3. Optique

3.1.1. Introduction (objectif de l'optique)
3.1.2. Nature de la lumière (spectre des ondes électromagnétiques, photons, ondes…)
3.2. Optique géométrique
3.2.1. Principes de l'optique géométriques et propagation de la lumière.
3.2.2. Réfraction (lois de Snell-Descarte, angle limite et réflexion totale)
3.2.2.1. Dioptres plans, formule de conjugaison, Lame à faces parallèles et Prisme.
3.2.2.2. Dioptres sphériques (convergent, divergent), formule de conjugaison et construction géométrique (construction d'image).
3.2.2.3. Lentilles minces (convergentes, divergentes), formule de conjugaison, grandissement, association de deux lentilles minces et construction géométrique (construction d'image).
3.2.3. Réflexion
3.2.3.1. Miroir plan (construction d'image)
3.2.3.2 Miroir sphérique (construction d'image, formule de conjugaison)
3.2.4. Instruments optiques
3.2.4.1. L'Œil
3.2.4.1. La loupe et le microscope optique

3.1.1. Introduction (objectifs de l'optique)

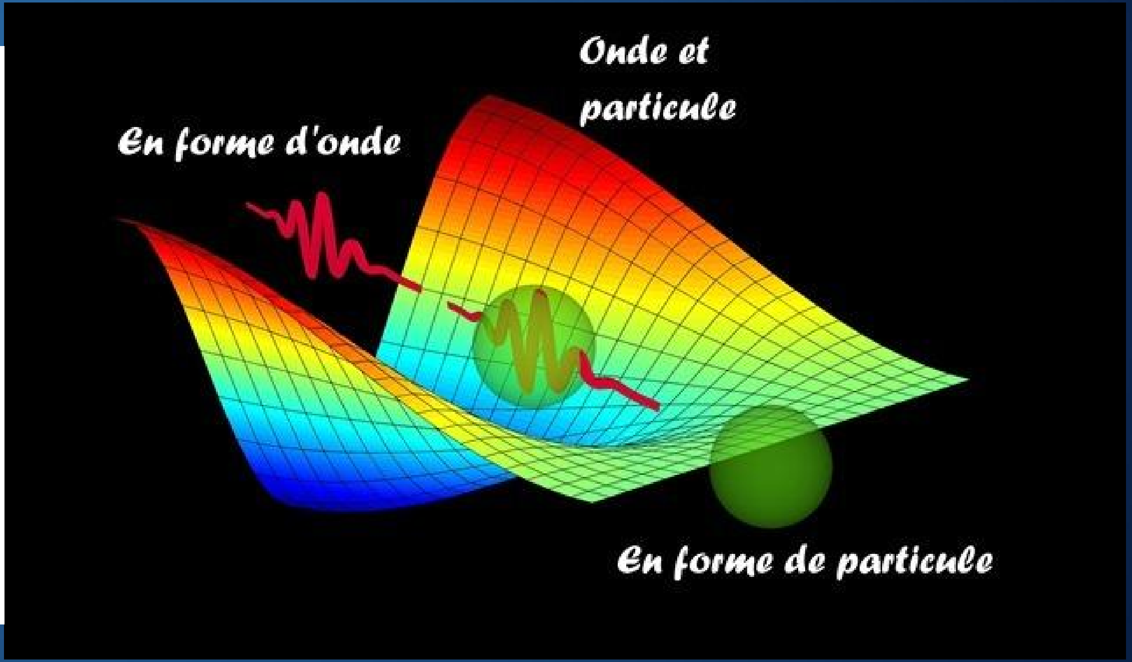
- **Utilisation des lois de réflexion et de réfraction pour représenter des images ;**
- **Distinction entre les images réelles et les images virtuelles ;**
- **Détermination de la position des images formées par les systèmes optiques par l'usage de la relation objet- image qui spécifie chaque type de systèmes optiques ;**
- **Calcul de l'agrandissement linéaire des images formées ;**
- **Calcul de la vergence des lentilles ;**
- **Correction des défauts de vision par la proposition des lentilles appropriées et ;**
- **Acquérir des connaissances sur les éléments constitutifs et le fonctionnement de quelques instruments d'optique.**

3.1.2. Nature de la lumière (spectre des ondes électromagnétiques, photons, ondes…)

A propos de la nature de la lumière, on entend tout et son contraire. Elle est parfois décrite comme une onde et parfois comme un courant de grain de lumière (les photons). Quelle description est la bonne ? Qui a raison ? Qui a tort ?

https://lewebpedagogique.com/physique/la-nature-de-la-lumiere/

Le débat remonte à Isaac Newton (1662), qui préconisait que la lumière était constituée de particules et James Clerk Maxwell, dont le succès de sa théorie sur l'électromagnétisme (1864), unifiant les forces de l'électricité et du magnétisme en une seule, s'est fondé sur un modèle de la lumière comme ondes. Puis, en 1905, Albert Einstein a expliqué un phénomène appelé l'effet photoélectrique en utilisant l'idée que la lumière était constituée de particules appelées photons (cette découverte lui a valu le prix Nobel de physique) qui se propage comme une onde.



Cette illustration montre la double nature de la lumière, qui agit à la fois comme des particules (photons) et des ondes

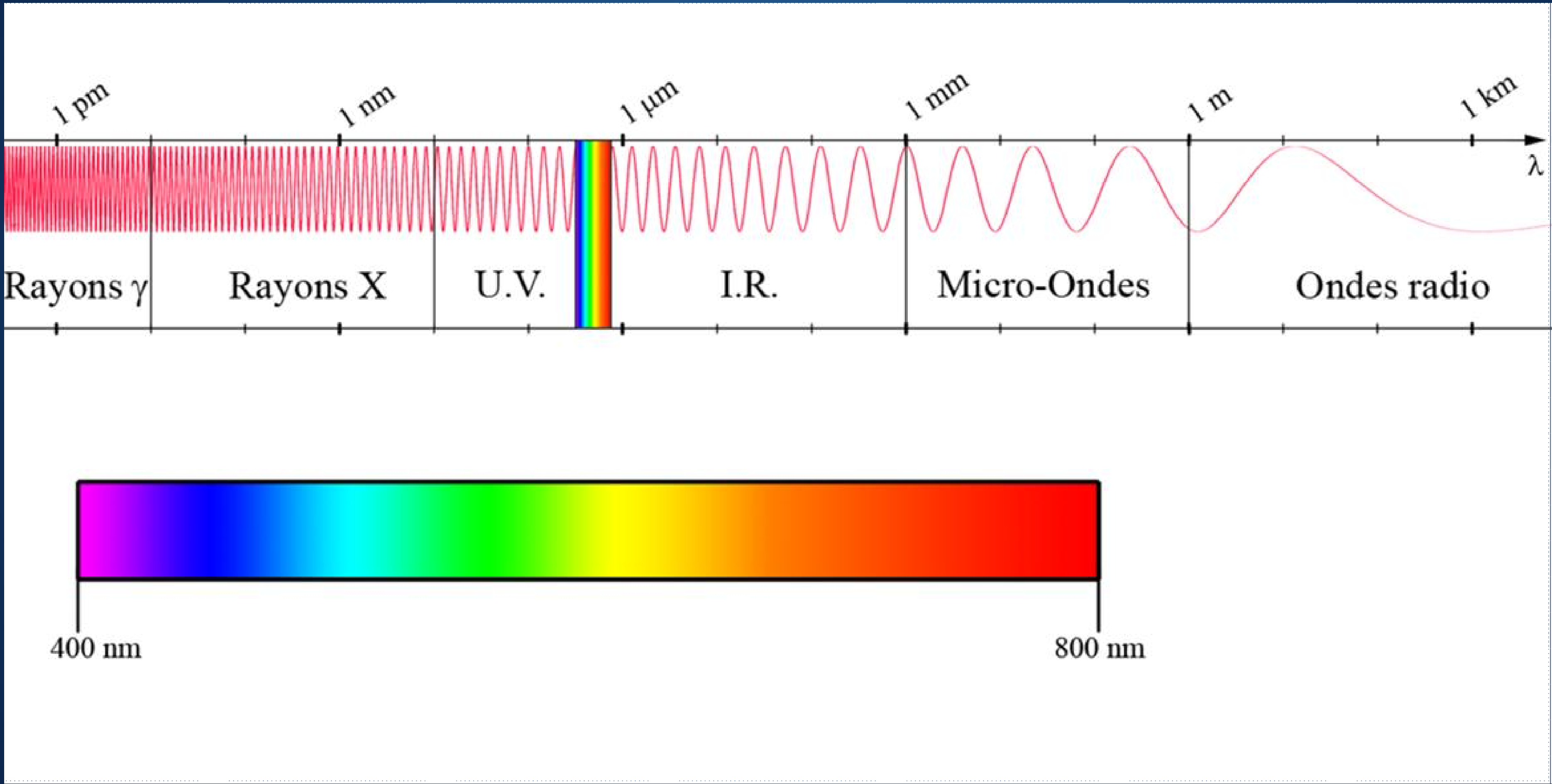
Dualité onde - matière (photon)

Postulat d'Einstein: La lumière (la bande visible du spectre électromagnétique) a, à la fois les propriétés d'une onde (propagation) et de particules (interaction avec la matière)

La propagation de l'onde électromagnétique obéit au formalisme de la mécanique ondulatoire (propriétés d'une onde)

L'interaction avec la matière obéit au formalisme de la mécanique quantique, énergie associée à un photon (quanta d'énergie)

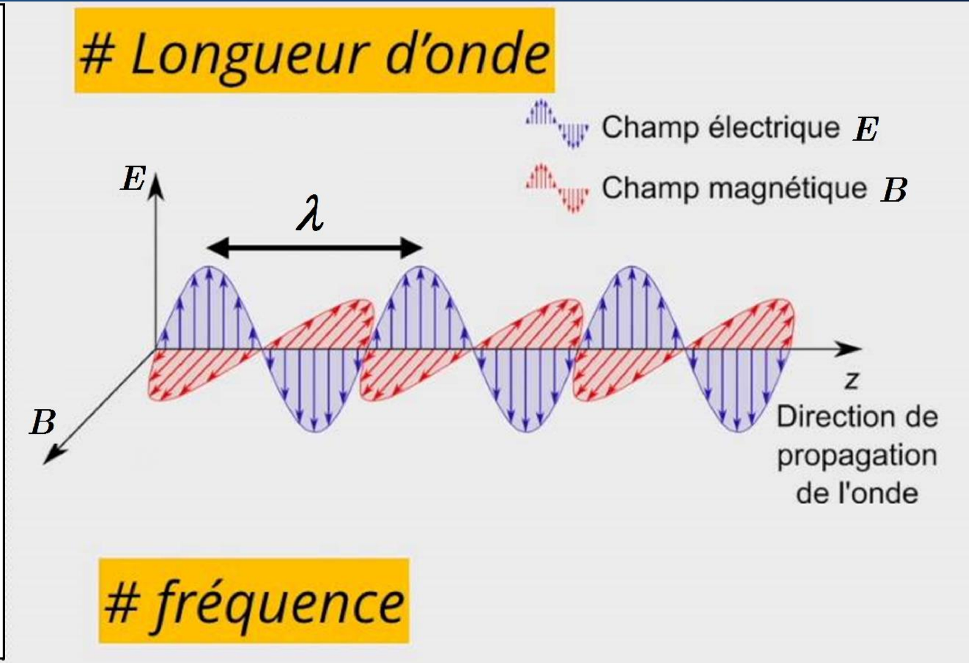
spectre des ondes électromagnétiques



L'onde est lumineuse est caractérisée par une fréquence (ν), une longueur d'onde (λ), une vitesse de propagation ou célérité (la vitesse de la lumière c), telle que:

$$\lambda = c/\nu,$$

L'onde lumineuse est une onde électromagnétique. Elle est constituée par l'association d'un champ électrique $\vec{E}$ et d'un champ magnétique $\vec{B}$ perpendiculaires entre eux, vibrent en phase avec la même fréquence et se déplacent avec la même vitesse

