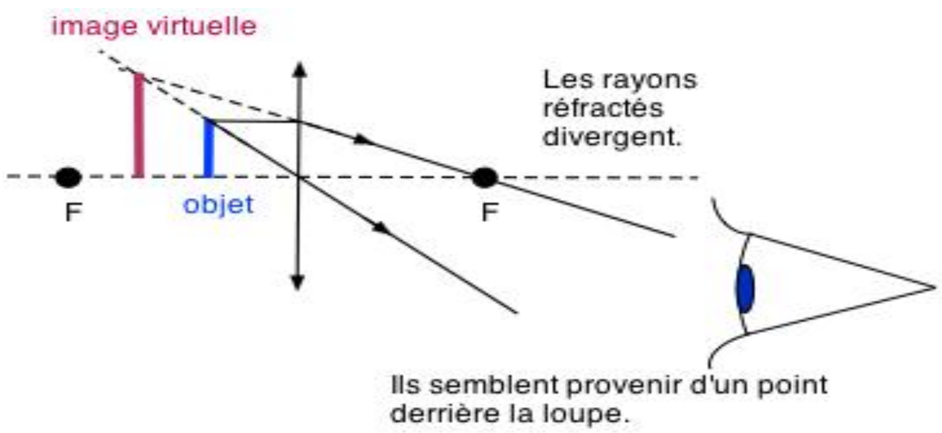


VII.6.B La loupe :

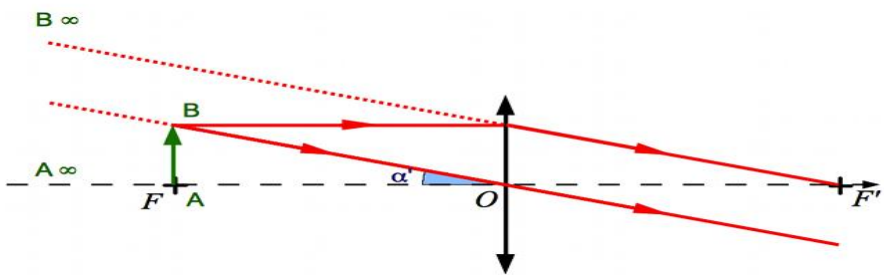
Il s'agit d'une lentille convergente de faible distance focale entre (2 `à 10 cm) qui permet d'agrandir l'angle sous lequel l'œil voit l'objet afin de pouvoir distinguer les détails non visibles `a l'œil nu.

VII.6.B.1 Formation des images par le biais d'une loupe :

- L'œil puisse observer au travers de la loupe image agrandie ci l'objet ce place entre le foyer optique O de la lentille et son foyer objet F,



- pour que l'œil puisse observer cette image sans accommodation, celle-ci doit être à l'infini. La meilleure position de l'objet est celle où il sera sur le foyer principal objet.



VII.6.B.2 Grossissement et puissance d'une loupe :

Grossissement :

Soit α l'angle sous lequel on visualise l'objet `a l'œil nu. Cet angle est le diamètre apparent. α' est l'angle sous lequel on voit l'image.

- L'angle α' sous lequel est vu l'image.
- L'angle α sous lequel est vu l'objet depuis l'œil à la distance de vision minimale de l'œil emmétrope.

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

Puissance :

On définit également, pour le cas des objets à distance finie, la puissance de l'instrument, comme étant le rapport de diamètre apparent de l'image, sur la taille AB de l'objet :

$$P = \frac{\alpha'}{AB}$$

Remarque :

Angle apparent de l'image (α') est plus grosse et plus éloignée.

$$\alpha' = \arctan\left(\frac{A'B'}{d'}\right) \approx \frac{A'B'}{d'}$$

Cet angle dépend de la distance entre la loupe et l'objet, ainsi que de la loupe et l'oeil.

Table de matières

Chapitre I : GRANDEURS PHYSIQUES ET INCERTITUDES 1
I.1 Equations aux dimensions. 1
I.1.1 Décrire un phénomène physique. 1
I.1.2 Système d'unités. 1
I.1.3 Equation aux dimensions. 1
I.2 Compléments de mathématiques. 2
I.2.1 Dérivée d'une fonction. 2
I.2.2 Opérations sur les dérivées 3
I.2.3 Dérivée logarithmique. 3
I.2.4 Différentielle totale. 3
I.3 Mesures et précisions sur les grandeurs mesurées. 3
I.3.1 Erreur absolue et incertitude absolue. 3
I.3.2 L'erreur absolue et la différentielle totale. 4
I.3.3 Erreur relative et incertitude relative. 4
I.4 La mesure et les chiffres significatifs. 5
I.4.1 Définition. 5
I.4.2 Calcul et chiffres significatifs. 5
I.4.2.1 Multiplication et division. 5
I.4.2.2 Addition et soustraction. 5
Chapitre II : INTRODUCTION À L'OPTIQUE GEOMETRIQUE 7
II.1 Les ondes électromagnétiques. 7
II.1.1 Définition. 7
II.1.2 Caractéristiques d'une onde électromagnétique. 7
II.1.3 Domaine de la lumière visible. 7
II.1.4 Courbe de sensibilité de l'œil. 7
II.1.5 Sources de lumière. 8
II.1.5.1 Lumière monochromatique. 8
II.1.5.2 Lumière polychromatique. 8
II.1.6 Rayons lumineux. Faisceaux lumineux. 9
II.1.6.1 Rayons 9