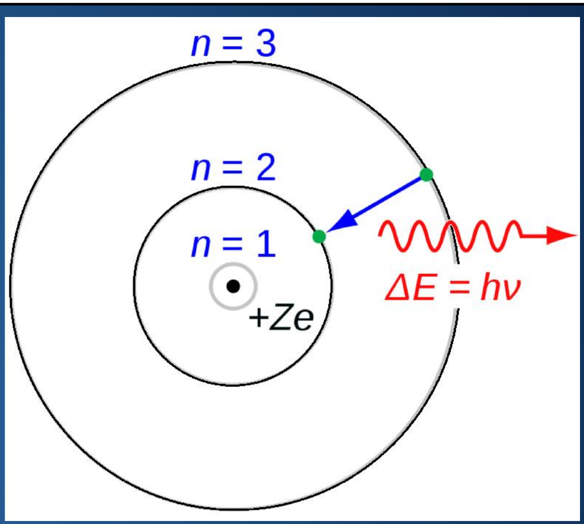


on y associe une période $T = 1/\nu$

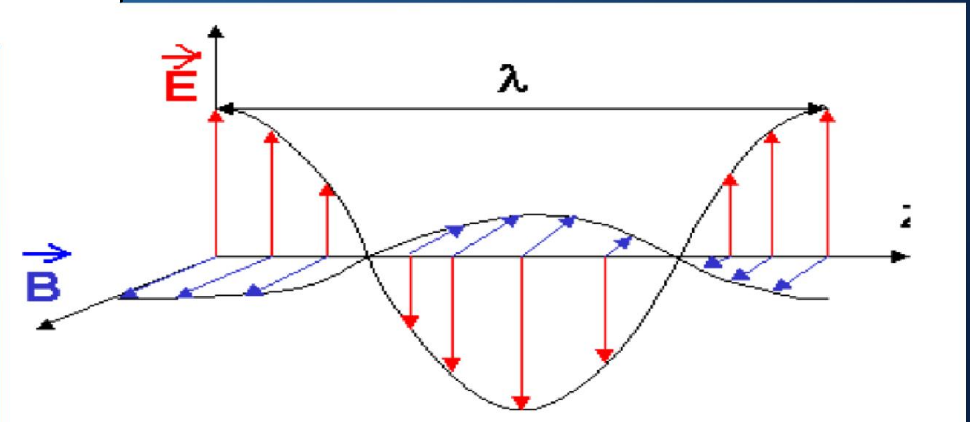
fréquence ν (lettre grec «nu», f en électricité) mesurée en Hz (Hertz)

La propagation de l'onde lumineuse est un phénomène de transport de l'énergie liée à des particules transportant chacune un quantum d'énergie (photon) :

$$\varepsilon = h\nu = hc/\lambda$$



- $h = 6{,}62.10^{-34}$ j. s = constante de Planck
- $c = 3.10^{8}$ m/s = vitesse de la lumière dans le vide
- λ est la longueur de l'onde lumineuse
- ν est la fréquence de l'onde lumineuse



Indice de réfraction :

Dans le vide, quelles que soient leurs fréquences, les ondes électromagnétiques (lumière) se propagent avec la même vitesse *c* = 3.10^8 m/s

Dans un *milieu matériel* la vitesse de la lumière v dépend de la fréquence mais reste toujours inférieure à *c*

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

$$v < c \Rightarrow n > 1$$

La fréquence ν est la valeur fondamentale, v et λ sont modifiées par la nature du milieu de propagation

$$\left.\begin{array}{l} \nu.\lambda_1 = v_1 = \dfrac{c}{n_1} \\ \nu.\lambda_2 = v_2 = \dfrac{c}{n_1} \end{array}\right| \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Quelques indices de réfraction

Milieu transparent	A ir	Eau	Verre	Quartz	Diamant	Huile
$n = c/v$	1.003	1.33	1.5 à 1.7	1.45	2.42	1.9

3.2. Optique géométrique

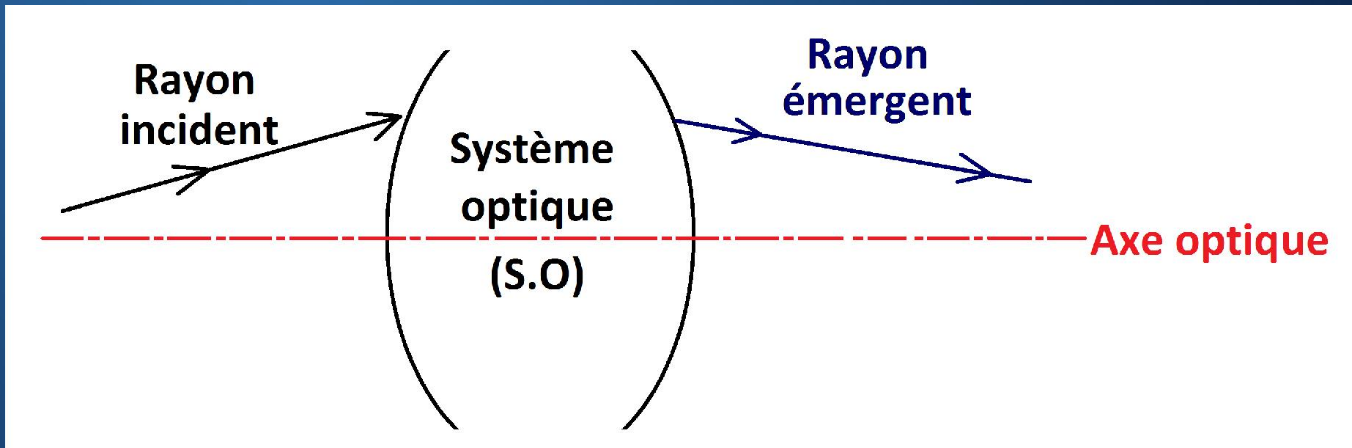
3.2.1. Principes de l'optique géométriques et propagation de la lumière

Le trajet empruntait par la lumière issue d'une source ponctuelle est rectiligne dans un milieu **homogène** et **isotrope**.

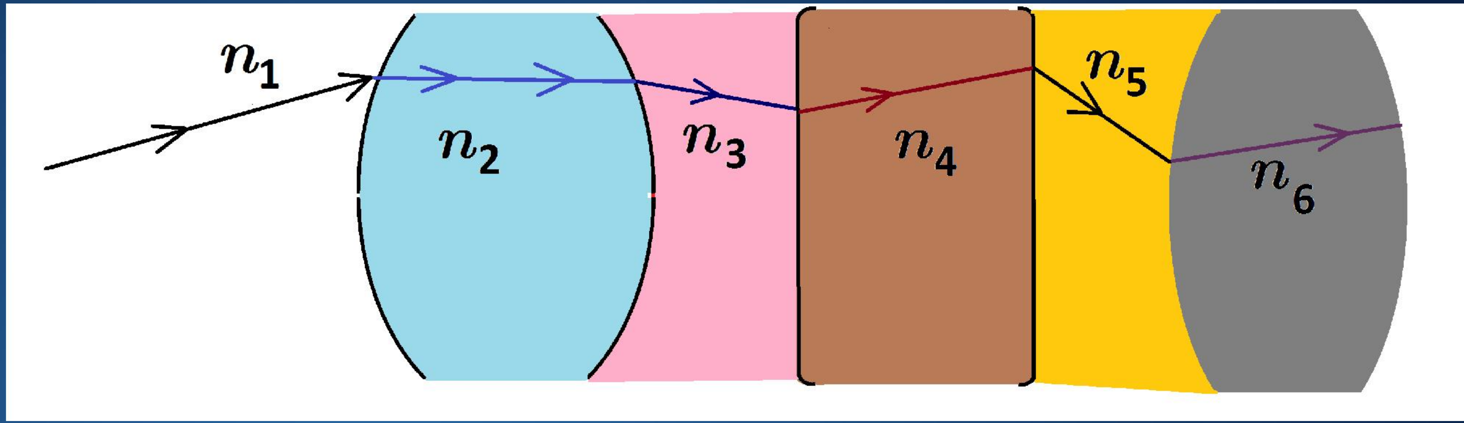
- Un milieu **homogène** est un milieu dont la composition est la même en tout point.
- Un milieu **isotrope** est un milieu dont les propriétés sont les mêmes dans toutes les directions.

La marche de la lumière dans un système optique peut être étudiée en utilisant les lois et les résultats de la géométrie : c'est l'optique géométrique.

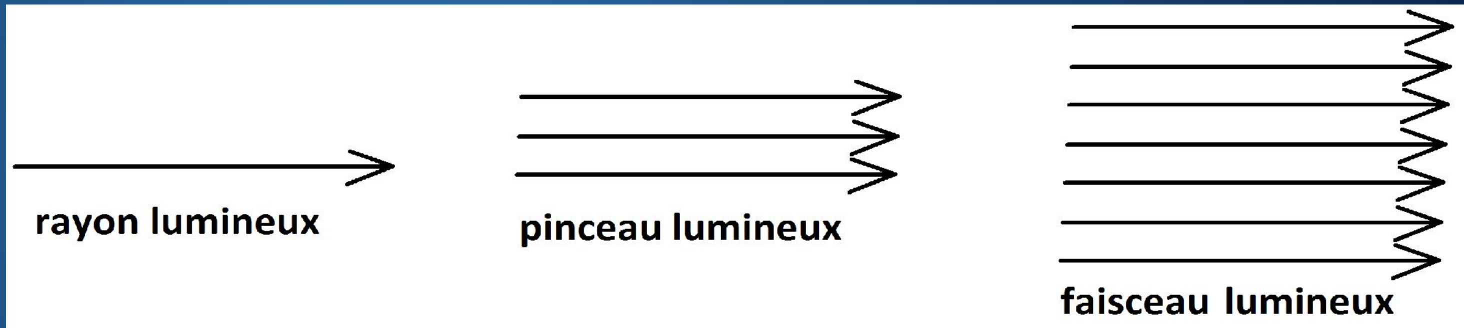
Exemple de système optique (S.O)



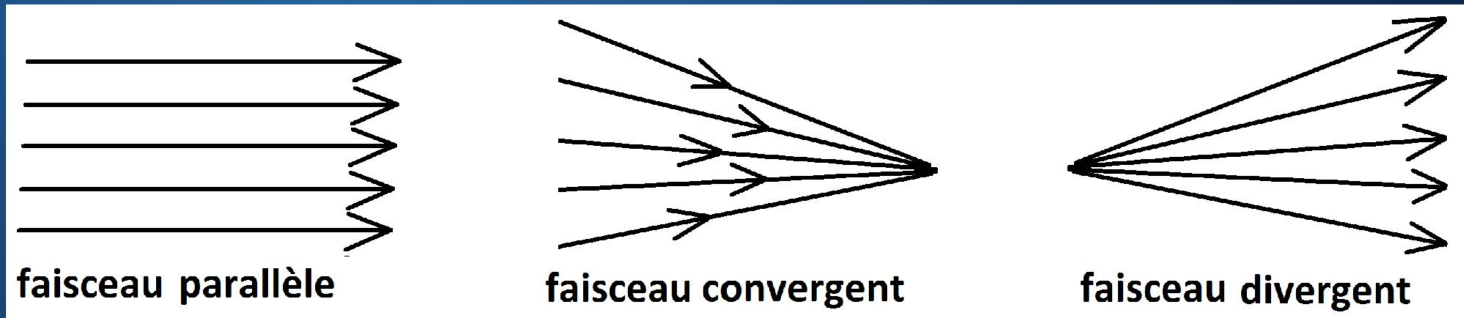
Loi : Dans un milieu homogène et isotrope la lumière se propage en ligne droite.



Il y a :



et on distingue 3 types de faisceaux :



Principe de retour inverse de la lumière :

La trajectoire suivie par un rayon lumineux entre 2 points est indépendante du sens de propagation de la lumière.

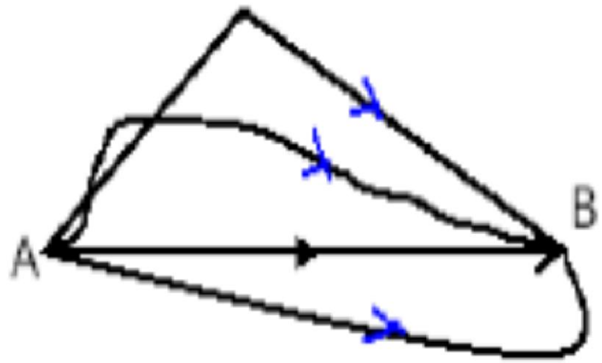
Principe de Fermat :

Pour aller de A à B la lumière emprunte la trajectoire la plus courte dans le temps.

Dans un milieu matériel, la lumière parcourt la distance pendant le temps t tel que : $AB = v.t$

Pendant ce même temps et d Pendant ce même temps *t* et dans le vide, la lumière aurait parcouru la distance *d* : $(AB) = c.t$

Donc : $(AB) = \underbrace{n.v}_{c}.t = n.AB$



La distance (AB) est la longueur du chemin optique LCO

$$LCO = (AB) = n.AB$$

Lorsque le milieu n'est pas homogène $n = n(x)$ **la longueur du chemin optique est :**

$$LCO = \int_A^B n(x)dx$$

Pour aller de A à B , la lumière ne prend pas un chemin quelconque mais un parcourt tel, que le chemin optique soit extrémal (stationnaire) c'est à dire pour lequel :

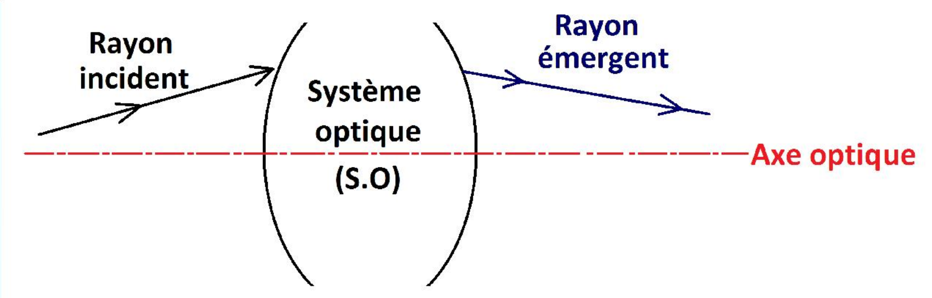
$$\frac{d(LCO)}{dx} = 0$$

http://www.physagreg.fr/optique-12-generalites-systemes-miroirs.php

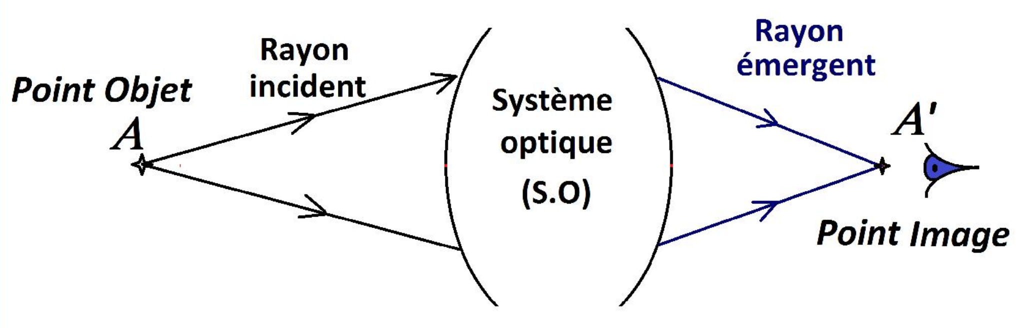
❑ Différents types de systèmes optiques :

Un système optique est un ensemble de milieux transparents séparés par des surfaces polies (dioptres). A l'intérieur de ces systèmes la lumière subit des réflexions et des réfractions. On distingue

- **Système dioptrique** : C'est un système dans lequel la lumière subit uniquement des réfractions.
- **Système catoptrique :** c'est un système dans lequel la lumière subit uniquement des réflexions.
- **Système catadioptrique :** C'est un système dans lequel la lumière subit des réflexions et des réfractions.



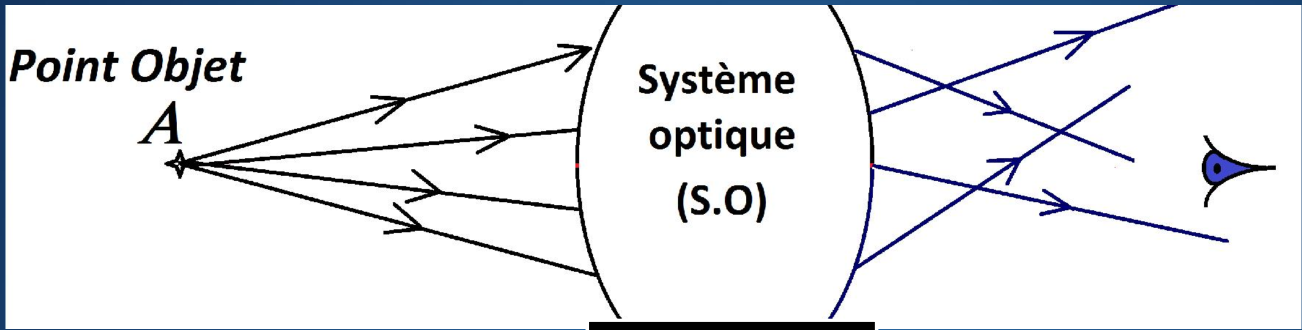
❑ Image d'un point lumineux



stigmatisme rigoureux

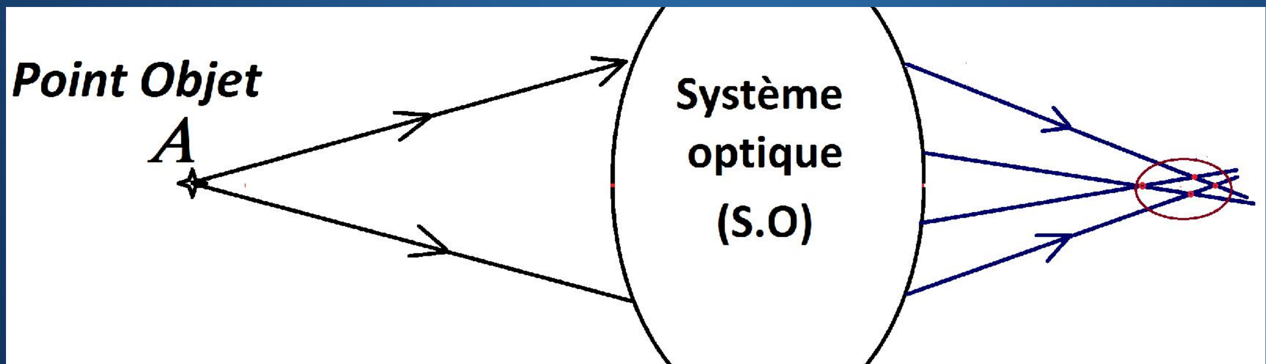
Les rayons sortant du système optique convergent tous en A'
On dit qu'il y a stigmatisme rigoureux. Les points A et A' sont dits conjugués par rapport au (S.O) :
lorsque l'un est l'objet, l'autre est l'image.

Lorsque les rayons sortant ne convergent pas, le système est dit astigmatique



astigmatique

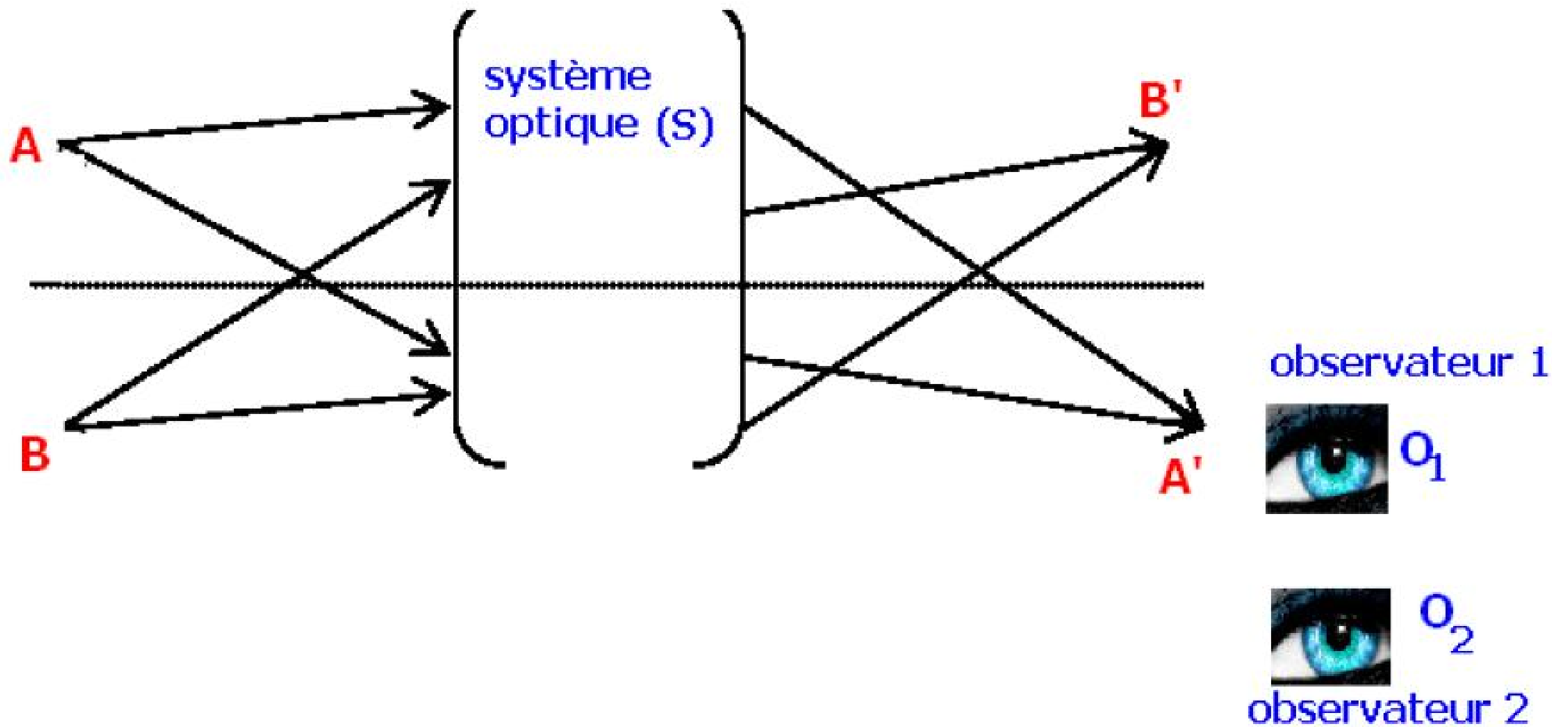
Lorsque les rayons sortant passent par une petite région, on dit qu’il stigmatisme approché.



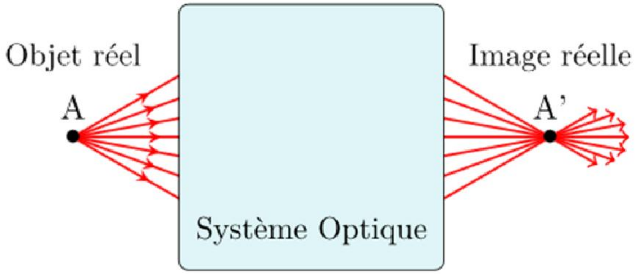
stigmatisme approché.

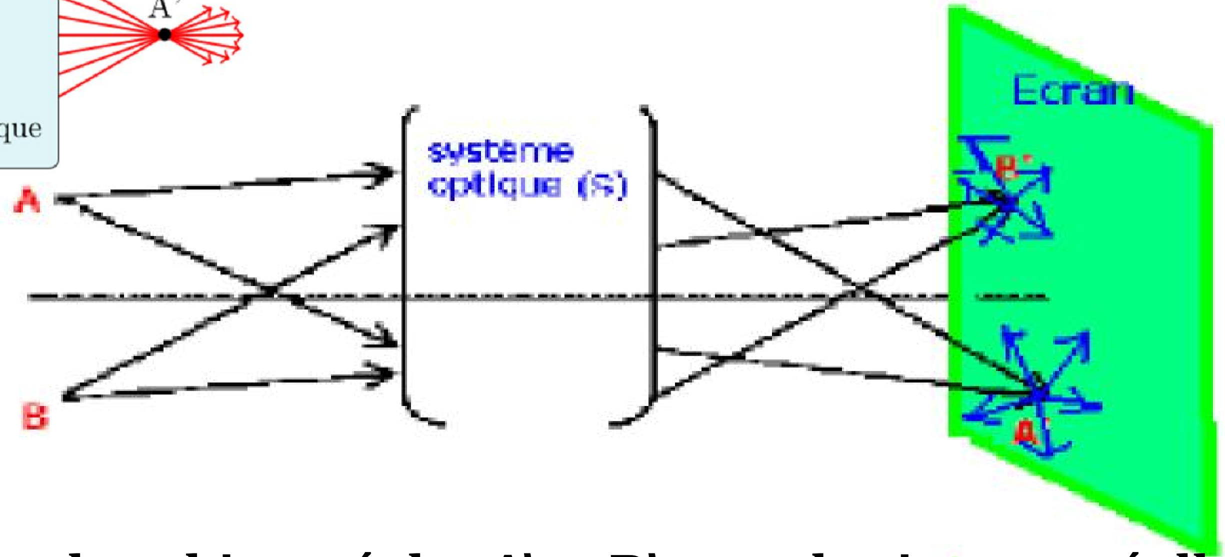
Objet et image

L'œil O_1 voit l'image A', par contre l'œil O_2 ne la voit pas. Cependant, O_2 peut voir l'image A' lorsqu'elle est projetée sur un écran (elle devient alors un objet éclairé).