II.1.6.2 Faisceaux 9
II.1.7 Indice de réfraction absolu d'un milieu transparent : 9
II.1.8 Théorie corpusculaire de la lumière. 9
II.1.8.1 Propriétés du photon. 10
II.1.9 Diamètre apparent d'un objet. 10
Chapitre III : GÉNÉRALITES SUR LA REFLEXION ET LA REFRACTION DE LA LUMIÈRE 11
III.1 Propriétés. 11
III.1.1 Principe de Fermat : 11
III.1.2 Principe de retour inverse : 11
III.1.3 Propagation 11
III.2 Lois de Snell-Descartes. 11
III.3 Passage de la lumière dans un milieu moins réfringent : 12
III.3.1 Application de la réflexion totale : 12
III.4 Image d'un objet donnée par un miroir plan. 13
III.4.1 Aspect énergétique de la réflexion et de la réfraction 13
III.4.1.1 La lumière transporte de l'énergie. 13
III.4.1.1.A Coefficient de réflexion : 13
III.4.1.1.B Coefficient de transmission : 13
III.4.1.1.C Loi de conservation de l'énergie : 13
III.4.1.1.D Formule de Fresnel (sous incidence normale) : 13
Chapitre IV : DIOPTRE PLAN-LAMES A FACES PARALLELES- 14
V.1 Image donnée par un dioptre plan. 14
V.2.1 Images d'objets vus à travers une lame à faces parallèles. 15
Chapitre V : LE PRISME 16
V.1 Définitions. 16
V.1.1 Formules du prisme. 16
V.1.1 Réfraction au point d'incidence: 16
V.1.2 Réfraction au point d'émergence : 16
V.1.3 Relation entre r, r' et A : 16
V.1.4 Déviation d'un rayon : 16
V. 1.5 Variation de la déviation D avec l'angle d'incidence i 17
V.2 Application : mesure de l'indice de réfraction d'un milieu. 17

V.3 Variation de la déviation avec l'indice. 18

Chapitre VI : MIROIRS ET DIOPTRES SPHÉRIQUES 19

VI.1 Le miroir sphérique. 19

VI.1.1 Eléments du miroir sphérique. 19

VI.1.2 Relation fondamentale (de positions) des miroirs sphériques. 19

VI.1.3 Convention des signes : 20

VI.1.4 Foyer d'un miroir sphérique. 20

VI.1.4.A Construction de l'image : 20

VI.1.4.B Le grandissement: 21

VI.2 Le dioptre sphérique. 21

VI.2.1 Définition : 21

VI.2.2 Relation de position pour un dioptre sphérique. 21

VI.2.3 Convention des signes : 22

VI.3 Foyer image et foyer objet. 22

VI.3.1 Foyer image. 22

VI.3.2 Foyer objet. 22

VI.4 Vergence (convergence) d'un dioptre sphérique. 23

Chapitre VII: LES LENTILLES SPHÉRIQUES MINCES 24

VII.1 Lentille sphérique. 24

VII.1.1 Éléments géométriques. 24

VII.1.2 Classification des lentilles. On distingue : 24

VII.2 Lentilles convergentes. 25

VII.2.1.A Foyer image : 25

VII.2.1.B Foyer objet : 26

VII.2.1.C Formule des lentilles convergentes. 26

VII.2.1.D Sens positif sur l'axe principal : 27

VII.2.1.E Applications des lentilles convergentes. 27

VII.3 Lentilles divergentes. 28

VII.3. 1 Foyers. Plans focaux. Distance focale. 28

VII.3.1.A Foyer image : 28

VII.3.1.B Foyer objet : 28

VII.3.1.C Formule des lentilles divergentes. 28

VII.3.1.D Applications des lentilles divergentes. 29

VII.4 Vergence d'une lentille- lentilles accolées. 29
VII.4.1 Définition : 29
VII.4.2 Vergence d'un système de lentilles accolées. 29
VII.5 Théorème des vergences : 29
VII.6 Instruments d'optique : 30
VII.6.A L'œil : 30
VII.6.A.1 Description : 30
VII.6.A.2 Modélisation de l'œil : 30
VII.6.A.3 Champ de vision : 30
VII.6.A.4 Les défauts de l'œil 31
VII.6.A.1 La myopie : 31
VII.6.A.2 L'hypermétropie : 31
VII.6.B La loupe : 32
VII.6.B.1 Formation des images par le biais d'une loupe : 32
VII.6.B.2 Grossissement et puissance d'une loupe : 32
Table de matières 34