L'image A' est réelle car elle peut être projetée sur un écran. Tous les rayons émergents passent réellement par leur point de convergence. L'objet A est réel car tous les rayons incidents passent réellement par A et en plus on peut le toucher.

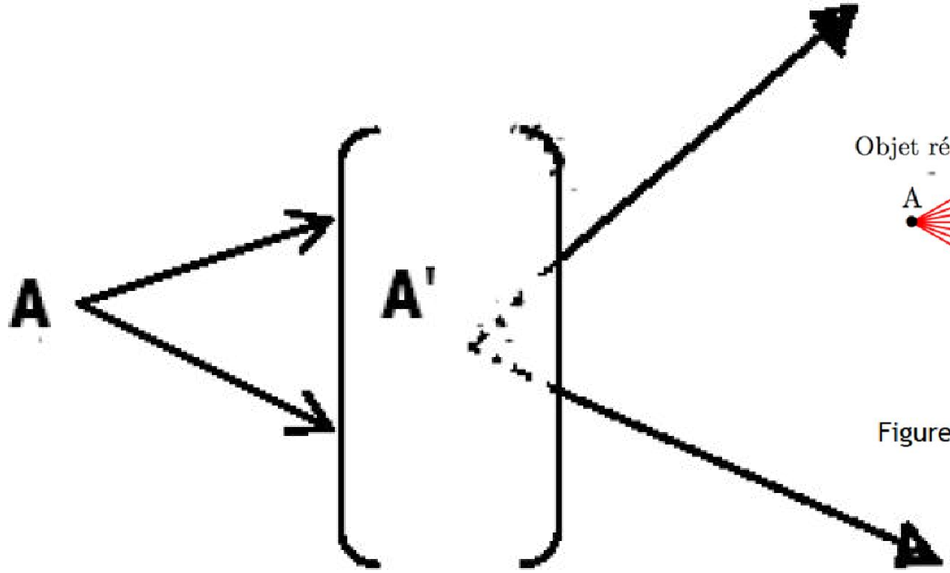




Ici A et B sont des objets réels , A' et B' sont des images réelles.

Les rayons émergent du système optique en convergeant vers un point A' : ce point est un point image réel, on peut le recueillir sur un écran ;

Lorsque l'image ne peut pas être projetée sur un écran et que les rayons lumineux ne passent pas réellement par leur point de convergence, on dit qu'elle est virtuelle.



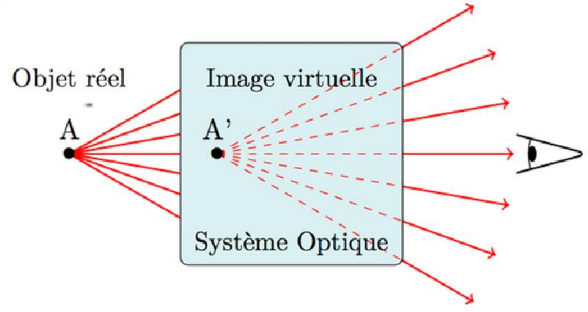
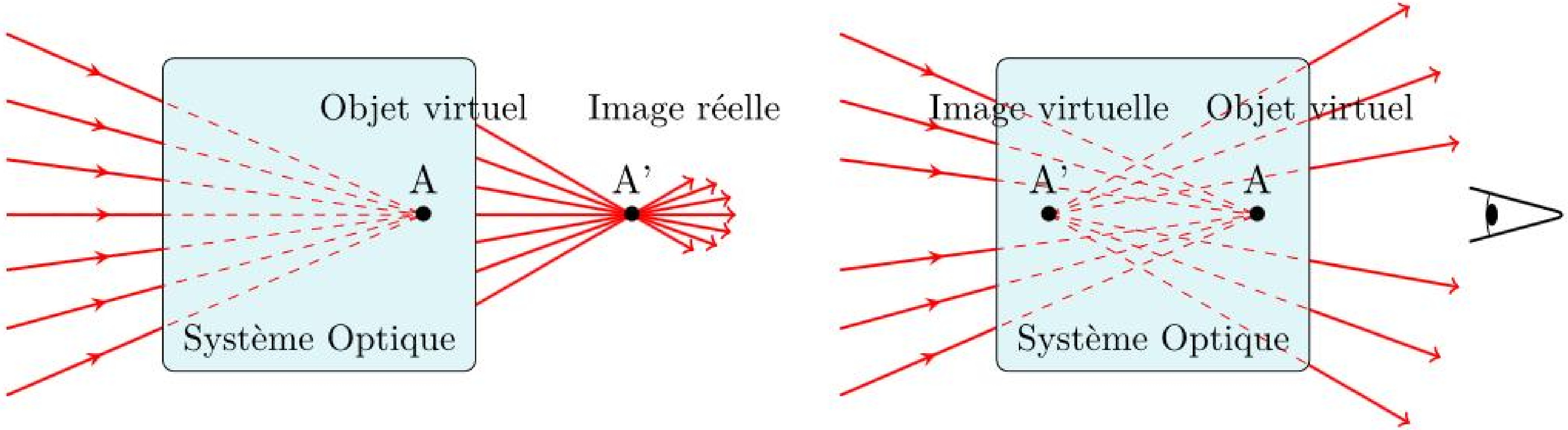


Figure 2-Formation d'un point image virtuel

Ici l'objet A est réel, l'image A' est virtuelle.

Les rayons émergent du système optique en divergeant mais leurs prolongements se coupe en un point A' : ce point est un point image virtuel, on ne peut pas le recueillir sur un écran mais il peut être vu à l'œil nu à travers le système.

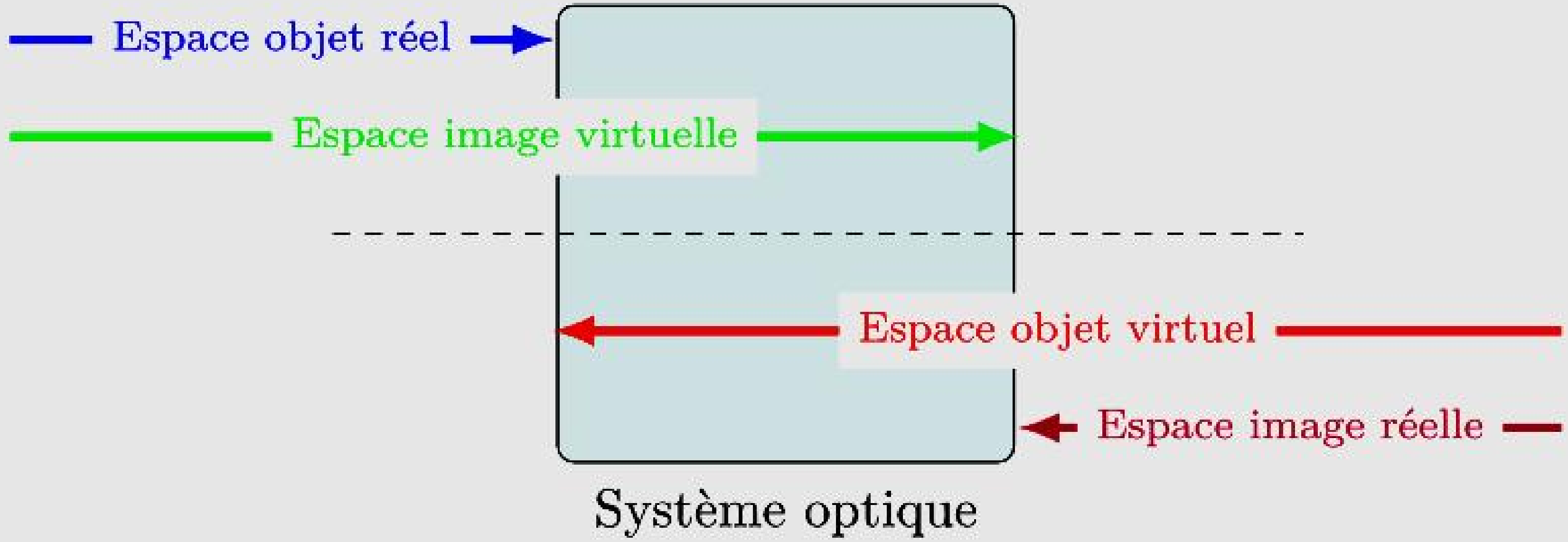
De façon identique à ce qui a été dit précédemment, on peut créer un point objet virtuel en faisant converger les prolongements de rayons incidents au système optique.L'image de ce point objet virtuel pourra être un point image réel ou un point image virtuel selon les même principes énoncés au paragraphe précédent.



Point objet virtuel pouvant donner naissance à deux types de point image

Espaces objet et image

Autour d'un système optique s'organise alors quatre espaces :

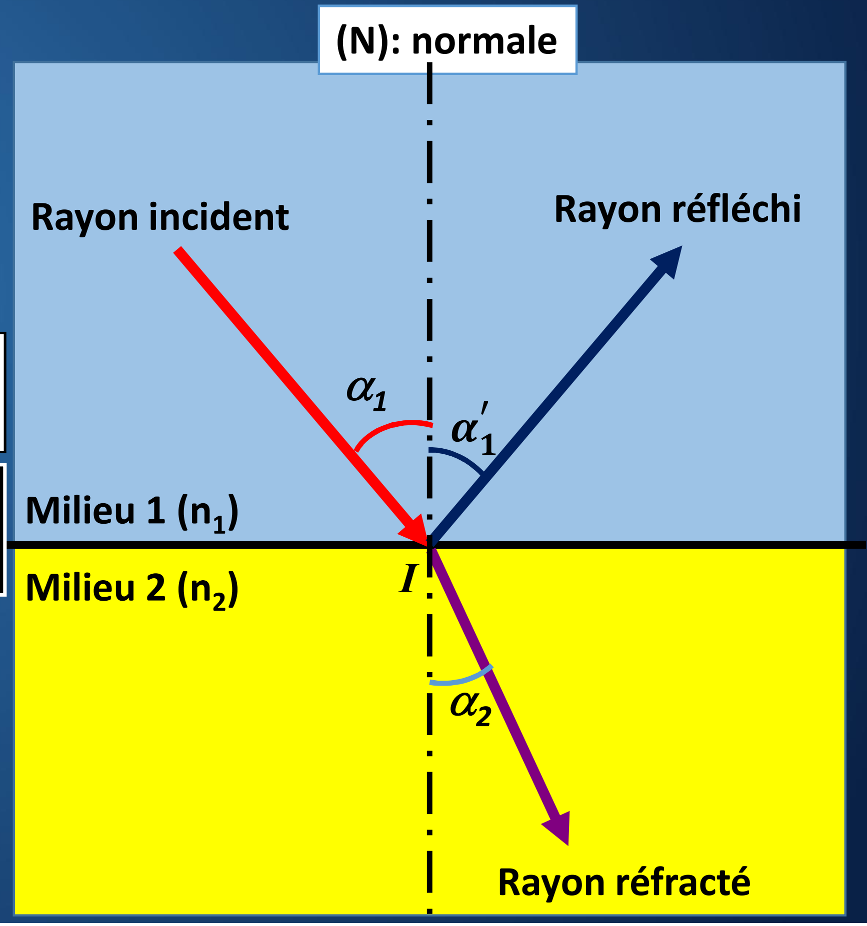


Espaces objet et image

3.2.2 Réflexion et réfraction de la lumière

Lorsque la lumière arrive à l'interface de 2 milieux transparents d'indices de réfraction n_1 et n_2, une partie est réfléchie dans le milieu d'incidence n_1 (onde réfléchie) tandis que le reste se propage dans le milieu de transmission (onde réfractée).

(N): la normale à l'interface ; *I:* Point d'incidence
α_1: Angle d'incidence ; α_2 : Angle de réfraction
α'_1: Angle de réflexion



Interface de séparation

a) *Conditions de réflexion* :

- ❑ **Les rayons incident, réfléchi et la normale doivent être coplanaires (situés dans un même plan).**
- ❑ **L'angle d'incidence doit être égale à l'angle de réflexion ($\alpha_1=\alpha'_1$).**

b) ***Loi de Snell - Descartes*** :

La vitesse des ondes électromagnétiques est inversement proportionnelle à l'indice de réfraction du milieu dans lequel elles se propagent.

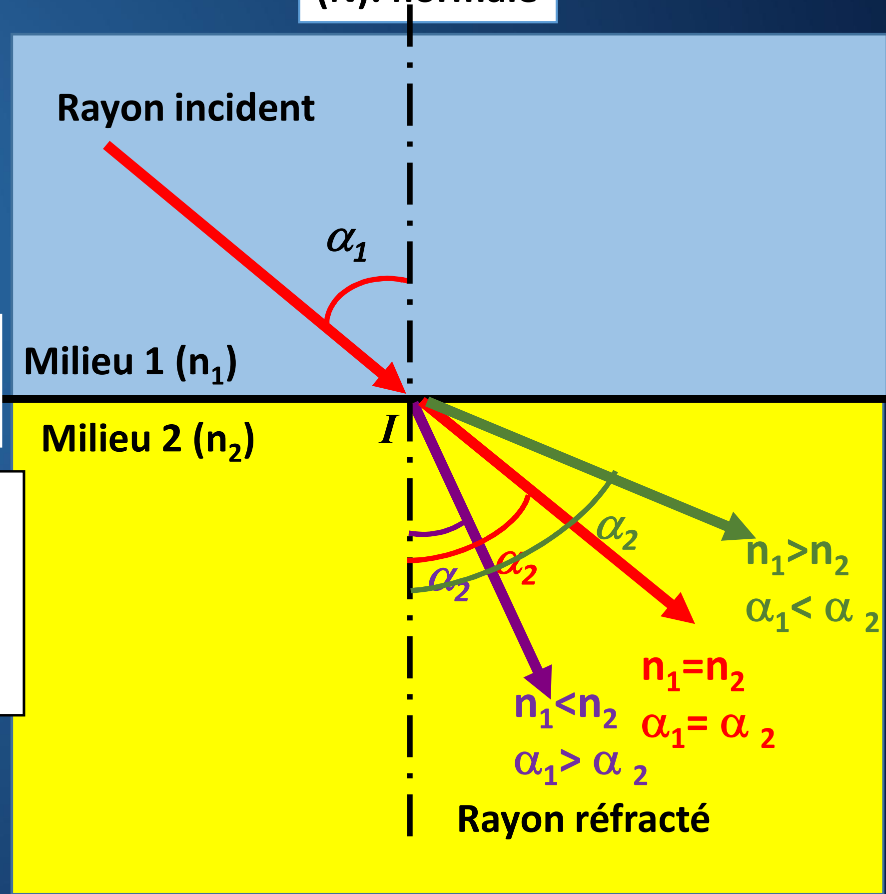
La vitesse des ondes électromagnétiques est inversement proportionnelle à l'indice de réfraction du milieu dans lequel elles se propagent

$$\text{Si } n_1 = n_2 \Rightarrow v_1 = v_2 \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2$$

$$\text{Si } n_1 > n_2 \Rightarrow v_1 < v_2 \Rightarrow \alpha_1 < \alpha_2$$

$$\text{Si } n_1 < n_2 \Rightarrow v_1 > v_2 \Rightarrow \alpha_1 > \alpha_2$$

Interface de séparation



On a : $n_{2,1} = n_2 / n_1$ **est l'indice de réfraction du milieu 2 par rapport au milieu 1**

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}$$

On peut alors écrire : C'est la loi de Snell-Descartes.

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

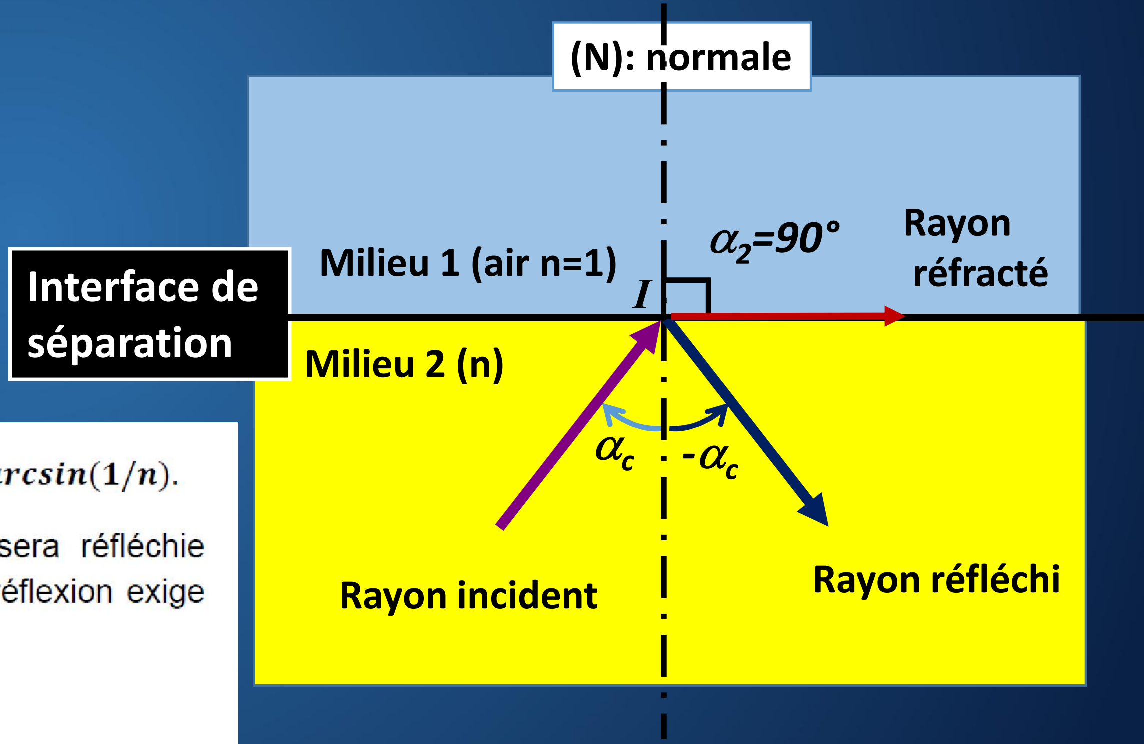
c) *Conditions de réfraction* :

1. Les rayons incident, réfracté et la normale doivent être coplanaires.
2. Les rayons d'incidence et de réfraction doivent satisfaire l'égalité : $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$

Lorsque les angles α_1 et α_2 sont petits, $\sin\alpha_1 = \alpha_1$, cette égalité devient : $n_1\alpha_1 = n_1\alpha_1$ sont exprimés en radians).

d) Réflexion totale et réfraction limite : angle critique.

Lorsque la lumière passe d'un milieu à un autre d'indice plus petit (sa vitesse augmente), l'angle d'incidence est toujours inférieur à l'angle de réfraction.
L'angle d'incidence α_c pour lequel l'angle de réfraction et égal à 90° (maximum) est appelé *angle critique*



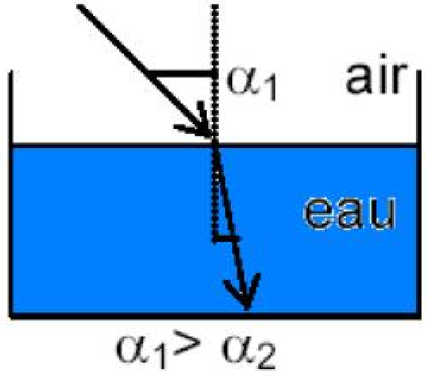
On a: $n = c/v$, $n \sin \alpha_c = 1 \sin 90° \Rightarrow \sin \alpha_c = 1/n \Rightarrow \alpha_c = \arcsin(1/n)$.

Lorsque l'angle d'incidence dépasse l'angle α_c toute la lumière sera réfléchie (réflexion totale).L'angle $\alpha_c$correspond à la limite de la réfraction. La réflexion exige l'égalité des angles d'incidence et de réflexion.

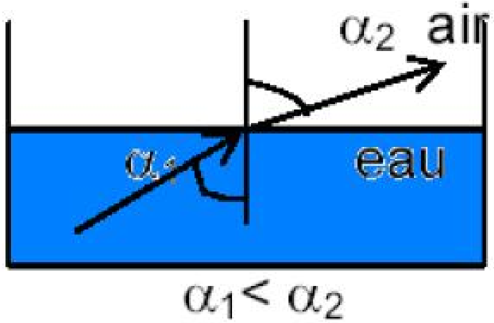
$$\alpha_1 = -\alpha'_1 \Rightarrow n \sin\alpha_1 = n' \sin\alpha_2 = -n \sin \alpha'_1$$

Donc une réflexion est un cas particulier de la réfraction avec l'indice$(-n)$.

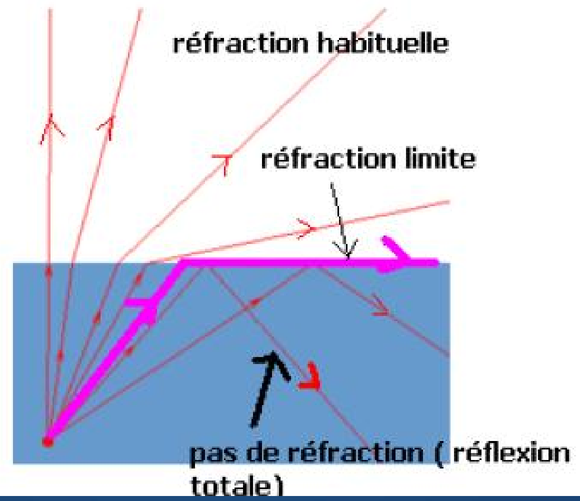
Exemples :



la réfraction limite ne peut pas avoir lieu

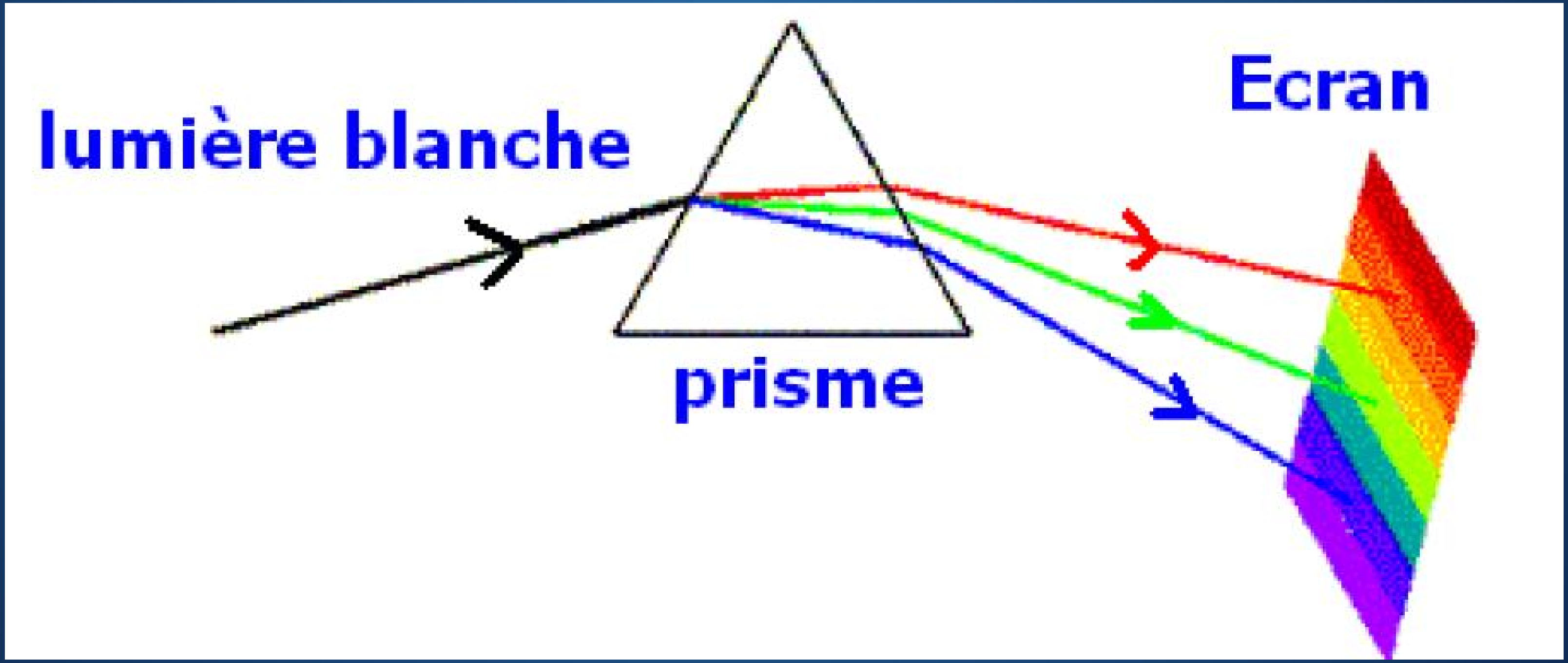


la réfraction limite peut avoir lieu



d. *Dispersion* :

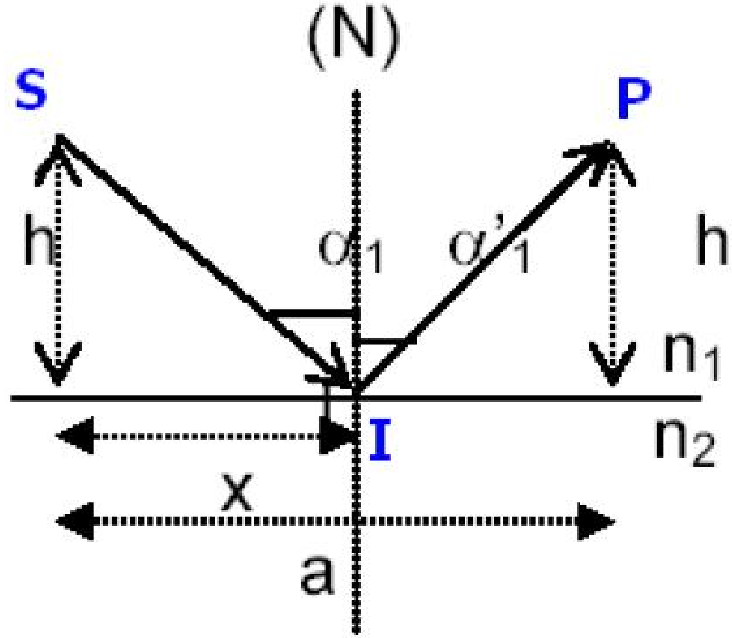
Comme l'angle de réfraction est fonction de l'indice n du milieu, c'est à dire de la longueur d'onde λ, il est alors différent pour les différentes couleurs constituant la lumière blanche (chaque couleur est une onde électromagnétique avec sa propre longueur d'onde). Ce phénomène s'appelle dispersion.



Exemples :

1. utilisez le principe de Fermat pour établir la loi de la réflexion et la loi de la réfraction.

Cas de la réflexion :



La longueur du chemin optique est :

$$LCO = (SI) + (IP) = n_1 SI + n_1 IP =$$

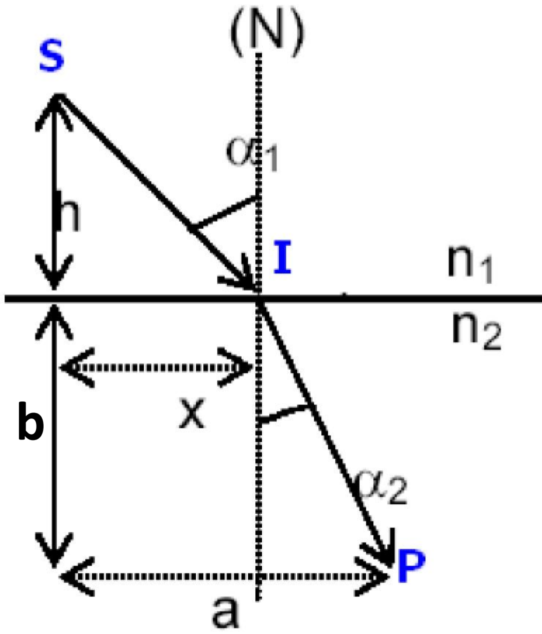
$$= n_1 (x^2 + h^2)^{1/2} + n_1((a - x)^2 + h^2)^{1/2}.$$

Le chemin suivi par la lumière est tel, que $d(LCO)/dx = 0$

$$\Rightarrow n_1 x /(x^2 + h^2)^{-1/2} - n_1 (a - x)/((a - x)^2 + h^2)^{-1/2} = 0$$

$$\Rightarrow n_1 \sin\alpha_1 = n_1 \sin \alpha'_1 \Rightarrow \alpha_1 = \alpha'_1$$

Cas de la réfraction :



La longueur du chemin optique est $LCO = (SI) + (IP) = n_1\,SI + n_2\,IP =$

$$= \boldsymbol{n_1\,(x^2 + h^2)^{1/2} + n_2(\,(a - x)^2 + b^2)^{1/2}}$$

$$\frac{d(LCO)}{dx} = 0 \Rightarrow n_1\,x\,/(x^2 + h^2)^{-1/2} - n_2\,(a - x)/((a - x)^2 + b^2\,)^{-1/2} = 0$$

$$\Rightarrow n_1\,sin\alpha_1 - n_2\,sin\,\alpha_2 = 0 \Rightarrow n_1\,sin\alpha_1 = n_2\,sin\,\alpha_2$$

Exemple 1

Un faisceau de lumière verte, de longueur d'onde égale à $5\,10^{-7}\,m$ dans le vide, pénètre une plaque de verre dont l'indice de réfraction vaut 1,5. Quelle est la vitesse de la lumière verte dans le verre ? Quelle est la longueur d'onde de la lumière verte dans le verre ?

On a : $n = c/v \Rightarrow v = c/n = 3\,10^8\,/1.5 = 2\,10^8\,m/s$.

$$\lambda_1/\lambda_2 = n_2/n_1 \Rightarrow \lambda_1 = \lambda_2\,n_2/n_1$$

$$comme\ \lambda_2 = 5\,10^{-7}\,m\ et\ n_2 = 1\ on\ obtient:$$

$$\lambda_1 = 5\,10^{-7}\,/1.5 = 3.33\,10^{-7}\,m.$$

Exemple 2

Un homme de taille 2m se tient droit dans un lac de profondeur 1.5 m . L'angle d'incidence est de 30°. Calculer la longueur de l'ombre au fond du lac si l'indice de réfraction de l'eau est n =4/3.

La longueur demandée est EC.

$$EC = EF + FC$$

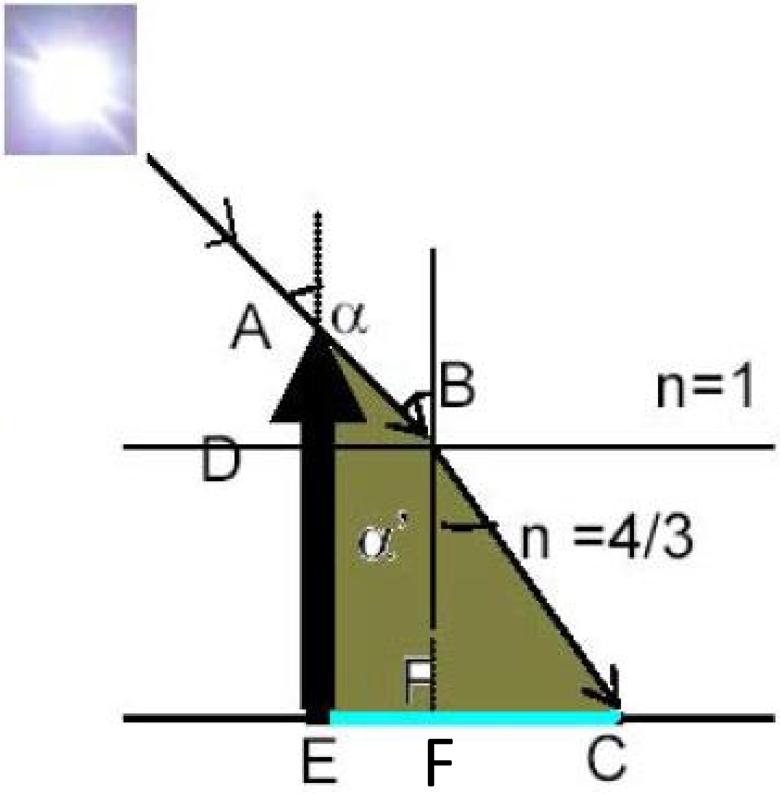
$$EF = DB$$

$$tg\alpha = DB/AD \Rightarrow DB = EF = AD\, tg\,\alpha = 0.288m.$$

$$\Rightarrow sin\alpha = 4/3\, sin\,\alpha' \Rightarrow sin\alpha' = 0.376 \Rightarrow \alpha' = 22.02°$$

$$tg\alpha' = FC/BF \Rightarrow FC = BF\, tg\,\alpha' = 0.606m.$$

$$\Rightarrow EC = EF + FC = 0.228 + 0.066 = 0.894m.$$



Éléments à surfaces planes

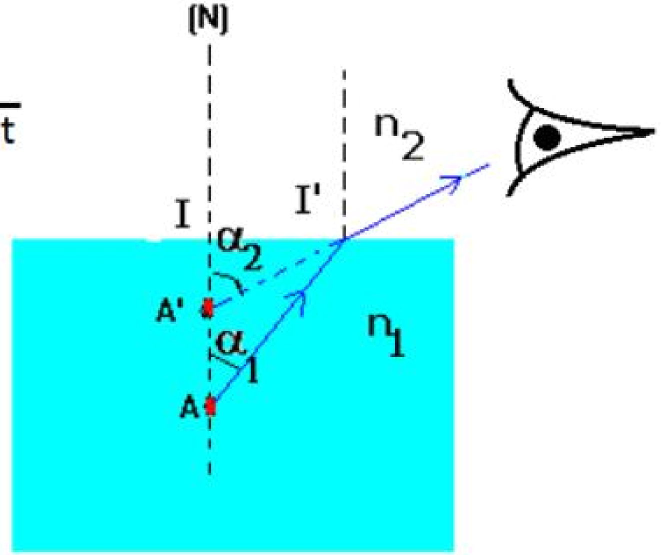
A- Dioptre plan

Un dioptre plan est une surface plane qui sépare deux milieux transparents. Supposons que la lumière se propage d'un milieu d'indice n_1 vers un milieu d'indice inférieur n_2 ($n_2 < n_1$).

On a :

$$tg\alpha_1 = \frac{sin\alpha_1}{cos\alpha_1} = \frac{\overline{II'}}{\overline{IA}}$$

$\frac{\text{coté opposé}}{\text{coté adjacent}}$



et

$$tg\alpha_2 = \frac{sin\alpha_2}{cos\alpha_2} = \frac{\overline{II'}}{\overline{IA'}}$$

Donc :

$$\frac{sin\alpha_1}{sin\alpha_2}\frac{cos\alpha_2}{cos\alpha_1} = \overline{IA'}/\overline{IA}$$

Comme $n_1 sin\alpha_1 = n_2 sin\alpha_2$

On obtient :

$$\frac{n_2 cos\alpha_2}{n_1 cos\alpha_1} = \overline{IA'}/\overline{IA}$$

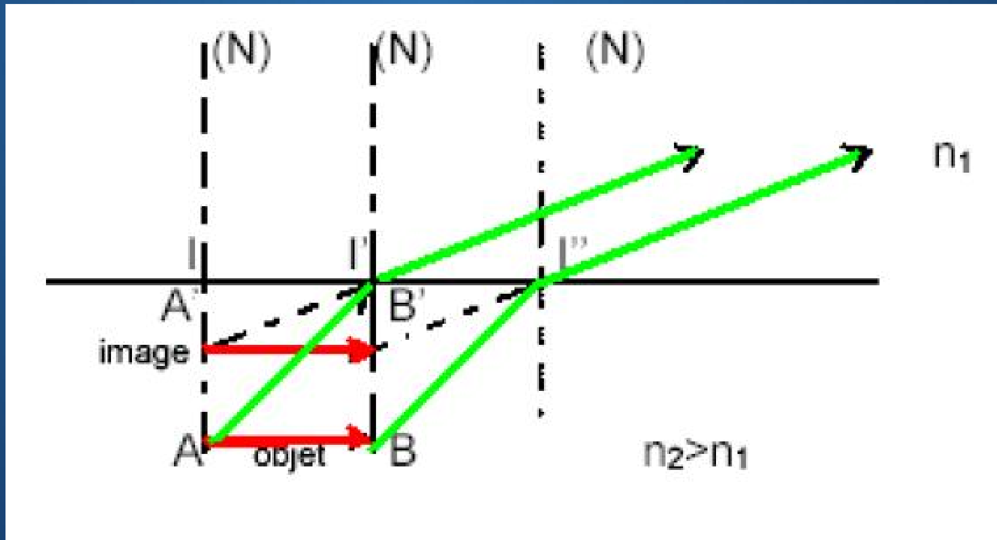
Dans le cas du stigmatisme approché ($cos\alpha_1 \approx cos\alpha_2 \approx 1$) ,on aura :

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\overline{IA'}}{\overline{IA}} \Longrightarrow \frac{\overline{IA'}}{n_2} = \frac{\overline{IA}}{n_1}$$

C'est la formule de conjugaison du dioptre plan pour un objet ponctuel.

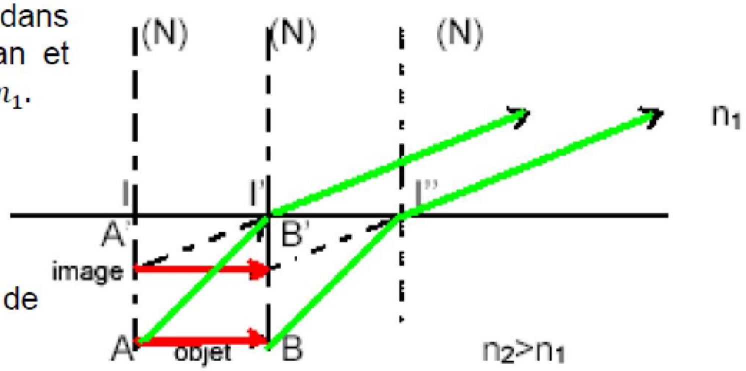
Objet non ponctuel : Soit un objet non ponctuel $\overrightarrow{AB}$ qui se trouve dans un milieu transparent d'indice de réfraction n_2. Soit un dioptre plan et horizontal qui sépare ce milieu d'un autre milieu transparent d'indice n_1.
On définit l'agrandissement par le rapport :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$



- **Objet non ponctuel** : Soit un objet non ponctuel $\overrightarrow{AB}$ qui se trouve dans un milieu transparent d'indice de réfraction n_2. Soit un dioptre plan et horizontal qui sépare ce milieu d'un autre milieu transparent d'indice n_1. On définit l'agrandissement par le rapport :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$



Lorsque l'objet $\overrightarrow{AB}$ est parallèle à la surface du dioptre, on constate que l'agrandissement est égal à l'unité puisque les dimensions de l'image et de l'objet sont égales. Donc :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = 1$$

Lorsque l'objet n'est pas parallèle au dioptre, l'agrandissement est différent de l'unité.

L'agrandissement est $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'K'}\cos\beta'}{\overline{AK}\cos\beta} = \frac{\cos\beta'}{\cos\beta}$

Or :

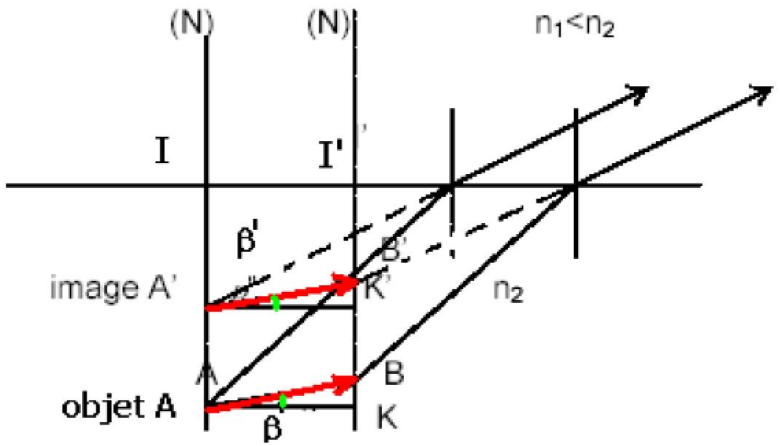
$\overline{I'B'} = \frac{n_2}{n_1}\overline{I'B}$ et $\overline{I'K'} = \frac{n_2}{n_1}\overline{I'K}$

Ceci nous donne:

$$\overline{I'B'} - \overline{I'K'} = \overline{K'B'} = \frac{n_2}{n_1}\overline{KB}$$

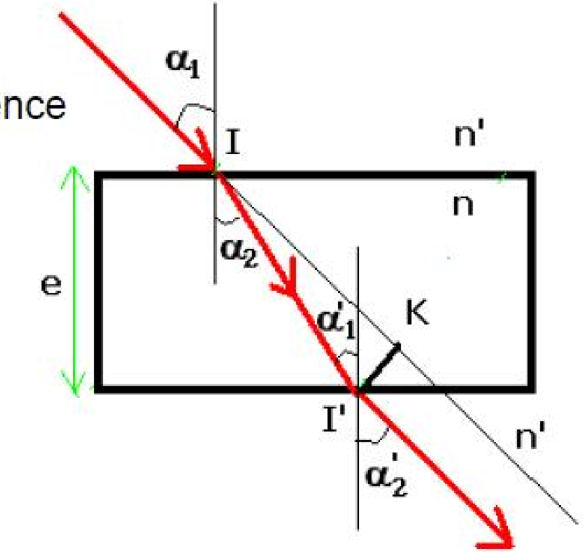
Donc :

$$tg\beta' = \frac{\overline{B'K'}}{\overline{A'K'}} = \frac{n_2}{n_1}\frac{\overline{KB}}{\overline{A'K'}} = \frac{n_2}{n_1}tg\beta \Rightarrow tg\beta' = \frac{n_2}{n_1}tg\beta$$



B- Lames à faces paralelles

Supposons que l'indice de réfraction de la lame n est supérieur à celui du milieu dans lequel elle s'y trouve.



Les lois de Descartes aux points d'incidence I et I' s'écrivent respectivement

$n' sin\alpha_1 = n \sin \alpha_2$ et $n sin\alpha'_1 = n' sin\,\alpha'_2$

Donc $\alpha_1 = \alpha'_2$.

La déviation totale de rayon incident est:

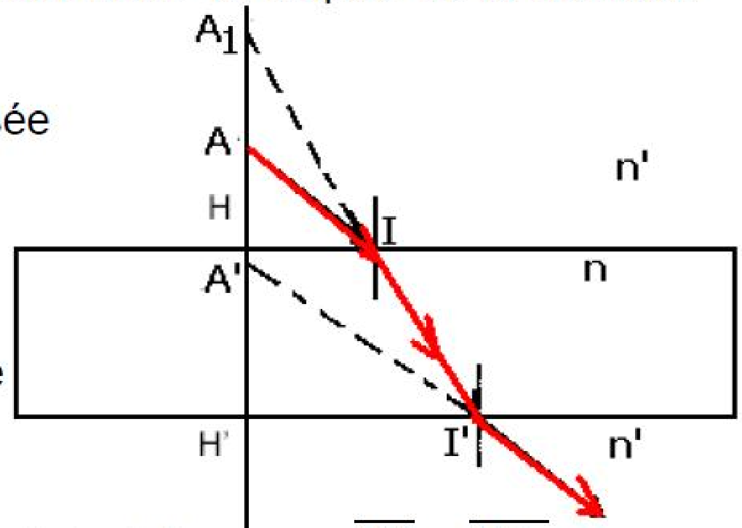
$$D = (\alpha_1 - \alpha_2) + (\alpha_2 - \alpha_1) = 0.$$

La déviation est nulle mais le rayon , à la sortie de la lame s'est déplacé de $\delta = \overline{I'K}$ telle que :

$$\overline{I'K} = \delta = \overline{II'}\, sin(\alpha_1 - \alpha_2) = \frac{e}{cos\alpha_2} sin(\alpha_1 - \alpha_2)\ avec\ e = \overline{II'} cos\alpha_2$$

Le déplacement du rayon lumineux est : $\delta = \dfrac{e}{cos\alpha_2} sin(\alpha_1 - \alpha_2)$

Généralement, on symbolise un dioptre par $D(n_1, n_2, H)$ où n_1 et n_2 sont respectivement les indices de réfraction des milieux d'incidence (où se trouve l'objet) et de transmission (où se forme l'image). H est le point d'incidence normale sur le dioptre (point d'intersection entre le dioptre et la normale passant par le point objet).



La lame à faces parallèles est caractérisée par 2 dioptres $D(n', n, H)$ et $D(n, n', H')$.

Soit A un objet dans le milieu d'indice n'.

Déterminons son image à travers la lame d'épaisseur $e = \overline{HH'}$.

Pour le dioptre $D(n', n, H)$, l'image de A est A_1 telle que : $\dfrac{\overline{HA}}{n'} = \dfrac{\overline{HA_1}}{n}$

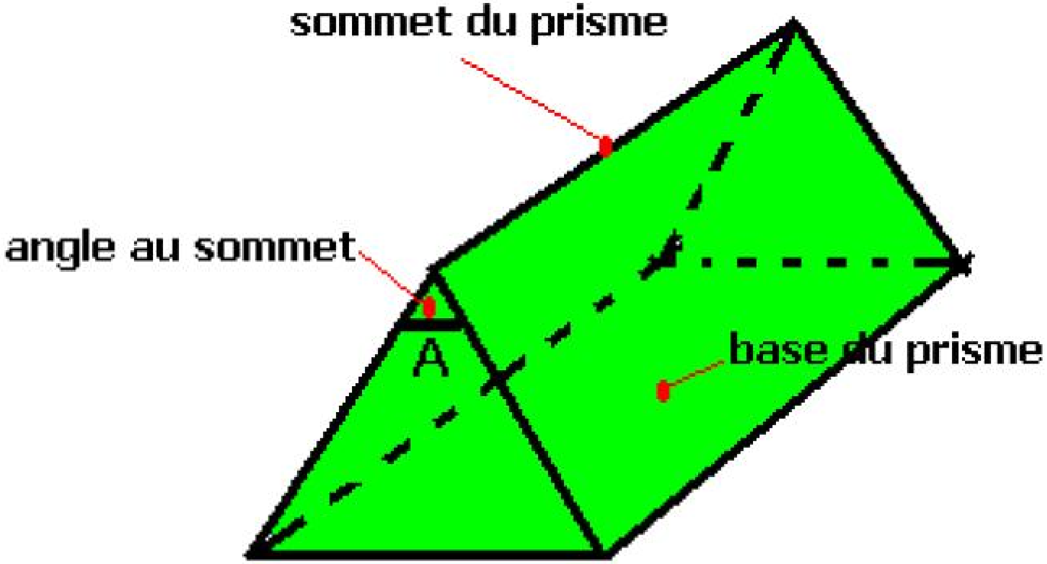
L'image A' est aussi l'image de A (image définitive) donnée par la lame à faces parallèles :

$$\overline{AA'} = \overline{AH} + \overline{HH'} + \overline{H'A'} = \frac{n'}{n}\overline{A_1H} + \overline{HH'} + \frac{n'}{n}\overline{H'A_1} = \frac{n'}{n}\left(\overline{H'A_1} + \overline{A_1H}\right) + \overline{HH'}$$

$$= \frac{n'}{n}\overline{H'H} + \overline{HH'} = \overline{HH'}\left(1 - \frac{n'}{n}\right) = e\,\frac{n-n'}{n}$$

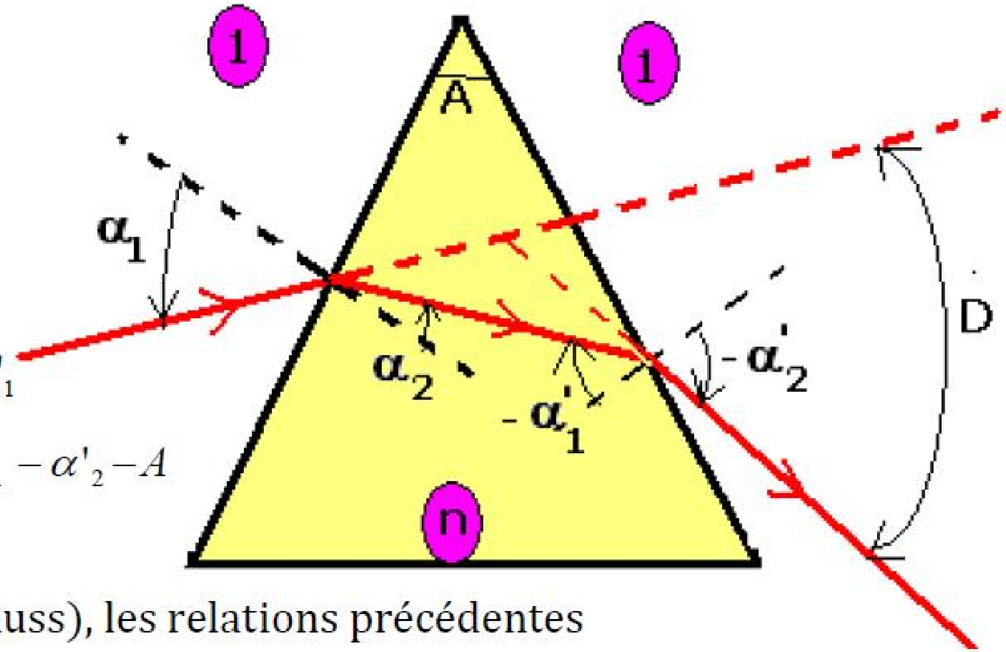
c- Le prisme

a) **Définition** : Un prisme est un milieu transparent d'indice n limité par 2 dioptres plans faisant entre eux un angle A (appelé angle au sommet). On utilise le prisme pour disperser la lumière ou pour mesurer les indices de réfraction des liquides transparents.



b) Déviation donnée par un prisme

Soit un prisme d'indice n et ayant pour angle au sommet A . la lumière rentre par une face sous un angle d'incidence α_1 et sort par l'autre face sous un angle α_2. Le prisme se trouve dans un milieu d'indice 1.



On a :

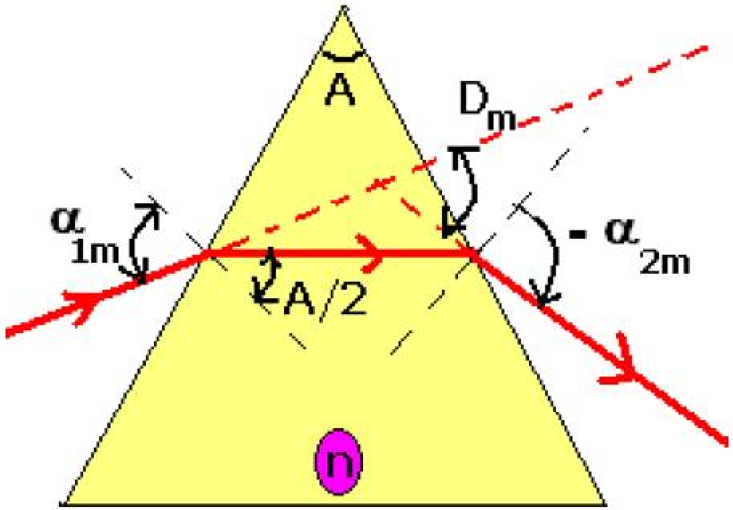
- $\sin\alpha_1 = n\ \sin\alpha_2$
- $n\sin(-\alpha'_1) = \sin(-\alpha'_2)$
- $A + (\frac{\pi}{2} - \alpha_2) + (\frac{\pi}{2} + \alpha'_1) = \pi \quad \Rightarrow A = \alpha_2 - \alpha'_1$
- $(\pi - D) + (\alpha_1 - \alpha_2) + (\alpha'_1 - \alpha'_2) = \pi \Rightarrow D = \alpha_1 - \alpha'_2 - A$

Lorsque les angles sont petits (conditions de Gauss), les relations précédentes deviennent :

- $\alpha_1 = n\alpha_2$
- $n\alpha'_1 = \alpha'_2$
- $A = \alpha_2 - \alpha'_1$
- $D = \alpha_1 - \alpha'_2 - A$

c) **Déviation minimale** : lorsque l'angle d'incidence varie il existe un rayon qui émerge parallèlement à la base du prisme. La déviation correspondante est dite déviation minimale.

Lorsque $\alpha_{1m} = -\alpha_{2m} = \alpha_m$, la déviation est égale à $D_m = 2\alpha_m - A$



Une fois la déviation minimale est calculée, on détermine alors l'indice de réfraction du prisme ou du liquide transparent qui s'y trouve par la relation :

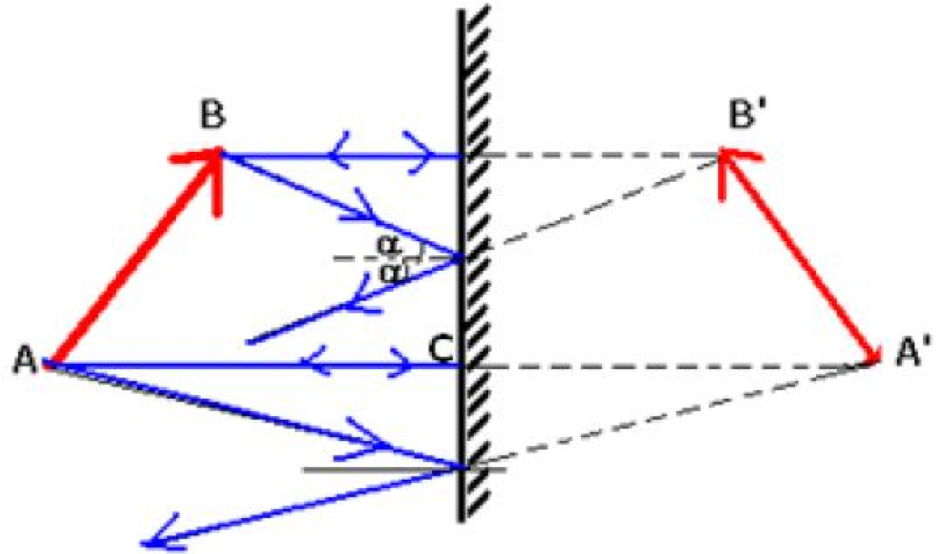
$$\sin\alpha_m = n\sin(\frac{A}{2}) \Rightarrow \qquad \boxed{n = \frac{\sin(\frac{D_m + A)}{2}}{\sin(\frac{A}{2})}}$$

c- Miroir plan

Miroir plan : c'est une surface plane réfléchissante.

L'image A'B' donnée par un miroir plan est :

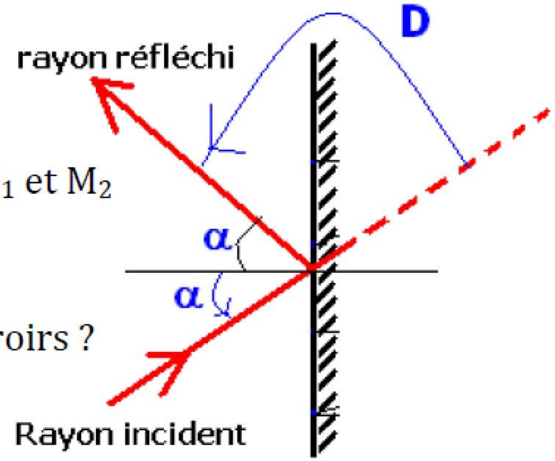
- Virtuelle
- De même grandeur que l'objet ($\gamma = 1$)
- Droite
- Symétrique de l'objet par rapport au miroir ($\overline{AC} = \overline{CA'}$).



- **Déviation donnée par un miroir :**

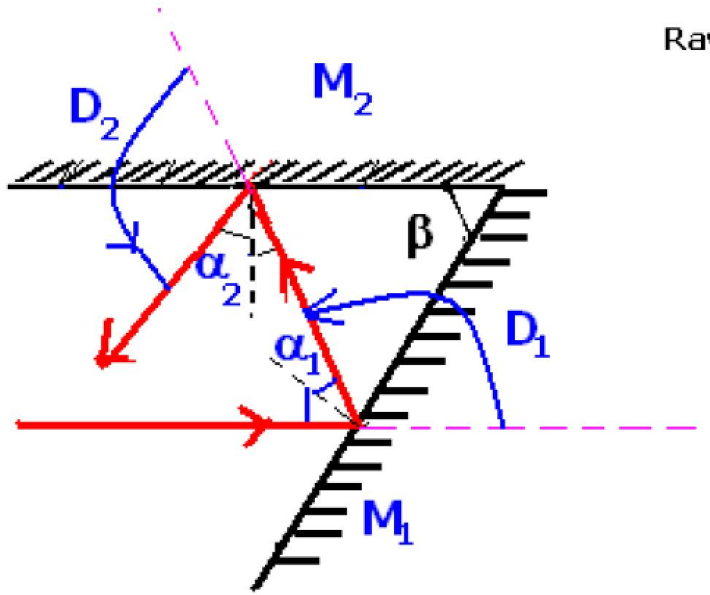
La déviation donnée par un miroir plan, lorsque l'angle d'incidence est α , est égale à : $D = \pi - 2\alpha$

- **Exemple 1** :



Soient 2 miroirs plans non perpendiculaires M_1 et M_2 faisant entre eux un angle β.

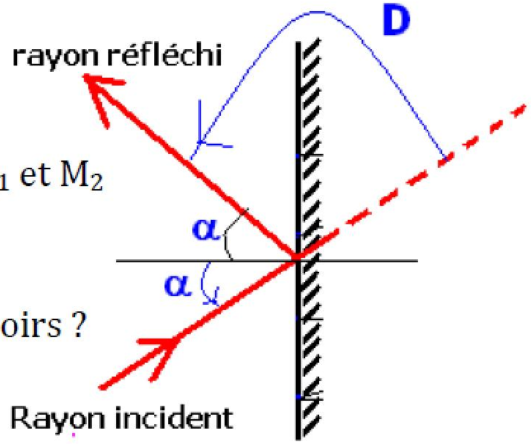
uelle est la déviation totale donnée par ces 2 miroirs ?



- **Déviation donnée par un miroir :**

La déviation donnée par un miroir plan, lorsque l'angle d'incidence est α , est égale à :
$D = \pi - 2\alpha$

- **<u>Exemple 1</u> :**

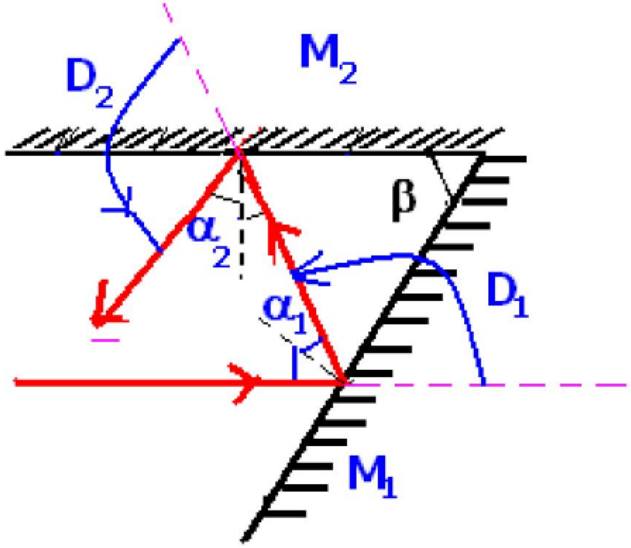


Soient 2 miroirs plans non perpendiculaires M_1 et M_2

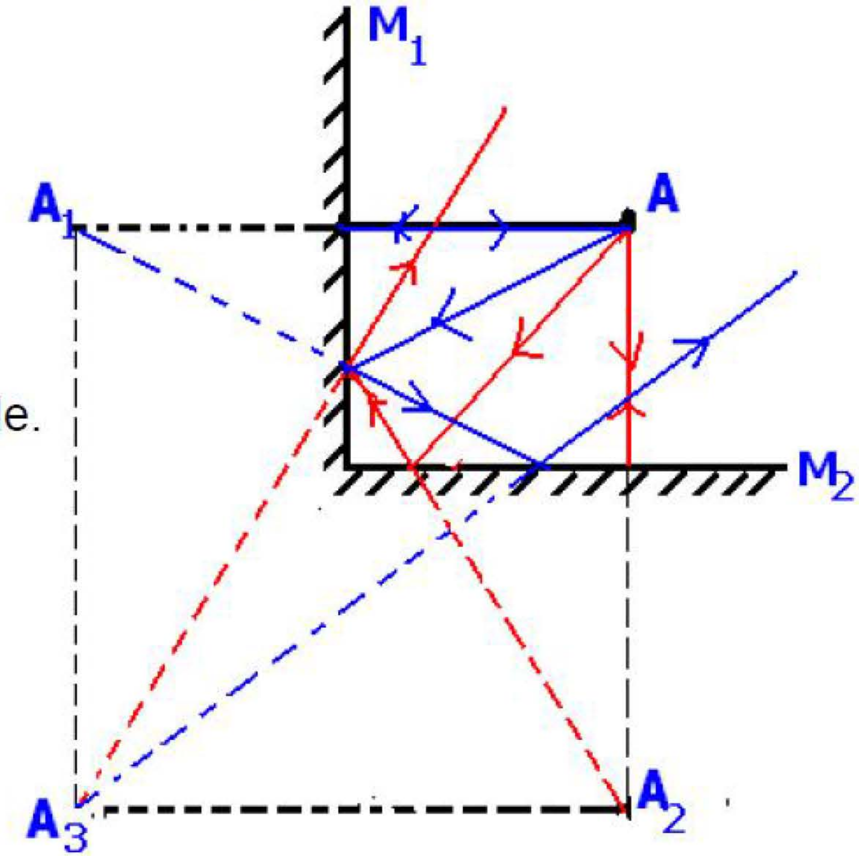
faisant entre eux un angle β .

uelle est la déviation totale donnée par ces 2 miroirs ?

$$D = D_1 + D_2 = (\pi - 2\alpha_1) + (\pi - 2\alpha_2)$$
$$= 2\pi - 2(\alpha_1 + \alpha_2) = 2(\pi - \beta)$$



Exemple 2 : Soient 2 miroirs plans ~~non~~ perpendiculaires M_1 et M_2 . Soit un point lumineux A (figure). Construire géométriquement les positions des images de A données par ces miroirs.



3 images sont formées aux sommets d'un rectangle.